

# BIJLAGE I Woordenlijst

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectenanalyse

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Projectnaam**  
Programma Energiehoofdstructuur

**Versienummer**  
Definitief

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



Term of afkorting	Toelichting
<b>4kA-geleiders</b>	4kA staat voor 4 kiloampère. 4kA-kabels zijn kabels die een grotere hoeveelheid elektriciteit kunnen vervoeren ten opzichte van reguliere kabels. Een geleider is een materiaal of voorwerp dat elektrische stroom doorlaat en lage weerstand vertoont.
<b>Aquifer</b>	Een watervoerende laag in de ondergrond. Vanuit een aquifer kan water gewonnen worden via een bron.
<b>Barro-locatie</b>	Dit zijn locaties die vanuit het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) aangewezen zijn voor grootschalige elektriciteitscentrales.
<b>CCGT-centrale</b>	Combined Cycle Gas Turbine.
<b>Circuit</b>	Een circuit bij een hoogspanningsverbinding bestaat uit drie kabelbundels. In één hoogspanningsmast passen over het algemeen twee circuits.
<b>Converterstation</b>	Bij een converterstation vindt de omzetting van gelijkstroom (DC) naar wisselstroom (AC) plaats. Dit is nodig indien windstroom vanaf het platform op zee (waar de stroom van de windturbines op zee samenkomt) naar land wordt getransporteerd met gelijkstroomkabels en het hoogspanningsnet op land wisselstroom betreft.
<b>Curtailement</b>	Ten tijde van grote overschotten van elektriciteit wordt een deel van de elektriciteit 'weggegooid'. Het is namelijk niet rendabel om al deze elektriciteit op te slaan of om te zetten in waterstof. Dit wordt curtailement genoemd.
<b>Direct Air Capture (DAC)</b>	Het gebruik van chemische of fysische processen om koolstofdioxide rechtstreeks uit de omgevingslucht te halen.
<b>Effectbeoordeling en thema</b>	Een inschatting van de kans op te verwachten effecten als gevolg van de realisatie van een of meer elementen aan de hand van de vijf beoordelingsthema's. Omdat de exacte technische invulling van de elementen nog niet bekend is wordt gewerkt met een kans op effecten en niet met absolute effecten.
<b>Elektrolyser</b>	Waterstoffabriek die groene waterstof maakt door middel van elektrolyse. Elektrolyse is een proces waarbij met stroom (electriciteit) water wordt gesplitst in zuurstof en waterstof.
<b>Element</b>	Grove onderdelen waar het energiesysteem uit is opgebouwd: Netinfrastructuur hoogspanning, Opwek, Opslag, Netinfrastructuur buisleidingen.
<b>Energie-infrastructuur</b>	Alle infrastructuur in de vorm van kabels, transformatorstations, leidingen en op- en overslagpunten voor het hoofdenergienetwerk voor zowel elektronen als moleculen. Ook wel energiehoofdstructuur genoemd in deze IEA.
<b>ENT</b>	Energy Not Transported. Dat is de totale hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden door een bepaalde asset. Deze graadmeter is een combinatie van de ernst (MW overschrijding) en de duur (aantal uur) van knelpunten. TenneT gebruikt deze graadmeter om een afweging te maken tussen het toepassen van redispatch en investeren in nieuwe infrastructuur.
<b>Externe werking</b>	Effecten van een ingreep die optreden buiten (het invloedsgebied) van een Natura 2000-gebied tot binnen het Natura 2000-gebied reiken. Voor NNN-gebieden geldt dat externe werking geen onderdeel is van de bescherming van deze gebieden.
<b>Gelijkstroom</b>	Elektrische stroom met constante stroomrichting
<b>Geothermie</b>	Aardwarmte
<b>GT</b>	Gasturbine
<b>GW</b>	Gigawatt = 1.000 megawatt (MW). Eenheid van elektrisch vermogen.
<b>IKAW</b>	Indicatieve Kaart Archeologische Waarden.
<b>Integrale effectenanalyse (IEA)</b>	Een analyse van de milieueffecten, kosten, omgeving, techniek en toekomstvastheid van verschillende ontwikkelingen.
<b>Interconnectie</b>	Een verbinding voor het transport van elektriciteit tussen twee regio's.

Term of afkorting	Toelichting
<b>Knelpunt</b>	Een onderdeel in het energiesysteem dat een juiste werking van dit systeem blokkeert. Een knelpunt kan een gebrek of een tekort aan onderdelen zijn. Een knelpunt wordt robuust genoemd als het in alle gebruikte scenario's voorkomt.
<b>Lagenbenadering</b>	Voor het beoordelingskader van het thema Milieu & Ruimte wordt gebruik gemaakt van de lagenbenadering. Deze benadering is een hulpmiddel in ruimtelijke afwegingsprocessen (zie voor meer toelichting: <a href="http://ruimtexamilieu.nl/lagenbenadering">http://ruimtexamilieu.nl/lagenbenadering</a> ). Er zijn drie lagen: de netwerklaag, de occupatielaag en de ondergrondlaag (zie beschrijving elders in deze tabel).
<b>Lijninfrastructuur</b>	Energie-infrastructuur die puntinfrastructuur met elkaar verbindt zoals hoogspanningsverbindingen en buisleidingen.
<b>Lintbebouwing</b>	Lintbebouwing bestaat uit een langgerekte lijn van veelal vrijstaande bebouwing langs een weg, rivier of kanaal.
<b>Loadpockets</b>	Zie Pocketstructuur
<b>MW</b>	Megawatt = 1.000 kilowatt (kW). kW is een eenheid van elektrisch vermogen.
<b>Nationaal Waterstofnetwerk/ HyWay 27</b>	Gasunie gaat een landelijk waterstofnetwerk aanleggen waar vijf industriële clusters met elkaar, met het buitenland en met waterstofopslagen worden verbonden. Uit de studie HyWay 27 blijkt dat het huidige aardgastransportnet een kostenefficiënte basis is voor het waterstoftransport.
<b>Netwerklaag</b>	Laag uit lagenbenadering gebruikt voor thema Milieu & Ruimte. Bestaat uit zichtbare en onzichtbare (infra)structuren (ruimtelijke structuur).
<b>Occupatielaag</b>	Laag uit lagenbenadering gebruikt voor thema Milieu & Ruimte. Geeft de neerslag weer van menselijke activiteiten zoals wonen, werken en recreëren (ruimtelijke inrichting).
<b>OCGT</b>	Open Cycle Gas Turbine.
<b>Onderdeel</b>	Concrete onderdelen van het energiesysteem zoals hoogspanningsstation, hoogspanningsverbinding, buisleiding, elektrolyser, batterijen. Ieder element kent meerdere onderdelen. Het element 'opslag' bestaat bijvoorbeeld uit de onderdelen opslag elektriciteit, opslag waterstof en opslag methaan.
<b>Ondergrondlaag</b>	Laag uit lagenbenadering gebruikt voor thema Milieu & Ruimte. Bevat de fysieke ondergrond, het water- en natuursysteem (ruimtelijk systeem).
<b>Pocketstructuur</b>	In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetten, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net. Dit noemen ze een pocketstructuur.
<b>Puntinfrastructuur</b>	Energie-infrastructuur die in vergelijking met lijninfrastructuur ruimtebeslag heeft rondom een specifieke locatie (punt). Deze puntinfrastructuur kan bestaan uit batterijen, elektrolyzers, regelbare centrales en (converter)stations.
<b>Redispatch</b>	Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe elektriciteitsinfrastructuur.
<b>Regelbare centrale</b>	Een flexibele elektriciteitscentrale die, over het algemeen, werkt op (groen) methaan of waterstof.
<b>Robuuste ontwikkeling</b>	Robuuste ontwikkelingen zijn oplossingen voor robuuste knelpunten. Dit zijn knelpunten die in elk scenario in een bepaalde mate voorkomen. Voor de robuuste ontwikkelingen is in elk geval ruimte noodzakelijk tot 2050.

Term of afkorting	Toelichting
<b>Ruimtebeslag</b>	Er wordt bij ruimtebeslag gesproken over direct en indirect ruimtebeslag. Bij direct ruimtebeslag gaat het op de fysieke ruimte die door infrastructuur wordt ingenomen en is er geen tot beperkt medegebruik met andere functies mogelijk. Bij indirect ruimtebeslag gaat het om een gebied waar invloed is van de infrastructuur en is er wel medegebruik van (bepaalde) andere functies mogelijk.
<b>Ruimtedruk</b>	Door ruimtelijke ontwikkelingen, zoals een groeiende bevolking en meer bebouwing en industrie, wordt beschikbare ruimte schaarser waardoor er druk ontstaat. Indicatoren voor ruimtedruk zijn o.a. het aantal inwoners per km <sup>2</sup> , of het percentage bebouwd gebied in een bepaalde regio.
<b>Structuurkeuze</b>	Structuurkeuzes zijn ruimtelijke of energetische keuzes die gemaakt kunnen worden in de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Per structuurkeuze zijn er twee of meer opties om het doel van de structuurkeuze (bijvoorbeeld het plaatsen van nieuwe regelbare centrales) in te vullen.
<b>Synfuels</b>	Ook wel synthetische brandstoffen genoemd. Een vloeibare brandstof, of soms gasvormige brandstof, die dezelfde eigenschappen heeft als fossiele brandstoffen maar kunstmatig worden geproduceerd.
<b>Systeemontwikkeling</b>	Ontwikkelingen die afhankelijk zijn van externe factoren, zoals de ontwikkeling van de energieprijzen. Deze systeemontwikkelingen vallen niet precies samen met een van de gebruikte scenario's.
<b>Transformatorstation</b>	Transformatorstations zetten elektriciteit met een hogere spanning om in lagere spanning.
<b>TWh</b>	Terawattuur
<b>Verzwarend</b>	Bij verzwarend worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar 4kA-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties. Er is voor deze IEA aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzwaard worden door inzet van 4kA-geleiders richting 2050. Dit is conform de plannen van TenneT.
<b>Wisselstroom</b>	Elektrische stroom met periodiek wisselende stroomrichting.
<b>Zakelijke Recht Overeenkomsten (ZRO)</b>	De netbeheerder sluit veelal een (zakelijke recht) overeenkomst af voor gronden waar de verbinding onderdoor of overheen gaat. De strook waarbinnen deze overeenkomst geldt heet de ZRO-strook.

# BIJLAGE II Literatuur en bronnen

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectenanalyse

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Projectnaam**  
Programma Energiehoofdstructuur

**Versienummer**  
[Status]

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## Bronnenlijst

- Andersson, J., & Grönkvist, S. (2019).** *Large-scale storage of hydrogen.*
- Arcadis. (2011).** *Inpasbaarheid energie-initiatieven Sloegebied.*
- Bauer T., Braun S.T., Kvasnicka M. (2017).** *Nuclear power plant closures and local housing values: Evidence from Fukushima and the German housing market.* Journal of Urban Economics, 99, pp. 94, 106.
- Berenschot & Kalavasta. (2020).** *Klimaatneutrale energiescenario's 2050.* Utrecht: Berenschot.
- Buck Consultants International. (2020).** *Haalbaarheidsstudie Buisleidingen R'dam – Chemelot – NRW, Bijlage 1 Trace Alternatieven en Afwegingen.* Nijmegen: Buck Consultants International.
- Buck Consultants International. (2020).** *Bijlage 2 Marktpraak & Business Case - Bevindingen werkgroep business case (Chemelot en PoR) opgesteld door BCI.*
- Buck Consultants International. (2021).** *Haalbaarheidsstudie buisleiding(en) PoR – Chemelot – NRW.* Nijmegen: Buck Consultants International.
- Bünger J. et al. (2016).** *Large-scale underground storage of hydrogen for the grid integration of renewable energy and other applications.* Woodhead Publishing Series in Energy, Compendium of Hydrogen Energy, Woodhead Publishing, pp. 133-163.
- Callanan J. (2013).** *The Effect of High Voltage Transmission Lines on Property Values: A Contingent Valuation Approach.* Pacific Rim Property Research Journal, pp. 173-185.
- CBS. (2021).** Nederland in cijfers 2021. Opgehaald van <https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2021/hoeveel-water-gebruiken-we/#:~:text=In%202019%20gebruikten%20huishoudens%20130,%20386%20miljoen%20m3>
- CE Delft. (2008).** *Externe kosten van kernenergie: Hoe zwaar wegen de calamiteiten?* Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2016a).** *Verkenning welvaartseffecten STRONG - Maatschappelijke kosten en baten van scenario's.* Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2016b).** *MKEA zon-pv en wind op land. Vergelijking kosten en maatschappelijke effecten.* Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2020).** *Verkenning ontwikkeling CO2-vrije flexibele energietechnieken.* Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2021).** *Groeiprojecties energie-intensieve industrie.* Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2021).** *Maatschappelijke waarde groengas. Casussen voor mobiliteit, industrie en gebouwde omgeving.* Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2021).** *Windenergie voor elektrificatie: bij welke elektriciteitsprijzen gaat het elektrificatiepotentieel in de industrie maximaal benut worden?* Delft: CE Delft.
- CIEP. (2017).** *The European Refining sector - a diversity of markets.* Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- Cole W., et al. (2021).** *Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2021 Update.* Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- Colwell P. (1990).** *Power Lines and Land Value.* Journal of Real Estate Research, 5, pp. 117-128.
- COVRA. (2020).** *Jaarrapport 2020.* Opgehaald van <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2021).** *Jaarrapport 2021.* Opgehaald van <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2021).** *Opslag.* Opgehaald van <https://www.covra.nl/nl/veelgestelde-vragen/opslag/#:~:text=>



[Heeft%20COVRA%20voldoende%20ruimte%20om,opslaggebouwen%20wanneer%20dat%20nodig%20is](#)

**COVRA. (2022).** *Nationale radioactief afval inventarisatie*. Opgehaald van

<https://www.covra.nl/app/uploads/2022/10/Nationale-Radioactief-Afval-Inventarisatie.pdf>

**Davis L.W. (2011).** *The effect of power plants on local housing values and rents*. *Review of Economics and Statistics*, 93, pp. 1391-1402.

**Deltares. (2019).** *Handboek overstromingsrisico's op de kaart*.

**DNVGL. (2020).** *Taskforce Infrastructuur Klimaatakkoord Industrie*.

**Droes M.I. & Koster H.R.A. (2021).** *Wind turbines, solar farms, and house prices*. *Energy Policy*, 155, 112327.

**EBN, Gasunie. (2017).** *Transport en Opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland*. Den Haag: Energiebeheer Nederland.

**ECN. (2010).** *Kernenergie & Brandstofmix, Effecten van nieuwe kerncentrales na 2020 in de kernenergiescenario's uit het Energierapport 2008*. Petten, Amsterdam: ECN.

**Ecorys. (2022).** *MKBA Delta Corridor - Samenvatting van het Conceptrapport MKBA Delta Corridor gegeven de stand van zaken van het project op 28 september 2022*.

**EenVandaag. (2020).** *Jaarlijks tenminste twee keer zoveel radioactief afval van kerncentrale Borssele als VVD'er beweerde*. Opgehaald van <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/jaarlijks-tenminste-twee-keer-zoveel-radioactief-afval-van-kerncentrale-borssele-als-vvder-beweerde/>

**Energi, G. (2008).** *Gasturbiner vid Rya kraftvärmeverk* (presentation).

**ENTSO-E. (2019).** *Mid-term Adequacy Forecast 2019*.

**ENTSO-E. (2020).** *Mid-term Adequacy Forecast 2020 edition*. Brussels: European Network of Transmission System Operators for Electricity.

**ETFI & Decisio. (2016).** *Toeristisch-economische potentie windparken gemeente Emmen*.

**EZK. (2017).** *Nationale Parken*. Opgehaald van Atlas van de Leefomgeving:

<https://www.atlasleefomgeving.nl/nationale-parken>

**F.A., Chalmers J.A. & Voorvaart. (2009).** *High-Voltage Transmission Lines: Proximity, Visibility and Encumbrance Effects*. *The Appraisal Journal*, pp. 227-245.

**Frontier Economics Ltd. and Agora Verkeerswende. (2018).** *The future cost of electricity-based synthetic fuels*. Cologne: Frontier Economics Ltd.

**Gasunie. (2016).** *Prediction of Subsidence above caverns at Zuidwending, The Netherlands Operation Phase Report on WP3: Subsidence Prediction*. <https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>.

**Gasunie. (2020).** *Investeringsplan GTS 2020-2030*.

**Gasunie. (2020).** *Aardgasbuffer Zuidwending*. Opgehaald van <https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>

**Gasunie. (2022).** *Interview met Bart Kuijman over waterstofopslag*.

**Gasunie. (2022).** *Investeringsplan GTS 2022-2032*.

**Gate Terminal. (2022).** *Gate Terminal*. Opgehaald van <https://www.gateterminal.com/>

**Generation Energy. (2021).** *Ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nederland*.

**Guidehouse & Berenschot. (2021).** *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*.

**Hamilton S.W., Schwann G.M. (1995).** *Do High Voltage Electric Transmission Lines Affect Property Value?* *Land Economics*, 71, pp. 436-444.

- Hoën B., Atkinson-Palombo C. (2016).** *Wind Turbines, Amenities and Disamenities. A Study of Home Value Impacts in Densely Populated Massachusetts.* The Journal of Real Estate Research, 38, pp. 473-504.
- Hydrogentech. (2022).** *Thermal management in green hydrogen production: design considerations.* Opgehaald van <https://hydrogentechworld.com/thermal-management-in-green-hydrogen-production-design-considerations>
- I&W, M. (2016).** *Bijlage 5 bij Besluit algemene regels ruimtelijke ordening.*
- I&W, M. (2016).** *Het nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen.* Opgehaald van <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/nationale-programma-radioactief-afval/documenten/publicatie/2016/06/24/nationale-programma-radioactief-afval>
- I&W. (2021).** *Aandachtspunten Verkenning Buisleidingentracé PoR-Chemelot-NRW.* Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- I&W, M. (2021).** *Landelijk Crisisplan Straling.* Opgehaald van <https://open.overheid.nl/repository/ronl-3f45e45d-4699-4b93-99ea-a12114d1c68c/1/pdf/tk-bijlage-1-landelijk-crisisplan-straling.pdf>
- IAEA. (2011, 4 4).** *Status report 78 - The Evolutionary Power Reactor.* Opgehaald van <https://aris.iaea.org/PDF/EPR.pdf>
- IAEA. (2017).** *Data analysis and collection for costing of research reactor decommissioning.* Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA).
- IEA. (2019).** *The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities.* Paris: IEA Publications.
- IPO. (2022).** *Nationale Landschappen.* Opgehaald van Atlas van de Leefomgeving: <https://www.atlasleefomgeving.nl/nationale-landschappen>
- IRENA. (2020).** *Webinar Wind and Solar.* Opgehaald van [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Webinars/07012020\\_INSIGHTS\\_webinar\\_Wind-and-Solar.pdf?la=en&hash=BC60764A90CC2C4D80B374C1D169A47FB59C3F9D.20](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Webinars/07012020_INSIGHTS_webinar_Wind-and-Solar.pdf?la=en&hash=BC60764A90CC2C4D80B374C1D169A47FB59C3F9D.20)
- ISPT. (2019).** *HyChain 1, 2 & 3 : Energy carriers and hydrogen supply chain, a management summary.* Amersfoort: Institute for Sustainable Process Technology (ISPT).
- ISPT. (2020).** *Integration of Hydrohub GigaWatt Electrolysis Facilities in Five Industrial Clusters in The Netherlands.* Hydrohub.
- ISPT. (2022).** *A One-GigaWatt Green-Hydrogen Plant.* Hydrohub Innovation Program.
- Kalavasta & Berenschot. (2020).** *Systeemeffecten van nucleaire centrales, in Klimaatneutrale Energiescenario's 2050 - Datasheets.*
- KPMG. (2021).** *Rapportage marktconsultatie kernenergie.*
- Kuijman, B. (2022).** *Interview over waterstofopslag.* (Gasunie, Interviewer)
- LfG. (2008).** *Rock-mechanical Appraisal on the Positioning of additional Caverns in the Zuidwending Salt Dome and Safety Distances between Aardgas Storage Caverns.*
- LIWO. (2022).** *Maximale overstromingsdiepte Nederland.* Opgehaald van <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/maps>
- Martens B. (2014).** *De Economische Impact van een Kernramp In Doel.* Brussel: Greenpeace.
- Ministerie van Financiën. (2020).** *Rapport Werkgroep Discontovoet 2020.* Den Haag: Ministerie van Financiën.
- NAO. (2017).** *Hinkley Point C.* London: National Audit Office (NAO).

- Netbeheer Nederland. (2021).** *Het Energiesysteem van de Toekomst II3050*. Den Haag.
- Nieuwland GEO-Informatie. (2008).** *Ruimtelijke Analyse Buisleidingstroken en -tracés - Deel A: Hoofdrapport*. Wageningen: Nieuwland GEO-Informatie.
- Nobian. (2022).** *Interview met Ellen Holmen over waterstofopslag*.
- NPRES. (2020).** *Analysekaarten NP RES*. Opgehaald van <https://www.regionale-energiestrategie.nl/ondersteuning/analysekaarten+np+res/default.aspx>
- NVDE. (2020).** *Hernieuwbare energiebronnen op land in de regionale enegiestrategie (RES)*.
- OECD. (2011).** *Technical and Economic Aspects of Load Following with Nuclear Power Plants*. Opgehaald van <https://www.oecd-neo.org/ndd/reports/2011/load-following-npp.pdf>
- Olsen S.M., Wolff H. (2013).** *Nuclear Reactors in the US; Housing Values, Sorting, Migration and Employment*. Washington: University of Washington, Department of Economics.
- Our World in Data (2020).** *What are the safest and cleanest sources of energy?* Opgehaald van <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>
- PBL, TNO, DNV GL, Guidehouse & Witteveen+Bos. (2021).** *Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL. (2017).** *Negatieve emissies*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2020).** *Conceptadvies SDE++ 2021 Zonne-energie*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2020).** *Decarbonisation options for Large Volume Organic Chemical production, Shell Pernis*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2021).** *Functioneel ontwerp Vesta MAIS 5.0*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL. (2022).** *Conceptadvies SDE++ 2022 Windenergie op land*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Pondera. (2021).** *MER Net op zee IJmuiden Ver Beta fase 2 deel B*.
- PosadMaxwan, G. E. (2018).** *Klimaat Energie en Ruimte*.
- Rebel. (2021).** *Actualisatie toekomstscenario's voor afvalverbranding in Nederland*. Rotterdam: Rebel.
- Rijksoverheid. (2023).** *Kernenergie in Nederland*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/opwekking-kernenergie#anker-7-aanbod-en-opslag-radioactief-afval>
- Rijkswaterstaat. (2022).** *LIWO watermanagementcentrum Nederland: maximale overstromingsdiepte Nederland*. Opgehaald van <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/viewer/1?center=52.00621,5.21025&zoom=4>
- Rotterdam Transport. (2023).** *Maps Port of Rotterdam*. Opgehaald van <https://rotterdamtransport.com/maps-port-of-rotterdam/#gallery-2>
- Royal HaskoningDHV. (2021).** *Nationale CO<sub>2</sub>-opslagbehoefte tot 2035*. Nijmegen: Royal HaskoningDHV.
- Rudervall R., C. J. (2000).** *High Voltage Direct Current (HVDC) Transmission Systems Technology Review Paper*. Proc. Energy Week.
- Ruimte met Toekomst. (2022).** *Lagenbenadering*. Opgehaald van RuimtexMilieu: <http://ruimtexmilieu.nl/wiki/ontwikkelconcepten/lagenbenadering>
- Sims S., Dent P. (2005).** *High-voltage Overhead Power Lines and Property Values: A Residential Study in the UK*. Urban Studies, 42(4), pp. 665-694.
- SodM. (2017).** *Staat van de Sector Geothermie*. Den Haag: Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

- Strategy&. (2021).** *HyWay 27: waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk? Eindrapport voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.* Opgehaald van <https://www.hyway27.nl/actueel/hyway-27-realisatie-van-het-landelijk-waterstofnetwerk>
- Sumicsid. (2019).** *Norm Grid Development - TCB18 PROJECT, Technical report.*
- Tanaka S., Zabel J. (2018).** *Valuing nuclear energy risk: Evidence from the impact of the Fukushima crisis on U.S. house prices.* Journal of Environmental Economics and Management, 88, pp. 411-426.
- Tauw. (2017, mei).** *Milieueffectrapport Structuurvisie Ondergrond (STRONG).* Opgehaald van [https://www.staten-generaal.nl/overig/20180611/milieueffectrapport\\_structuurvisie/document](https://www.staten-generaal.nl/overig/20180611/milieueffectrapport_structuurvisie/document)
- TenneT. (2020).** *Investeringsplan Net op land 2020-2029.*
- TenneT. (2022).** *Ontwerpinvesteringsplan Net op land 2022-2031.* Opgehaald van <https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/investeringsplannen>
- TenneT. (2022).** *Interviews met Mark Meulepas, Miriam Engelen, Nick van den Broek en Sigrid Schrauwen over externe kosten hoogspanningsinfrastructuur.*
- TenneT. (2022, Mei).** *Projectatlas.* Opgehaald van <https://tennet.projectatlas.app/zuid-west-380kv-oost/visualisatie/>
- TenneT. (2023).** *Zuid-West 380 kV.* Opgehaald van <https://www.zuid-west380kv.nl/>
- TNO Energy Transition. (2020).** *Total system costs of RESfuel scenarios and the employment impacts of biofuel production. D6.3 Socio-economic impact assessment.* Amsterdam: TNO Energy Transition.
- TNO. (2020).** *Large-Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields: Project Findings.*
- TNO & EBN. (2021).** *Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030-2050. Technische evaluatie van vraag en aanbod.* Utrecht: TNO.
- TNO. (2022).** *De verwachte impact van windturbines op huizenprijzen in Nederland. Een ruimtelijke analyse voor de periode 2020-2030.* Den Haag: TNO.
- Van Dorp J. (2019).** *The Hinkley Point C case: is nuclear energy expensive?* Opgehaald van <https://medium.com/generation-atomic/the-hinkley-point-c-case-is-nuclear-energy-expensive-f89b1aa05c27>
- VAWOZ. (2021).** *Verkenning Aanlanding Windenergie op Zee 2030.*
- VWS. (2005).** *Potentiële koelcapaciteit rijkswateren 2005-2050.* Ministerie van Verkeer en Waterstaat/RIZA.
- Wergroep Discontovoet 2020. (2020).** *Rapport Werkgroep discontovoet 2020.* Den Haag: Ministerie van Financiën.
- Witteveen+Bos, eRisk Group, HCSS & Zero, R. (2022).** *Scenariostudie Kernenergie.* Deventer: Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs B.V.
- World Nuclear Association. (2011).** *Advanced Nuclear Power Reactors.* Opgehaald van <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/advanced-nuclear-power-reactors.aspx>
- World Nuclear Association. (2022).** *Supply of Uranium.* Opgehaald van <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/supply-of-uranium.aspx>
- Zeeland Seaports. (2016).** *Plan-MER Bestemmingsplannen Sloegebied - Gemeente Borsele, Vlissingen en Zeeland Seaports.*

**Zhu H., Deng Y., Zhu R., He X. (2016).** *Fear of nuclear power? Evidence from Fukushima nuclear accident and land markets in China.* *Regional Science and Urban Economics*, 60, pp. 139-154.

# BIJLAGE III Beleid en kaders IEA PEH

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectenanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Mariëlle de Sain

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



In de volgende tabel zijn de belangrijkste wettelijke en beleidskaders opgenomen. In de eerste kolom staat een korte omschrijving van het kader en welke connectie er is met de energiehoofdstructuur. In de tweede kolom staat aangegeven hoe het voor deze Integrale Effectenanalyse (IEA) en/of het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) relevant is.

In dit overzicht zijn IP2020 en IP2022 (investeringsplannen netbeheerders) met daarin concrete verkenningen en projecten en de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (II3050) niet opgenomen.

Deze verkenningen zijn al integraal onderdeel van deze IEA doordat ze het uitgangspunt zijn/opgenomen zijn in de scenario's in de IEA PEH. .

Korte beschrijving inhoud kader	Relevant voor IEA/ PEH
<p><b>Klimaatakkoord (juni 2019)</b></p> <p>Het Klimaatakkoord bevat een pakket aan afspraken, maatregelen en instrumenten dat de Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2030 met ten minste 49 procent moet terugdringen. In het coalitieakkoord 2021-2025 is de doelstelling opgehoogd naar 55 procent minder CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2030, in lijn met de Europese doelstelling. Om dit doel te halen, streeft het kabinet naar 60% CO<sub>2</sub>-reductie in 2030. Om te vermindering van CO<sub>2</sub>-uitstoot te bereiken, zijn er meer hernieuwbare energiebronnen en bijbehorende energie-infrastructureur nodig.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doel/ Nut en Noodzaak</li> <li>• Uitgangssituatie 2030</li> </ul>
<p><b>Europese Green Deal (december 2019)</b></p> <p>De Europese Green Deal<sup>1</sup> is een routekaart voor de Europese Unie met de bindende doelstelling om in 2030 55% minder CO<sub>2</sub> uit te stoten en in 2050 klimaatneutraal te zijn. De routekaart bevat bindende doelstellingen en beleidsaanpassingen voor alle sectoren van de EU-economie. Zo stelt de Europese Commissie onder andere dat in 2030 40% van de energiemix uit hernieuwbare energie moet komen, en dat er 10 miljoen ton aan groene waterstof geproduceerd moet worden. Per land zijn er afspraken gemaakt over de bijdragen aan de Europese klimaatdoelen. Met het coalitieakkoord zet het kabinet in op 60% reductie in 2030. Om deze doelstellingen te bereiken, zijn er meer hernieuwbare energiebronnen en de bijbehorende energie-infrastructureur nodig.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doel/ Nut en Noodzaak</li> <li>• Uitgangssituatie 2030</li> </ul>
<p><b>Nationale Omgevingsvisie (september 2020)</b></p> <p>In de Nationale Omgevingsvisie wordt de langetermijnvisie voor de fysieke leefomgeving voor heel Nederland beschreven. Er staan vier prioriteiten in:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ruimte maken voor de klimaatverandering en energietransitie.</li> <li>2. De economie van Nederland verduurzamen en ons groeipotentieel behouden.</li> <li>3. Onze steden en regio's sterker en leefbaarder maken. En</li> <li>4. Het landelijk gebied toekomstbestendig ontwikkelen.</li> </ol> <p>De belangen en opgaven zoals opgenomen in de NOVI zijn mede gebaseerd op de Sustainable Development Goals (SDG) van de Verenigde Naties. Voor het PEH zijn de volgende twee relevant:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiseren van een betrouwbare, betaalbare en veilige energievoorziening die in 2050 CO<sub>2</sub>-arm is, en de daarbij benodigde hoofdinfrastructuur.</li> <li>• Waarborgen van de hoofdinfrastructuur voor transport van stoffen via (buis)leidingen.</li> </ul> <p>De NOVI geeft drie afwegingsprincipes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Combinaties van functies gaan voor enkelvoudige functies</li> <li>2. Kenmerken en identiteit van een gebied staan centraal</li> <li>3. Afwentelen wordt voorkomen.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nut en noodzaak (PEH is programma onder NOVI)</li> <li>• Alternatiefontwikkeling (ruimtelijke principes)</li> <li>• Beoordelingsmethodiek (thema Milieu &amp; Ruimte, thema Doelbereik)</li> <li>• Samenhang andere opgaven in de leefomgeving in PEH</li> </ul>

<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_nl](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_nl)



Korte beschrijving inhoud kader	Relevant voor IEA/ PEH
<p>NOVI geeft volgende richtingen mee voor regio's die ook van belang zijn voor de PEH-opgave:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combineer, daar waar mogelijk, de klimaatadaptatie - en energie-opgave maximaal met andere opgaven.</li> <li>• Sluit bij inpassing van de klimaatadaptatie - en energieopgave aan bij de kenmerken van het gebied.</li> <li>• Voorkom afwenteling naar tijd en plaats. 'Vermeden gebruik' (besparen) of, als dat niet kan, efficiënt gebruik van de fysieke leefomgeving voor klimaatadaptatie en de energieopgave, helpen hierbij.</li> </ul> <p>De algemene beginselen voor de aanleg van hoogspanningsinfrastructuur uit de SEVIII zijn overgenomen in de NOVI, zijn ook van belang voor PEH:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nieuwe hoogspanningsverbindingen in het landelijke transportnetwerk van 220kV en hoger worden in beginsel bovengronds aangelegd. Verzwaring heeft de voorkeur boven realisering van een nieuw tracé.</li> <li>• Op basis van een integrale afweging kan gekeken worden naar ondergrondse aanleg. Zodra het vanuit leveringszekerheid en meerkosten verantwoord is, zullen nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220kV en hoger meer ondergronds worden aangelegd.</li> <li>• Voor de netten op zee geldt dat deze zowel op zee als op land ondergronds zullen worden aangelegd.</li> <li>• Nieuwe hoogspanningsverbindingen worden met bestaande hoogspanningsverbindingen op één mast gecombineerd.</li> <li>• Bij de aanleg van nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220kV en hoger dienen nieuwe doorsnijdingen van het landschap zoveel mogelijk voorkomen te worden, door nieuwe en bestaande hoogspanningsverbindingen op één mast te combineren of nieuwe hoogspanningsverbindingen te bundelen met bovenregionale infrastructuur of bestaande hoogspanningsverbindingen.</li> </ul> <p>Het programma NOVEX zorgt voor de praktische invulling van de NOVI. Overheid werkt samen met provincies, gemeenten en waterschappen om een samenhangend ruimtelijk beleid te maken. Met het programma Mooi Nederland wordt de belevingswaarde, gebruikswaarde en toekomstwaarde geborgd bij de ruimtelijke ordening. De uitkomsten van deze twee programma's leiden tot een aangescherpte NOVI, die naar verwachting in 2024 vastgesteld wordt.</p>	
<p><b>Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III) (2009)</b></p> <p>Het SEV III, dat in werking is getreden op 17 september 2009, heeft tot doel het waarborgen van voldoende ruimte voor grootschalige productie en transport van elektriciteit (220kV en hoger) gebaseerd op de verwachte vraag naar elektriciteit. De algemene beginselen voor de aanleg van hoogspanningsinfrastructuur uit het SEVIII zijn overgenomen in de NOVI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doel/ Nut en Noodzaak: PEH vervangt SEV III</li> <li>• Alternatiefontwikkeling (o.a. principe bundelen)</li> <li>• PEH actualiseert de ruimtelijke aanwijzingen die in het Besluit Algemene Regels Ruimtelijke Ordening zijn vastgelegd, mede o.b.v. het SEV III</li> </ul>
<p><b>Structuurvisie Buisleidingen (SVB) 2012-2035 (2012)</b></p> <p>Visie van het Rijk waarmee het Rijk tot aan 2035 ruimte wil reserveren in Nederland voor toekomstige buisleidingen voor gevaarlijke stoffen. Het gaat daarbij om ondergrondse buisleidingen voor het transport van aardgas, olieproducten en chemicaliën, die provinciegrens- en vaak ook landgrensoverschrijdend zijn. In de Structuurvisie is een hoofdstructuur van verbindingen aangegeven waarlangs ruimte moet worden vrijgehouden, om ook in de toekomst een ongehinderde doorgang van buisleidingtransport van nationaal belang mogelijk te maken. Het PEH bevat een update van deze structuurvisie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doel/ Nut en Noodzaak: PEH vervangt SVB</li> <li>• PEH actualiseert de ruimtelijke reserveringen die in het Besluit Algemene Regels Ruimtelijke Ordening zijn vastgelegd, mede o.b.v. de Structuurvisie Buisleidingen</li> </ul>

Korte beschrijving inhoud kader	Relevant voor IEA/ PEH
<b>Structuurvisie Ondergrond (STRONG) (2018)</b>	
<p>De Structuurvisie Ondergrond (STRONG) richt zich op duurzaam, veilig en efficiënt gebruik van bodem en ondergrond waarbij benutten en beschermen met elkaar in balans zijn. De ondergrond is van groot belang voor onze energievoorziening en grondwater is de belangrijkste bron voor onze drinkwatervoorziening.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondergrondse verbindingen, opslag waterstof en geothermie</li> <li>• Beoordelingsmethodiek (thema Milieu &amp; Ruimte, aspect bodem &amp; water)</li> <li>• Dit is een relevant thema bij ondergrondse opslag als onderdeel van PEH en met name de uitvoering ervan</li> </ul>
<b>Programma Bodem &amp; Ondergrond</b>	
<p>Dit programma ontwikkelt nieuw beleid als vervolg op STRONG. STRONG zorgt voor toekomstige mogelijkheden voor de grondwater- en drinkwatervoorziening, voldoende ruimte voor toekomstige mijnbouwactiviteiten en een goede samenwerking tussen alle belanghebbenden. In het Programma wordt onder meer gebiedsgericht grondwaterbeheer en de problematiek rond kabels en leidingen uitgewerkt. Energiehoofdstructuur (opslag van waterstof en geothermie) gaat ook over ondergrond.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programma is nog niet concreet, daarmee is STRONG leidend</li> </ul>
<b>Mijnbouwwet (oktober 2002)</b>	
<p>De Mijnbouwwet is in 2002 vastgesteld en reguleert het gebruik van bestaansbronnen in de diepe ondergrond, zoals het opsporen, winnen en opslaan van delfstoffen en aardwarmte. In 2022 is een wetwijziging aangenomen met beter passende regelgeving voor geothermie, waardoor de energietransitie mogelijk versneld wordt. Energiehoofdstructuur (opslag van waterstof en geothermie) gaat ook over ondergrond.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opslag waterstof en geothermie</li> </ul>
<b>Programma Infrastructuur Duurzame Industrie (PIDI) (mei 2021)</b>	
<p>Het PIDI is het beleidskader voor de ontwikkeling van de energie-infrastructuur op land. Het programma brengt de vraagontwikkeling naar duurzame energie en de benodigde energie-infrastructuur voor de industrie in beeld. Het geeft richting aan de ontwikkeling van een aantal energieclusters (Cluster Energiestrategieën; CES), met een overzicht van de industriële investeringen en de benodigde energie- en grondstoffeninfrastructuur voor een periode van ten minste 10 jaar met een doorkijk naar 2050. Dit vormt input voor PEH. Om verduurzaming te bereiken zijn er meer hernieuwbare energiebronnen en bijbehorende energie-infrastructuur nodig.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling (CES onderdeel scenario's)</li> <li>• Verschillen- en gevoeligheidsanalyse</li> </ul>
<b>Nationale Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (november 2021)</b>	
<p>Het MIEK is het uitvoeringsprogramma voor het PIDI. Het MIEK beschrijft de energie- en grondstoffeninfrastructuurprojecten die het kabinet wil oppakken om versneld bij te dragen aan het verduurzamen van de industrie. De overheid werkt samen met industrie, energieproducenten en netbeheerders. Uitvoering van het MIEK borgt de tijdige ontwikkeling/ sturing van energievraag. MIEK-projecten worden getoetst op toekomstbestendigheid, urgentie, klimaatwinst, en nationaal schaalniveau. In het MIEK zijn onder andere de verzwaren van verschillende elektriciteitsnetten (Noordzeekanaalgebied, Chemelot, Noord-Nederland/Delfzijl-Eemshaven, Rotterdam-Moerdijk, Zeeland/Schelde-Deltaregio), de landelijke waterstofinfrastructuur en de Delta Rhine Corridor vastgelegd als projecten. Ook is in 2022 besloten om de aanlanding op het hoogspanningsnet op land van wind op zee-projecten onderdeel uit te laten maken van het MIEK. In het voorjaar van 2023 wordt van iedere provincie een provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (PMIEK) verwacht. Het PMIEK bevat een prioritering van en plannen voor uitbreidingsinvesteringen van regionale energie-infrastructuur. Daarnaast bevat het afspraken over het borgen van de keuzes in investeringsplannen van netbeheerders en in het ruimtelijk beleid van provincies en gemeenten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling (MIEK onderdeel scenario's)</li> <li>• Verschillen- en gevoeligheidsanalyse</li> </ul>

Korte beschrijving inhoud kader	Relevant voor IEA/ PEH
<p>Met de zogenaamde maatwerkafspraken wil de rijksoverheid de grootste industriële uitstoters een extra stap laten zetten om sneller minder CO<sub>2</sub> uit te stoten. Met maatwerk wil het kabinet de onzekerheden, obstakels en vertragende factoren rond verduurzaming zoveel mogelijk wegnemen.</p>	
<b>Routekaart elektrificatie industrie (oktober 2021)</b>	
<p>De routekaart elektrificatie industrie schetst het potentieel voor elektrificatie in de industrie en geeft aan welk deel van de huidige fossiele vraag van de industrie in de toekomst realistisch gezien kan worden ingevuld met elektriciteit in 2030 en 2050. Het potentieel voor industriële elektrificatie is volgens de routekaart 30 tot 80 TWh in 2030 en 80 tot 130 TWh in 2050. Routekaart heeft bijgedragen aan Stuurgroep Extra Opgave. Grotendeels binnen range van I13050-scenario's.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling (scenario's)</li> <li>• Verschillen- en gevoeligheidsanalyse</li> </ul>
<b>Delta Rhine Corridor</b>	
<p>De Delta Rhine Corridor is een gepland gebundeld buisleidingentracé tussen de Rotterdamse haven en Noordrijn-Westfalen, via industrieclusters Moerdijk en Chemelot. De Delta Rhine Corridor vervoert met verschillende buisleidingen waterstof, lpg, propeen en CO<sub>2</sub>. In de Structuurvisie Buisleidingen 2012-2035 is voor een groot deel ruimte gereserveerd voor het tracé. De Delta Rhine Corridor is een MIEK-project, omdat het een belangrijke basis vormt voor de energie-infrastructuur op de lange termijn. Het consortium van de corridor (momenteel (april 2023) in oprichting) werkt de ruimtelijke haalbaarheid van het gehele tracé op dit moment verder uit, samen met de Rijksoverheid, provincies en gemeenten. Vormt input voor IEA/PEH.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling (scenario's)</li> <li>• Beoordelingsmethodiek (thema welvaartanalyse)</li> <li>• Bijlage Buisleidingen, brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub></li> </ul>
<b>Nationaal Plan Energiesysteem (ontwerp juni 2023)</b>	
<p>Het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) is gericht op maken van keuzes over de inrichting van het integrale energiesysteem in 2050 en welke maatregelen (incl. ruimtelijke borging), middelen en instrumenten over de gehele beleids- en energieketen daarvoor nodig zijn. Het NPE gaat over het schetsen van gewenste ontwikkelpaden voor het energiesysteem. Het PEH richt zich op ruimte voor de nationale onderdelen van het energiesysteem, en is in lijn met het NPE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afstemming en uitwisseling tussen NPE en PEH</li> </ul>
<b>Nationaal Waterprogramma en Programma Noordzee 2022-2027 (maart 2021)</b>	
<p>Het Nationaal Waterprogramma 2022–2027 geeft een overzicht van de ontwikkelingen binnen het waterdomein, legt nieuw ontwikkeld beleid vast en beschrijft de uitvoering ervan in de rijkswateren en -vaarwegen. Daarnaast geeft het de doelstelling aan voor windenergie op zee en regelt het de aanwijzing van windenergiegebieden op zee. De relatie met PEH is dat PEH gaat over ruimtelijk beleid op land en de grote wateren voor de energie-hoofdstructuur. Het Programma Noordzee 2022-2027 is een bijlage bij het Nationaal Waterprogramma 2022-2027. Het Programma Noordzee gaat over de ruimtelijke indeling van de Noordzee en het bereiken van de goede milieutoestand. Ook bevat deze nota de visie, de opgaven en het beleid van het Rijk voor de Noordzee. In het Programma Noordzee zijn nieuwe windenergiegebieden aangewezen die moeten worden aangesloten op het landelijke energie-infrastructuur. Tot 2031 is voor 21 GW aangewezen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doel (omvang aanbod)</li> <li>• Nut en noodzaak (energietransitie)</li> <li>• Alternatiefontwikkeling (aansluiten windenergie op zee op landelijk hoogspanningsnet)</li> </ul>

<b>Partiële herziening Programma Noordzee (datum onbekend) en EIPN (verwacht begin 2024)</b>	
<p>Onderzoeksopgave partiële herziening is uitgebreid door toegenomen noodzaak van energieonafhankelijkheid. Onderzoeksopgave van de Partiële Herziening is 50 GW in 2040; dit is extra ruimte voor 29 GW ten opzichte van 2031. Bewindspersonen bepalen in medio 2023 de ambitie, scope, fasering en tijdspad. Ook wordt het Energie Infrastructuur Plan Noordzee (EIPN) opgesteld, waarin een richtinggevend beeld wordt geschetst van de ontwikkeling van de benodigde infrastructuur voor windenergie op zee van 2030 tot 2050. Er zal gewerkt worden met een hub-gebaseerde aanpak. Energiehubs op zee zijn knooppunten waar windenergie samenkomt, waarna kabels en pijpleidingen de windenergie transporteren in de vorm van elektriciteit of waterstof naar land. Het PEH zorgt voor afstemming op land vanuit het bredere energiesysteem en heeft daarmee met name relatie met de aanlandingslocaties aan de kust. PEH vormt input voor EIPN.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doel (omvang aanbod)</li> <li>• Nut en noodzaak (energietransitie)</li> <li>• Alternatiefontwikkeling (aansluiten windenergie op zee op landelijk hoogspanningsnet, en aansluiting import waterstof/offshore waterstof op landelijke waterstofinfrastructuur)</li> </ul>
<b>Verkenning Aanlanding Wind op Zee (VAWOZ) 2030 (december 2021)</b>	
<p>Op 2 december 2021 is de kamerbrief over de afwegingsnotitie VAWOZ 2030 verschenen. Het doel van VAWOZ 2030 was om te bepalen welke locaties kansrijk zijn voor de aanlanding van extra vermogen windenergie in het jaar 2030. De aanlandingslocaties zijn relevant voor het PEH, deze worden als uitgangspunt overgenomen uit de VAWOZ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitgangssituatie 2030</li> </ul>
<b>Voorverkenning VAWOZ 2040 (juli 2022)</b>	
<p>Het doel van de Voorverkenning was om samen met de omgeving op hoofdlijnen te onderzoeken en identificeren wat kansrijke aansluitlocaties kunnen zijn voor de periode 2031-2040 voor de windenergie op zee voorafgaand aan programma VAWOZ 2040. In het najaar van 2023 verschijnt de notitie reikwijdte en detailniveau (NRD) van het Programma VAWOZ 2031-2040. Het doel van dit programma is om te bepalen welke aanlandingen kansrijk zijn in 2031-2040, waarbij rekening wordt gehouden met wat nog nodig is in 2050. Hierbij wordt gekeken naar de verhouding elektrische en waterstof aanlandingen, ontwikkeling van tracés vanuit de windparken op zee, de locaties van transformator- en converterstations, en aanlandingsstations voor waterstof en elektrolyzers. PEH vormt input voor programma VAWOZ 2040.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling</li> <li>• Afweging</li> <li>• Aanleveren informatie voor systeem-integratie van PEH aan VAWOZ 2040</li> <li>• Verschillen- en gevoeligheidsanalyse</li> </ul>
<b>Routekaart Groen Gas (maart 2020)</b>	
<p>Nieuwe productie-installaties voor groengas<sup>2</sup> kunnen een zodanig effect hebben op het energiesysteem dat de energie-hoofdstructuur hierop moet anticiperen. De Routekaart Groen Gas brengt in beeld welke toekomstperspectieven er zijn voor het produceren van groengas en hoe hierop kan worden geanticipeerd met energie-infrastructuur<sup>3</sup>. Het PEH richt zich op infrastructuur van nationaal belang, waarbij de impact van een grote vraag naar groengas op de hoofdinfrastructuur is onderzocht. Voor de productie van groengas of de import van groengas zijn geen locaties toegewezen en is geen ruimtelijke analyse gemaakt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling (gebruik groengas)</li> </ul>
<b>Waterstofstrategie Nederland</b>	
<p>Om ervoor te zorgen dat Nederland in 2050 een duurzaam energie- en grondstofsysteem heeft, wil Nederland gebruikmaken van waterstof als energiedrager. De Nederlandse industrie gebruikt waterstof al op grote schaal als grondstof om producten te maken. Waterstof kan ook ingezet worden om duurzaam opgewekte energie op te slaan en te transporteren naar gebruiker. De overheid wil de productie en toepassing van duurzame waterstof verder ontwikkelen, onder andere door middel van het Nationaal Waterstof Programma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling</li> <li>• Afweging</li> <li>• In lijn met de ambities om productie en toepassing van waterstof te stimuleren, richt het PEH zich op de ruimtevraag die dit kan opleveren voor de nationale onderdelen van het energiesysteem</li> </ul>

<sup>2</sup> Groengas is een duurzame variant van aardgas en wordt gemaakt door biogas op te waarden tot het dezelfde kwaliteit heeft als aardgas.

<sup>3</sup> <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-197cca90-ba80-498a-ab7a-39dd7dfd8e05/pdf>

<b>Nationaal Waterstof Programma (2022)</b>	
<p>In 2022 is het Nationaal Waterstof Programma van start gegaan. De centrale opgave van het Nationaal Waterstof Programma (NWP) is het onderzoeken en stimuleren van de bijdrage van waterstof aan het realiseren van de energietransitie. In 2022 ligt de focus hierbij op het opstellen van een Routekaart Waterstof samen met partijen uit de waterstofsector.<sup>4</sup> De Routekaart stelt doelen voor hernieuwbare waterstof in 2030 voor en beschrijft welke acties nodig zijn om die doelen te behalen. Er wordt in 13 themagroepen gewerkt, o.a. productie, infrastructuur en opslag, import, industrie, elektriciteitsopwekking en mobiliteit komen aan bod. Het programma kan aanleiding zijn tot hergebruik van bestaande leidingen, uitbreiding van leidingen en uitbreiding van elektrolysecapaciteit. Specifiek is hierbij het project HyWay 27 relevant, dat een verkenning betreft naar de backbone voor waterstofinfrastructuur<sup>5</sup>. Met de het waterstofnetwerk legt Gasunie een landelijk netwerk aan dat de vraag naar en aanbod van waterstof verbindt. Vijf industriële clusters worden verbonden met elkaar, met het buitenland en met waterstofopslagen. Dit gebeurt hoofdzakelijk via bestaande en deels nieuw aan te leggen infrastructuur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternatiefontwikkeling</li> <li>• Uitgangssituatie 2030 (HyWay 27)</li> <li>• In lijn met de ambities om productie en toepassing van waterstof te stimuleren, richt het PEH zich op de ruimtevrage die dit kan opleveren voor de nationale onderdelen van het energiesysteem</li> </ul>
<b>Regionale Energiestrategieën 1.0</b>	
<p>In 30 energieregio's zijn Regionale Energiestrategieën (RES) vastgesteld waarin per regio staat beschreven waar het best duurzame energie kan worden opgewekt, hoe de warmtetransitie vorm krijgt en waar mogelijk energieopslag kan plaatsvinden. De RES'en dienen voor 35 TWh hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land te voorzien in 2030. De RES'en 1.0 zijn verschenen, welke invloed hebben op de energie-hoofdstructuur van Nederland. In juli 2023 verschijnt de voortgangsrapportage, waarin alle regio's aangeven waar zij staan qua realisatie op weg naar de doelstelling in 2030. De benodigde infrastructuurontwikkelingen voor de RES'en zijn geborgd in het PEH. De RES'en 1.0 verschillen in detail- en abstractieniveau tussen de regio's. Bij meer abstracte plannen is waar nodig een inschatting gemaakt van de concretisering van de plannen. De RES'en zijn vervolgens gezamenlijk meegenomen voor de IEA gebruikte scenario's 1.0.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onderdeel van de alternatiefontwikkeling</li> <li>• Bijlage XV Verschillen- en gevoeligheidsanalyse</li> </ul>
<b>Provinciale omgevingsverordeningen</b>	
<p>De Omgevingsverordeningen zijn voor een deel achterhaald en voor een deel zijn plannen (nog) niet concreet (o.a. in afwachting van de invoering van de Omgevingswet), daarom is de afstemming met mogelijke toekomstige ontwikkelingen opgepakt in het proces (zie rechterkolom).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In het kader van PEH zijn gesprekken gevoerd met alle provincies. Ook zijn verschillende inzichten meegegeven in het traject van Provinciale Arrangementen wat o.l.v. de minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening is gestart.</li> </ul>
<b>Regels ter bescherming van UNESCO-werelderfgoed</b>	
<p>In de NOVI staat ook de Rijkvisie op landschap en cultuurhistorie. In de Visie Erfgoed en Ruimte (VER) (2011) geeft het Rijk aan hoe het onroerend cultureel erfgoed wordt geborgd in de ruimtelijke ordening, welke prioriteiten het kabinet daarbij stelt en hoe zij willen samenwerken met publieke en private partijen. De Erfgoedwet (2016) is gericht op het aanwijzen van onroerend en roerend cultureel erfgoed. De Monumentenwet (1988) voorziet in de bescherming van archeologie in de fysieke leefomgeving. Bepaalde onderdelen van de Monumentenwet zijn overgenomen in de Erfgoedwet. Deze waarden worden in de IEA geanalyseerd aan de hand van de IKAW en AMK (archeologie) en UNESCO-werelderfgoed en rijks- en provinciale objecten (cultuurhistorie).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beoordelingsmethodiek (thema Milieu &amp; Ruimte aspect landschap, cultuurhistorie en archeologie)</li> </ul>

<sup>4</sup> <https://nationaalwaterstofprogramma.nl/over+ons/routekaart+waterstof/default.aspx> .

<sup>5</sup> <https://www.hyway27.nl/>

<b>Deltaprogramma 2023</b>	
<p>Het Deltaprogramma is een Rijksprogramma bedoeld om Nederland te beschermen tegen overstromingen, te zorgen voor voldoende zoetwater en bij te dragen aan een klimaatbestendige en waterrobuuste inrichting.</p> <p>Concreet zijn de doelen voor 2050 als volgt: het basisbeschermingsniveau geldt voor iedereen achter de dijken, en Nederland is weerbaar tegen watertekort, hitte, droogte, wateroverlast en de gevolgen van overstromingen. Door middel van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie wordt Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust ingericht (o.a. door dijkversterkingen).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beoordelingsmethodiek (thema Milieu &amp; Ruimte aspect bodem, grond en (drink)watervoorziening overstromingsgevoeligheid)</li> <li>• Onderdelen opwek en transport</li> </ul>
<b>Omgevingswet, inwerkingtreding voorzien 1 januari 2024</b>	
<p>Op 1 januari 2024 (verwachting) komt de overheid met een nieuwe omgevingswet die bestaande wet- en regelgeving zal gaan vervangen. De Omgevingswet bundelt wetgeving en regels voor ruimte, wonen, infrastructuur, milieu, natuur en water. De wet vormt de basis voor de samenhangende benadering van de fysieke leefomgeving en vereenvoudigt regels voor ruimtelijke ontwikkeling. Een groot aantal wetten gaat geheel of gedeeltelijk op in de Omgevingswet.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programma is uitvoeringsinstrument onder toekomstige Omgevingswet</li> <li>• Proces IEA/ PEH anticipeert op nieuwe Omgevingswet</li> </ul>

# BIJLAGE IV Beschrijving scenario's 2050

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Joeri Vendrik, Martha Deen, Lucas van  
Cappellen (CE Delft); Maarten Jaspers Faijer,  
Roel van Ooij, Maarten Sosef (Pondera Consult)

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

## Disclaimer

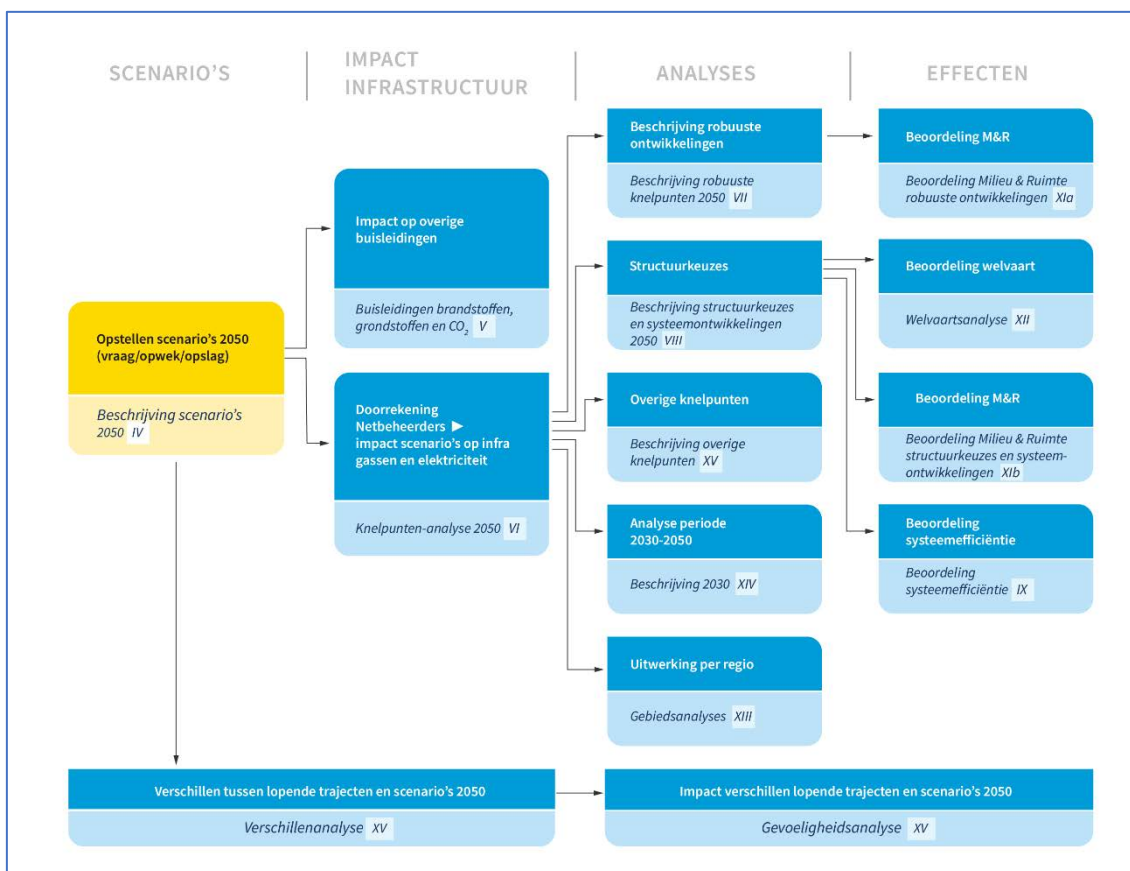
In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## 0 Samenvatting

In deze bijlage, *Beschrijving scenario's 2050*, worden de scenario's beschreven die gebruikt worden voor de analyses van de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het Programma Energiehoofdstructuur (PEH). Het beschrijven van de scenario's voor 2050 is de eerste stap in het onderzoeken van de benodigde ruimte voor het nationale energie-infrastructuur en staat daarom helemaal links in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen. Op basis van deze scenario's is een inschatting gemaakt van de benodigde energie-infrastructuur (in Bijlage V *Buisleidingen brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub>* en Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*).

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Introductie scenario's _____	3
1.2	Doel van de scenario's _____	4
1.3	Leeswijzer _____	4
<b>2</b>	<b>Methodologie</b>	<b>4</b>
2.1	Werkwijze _____	4
2.2	Ruimtelijke analyses _____	6
2.3	Modellering 'flex' _____	8
<b>3</b>	<b>Energetische invulling scenario's (excl. kernenergie)</b>	<b>11</b>
3.1	Vier toekomstbeelden _____	11
3.2	Kerncijfers scenario's _____	12
<b>4</b>	<b>Ruimtelijke invulling Nederland Energieland-scenario's</b>	<b>13</b>
4.1	Energievraag _____	13
4.2	Hernieuwbare opwek _____	14
4.3	Overige opwek _____	15
4.4	Opslag van energie _____	15
4.5	Import en export van energie _____	16
<b>5</b>	<b>Ruimtelijke invulling Sterke Knopen-scenario's</b>	<b>18</b>
5.1	Analyses beschikbare ruimte _____	19
5.2	Ruimtelijke invulling onderdelen _____	20
5.3	Overzichtstabel _____	43
<b>6</b>	<b>Zeer Sterke Knopen Kernenergie-scenario</b>	<b>44</b>
6.1	Afbakening _____	44
6.2	Technische aannames kernreactoren _____	44
6.3	Ruimtelijke invulling kernreactoren _____	47
6.4	Energetische invulling _____	52
<b>A.</b>	<b>Ruimtelijke invulling wind op land en zon op land-scenario's Sterke Knopen</b>	<b>56</b>
A.1.	Invulling cluster Zeeland/Rotterdam voor wind op land _____	56
A.2.	Invulling cluster Noord-Holland voor zon op land _____	56
<b>B.</b>	<b>Kaarten ruimtelijke invulling kernreactoren</b>	<b>57</b>

# 1 Inleiding

In deze bijlage worden de scenario's beschreven die gebruikt worden voor de analyses van de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het Programma Energiehoofdstructuur (PEH). In deze bijlage wordt besproken hoe deze scenario's tot stand zijn gekomen en voor elk scenario worden de energetische en ruimtelijke invulling besproken. In dit hoofdstuk worden de scenario's geïntroduceerd en wordt ingegaan op het doel van de scenario's.

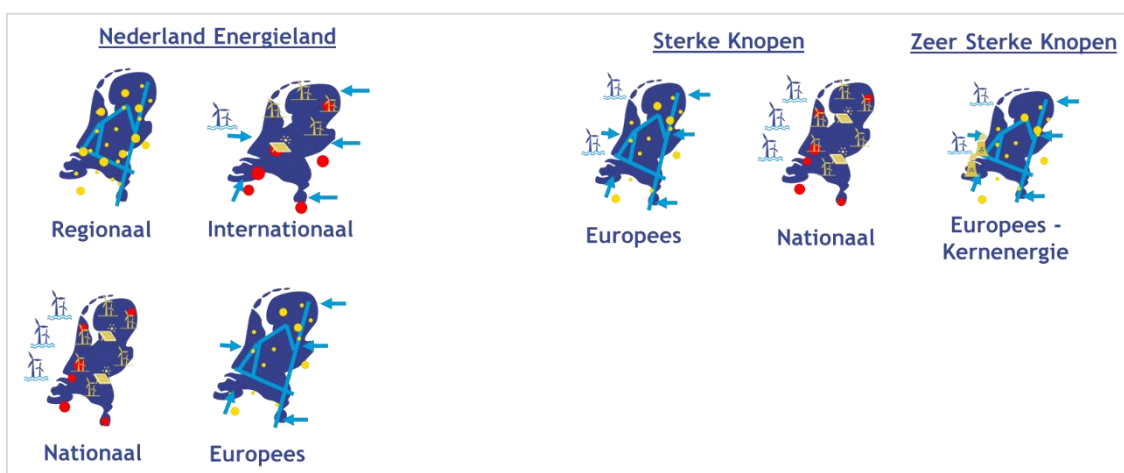
## 1.1 Introductie scenario's

Er worden scenario's opgesteld voor het energiesysteem in 2050. In elk van deze scenario's wordt uitgegaan van een klimaatneutraal energiesysteem. Alleen de invulling hiervan verschilt tussen de scenario's. In elk scenario wordt dus uitsluitend gebruikgemaakt van CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers, maar het verschilt tussen de scenario's welke CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, warmte) het meest gebruikt worden. Daarnaast verschilt het tussen de scenario's welke bronnen worden gebruikt om energie te produceren.

Er wordt gebruikgemaakt van zeven scenario's voor de IEA van het PEH. Deze scenario's omspannen de hoekpunten van het energiesysteem in 2050. Dit zijn realistische uitersten, waarbij het van belang is te melden dat er in het Programma Energiehoofdstructuur geen voorkeur wordt uitgesproken over deze uitersten. Het is de verwachting dat het energiesysteem in 2050 binnen de hoekpunten van deze zeven scenario's valt.

De scenario's zijn gebaseerd op de vier Klimaatneutrale scenario's die gebruikt zijn voor de Integrale Infrastructuurverkenning I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020). Deze vier scenario's worden integraal overgenomen en worden de Nederland Energieland-scenario's genoemd. Daarnaast zijn er nog drie scenario's toegevoegd. Twee Sterke Knopen-scenario's, die alleen ruimtelijk verschillen van de Nederland Energieland-scenario's, en één Kernenergie-scenario (Zeer Sterke Knopen). Figuur 1-1 geeft een schematische weergave van de zeven scenario's.

Figuur 1-1 - Schematische weergave scenario's



## 1.2 Doel van de scenario's

De zeven scenario's geven de hoekpunten van het speelveld aan voor 2050. Dit zijn dus de verwachte uitersten van het energiesysteem. De scenario's schetsen expliciet geen wensbeeld hoe het energiesysteem er in de toekomst uit moet zien en ze zijn ook niet bedoeld als keuzes. Het toekomstige energiesysteem zal vermoedelijk ergens in het midden tussen de scenario's liggen.

Het doel van het gebruik van scenario's om de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem te bepalen is tweeledig. Enerzijds geeft dit inzicht in robuuste ontwikkelingen die in elk van de scenario's plaatsvinden. Dit zijn ontwikkelingen waar in elk geval ruimte voor noodzakelijk is. Daarnaast geven de verschillen tussen de scenario's inzicht in de keuzes die gemaakt kunnen worden richting 2050 en de (ruimtelijke) effecten daarvan.

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methodologie besproken voor het opstellen van de scenario's. Vervolgens wordt er in hoofdstuk 3 ingegaan op de energetische invulling van de scenario's (met uitzondering van het Kernenergie-scenario). In hoofdstuk 4 en 5 wordt ingegaan op de ruimtelijke invulling van de scenario's (wederom met uitzondering van het Kernenergie-scenario). Tot slot wordt in hoofdstuk 6 de energetische en ruimtelijke invulling van het Kernenergie-scenario besproken.

# 2 Methodologie

Elk scenario heeft een energetische invulling en een ruimtelijke invulling. Bij de energetische invulling van de scenario's wordt totale energievraag en het totale energieaanbod voor heel Nederland bepaald, met uitsplitsing naar energiedrager en bron. Bij de ruimtelijke invulling wordt bepaald hoe deze energievraag en het energieaanbod ruimtelijk neerslaan.

Elk scenario bestaat uit vier elementen: vraag, productie, opslag en infrastructuur. In dit rapport wordt ingegaan op de eerste drie elementen<sup>1</sup>. Elk van deze elementen bestaat uit meerdere onderdelen. Zo bestaat het element opslag bijvoorbeeld uit de onderdelen opslag elektriciteit, opslag waterstof en opslag methaan. Voor alle onderdelen wordt in elk van de scenario's de energetische en de ruimtelijke invulling bepaald. In dit hoofdstuk wordt in grote lijnen besproken hoe de invulling van de scenario's tot stand is gekomen. Een uitgebreide omschrijving van de invulling van de scenario's volgt in hoofdstuk 3 tot en met 6.

## 2.1 Werkwijze

Voor de analyses binnen het PEH zijn er zeven scenario's opgesteld. Het gaat om de volgende scenario's:

- Vier **Nederland Energieland**-scenario's. Deze scenario's verschillen van elkaar qua energetische invulling en omvatten daarbij de hoeken van het speelveld. Bij de ruimtelijke invulling ligt de focus van deze scenario's op spreiding. De ruimtelijke invulling varieert nauwelijks tussen deze scenario's.
- Twee **Sterke Knopen**-scenario's. Deze scenario's zijn qua energetische invulling gelijk aan twee van de Nederland Energieland-scenario's, maar hebben een andere ruimtelijke invulling. Bij de ruimtelijke invulling ligt de focus van deze scenario's op clustering.

<sup>1</sup> Het element infrastructuur wordt behandeld in de notities Knelpuntenanalyse, Robuuste knelpunten en Structuurkeuzes.

- Eén **Zeer Sterke Knopen**-scenario met kernenergie. Dit scenario is gebaseerd op één van de Sterke Knopen-scenario's, maar met kerncentrales in plaats van hernieuwbare opwek op land en gas-centrales. Zowel de energetische invulling als ruimtelijke invulling van dit scenario verschilt van de andere scenario's.

Hieronder wordt het stappenplan geschetst om te komen tot de invulling van deze scenario's:

1. **Energetische invulling niet-regelbare productie en vraag:**

Voor de scenario's Nederland Energieland en Sterke Knopen zijn de scenario's van II3050 (Berenschot & Kalavasta, 2020) integraal overgenomen. Voor het Zeer Sterke Knopen-scenario zijn er enkele wijzigingen gemaakt (meer hierover in hoofdstuk 6).

2. **Energetische invulling 'flex' (vraagsturing, regelbare productie, opslag of import/export):**

Voor een robuust energiesysteem is het noodzakelijk dat vraag en aanbod van energie op elk moment van het jaar gebalanceerd worden, voor elke energiedrager. Hiervoor is 'flex' nodig, middelen die hiervoor kunnen zorgen voor het matchen van vraag en aanbod, zoals regelbare productie, energieopslag en import/export. Voor elk scenario is de energetische invulling van flex bepaald door middel van modellering van de netbeheerders. Zij hebben hiervoor een jaarrondrekening uitgevoerd waarbij voor elk uur bepaald is hoeveel regelbare productie en opslag nodig is om vraag en aanbod te balanceren (meer hierover in paragraaf 2.3).

3. **Ruimtelijke invulling niet-regelbare productie en vraag:**

Voor de scenario's Nederland Energieland wordt de ruimtelijke invulling van de scenario's van II3050 (Berenschot & Kalavasta, 2020) integraal overgenomen.

Voor de scenario's Sterke Knopen worden een deel van de onderdelen, waarvoor de ruimtelijke invulling lastig stuurbaar en voornamelijk autonoom verloopt (bijvoorbeeld vraag), de ruimtelijke invulling van de scenario's van II3050 overgenomen. Maar voor een deel van de onderdelen, waarvoor de ruimtelijke invulling wel stuurbaar is (bijv. hernieuwbare opwek op land), wordt de ruimtelijke invulling zelf bepaald. Om te komen tot de ruimtelijke invulling van de onderdelen zijn de volgende stappen doorlopen:

- **Bepalen principe ruimtelijke plaatsing.** Bij de Sterke Knopen-scenario's is clustering het leidende principe voor de ruimtelijke plaatsing.
- **Bepalen geschikte locaties.** Voor elk onderdeel is bepaald welke locaties geschikt zijn voor clustering.
- **Bepalen benodigde ruimte per onderdeel.** Op basis van kentallen (zie paragraaf 2.2) wordt per onderdeel bepaald welke ruimte in totaal nodig is voor de ruimtelijke invulling.
- **Bepalen beschikbare ruimte.** Er wordt bepaald hoeveel ruimte beschikbaar is voor de ruimtelijke invulling van onderdelen in heel Nederland en per geschikte clusterlocatie.
- **Bepalen ruimtelijke invulling.** De ruimtelijke invulling per onderdeel wordt bepaald op basis van de benodigde ruimte en beschikbare ruimte per geschikte locatie.

Voor het scenario Zeer Sterke Knopen is de ruimtelijke invulling nagenoeg gelijk aan één van de Sterke Knopen-scenario's, met uitzondering van de locaties van kerncentrales en wind op land. Voor de ruimtelijke invulling van kerncentrales is er uitgegaan van bestaande reserveringen en vervanging van regelbare centrales en wind op land door de toevoeging van kernenergie.

#### 4. Ruimtelijke invulling 'flex' (vraagsturing, regelbare productie, opslag of import/export)

Voor de scenario's Nederland Energieland wordt hiervoor de ruimtelijke invulling van de scenario's van II3050 (Berenschot & Kalavasta, 2020) integraal overgenomen.

Voor de scenario's Sterke Knopen wordt de ruimtelijke invulling voor een deel van de onderdelen, waarvoor de ruimtelijke invulling stuurbaar is (bijv. elektriciteitscentrales), zelf bepaald. Hiervoor worden dezelfde stappen doorlopen als voor de ruimtelijke invulling van niet-regelbare productie en vraag. Bij het scenario Zeer Sterke Knopen is de ruimtelijke invulling van flex gelijk aan één van de scenario's Sterke Knopen.

Na het doorlopen van deze stappen is er voor elk van de scenario's zowel de energetische als ruimtelijke invulling bepaald voor alle elementen. Bij de ruimtelijke invulling is buurniveau als laagste detailniveau gehanteerd.

## 2.2 Ruimtelijke analyses

Voor het bepalen van de ruimtelijke invulling van de onderdelen zijn enkele ruimtelijke analyses nodig. Hieronder wordt beschreven welke kentallen zijn gehanteerd voor het bepalen van de benodigde ruimte per onderdeel en hoe er is bepaald hoeveel ruimte beschikbaar is per locatie.

### 2.2.1 Kentallen ruimtegebruik

#### Vraag

Het ruimtegebruik door energievraag is beperkt en vindt plaats op het terrein van de afnemers. Daarom zijn er bij het opstellen van de scenario's geen analyses gedaan naar de benodigde ruimte voor vraag.

#### Productie

De onderdelen van opwek kennen het volgende ruimtebeslag per eenheid:

Figuur 2-1 - Overzicht ruimtegebruik opwek



Voor windenergie is er sprake van direct en indirect ruimtegebruik. Voor berekeningen van het ruimtegebruik is er gerekend met een turbine met masthoogte en rotordiameter van beide 150 meter en een vermogen van 6 MW. Onder direct ruimtegebruik wordt het fundament en de kraanopstelplaats verstaan, hier is geen ander ruimtegebruik mogelijk. Per turbine wordt hier gerekend met 1.000 m<sup>2</sup> (NVDE, 2020). Het indirecte ruimtegebruik is groter, windturbines kunnen immers niet direct naast elkaar staan. Hierbij is de aanname dat er een onderlinge afstand tussen turbines is van 4 maal de rotordiameter en er (gemid-

deld gezien) clusters worden gevormd van 6 (2x3) turbines. Met deze uitgangspunten is er een indirect ruimtegebruik 12 MW/km<sup>2</sup>.

Voor zonne-energie wordt er onderscheid gemaakt in veldopstellingen en dakopstellingen. Voor dakopstellingen wordt het vermogen per km<sup>2</sup> aangehouden dat is meegenomen in II3050: 195 MW/km<sup>2</sup>. Voor veldopstellingen is in II3050 48-156 MW/km<sup>2</sup> aangehouden. Huidige (geconcentreerde) opstellingen kunnen reeds 150 MW/km<sup>2</sup> ruimtebeslag realiseren. De verwachting is dat in de toekomst de efficiëntie van zonnepanelen nog toe zal nemen, maar anderzijds ook de behoefte aan ruimte voor secundaire functies zoals natuurontwikkeling. Op basis van deze punten is 150 MW/km<sup>2</sup> als realistisch ruimtebeslag in 2050 aangenomen. Dit ruimtebeslag wordt als direct ruimtebeslag gezien.

Regelbare centrales betreffen stoom- en gasturbines (STEG-centrales). Bij grootschalige regelbare centrales (in de scenario's Sterke Knopen) wordt een minimum ruimtebeslag van 20 ha aangehouden voor regelbare centrales. Voor de kleinere regelbare centrales is het minimum ruimtebeslag 1 ha.

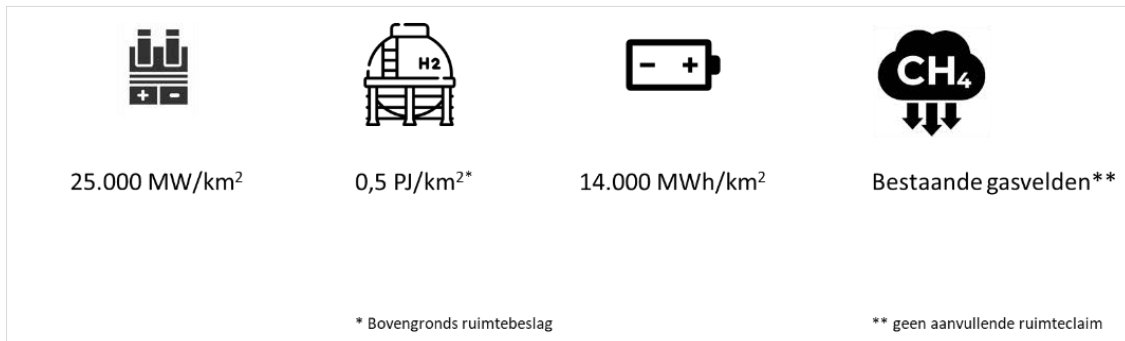
Er wordt aangesloten bij het gehanteerde ruimtebeslag voor gascentrales in II3050: 213 MW/ha.

#### Opslag

Opslag bevat de opwek- en opslagonderdelen om voldoende energie te leveren of te ontvangen en bestaat uit de volgende onderdelen; (1) Elektrolyzers, (2) Waterstofopslag, (3) Batterijen en (4) Methaanopslag.

De onderdelen van opslag kennen het volgende ruimtebeslag per eenheid:

Figuur 2-2 - Overzicht ruimtegebruik opwek



Uitgangspunt voor de elektrolyzers is dat de methode met het minste ruimtebeslag wordt gehanteerd. Dit betreft een elektrolyser uitgevoerd met PEM-technologie (polymeer elektrolyt membraan). Een grootschalige PEM-elektrolyser bestaat uit technische installaties, een gebouw voor de elektrolyser, installaties voor compressie en behandeling van waterstof en faciliteiten voor het koelwater en waterbehandeling. Voor een PEM-elektrolyser met een opgesteld vermogen van 1 GW is een minimale oppervlakte van 8 ha en een maximale oppervlakte van 13 ha nodig. Ook hier zijn verbindingen vanuit het elektriciteitsnet, het waterstofnet als ook beschikbaar water als grondstof en als koelproduct noodzakelijk. Als oppervlaktewater gebruikt wordt als koelwater is er sprake van een koelwaterbehoefte van 12.000 liter per seconde voor een elektrolyser van 1 GW.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Bron: Integration of gigawatt scale electrolyser in five industrial clusters, ISPT, 2020.

Het plaatsen van batterijen vergt een relatief geringe ruimte per eenheid opgesteld vermogen. Het uitgangspunt is dat per km<sup>2</sup> een vermogen kan worden geplaatst van 14 GWh (140 MWh per ha). Hierbij is het uitgangspunt dat een batterij van 1 MW vier uur kan leveren; oftewel 4 MWh per 1 MW opgesteld vermogen. Een batterij kent naast een netaansluiting weinig tot geen ruimtelijk relevante vereisten om operationeel te zijn.

Waterstofopslag kan onder meer plaatsvinden in zoutcavernes. De nieuw aan te leggen zoutcavernes voor waterstofopslag zijn locatiegebonden, aangezien dit alleen mogelijk is daar waar de geschikte zoutlagen zich bevinden. Het bovengrondse directe ruimtebeslag is 0,5 PJ per km<sup>2</sup>. Vanuit de cavernes komen buizen uit in putten aan de oppervlakte. Een systeem met afsluitbare kleppen zorgt ervoor dat het gas gecontroleerd in en uit kan stromen. De cavernes zijn via ondergrondse pijpleidingen verbonden met de installatie. Deze installatie zorgt ervoor dat het gas in de cavernes kan worden gebracht en eruit kan worden gehaald. De installatie is op haar beurt aangesloten op het Nederlandse gastransportnet.

In principe worden zoutcavernes die voor opslag zijn bedoeld van tevoren als zodanig gedimensioneerd. De dikte van de wanden en het plafond van de caverne moet voldoende zijn, zodat de caverne stabiel blijft bij wisselende druk van hetgeen opgeslagen wordt. Cavernes waarbij op voorhand geen rekening is gehouden met toekomstig gebruik voor de opslag van stoffen kunnen in bepaalde gevallen alsnog geschikt gemaakt worden voor opslag door de dimensies van de caverne aan te passen door het gericht oplossen van het zout in de ondergrond. De aanwezige infrastructuur van de zoutwinning kan afhankelijk van het type opslag worden hergebruikt. Voor het gebruik van de bestaande caverne kan een extra boring nodig zijn. De realisatie van (een cluster van) zoutcavernes behelst verschillende onderdelen, zo zijn de putten nodig om tot de zoutstructuren te komen, zijn installaties nodig om het zout te extraheren en het proceswater moet worden gezuiverd en/of worden geloosd. Ook is er een aansluiting nodig op het gasnetwerk, waardoor een aansluitleiding nodig is en eventueel een invoedingsstation.

Voor de opslag van methaan kunnen bestaande aardgasopslagen gebruikt worden. Hier is geen extra ruimte voor nodig.

## 2.2.2 Inschatting beschikbare ruimte

Voorafgaand aan de ruimtelijke invulling van de verschillende scenario's, is de beschikbare ruimte geanalyseerd. Op basis van de informatie uit de Integrale Infrastructuurverkenningen 2030-2050<sup>3</sup> en de data uit het Nationaal Programma Regionale Energiestrategieën (NPRES) is aan de hand van zogenaamde harde en zachte belemmeringen in kaart gebracht hoeveel ruimte beschikbaar is voor de plaatsing van de elementen van het energiesysteem. In hoofdstuk 5 en 6 wordt per relevant element nader ingegaan op de plaatsingsprincipes die zijn gehanteerd bij de ruimtelijke invulling.

## 2.3 Modellerings 'flex'

Voor een robuust energiesysteem is het noodzakelijk dat vraag en aanbod van energie op elk moment van het jaar gebalanceerd worden, voor elke energiedrager. Hiervoor is 'flex' nodig. Onder flex wordt regelbare productie, opslag en import/export verstaan.

De netbeheerders voeren een jaarrondrekening uit om de behoefte aan in te schatten. Hier wordt voor elk uur in het jaar en voor elke energiedrager de vraag en het niet-regelbare aanbod van energie bepaald.

<sup>3</sup> Ruimtelijke uitwerking Energiescenario's, (maart 2020), Generation Energy, POSAD MAXWAN.



De onbalans tussen vraag en het niet-regelbaar aanbod moet vervolgens worden opgevangen met vraagsturing, regelbare productie, opslag of import/export. De soorten flex die worden meegenomen zijn:

- Vraagsturing;
- Elektriciteitscentrales (regelbare productie);
- Elektrolyzers (regelbare productie);
- Opslag elektriciteit;
- Opslag waterstof en methaan;
- Import/export elektriciteit;
- Import/export waterstof en methaan.

Elk van deze technieken wordt op een andere manier ingezet. Een deel van de technieken wordt ingezet voor het balanceren van vraag en aanbod van waterstof en methaan (opslag en import/export). De overige technieken worden ingezet voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit. Van de technieken die ingezet worden voor het balanceren van elektriciteit wordt een deel ingezet om overschotten van elektriciteit (niet-regelbare productie groter dan vraag) op te vangen, terwijl andere technieken voor tekorten van elektriciteit (niet-regelbare productie kleiner dan vraag) ingezet worden. Daarnaast werken de verschillende technieken op verschillende tijdschalen. Hieronder worden voor elk van de technieken omschreven hoe deze meegenomen worden.

### 2.3.1 Vraagsturing

Vraagsturing kan helpen met het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit doordat de vraag hierdoor beter aansluit bij de niet-regelbare productie. Voorbeelden van vraagsturing zijn power-to-heat, waarbij industriële bedrijven overschakelen van gasinstallaties naar elektrische installaties op momenten met veel productie van zon en wind, en slim laden waarbij laadpieken uitgesmeerd worden over de dag.

Vraagsturing is gemodelleerd in het Energietransitiemodel<sup>4</sup>. Deze vorm van flex wordt als eerste ingezet in de modellering en de vraagprofielen (vraag per uur) worden hierdoor aangepast.

### 2.3.2 Regelbare centrales

Om de leveringszekerheid in het toekomstige, klimaatneutrale energiesysteem te garanderen is een forse hoeveelheid regelbaar vermogen nodig. Deze regelbare elektriciteitscentrales moeten elektriciteit leveren op momenten dat er te weinig productie is van windturbines en zonnepanelen. Door elektrificatie van de vraag neemt het vermogen dat nodig is aan regelbare centrales in de toekomst zelfs toe, van ongeveer 20 GW nu naar 33 tot 36 GW in 2050. Deze centrales zullen echter wel fors minder draaiuren maken dan de huidige centrales, waardoor de totale productie lager ligt.

De regelbare centrales draaien in de scenario's op waterstof of groengas. Er zijn verschillende soorten regelbare centrales nodig. Er zijn grootschalige CCGT4F<sup>5</sup>-centrales nodig die relatief veel draaiuren maken en een hogere efficiëntie hebben. Daarnaast zijn piekeenheden nodig (OCGT of GT6F<sup>6</sup>) die bijspringen op momenten van forse tekorten en daarmee minder draaiuren maken. Dit type regelbare centrale heeft een lagere efficiëntie.

<sup>4</sup> Het [Energietransitiemodel van Quintel](#) kan gebruikt worden om mogelijke toekomstige energiescenario's te modelleren.

<sup>5</sup> Combined Cycle Gas Turbine.

<sup>6</sup> Open Cycle Gas Turbine of Gasturbine.

De benodigde hoeveelheid elektriciteitscentrales is bepaald op basis van de 'tekorten' aan elektriciteit. Deze tekorten komen overeen met het gedeelte van de elektriciteitsvraag dat niet ingevuld kan worden met wind en zon (na toepassing van batterijen, meer hierover in Paragraaf 2.3.3). Per uur wordt de benodigde inzet van elektriciteitscentrales bepaald. Het benodigde vermogen aan elektriciteitscentrales komt overeen met het uur in het jaar met de grootste benodigde inzet. Dit komt overeen met een moment met veel elektriciteitsvraag en amper hernieuwbare productie, oftewel een bewolkte, windluwe winterdag.

### 2.3.3 Elektrolyzers

Elektrolyzers hebben in de modellering een systeemfunctie doordat ze overschotten van elektriciteit omzetten in waterstof. De elektrolyzers zetten alle overschotten van elektriciteit (na inzet van batterijen en curtailment<sup>7</sup>) om in waterstof.

#### Inzet elektrolyzers

In de scenario's wordt aangenomen dat elektrolyzers op land ingezet worden op momenten dat er overschotten zijn van elektriciteit (als hernieuwbaar aanbod groter is dan de vraag). In sommige trajecten, zoals CES'sen, wordt uitgegaan van continue productie van elektrolyzers. Dit wordt niet meegenomen in de modellering. De continue productie van elektrolyzers op zee, die direct gekoppeld zijn aan windparken, worden wel meegenomen.

### 2.3.4 Opslag elektriciteit

Om vraag en aanbod te balanceren is opslag van elektriciteit met batterijen noodzakelijk. Deze batterijen worden ingezet om kortetermijnbalans tussen vraag en aanbod van elektriciteit op te vangen. De tijdschaal van de inzet van de batterijen is enkele uren<sup>8</sup>. Batterijen zijn niet geschikt voor het opvangen van langetermijnbalans tussen vraag en aanbod. Hier worden elektrolyzers (bij aanbodoverschot) en regelbare centrales (bij aanbodtekort) voor ingezet.

### 2.3.5 Opslag waterstof en methaan

Om vraag en aanbod van waterstof en methaan te balanceren is opslag noodzakelijk. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen kortetermijn- en langetermijnopslag. Overschotten van waterstof of methaan worden opgeslagen op geschikte ondergrondse locaties, zoals zoutcavernes. Bij tekorten wordt de benodigde waterstof of methaan uit deze opslagen gehaald.

#### Optimaal gebruik opslagcapaciteit

De gehanteerde modellering is niet gericht op het optimaal gebruiken van de opslagcapaciteit. De vraag naar opslag ontstaat door onbalans tussen vraag en aanbod. De totale som aan vraag naar opslag wordt ingevuld met een aantal zoutcavernes en mogelijk bestaande gasopslagen of lege gasvelden. Bij een optimalisatie rondom opslag (inzet vraag-aanbodsturing; vaker inzetten van elke opslag) kan de vraag naar opslag aanzienlijk minder zijn dan wat uit de modellering volgt (1,5-2,9 TWh) (TNO, 2020). Daarmee wordt de benodigde opslagcapaciteit in de gehanteerde scenario's mogelijk overschat.

<sup>7</sup> Ten tijde van grote overschotten van elektriciteit wordt een deel van de elektriciteit 'weggegooid'. Het is namelijk niet rendabel om al deze elektriciteit op te slaan of om te zetten in waterstof. Dit wordt curtailment genoemd.

<sup>8</sup> Hiermee wordt bedoeld dat een batterij enkele uren achter elkaar kan opladen of ontladen en daarmee alleen overschotten of tekorten van enkele uren achter elkaar kan opvangen.

### 2.3.6 Import/export elektriciteit

De import en export van elektriciteit wordt gestuurd door prijsverschillen voor elektriciteit tussen landen. Deze prijsverschillen hangen af van de vraag en het hernieuwbare aanbod van elektriciteit in elk land. Een marktmodellering is toegepast om de import en export van elektriciteit te bepalen. Bij deze marktmodellering worden op basis van prognoses van vraag en aanbod in verschillende omliggende landen prognoses gemaakt van de elektriciteitsprijzen. Vervolgens wordt op basis van die elektriciteitsprijzen bepaald of Nederland elektriciteit importeert naar of exporteert uit die landen.

### 2.3.7 Import/export waterstof en methaan

Bij de modellering wordt aangenomen dat het deel van de vraag naar waterstof of methaan, dat niet ingevuld kan worden met binnenlandse productie en opgeslagen methaan/waterstof, geïmporteerd wordt. De import op jaarbasis is dus gelijk aan de vraag minus de binnenlandse productie. In de modellering wordt aangenomen dat het hele jaar door import plaatsvindt. De hoeveelheid import per uur is gelijk aan de vraag minus het aanbod op dat uur.

## 3 Energetische invulling scenario's (excl. kernenergie)

De scenario's worden aan de hand van de energetische invulling en de ruimtelijke invulling omschreven. Bij de energetische invulling van de scenario's worden de totale energievraag en het totale energieaanbod voor heel Nederland, met uitsplitsing naar energiedrager en bron omschreven. Bij de ruimtelijke invulling wordt omschreven hoe deze energievraag en het energieaanbod ruimtelijk neerslaat. In dit hoofdstuk wordt de energetische invulling van de scenario's, met uitzondering van het Kernenergie-scenario (deze volgt in hoofdstuk 6) omschreven.

### 3.1 Vier toekomstbeelden

In totaal worden zeven scenario's gehanteerd bij de IEA van het PEH. Alle scenario's die gebruikt worden binnen het PEH, ook het Kernenergie-scenario, zijn gebaseerd op de vier energiescenario's die ontwikkeld zijn voor de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (I13050) (Berenschot & Kalavasta, 2020). In zes van de zeven scenario's (zowel Nederland Energieland- als Sterke Knopen-scenario's) worden de energetische invulling van deze toekomstbeelden direct overgenomen. Alleen bij het Kernenergie-scenario zijn er enkele wijzigingen gemaakt (meer hierover in hoofdstuk 6).

Elk van de vier energiescenario's van I13050 gaat uit van een klimaatneutraal energiesysteem in 2050, alleen de invulling hiervan verschilt. De scenario's gaan uit van vier verschillende toekomstbeelden en variëren onder meer in gebruik energiedragers, omvang van import, omvang van binnenlandse productie en omvang van industrie. Hieronder volgt een korte beschrijving van de vier toekomstbeelden:

- **Regionale Sturing.** De sturing van de energietransitie ligt grotendeels bij lokale en regionale overheden. Het regionale potentieel voor verduurzaming wordt maximaal benut en daarom wordt veel gebruikgemaakt van elektriciteit en lokale warmtebronnen. Nederland is grotendeels zelfvoorzienend in dit scenario.
- **Nationale Sturing.** De sturing van de energietransitie ligt grotendeels bij de Rijksoverheid. Daardoor zijn er veel grootschalige nationale projecten, zoals windparken op zee. Hierdoor wordt in dit scenario veel gebruikgemaakt van elektriciteit. Nederland is ook in dit scenario grotendeels zelfvoorzienend.
- **Europese Sturing.** Een algemene Europese CO<sub>2</sub>-belasting die geldt voor alle sectoren zorgt voor verduurzaming. Vanuit de nationale overheid is weinig sturing in dit scenario. Dit betekent dat het van

de businesscases afhangt welke technieken er komen. Daardoor is er ook een flinke rol voor CCS. Er is in dit scenario veel import van duurzame energie (methaan en waterstof), met name uit andere Europese landen.

- **Internationale Sturing.** Dit scenario gaat uit van een volledig open internationale mondiale markt en krachtig klimaatbeleid op mondiaal niveau. Er is veel internationale handel. Dit leidt tot een groei van de energie-intensieve industrie en veel import van duurzame energie, met name van waterstof.

Alle scenario's die gebruikt worden binnen het PEH, ook het Kernenergie-scenario, zijn gebaseerd op deze toekomstbeelden. In zes van de zeven scenario's worden de energetische invulling van deze toekomstbeelden direct overgenomen. Bij het Kernenergie-scenario zijn er enkele wijzigingen gemaakt (meer hierover in hoofdstuk 6).

### 3.2 Kerncijfers scenario's

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de kerncijfers van de scenario's (exclusief kernenergie). De toelichting van deze cijfers en de achterliggende aannames zijn te vinden in de rapporten 'Klimaatneutrale energie-scenario's 2050' (Berenschot & Kalavasta, 2020) en 'Het energiesysteem van de toekomst' (Netbeheer Nederland, 2021) die beiden onderdeel zijn van de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050.

Tabel 3-1 - Kerncijfers scenario's

	Nederland Energie Regionale Sturing	Nederland Energie Nationale Sturing	Nederland Energie Europese Sturing	Nederland Energie Internationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
<b>Totale energievraag</b>	1.181 PJ	1.319 PJ	1.647 PJ	1.735 PJ	1.319 PJ	1.647 PJ
<b>Elektriciteitsvraag</b>	690 PJ	764 PJ	863 PJ	847 PJ	764 PJ	863 PJ
<b>Waterstofvraag (incl. non-energetisch, excl. synthetische brandstoffen)</b>	121 PJ	266 PJ	421 PJ	494 PJ	266 PJ	421 PJ
<b>Windenergie op zee (incl. energie voor synthetische brandstoffen)</b>	43 GW	72 GW	42 GW	38 GW	72 GW	42 GW
<b>Wind op land</b>	20 GW	20 GW	10 GW	10 GW	20 GW	10 GW
<b>Zon op dak</b>	59 GW	49 GW	23 GW	18 GW	59 GW	58 GW
<b>Zon op veld</b>	66 GW	57 GW	34 GW	34 GW	48 GW	0 GW
<b>Zon op water</b>						
<b>Elektrolyse (excl. dedicated H<sub>2</sub>-productie voor synthetische brandstoffen)</b>	42 GW	51 GW	19 GW	16 GW	51 GW	19 GW
<b>Batterijen</b>	54 GW	53 GW	33 GW	29 GW	33 GW	33 GW
<b>Opslag waterstof</b>	36 TWh	37 TWh	10 TWh	47 TWh	37 TWh	10 TWh
<b>Opslag methaan</b>	24 TWh	14 TWh	55 TWh	15 TWh	14 TWh	55 TWh
<b>Kerncentrales</b>	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW

	Nederland Energie-land Regionale Sturing	Nederland Energie-land Nationale Sturing	Nederland Energie-land Europese Sturing	Nederland Energie-land Internationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
Regelbare centrales	33 GWe	35 GWe	36 GWe	34 GWe	36 GWe	28 GWe
Interconnectie-capaciteit elektriciteit	15 GW	15 GW	15 GW	15 GW	15 GW	15 GW
(Netto) import waterstof	47 TWh	75 TWh	61 TWh	291 TWh	75 TWh	61 TWh
(Netto) import methaan	2 TWh	0 TWh	185 TWh	5 TWh	0 TWh	185 TWh

## 4 Ruimtelijke invulling Nederland Energieland-scenario's

In het voorgaande hoofdstuk is de energetische invulling van de scenario's besproken. Elk van de zeven scenario's heeft ook een ruimtelijke invulling. Bij de ruimtelijke invulling wordt omschreven hoe de energievraag en het energieaanbod ruimtelijk neerslaan. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de ruimtelijke invulling van de vier Nederland Energieland-scenario's. De ruimtelijke invulling van de Sterke Knopen-scenario's en het Zeer Sterke Knopen-scenario volgt in hoofdstuk 5 en 6.

De Nederland Energieland-scenario's gaan uit van spreiding van opwek en opslag. De windturbines, batterijen en zonneparken worden 'uitgesmeerd' over alle beschikbare ruimte in Nederland. De ruimtelijke invulling (en ook de energetische invulling) van deze scenario's is volledig gelijk aan de invulling van de vier klimaatneutrale toekomstscenario's van II3050 (Berenschot & Kalavasta, 2020). Dit hoofdstuk geeft een kort overzicht van de ruimtelijke invulling van de scenario's. Een uitgebreide beschrijving is te vinden te vinden in de rapporten 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050' (Berenschot & Kalavasta, 2020) en 'Het energiesysteem van de toekomst' (Netbeheer Nederland, 2021) die beiden onderdeel zijn van de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050.

### 4.1 Energievraag

Tabel 4-1 geeft voor de belangrijkste vraagcategorieën een overzicht van de ruimtelijke invulling. Voor de meeste vraagcategorieën is de ruimtelijke invulling van de energievraag gelijk. Dit betekent dat eenzelfde aandeel van de vraag op een bepaalde locatie neerslaat (bijv. in elk scenario 3% van warmtevraag woningen in gemeente x). Dit betekent niet dat de energievraag op die locatie gelijk is voor de vier scenario's, aangezien de totale energievraag verschilt tussen de scenario's.

Tabel 4-1 - Ruimtelijke invulling energievraag

Categorie	Waar vindt de energievraag plaats?	Ruimtelijke invulling energievraag op basis van ... <sup>9</sup>
<b>Energievraag woningen (excl. warmtevraag)</b>	Bij huidige woningen en nieuwbouw	Aantal huishoudens
<b>Warmtevraag woningen</b>	Bij huidige woningen en nieuwbouw	Huidige warmtevraag, gebruikte warmtetechniek
<b>Energievraag utiliteiten</b>	Bij bestaande utiliteiten	Huidige gasvraag
<b>Laadpalen</b>	Laadpalen bij woningen, medium snelladers bij winkels, snelladers bij snellaadstations, particuliere terreinen logistieke bedrijven	Verdeling verschilt per scenario
<b>Glastuinbouw</b>	Bij huidige bedrijven	Huidige gasvraag
<b>Industrie</b>	Op locaties huidige energievraag	Huidige energievraag, gebruikte techniek
<b>Datacenters</b>	Bestaande locaties datacenters	Huidige energievraag

## 4.2 Hernieuwbare opwek

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de ruimtelijke invulling voor de belangrijkste categorieën van hernieuwbare opwek. De regionalisatie van de hernieuwbare opwek is voor elk scenario gelijk. De totale vermogens verschillen wel per scenario.

In Tabel 4-2 staat een overzicht van de ruimtelijke invulling van per categorie. Bij zon wordt in de scenario's onderscheid gemaakt tussen zon op woningen, zon op bedrijfsdaken en zonneparken. Bij windenergie op zee wordt aangegeven waar de energie aanlandt.

Tabel 4-2 - Ruimtelijke invulling hernieuwbare opwek

Categorie	Waar vindt de energievraag plaats?	Regionalisatie energievraag op basis van ...
<b>Zon op dak woningen</b>	Bestaande woningen en nieuwbouw	Beschikbaar dakoppervlak
<b>Zon op bedrijfsdaken</b>	Bestaande bedrijven en nieuwbouw	Aantal bedrijven
<b>Zon op land en zon op water</b>	Al het landbouwareaal zonder harde restricties, oppervlaktewater	Beschikbaar oppervlak zonder harde restricties
<b>Wind op land</b>	Alle locaties op land zonder harde restricties	Beschikbaar oppervlak zonder harde restricties
<b>Windenergie op zee (elektrische aanlanding)</b>	Aanlandingslocaties	Beverwijk 10% Rotterdam 35% Borssele/Sloengebied 5% Terneuzen 5% Eemshaven 15% Middenmeer 30%

Zonneparken en wind op land worden geregionaliseerd op basis van het beschikbare oppervlak zonder harde restricties. Dit betekent dat zonneparken en wind op land in de scenario's over heel Nederland verspreid worden.

<sup>9</sup> Hiermee wordt bijvoorbeeld bedoeld dat het aantal huishoudens (bij Energievraag woningen) bepaalt waar de energievraag plaatsvindt.

### 4.3 Overige opwek

Naast hernieuwbare opwek is opwek door middel van elektriciteitscentrales (die draaien op waterstof of groengas) nodig om op elk moment aan de elektriciteitsvraag te kunnen voldoen. Daarnaast worden elektrolyzers ingezet om waterstof te produceren uit overschotten van elektriciteit (zie paragraaf 2.3).

De principes voor de plaatsing van elektriciteitscentrales en elektrolyzers zijn voor elk scenario gelijk, maar de uitwerking van de regionalisatie kan verschillen doordat vraag en aanbod per scenario verschillen. Hieronder wordt dit toegelicht.

#### 4.3.1 Elektriciteitscentrales

Bij elektriciteitscentrales wordt in de scenario's onderscheid gemaakt tussen grootschalige centrales en piekeenheden (zie Paragraaf 2.3.1 voor onderscheid). De ruimtelijke invulling van deze twee types centrales verschilt:

- **Grootschalige CCGT4F<sup>10</sup>-centrales** worden geplaatst op de locaties waar nu ook al grootschalige regelbare centrales staan.
- **Piekeenheden (OCGT of GT)** worden gespreid over het land geplaatst op basis van regionale tekorten aan elektriciteit. Het gaat om kleine eenheden van ongeveer 100 MW. Deze regionalisatie is het meest efficiënt vanuit het perspectief van het elektriciteitsnet, aangezien je zo het transport van elektriciteit minimaliseert. De regionale tekorten kunnen verschillen tussen de scenario's, waardoor ook de plaatsing van piekeenheden kan verschillen.

#### 4.3.2 Elektrolyzers

Elektrolyzers worden in elk scenario verdeeld op basis van lokale overschotten van elektriciteit. Dit betekent dat elektrolyzers terecht komen bij windturbines op land, zonneparken en bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Deze regionalisatie is het meest efficiënt vanuit het perspectief van het elektriciteitsnet, aangezien je zo het transport van elektriciteit minimaliseert. De regionale overschotten kunnen verschillen tussen de scenario's, waardoor ook de plaatsing van elektrolyzers kan verschillen.

### 4.4 Opslag van energie

Om op elk moment vraag en aanbod van energie in evenwicht te laten zijn is in de toekomst flexibiliteit in het energiesysteem nodig. Om deze flexibiliteit te kunnen leveren, is opslag van energie nodig. Er wordt ingegaan op de locaties van de belangrijkste vormen van energieopslag, namelijk opslag van elektriciteit, waterstof en methaan.

#### 4.4.1 Opslag elektriciteit

Elektriciteitsopslag, in de vorm van batterijen, wordt ingezet om kortetermijnbalans van vraag en aanbod van elektriciteit op te vangen (in tegenstelling tot elektrolyzers en centrales, die langetermijnbalans opvangen). Batterijen worden geplaatst op koppelpunten tussen het regionale en het landelijke elektriciteitsnet en bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Dit zijn gunstige locaties vanuit het perspectief van het elektriciteitsnet.

<sup>10</sup> Combined Cycle Gas Turbine

De benodigde hoeveelheid batterijen wordt verdeeld over de koppelpunten en aanlandingslocaties op basis van de lokale onbalans tussen vraag en aanbod. De principes voor de plaatsing van batterijen zijn dus voor elk scenario gelijk, maar de uitwerking van de regionalisatie kan verschillen doordat vraag en aanbod per scenario verschillen.

#### 4.4.2 Opslag waterstof

Waterstofopslag, in de vorm van opslag in de ondergrond, wordt ingezet om onbalans tussen vraag en aanbod van waterstof op te vangen (zowel kortetermijn- als langetermijnonbalans). Waterstof wordt in deze scenario's primair opgeslagen in zoutcavernes. In elk scenario vindt 2/3 van de waterstofopslag plaats in zoutcavernes bij Veendam (Zuidwending) en 1/3 in Twente (of mogelijk over de grens met Duitsland)<sup>11</sup>.

#### 4.4.3 Opslag methaan

Methaanopslag, in de vorm van opslag in de ondergrond, wordt ingezet om onbalans tussen vraag en aanbod van methaan op te vangen (zowel kortetermijn- als langetermijnonbalans). Methaan wordt in deze scenario's opgeslagen in de huidige aardgasopslagen.

### 4.5 Import en export van energie

In de toekomst is import en export van energie noodzakelijk voor een robuust energiesysteem. Import en export van elektriciteit draagt bij aan het balanceren van vraag en aanbod. Daarnaast is in elk scenario forse import van hernieuwbare gassen (waterstof en/of methaan) noodzakelijk. Er wordt ingegaan op de locaties waar import en export van elektriciteit, waterstof en methaan plaatsvinden.

#### 4.5.1 Import/export elektriciteit

Import en export van elektriciteit vindt plaats via de interconnectiepunten van het Nederlandse hoogspanningsnet met de hoogspanningsnetten van omliggende landen. In totaal gaat het om 15 GW interconnectiecapaciteit in 2050. Dit geldt voor elk scenario.

Het Nederlandse elektriciteitsnet is op vier locaties (Maasbracht, Doetinchem, Hengelo en Meeden) verbonden met het Duitse hoogspanningsnet en op twee locaties met het Belgische hoogspanningsnet (Maasbracht en Rilland). Daarnaast is het Nederlandse elektriciteitsnet via HVDC-kabels onder zee verbonden met het Deense, Noorse en Britse hoogspanningsnet vanaf de Eemshaven (Denemarken en Noorwegen) en de Maasvlakte (Groot-Brittannië).

Er wordt aangenomen dat deze interconnectiepunten tot 2050 blijven bestaan. Op enkele van deze locaties wordt de interconnectiecapaciteit verhoogd conform bestaande plannen (ENTSO-E, 2019). Daarnaast wordt er aangenomen dat er extra interconnectiecapaciteit komt met het Britse hoogspanningsnet via windparken op de Noordzee. Dit geldt voor alle scenario's.

<sup>11</sup> Mogelijk is waterstofopslag vlak over de grens met Duitsland mogelijk. Dit kan dan gekoppeld worden met de Nederlandse waterstofinfrastructuur waardoor deze opslag gebruikt kan worden om de Nederlandse waterstofvoorziening te balanceren.



Figuur 4-1 geeft een overzicht van de locaties van import/export van elektriciteit.

Figuur 4-1 - Overzicht locaties import/export elektriciteit (Netbeheer Nederland, 2021)



#### 4.5.2 Import/export hernieuwbare gassen

Import en export van hernieuwbare gassen kan op twee manieren plaatsvinden. Via interconnectiepunten van het gasnet of via importterminals in havens.

Er wordt aangenomen dat de bestaande interconnectiepunten van het gasnet blijven bestaan. Een deel van het gasnet wordt in de toekomst gebruikt voor waterstof en een deel voor methaan. Dit betekent dat een deel van de interconnectiepunten van het huidige aardgasnet in de toekomst gebruikt kunnen worden voor import/export van methaan en een deel van de interconnectiepunten voor import/export van waterstof.

Het grootste gedeelte van de import/export van waterstof en groengas komt in de scenario's echter via importterminals in havens. Er wordt aangenomen dat dit voornamelijk plaatsvindt op de Maasvlakte. Dit geldt voor alle scenario's.

Figuur 4-2 geeft een overzicht van de locaties van import/export van hernieuwbare gassen.

Figuur 4-2 - Overzicht locaties import/export hernieuwbare gassen (Netbeheer Nederland, 2021)



## 5 Ruimtelijke invulling Sterke Knopen-scenario's

In hoofdstuk 3 is de energetische invulling van de scenario's besproken. Elk van de zeven heeft ook een ruimtelijke invulling. Bij de ruimtelijke invulling wordt omschreven hoe de energievraag en het energieaanbod ruimtelijk neerslaan. In dit hoofdstuk wordt de ruimtelijke invulling van de Sterke Knopen-scenario's besproken. Er zijn twee Sterke Knopen-scenario's die qua energetische invulling identiek zijn aan twee Nederland Energieland-scenario's. Een van de Sterke Knopen-scenario's is gebaseerd op het scenario Nationale Sturing en de ander op het scenario Europese Sturing.

Deze twee scenario's hebben een andere ruimtelijke invulling dan de Nederland Energieland-scenario's. Bij de Sterke Knopen-scenario's is clustering het leidende principe. Voor een deel van de onderdelen, waarvoor de ruimtelijke invulling lastig stuurbaar en voornamelijk autonoom verloopt (bijv. vraag), wordt de ruimtelijke invulling gelijk aan de Nederland Energieland-scenario's gehouden. Maar voor een deel van de onderdelen, waarvoor de ruimtelijke invulling wel stuurbaar is (bijv. hernieuwbare opwek op land), wordt de ruimtelijke invulling zelf bepaald.

Bij deze scenario's wordt de ruimtelijke invulling voor de volgende onderdelen veranderd:

- Zon (op dak, veld en water);
- Wind op land;
- (Aanlanding) Windenergie op zee;
- Regelbare centrales;

- Elektrolyzers;
- Waterstofopslag.

Voor de ruimtelijke invulling van deze onderdelen wordt het stappenplan uit paragraaf 2.1 (onder kopje 'Ruimtelijke invulling niet-regelbare productie en vraag') gehanteerd. Dit hoofdstuk bespreekt deze stappen en de resulterende ruimtelijke invulling, voor elk van de bovenstaande onderdelen.

## 5.1 Analyses beschikbare ruimte

Voor de ruimtelijke invulling van de scenario's wordt eerst bepaald hoeveel ruimte nodig is per onderdeel en hoeveel ruimte in totaal in Nederland beschikbaar is hiervoor. Op deze manier kan er worden ingeschat welke onderdelen het meeste ruimte vragen en of er in totaal in Nederland voldoende ruimte beschikbaar is. In paragraaf 5.2 worden geschikte locaties voor clustering van de onderdelen bepaald en worden de beschikbare ruimtes op die locaties bepaald.

### Verdeling zon op dak, zon op veld en zon op water

In de twee Sterke Knopen-scenario's wordt aangenomen dat het maximale potentieel van zon op dak ingevuld wordt en dat daardoor minder zon op veld nodig is. Het maximale potentieel voor zon op dak is 59 GW, volgens de scenario's van I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020).

Bij het scenario Sterke Knopen Europese Sturing is dit voldoende voor de totale opgave van zon en is geen zon op veld of op water nodig. Bij het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing blijft een opgave van 49 GW over na benutting van het maximale potentieel van zon op dak. Deze restopgave wordt ingevuld met zon op veld en zon op water.

Tabel 5-1 - Benodigde en beschikbare ruimte per onderdeel

	Sterke Knopen Nationale Sturing		Sterke Knopen Europese Sturing		Beschikbare ruimte (met harde restricties)
	Benodigd vermogen	Benodigde ruimte (indirect)	Benodigd vermogen	Benodigde ruimte (indirect)	
Zon op dak	59 GW	301 km <sup>2</sup>	58 GW	300 km <sup>2</sup>	301 km <sup>2</sup>
Zon op veld	49 GW	325 km <sup>2</sup>	0 GW	0 km <sup>2</sup>	14.600 km <sup>2</sup>
Zon op water					15 km <sup>2</sup>
Wind op land	20 GW	1.700 km <sup>2</sup>	10 GW	850 km <sup>2</sup>	9.250 km <sup>2</sup>
Windenergie op zee. <sup>12</sup>	72 GW	Op zee, dus buiten scope	42 GW	Op zee, dus buiten scope	Op zee, dus buiten scope
Nieuwe regelbare centrales	18 GWe	1 km <sup>2</sup>	19 GWe	1 km <sup>2</sup>	Ruim voldoende
Elektrolyzers	51 GWe	2 km <sup>2</sup>	19 GWe	1 km <sup>2</sup>	Ruim voldoende
Waterstofopslag	37 TWh		10 TWh		223 TWh

Uit bovenstaande blijkt dat er in theorie voldoende ruimte is voor de plaatsing van de verschillende onderdelen, wanneer wordt uitgegaan van harde belemmeringen (zie paragraaf 2.2.2) die op dit moment

<sup>12</sup> Een deel van deze opwekcapaciteit wordt gebruikt voor productie van waterstof voor synthetische brandstoffen, zoals synthetische kerosine. Bij het scenario Nationale Sturing gaat dit om 20 GW van de 72 GW. Bij het scenario Europese Sturing om 12 GW van de 42 GW.

aanwezig zijn. Ook blijkt dat veruit het grootste ruimtelijke beslag voortkomt uit de plaatsing van wind en zon op land.

## 5.2 Ruimtelijke invulling onderdelen

### 5.2.1 Zon op dak

Voor de plaatsing van het onderdeel zon op land wordt de zonneladder toegepast, zoals deze in de NOVI is gepresenteerd. Dit betekent dat de volgende plaatsingsvolgorde wordt gehanteerd:

- Zon op daken en gevels;
- Zon op onbenutte terreinen in bebouwd gebied;
- Zon in landelijk gebied (RWZI's<sup>13</sup>, vuilnisbelten, bermen van spoor- en autowegen);
- Zon op water, landbouw en natuurgronden.

Bij de eerste drie treden wordt het maximale potentieel benut. De resterende opgave na toepassing van de eerste drie treden wordt ingevuld op water, landbouw en natuurgrond. In deze paragraaf wordt de invulling van de eerste trede besproken.

In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing moet 59 GW zon op dak geplaatst worden. Hier is ruim 300 km<sup>2</sup> aan ruimte voor nodig. In het scenario Sterke Knopen Europese Sturing gaat het om 58 GW zon op dak en 300 km<sup>2</sup> aan ruimte. Hieronder worden de ruimtelijke principes besproken die gehanteerd zijn en de resulterende ruimtelijke invulling.

#### Ruimtelijke principes

Bij beide Sterke Knopen-scenario's wordt het potentieel voor zon op dak maximaal benut zodat zo min mogelijk zon op veld en zon op water noodzakelijk zijn. Er is geen voorkeur voor bepaalde type daken. Alle daken die geschikt zijn voor zonnepanelen, zowel van woningen als van bedrijven, worden ingezet.

#### Analyse beschikbare ruimte

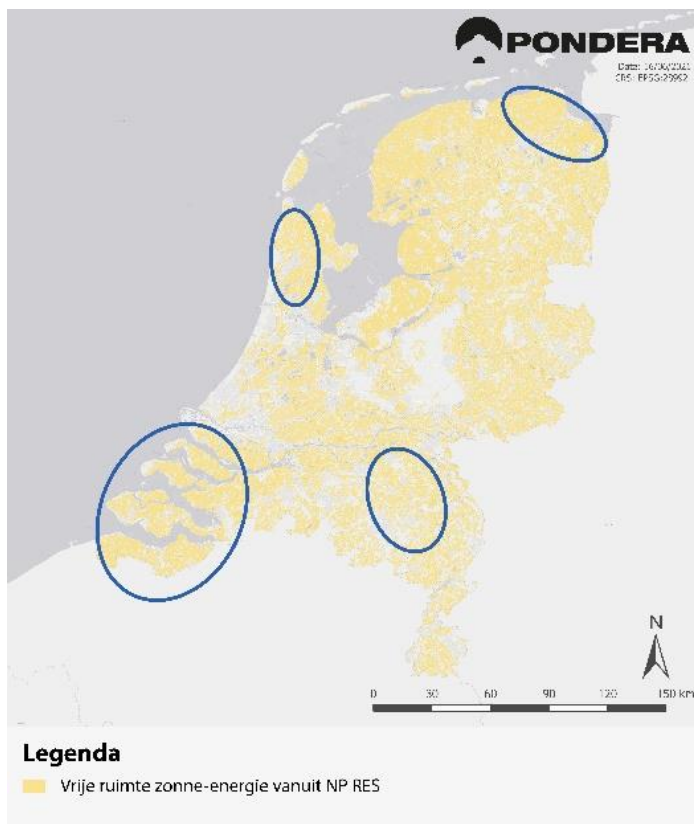
Voor de beschikbare ruimte wordt aangesloten bij de analyses die uitgevoerd zijn binnen I13050. In het scenario Regionale Sturing wordt het totale potentieel voor zon op dak ingevuld (Berenschot & Kalavasta, 2020). Dit gaat om 40 GW zon op daken van woningen en 19 GW zon op daken van bedrijven. Er wordt aangenomen dat dit de bovengrens is.

#### Ruimtelijke invulling

In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing wordt uitgegaan van 59 GW zon op daken met een gelijke verdeling als bij I13050 (en dus gelijk aan de Nederland Energieland-scenario's, zie Paragraaf 4.2). In het scenario Sterke Knopen Europese Sturing is de totale opgave voor zon 58 GW. Deze wordt volledig ingevuld met zon op dak.

<sup>13</sup> Rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Figuur 5-1 - Clustergebieden zon op water, landbouw en natuurgronden



Binnen deze clusters wordt de opgave van trede 4, zon op water, landbouw en natuurgronden, ingevuld. Voor de ontwikkeling tot 2030 wordt aangenomen dat alle plannen van de RES 1.0 gerealiseerd worden. In de RES 1.0 staat voor 18 GW aan plannen voor zon op land. De resterende opgave na 2030 (19 GW bij Nationale Sturing) wordt in de scenario's verdeeld over de bovenstaande clusters op basis van de beschikbare ruimte binnen de clusters.

### 5.2.2 Zon op veld/zon op water

Voor de plaatsing van het onderdeel zon op land wordt de zonneladder toegepast, zoals deze in de NOVI is gepresenteerd. Dit betekent dat de volgende plaatsingsvolgorde wordt gehanteerd:

1. Zon op daken en gevels.
2. Zon op onbenutte terreinen in bebouwd gebied.
3. Zon in landelijk gebied (RWZI's, vuilnisbelten, bermen van spoor- en autowegen).
4. Zon op water, landbouw en natuurgronden.

Bij de eerste drie treden wordt het maximale potentieel benut. De resterende opgave na toepassing van de eerste drie treden wordt ingevuld op water, landbouw en natuurgrond. In deze paragraaf wordt de invulling van de tweede tot en met de vierde trede besproken.

In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing moet 49 GW zon op veld of op water geplaatst worden. Hier is ruim 325 km<sup>2</sup> aan ruimte voor nodig. In het scenario Sterke Knopen Europese Sturing wordt de volledige opgave van zon ingevuld met zon op dak en is er dus geen opgave voor zon op veld of water.

Hieronder worden de ruimtelijke principes besproken die gehanteerd zijn en de resulterende ruimtelijke invulling.

### Ruimtelijke principes

Het ruimtelijke principe voor de plaatsing van zon op water, landbouw en natuurgronden in de Sterke Knopen-scenario's is clustering. Bij zon op veld of op water betekent dit dat zonnevelden op enkele geschikte locaties geclusterd worden. De keuze voor locaties voor grootschalige clustering van zonnevelden moeten beargumenteerd worden. Hiermee wordt voorkomen dat er een onrealistisch alternatief scenario wordt ontwikkeld. Het is belangrijk om hierbij te benoemen dat het PEH geen opwekgebieden voor zonnevelden aanwijst. Het concretiseren van clustergebieden is noodzakelijk om de effecten van clustering van zonnevelden te kunnen inschatten.

Hieronder wordt besproken welke criteria gehanteerd zijn bij de keuze voor clusterlocaties. Op basis van een kwalitatieve analyse van deze criteria wordt vervolgens een keuze gemaakt over welke locaties meegenomen worden voor grootschalige clustering van zonnevelden.

#### 1. Zon op land op minder geschikt landbouw areaal:

Voor de grootschalige clustering van zon op land wordt gebruikgemaakt van gronden die minder geschikt zijn voor de landbouw. Dit zijn de verziltingsgebieden, veenweidegebieden en droogtegevoelige gebieden. Volgende figuur geeft een overzicht van deze gebieden.

Figuur 5-2 - Overzicht verziltingsgebieden, veenweidegebieden en droogtegevoelige gebieden



Uit deze figuren blijkt dat de verzilting en veenweidegebieden zich met name langs de kust, in Noord- en Zuid-Holland en in Friesland bevinden. De droogtegevoelige gebieden zijn met name langs de zuid- en oostgrenzen van Nederland gesitueerd.

#### 2. Zon op land dichtbij elektriciteitsvraag

Dit sluit aan bij de ruimtelijke logica voor wind op land. Dezelfde vijf clusters worden voor zon op land geïdentificeerd (zie paragraaf 5.2.1).

#### 3. Zon op land als laatst in natuurgebied

Bij voorkeur wordt geen ruimte gebruikt in een door NNN- of Natura 2000-beschermde gebied. Deze gebieden worden pas onderzocht als er geen andere beschikbare ruimte resteert voor de invulling van het energetisch scenario.

## Analyse beschikbare ruimte

### *Zon op onbenutte terreinen in bebouwd gebied*

Er is geen voorhanden data op basis waarvan een oppervlak van onbenutte terreinen kan worden gegeven, zowel voor nu als voor het jaar 2050. Ook het onderzoek 'Ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nederland' (Generation Energy, 2021) geeft hier geen heldere aanknopingspunten voor. De aldaar gehanteerde typologieën zijn samengevoegd in 'zon op infra'. Dit sluit in onze definitie aan bij de volgende trede in de zonneladder. Daarnaast kan beredeneerd worden dat in 2050 er geen - dan wel een zeer gering aantal - onbenutte terreinen binnen bebouwd gebied zijn in 2050. Er wordt voor 2050 geen capaciteit toegekend aan deze trede.

### *Zon in landelijk gebied (RWZI's, vuilnisbelten, bermen van spoor- en autowegen)*

Voor het potentieel voor zon in landelijk gebied wordt aangesloten bij het onderzoek van Generation Energy (Ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nederland, 2021). Dit resulteert in 58 km<sup>2</sup> beschikbare ruimte, wat overeenkomt met een capaciteit van 8,7 GW.

Tabel 5-2 - Beschikbare ruimte zon in landelijk gebied

Locatie	Oppervlakte totaal	Geschatte benutbaarheid	Oppervlakte beschikbaar
Parkeerterrein	114 km <sup>2</sup>	20%	23 km <sup>2</sup>
Berm en verkeerseilanden	610 km <sup>2</sup>	5%	31 km <sup>2</sup>
Stortplaatsen	5 km <sup>2</sup>	50%	3 km <sup>2</sup>
Geluidsschermen	5 km <sup>2</sup>	50%	3 km <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>734 km<sup>2</sup></b>		<b>58 km<sup>2</sup></b>

### *Zon op water, landbouw en natuurgronden*

Voor het potentieel voor zon op water wordt aangesloten bij de analysekaarten van het NPRES (NPRES, 2020). Dit betekent een beschikbaar oppervlak van 15 km<sup>2</sup>. Rekenend met een capaciteit van 190 MW per km<sup>2</sup>, is er ruimte voor ca. 3 GW zon op (binnen)water. Vervolgens worden landbouw- en natuurgronden aangesproken. Hierbij wordt ook aangesloten bij de analysekaarten van het NPRES (NPRES, 2020). Er is ongeveer 14.600 km<sup>2</sup>. Er is ruimte voor ruim 2.700 GW aan zon op landbouw- en natuurgronden, rekenend met een capaciteit van 190 MW per km<sup>2</sup>. Dit betekent dat er veel meer ruimte beschikbaar dan dat er nodig is voor de opgave van zon op veld.

## Ruimtelijke invulling

Op basis van voorgaande is het volgende overzicht te creëren:

Tabel 5-3 - Ruimtelijke invulling zon

Trede	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
<b>Totale opgave zon</b>	107 GW	58 GW
<b>1. Zon op dak</b>	59 GW	58 GW
<b>2. Zon op onbenutte terreinen</b>	0 GW	0 GW
<b>3. Zon op landelijk gebied</b>	9 GW	0 GW
<b>4. Zon op water, landbouw en natuurgronden</b>	Water: 3 GW Landbouw en natuur: 37 GW	Water: 0 GW Landbouw en natuur: 0 GW

Bij trede 3, zon op landelijk gebied, wordt alle beschikbare ruimte gebruikt.

Op basis van voorgaande ruimtelijke logica's worden de volgende grootschalige clustering van zon op water, landbouw en natuurgronden aangenomen in de scenario's.

- Groningen;
- Kop Noord Holland;
- De Peel;
- Zeeland/Rotterdam.

### 5.2.3 Wind op land

In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing moet 20 GW wind op land geplaatst worden. Hier is 1.700 km<sup>2</sup> aan ruimte voor nodig. In het scenario Sterke Knopen Europese Sturing gaat het om 10 GW wind op land en 850 km<sup>2</sup> aan ruimte. Hieronder worden de ruimtelijke principes besproken die gehanteerd zijn en de resulterende ruimtelijke invulling.

#### Ruimtelijke principes

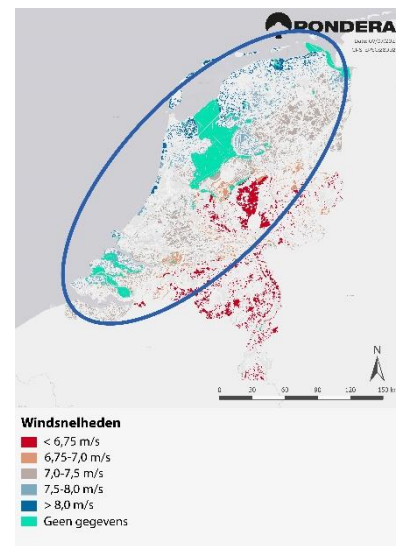
Het ruimtelijke principe voor de Sterke Knopen-scenario's is clustering. Bij wind op land betekent dit dat windturbines op enkele geschikte locaties geclusterd worden. De keuze voor locaties voor grootschalige clustering van wind op land moet beargumenteerd worden. Hiermee wordt voorkomen dat er een onrealistisch alternatief scenario wordt ontwikkeld. Het is belangrijk om hierbij te benoemen dat het PEH geen opwekgebieden voor wind op land aanwijst. Het concretiseren van clustergebieden is noodzakelijk om de effecten van clustering van wind op land te kunnen inschatten.

Hieronder wordt besproken welke criteria gehanteerd zijn bij de keuze voor clusterlocaties. Op basis van een kwalitatieve analyse van deze criteria wordt vervolgens een keuze gemaakt over welke locaties meegenomen worden voor grootschalige clustering van wind op land.

#### *Windturbines plaatsen waar de wind het hardst waait*

Door windturbines te plaatsen op plekken met het grootste windaanbod, wordt met hetzelfde aantal turbines meer elektriciteit opgewekt. Deze aanname heeft geen doorwerking in de opgave van het energetisch scenario, waar het opgesteld vermogen het uitgangspunt is. Echter, naast het energetische voordeel, heeft het grootste windaanbod ook een economisch voordeel. Het is voor de markt aantrekkelijker om op deze locaties wind te ontwikkelen, waardoor de realisatiekans van dit alternatief toeneemt.

In de afbeelding hiernaast is het volgens NPRES beschikbaar areaal voor wind op land ingedeeld naar een categorieën van gemiddelde windsnelheden in Nederland. Hieruit blijkt dat de gebieden ten noorden van de lijn Zeeland–Noordoost Groningen het grootste windaanbod kennen.

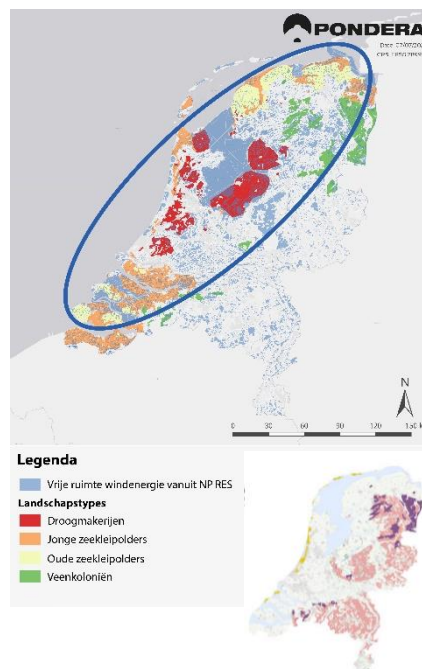




Windturbines plaatsen in landschappen die zich daar qua structuur het beste voor lenen

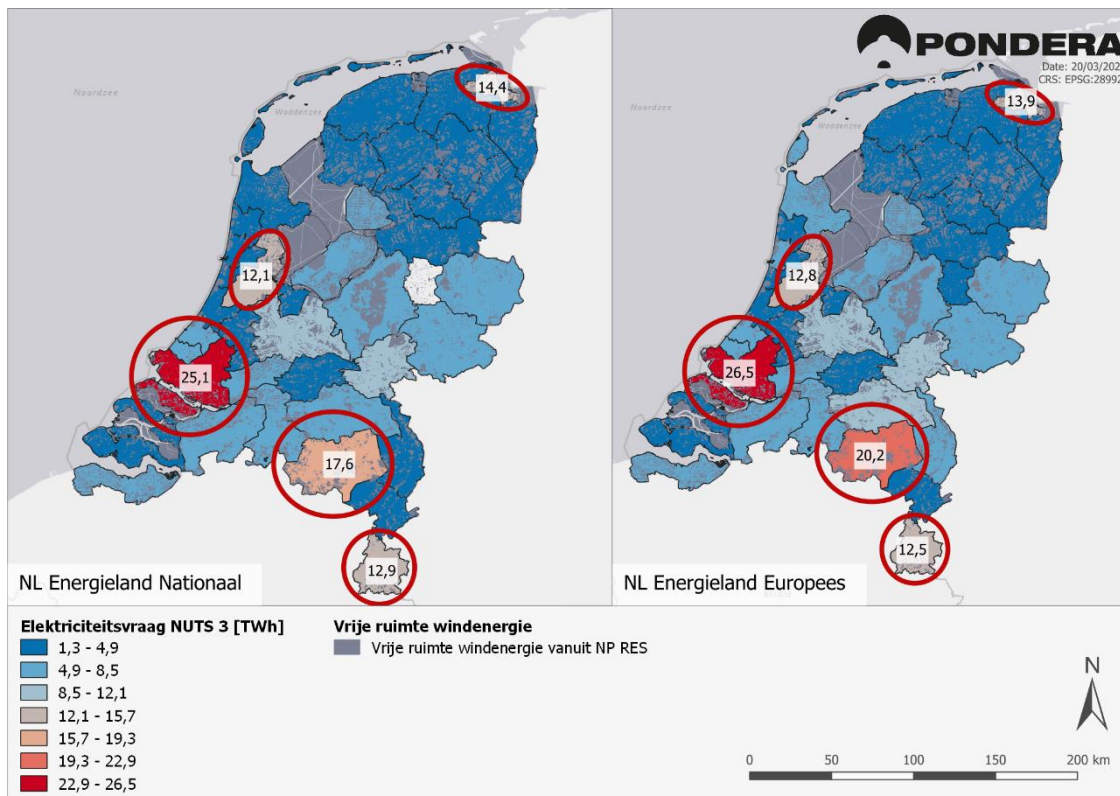
In het rapport ViaParijs van het College van Rijksadviseurs (CRa) is geanalyseerd welke landschappen bij voorkeur benut kunnen worden voor de opgave van wind op land. Hierin wordt aangegeven dat grootschalige, rationale landschappen waaronder jonge ontginningen, grootschalige zeekleipolders, grootschalige havengebieden en hoogveenontginningen zich het beste lenen voor het grootschalige en geconcentreerd opwekken van windenergie.

In de afbeelding hiernaast zijn deze landschappen weer-gegeven. Hieruit blijkt dat de gebieden ten noorden van de lijn Zeeland–Noordoost Groningen de meeste geschikte landschappen voor windturbines hebben. Hierbij moet de connotatie gemaakt worden dat hier de grote droogmakerijen aan toegevoegd zijn, en de jonge ontginningen ontbreken. De jonge ontginningen bevinden zich voornamelijk ten zuiden van de lijn Brabant–Noord-Drenthe (zie inzet kaart rechts). Een aanzienlijk deel van deze ontginningen zijn landschappelijk niet grootschalig en rationeel te benoemen. De Peel in Noord-Brabant en het noorden van Limburg maakt hierop een uitzondering.



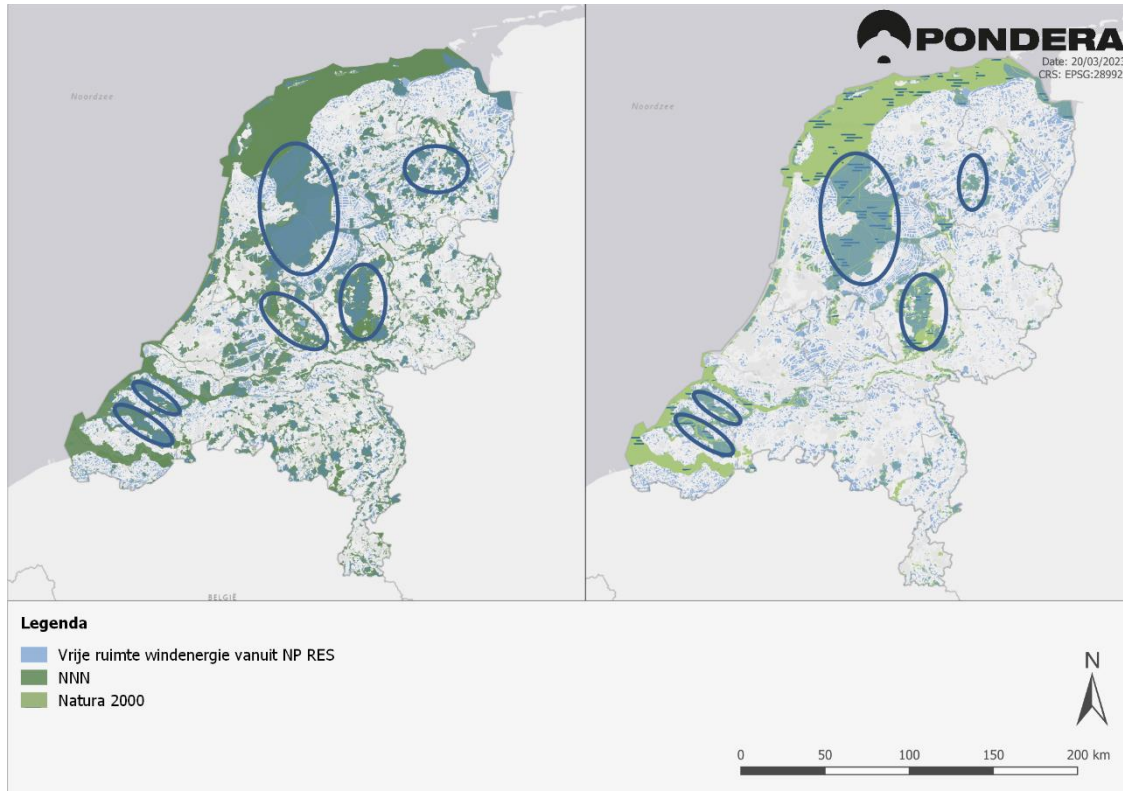
*Windturbines worden dicht bij de vraag geplaatst*

Om de hoeveelheid nieuwe infrastructuur te beperken heeft het de voorkeur om dicht bij de grootste elektriciteitsvraag in Nederland wind op land te plaatsen. In de afbeelding hieronder is de vraag op NUTS3-niveau geaggregeerd en weergegeven, voor beide scenario's. De afbeelding laat zien dat er voor beide scenario's vijf clusters te identificeren zijn waar sprake is van een grote elektriciteitsvraag.



*Gebieden in NatuurNetwerk Nederland en Natura 2000-gebieden worden als laatste benut*

De ruimte in een door NNN (onderstaande figuur links) of Natura 2000 (onderstaande figuur rechts) beschermd gebied worden bij voorkeur niet gebruikt voor windturbines op land. Deze gebieden worden pas onderzocht als er geen andere beschikbare ruimte resteert voor de invulling van de totale opgave.



### Analyse beschikbare ruimte

Om de beschikbare ruimte binnen de gebieden voor grootschalige clustering van wind op land te bepalen wordt gebruikgemaakt van de analysekaarten die ontwikkeld zijn voor het NPRES (NPRES, 2020) en zijn aangevuld met de aanwezigheid van Natura 2000-gebieden en het Natuurnetwerk Nederland.

### Ruimtelijke invulling

Op basis van voorgaande ruimtelijke logica's zijn de volgende clusters geïdentificeerd als optie voor de invulling van grootschalige clustering van wind op land.

- Groningen;
- Flevoland;
- Kop Noord-Holland;
- De Peel;
- Zeeland/Rotterdam.

Figuur 5-3 - Clustergebieden wind op land



Binnen deze clusters wordt de opgave van wind op land na 2030 ingevuld. Voor de ontwikkeling tot 2030 wordt aangenomen dat alle plannen van de RES 1.0 gerealiseerd worden. In de RES 1.0 staat voor 9 GW aan plannen voor wind op land. De resterende opgave na 2030 (11 GW bij Nationale Sturing, 1 GW bij Europese Sturing) wordt in de scenario's verdeeld over de bovenstaande clusters op basis van de beschikbare ruimte binnen de clusters.

#### 5.2.4 Windenergie op zee

Binnen het PEH wordt alleen gekeken naar de benodigde ruimte voor het energiesysteem op land. Dit betekent dat de locaties van windparken op zee niet relevant zijn. Wel wordt er gekeken naar de locaties op land waar de energie van deze windparken aanlandt. De keuze voor aanlandingslocaties van windenergie op zee heeft een grote impact op het energiesysteem op land, aangezien het om grote hoeveelheden energie gaat. Maar bij de Nederland Energieland-scenario's is de verdeling over de aanlandingslocaties gelijk bij elk scenario. Daarom wordt er bij de Sterke Knopen-scenario's alleen gekeken naar alternatieve manieren van aanlanding. Hierbij wordt alleen gekeken naar het gedeelte van de energie van de windparken op zee dat elektrisch aanlandt<sup>14</sup>.

In het Sterke Knopen Nationale Sturing-scenario landt 52 GW aan windenergie op zee elektrisch aan en in het Sterke Knopen Europese Sturing-alternatief 30 GW. Hieronder worden ruimtelijke principes besproken die gehanteerd zijn en de resulterende ruimtelijke invulling.

##### Ruimtelijke principes

In het toekomstige energiesysteem zal een groot deel van de elektriciteit opgewekt worden door windparken op zee. Deze elektriciteit moet getransporteerd worden naar de locaties van vraag. Daardoor is transport van elektriciteit van de kust naar het binnenland nodig, dit loopt via het HS-net.

In elk van de Nederland Energieland-scenario's worden zware knelpunten voorzien op het hoogspanningsnet tussen de Maasvlakte en Chemelot vanwege het transport van elektriciteit uit windenergie op zee naar dit industriecluster. Daarnaast worden in elk van deze scenario's forse knelpunten voorzien op het hoogspanningsnet in Noord-Holland.

Bij de keuze voor aanlandingslocaties in de Sterke Knopen worden opties onderzocht die deze knelpunten kunnen verhelpen of verminderen. Bij kleinere hoeveelheden windenergie op zee, dus bij het scenario Europese Sturing, is optimaliseren over de aanlandingslocaties aan de kust een mogelijke oplossing voor de knelpunten. Bij grotere hoeveelheden windenergie op zee, dus bij het scenario Nationale Sturing, is optimaliseren over de aanlandingslocaties aan de kust niet voldoende en kan diepe aanlanding een oplossing zijn. Deze opties worden uitgewerkt voor de Sterke Knopen-scenario's. Hieronder worden de afwegingen voor beide opties besproken.

##### *Diepe aanlanding (Nationale Sturing)*

Een mogelijke oplossing voor de knelpunten door het transport van windstroom naar het binnenland is zogenaamde 'diepe aanlanding' van windenergie op zee. In dit geval wordt een deel van de windparken niet aangesloten op een aanlandingslocatie aan de kust, maar wordt het direct aangesloten op een locatie verder het binnenland in door middel van een HVDC-kabel. Daardoor is minder transport nodig van de kust richting het binnenland via het reguliere HS-net waardoor de eerdergenoemde knelpunten (gedeeltelijk) voorkomen kunnen worden.

Er zijn bepaalde criteria die meewegen bij de keuze voor een locatie en het vermogen voor diepe aanlanding:

- Het hoofddoel van diepe aanlanding is voorkomen van knelpunten op het HS-net. Daarom kun je de knelpuntenanalyse van de Nederland Energieland-scenario's gebruiken als input.
- Het is logisch om aan te landen dicht bij de vraag, zodat zoveel mogelijk elektriciteit direct gebruikt kan worden en er minder transport nodig is.

- De aanlandingslocatie moet in de buurt van het Nationaal Waterstofnetwerk liggen aangezien de windstroom op momenten van overschotten omgezet wordt in waterstof.
- Er moet voldoende transportcapaciteit op het HS-net in de buurt zijn om de elektriciteit die je niet gebruikt of omzet in waterstof te kunnen transporteren.
- Als Nederland in de toekomst exporteur wordt van elektriciteit kan het een mogelijkheid zijn om een aanlandingspunt te kiezen dicht bij de grens.;
- Hoe dieper je aanlandt, hoe hoger de kosten van de HVDC-kabel en hoe lager de kosten voor knelpunten voor het oplossen van knelpunten op het 380kV-net.

Per aanlandingspunt van windenergie op zee wordt er gekeken waar de aanlanding problemen oplevert op het 380kV-net en of diepe aanlanding hiervoor een oplossing kan zijn. Op basis van bovenstaande criteria wordt een geschikte locatie bepaald voor de diepe aanlanding. Hoeveel vermogen op deze diepe aanlandingslocaties aanlandt is afhankelijk van de overbelasting op het HS-net in de standaard situatie. De hoeveelheid moet zo gekozen worden dat er geen of nauwelijks uitbreidingen op het HS-net nodig zijn, aangezien dat het doel is van de HVDC-kabel.

Een eerste knelpunt dat optreedt door de aanlanding van wind op ee is het transport van de kust (met name vanaf de Maasvlakte) naar Chemelot, waar een grote concentratie van elektriciteitsvraag is bij het industriecluster. Door het transport van elektriciteit richting dit cluster ontstaan knelpunten op alle 380kV-tracés van de Maasvlakte tot Chemelot. Een mogelijke oplossing hiervoor is diepe aanlanding bij Maasbracht. Maasbracht ligt vlakbij Chemelot en daarnaast heb je hier interconnectiepunten met België en Duitsland. Vanwege de voorziene export van elektriciteit in 2050 richting deze landen is dit ook belangrijk bij het voorkomen van knelpunten. Tot slot ligt Maasbracht in de buurt van het Nationaal Waterstofnetwerk en lopen er twee tracés richting de rest van Nederland. Op basis van gesprekken met TenneT is naar voren gekomen dat realistisch gezien maximaal 6 GW diep aan kan landen bij Maasbracht. Voor grotere vermogens is er niet voldoende vraag in de buurt van Maasbracht. Het is al een flinke opgave om 6 GW aan HVDC-kabels richting Maasbracht te leggen.

Een tweede knelpunt dat optreedt door de aanlanding van windenergie op zee is het transport vanaf aanlandingslocatie Middenmeer richting de hoofdlus en richting de Maasvlakte. Hierdoor vinden knelpunten plaats op meerdere tracés in Noord-Holland. Deze knelpunten kunnen vermoedelijk verminderd of voorkomen worden door diepe aanlanding direct op de hoofdlus. Hiervoor is Diemen de meest voordehand liggende optie, aangezien dit het dichtstbij Middenmeer ligt. Andere opties zijn Lelystad of Ens, maar deze opties liggen minder voor de hand aangezien daar beperkte transportcapaciteit aanwezig is. Ook bij Diemen is de maximale capaciteit voor diepe aanlanding naar verwachting 6 GW.

Er vinden geen grote knelpunten op het HS-net plaats door aanlanding van windenergie op zee bij de Eemshaven en in Zeeland. Daarom is in deze gevallen geen diepe aanlanding noodzakelijk.

Er zijn ook nog andere locaties die mogelijk kunnen dienen voor diepe aanlanding, zowel in plaats van Middenmeer als in plaats van de Maasvlakte. Dit zijn locaties op de hoofdlus van het HS-net. Op die manier wordt het HS-net op de uitlopers van de aanlandingslocatie van windenergie op zee naar de hoofdlus ontzien. Het voordeel van het aansluiten van windenergie op zee op de hoofdlus is dat er veel

<sup>14</sup> Een gedeelte van de energie van de windparken op zee wordt gebruikt voor de productie van synthetische brandstoffen. De windenergie landt in dat geval aan in de vorm van waterstof. Bij het scenario Nationale Sturing gaat dit om 20 GW en bij het scenario Europese Sturing om 12 GW.

transportcapaciteit in de buurt is. Enkele mogelijke opties zijn Krimpen, Geertruidenberg, Hengelo en Dodewaard:

- Krimpen en Geertruidenberg liggen dichterbij de kust waardoor de kosten voor de HVDC-kabel lager liggen.
- Dodewaard ligt verder landinwaarts, waardoor minder transport van west naar oost nodig is en het dichterbij de grens ligt maar de kosten voor de HVDC-kabel liggen wel hoger.
- Bij Hengelo vinden knelpunten plaats vanwege het transport van windstroom naar Duitsland en Zuid-Nederland. Deze knelpunten kun je oplossen met diepe aanlanding hier.

Er is geen duidelijke aanleiding om aan te nemen dat de knelpunten van de Maasvlakte naar Maasbracht en de knelpunten in Noord-Holland opgelost worden bij diepe aanlanding op deze locaties, daarom zijn deze opties niet meegenomen.

Een laatste mogelijkheid is directe aansluiting van windparken op zee naar Noordrijn-Westfalen/ Ruhrgebied in Duitsland. Vanwege het sluiten van kolencentrales en de toename van de elektriciteitsvraag in deze regio zal er een tekort zijn aan elektriciteit in die regio en door netcongestie is het lastig om duurzame productie uit Noord-Duitsland naar deze regio te transporteren. Een oplossing is export van elektriciteit uit Nederland naar Noordrijn-Westfalen. Dit kan via het reguliere HS-net, maar hiervoor moet windstroom over lange afstanden getransporteerd worden, wat kan leiden tot knelpunten. Daarom is direct aansluiting van dit gebied met een HVDC-kabel ook een optie. Deze optie wordt ook genoemd in het TIKI-rapport (DNVGL, 2020). Het is onduidelijk of dit noodzakelijk en wenselijk is. Diepe aanlanding bij Maasbracht en versterking van de interconnectie richting het Ruhrgebied liggen meer voor de hand. Daarom is ook deze optie niet meegenomen.

#### *Optimaliseren aanlanding aan kust (Europese Sturing)*

Een andere manier om de knelpunten door aanlanding van windenergie op zee te verminderen is een andere verdeling van de aanlanding over de aanlandingslocaties. Er zijn verschillende overwegingen die meespelen bij de verdeling van de aanlanding van windenergie op zee over aanlandingslocaties aan de kust:

- Het hoofddoel van een alternatieve verdeling over de aanlandingspunten is voorkomen van knelpunten op het HS-net. Daarom kun je de bovenstaande knelpuntenanalyse gebruiken als input.
- De kosten van het aan land brengen van de elektriciteit zijn aanzienlijk, in de toekomst kan dit tot meer dan 25% van de totale kosten beslaan. Deze kosten zijn afhankelijk van de lengte van de kabels. Daarom is de afstand tussen het windpark en het aanlandingspunt een belangrijke factor in de overweging.
- Het is logisch om bij de aanlanding aan te sluiten op de vraag. Dit betekent dat je op locaties met veel vraag meer stroom laat aanlanden zodat zoveel mogelijk elektriciteit direct gebruikt kan worden en er minder transport nodig is.
- De aanlandingslocatie moet in de buurt van het Nationaal Waterstofnetwerk liggen aangezien de windstroom op momenten van overschotten omgezet wordt in waterstof.

Bij de I13050-scenario's landt een groot deel van de elektriciteit van windenergie op zee aan in Zuid-Holland (35% bij Maasvlakte) en Noord-Holland (30% bij Middenmeer en 10% bij Beverwijk). Een alternatieve, meer evenredige verdeling over de aanlandingspunten kan deze knelpunten verminderen. In de studie Systeemintegratie Wind op Zee in het kader van VAWOZ 2040 (Guidehouse & Berenschot, 2021) is een meer optimale verdeling (vanuit infrastructuurperspectief) over de aanlandingslocaties

vastgesteld, waarbij geen additionele verzwaring op het 380kV-net nodig is ten opzichte van verzwaringen waar nu al plannen voor liggen. Voor het 32 GW-scenario in deze studie is de verdeling als volgt:

Tabel 5-4 - Verdeling aanlandingspunten 32 GW scenario Systeemintegratie Wind op Zee 2040

Aanlandingslocatie	Vermogen
Borssele/Sloegebied	8 GW
Maasvlakte	8 GW
Beverwijk	4 GW
Middenmeer/Den Helder	2 GW
Eemshaven	10 GW

Een andere mogelijkheid is gebruikmaken van meer aanlandingspunten aan de kust, waardoor het vermogen per aanlandingspunt minder wordt. Enkele voorbeelden van mogelijke aanlandingspunten zijn Simonshaven (Rotterdam), Bergum (Friesland) en Vijfhuizen (Noord-Holland). Het is de verwachting dat aanlanding bij deze aanlandingslocaties geen knelpunten voorkomt aangezien er alsnog transport van de kust richting het binnenland nodig is en dit voor een groot gedeelte via dezelfde tracés verloopt als bij de oorspronkelijke aanlandingspunten. Daarom wordt deze optie niet meegenomen.

#### Ruimtelijke invulling

Bij beide Sterke Knopen-alternatieven wordt uitgegaan van Den Helder in plaats van Middenmeer als aanlandingslocatie, aangezien dit ook als potentiële aanlandingslocatie gezien wordt. Terneuzen wordt niet meegenomen als aanlandingslocatie in deze alternatieven, mede omdat deze locatie ook niet meegenomen wordt in de studie Systeemintegratie Wind op Zee in het kader van VAWOZ 2040 (Guidehouse & Berenschot, 2021). Aanlanding in Terneuzen wordt wel meegenomen in de Nederland Energieland-scenario's (hoofdstuk 4).

Daarnaast worden voor beide alternatieven de huidige plannen die er liggen voor elke aanlandingslocatie als ondergrens meegenomen. Dit heeft met name effect op Borssele/Sloegebied, waar al voor 5,6 GW plannen liggen vanuit geplande windparken en VAWOZ 2030. Daarnaast worden hierom 2 GW aanlanding bij Geertruidenberg meegenomen bij het scenario Nationale Sturing.

Bij het Sterke Knopen-alternatief Nationale Sturing worden de effecten van diepe aanlanding onderzocht. Dit betekent dat er zoveel mogelijk aangesloten wordt bij het oorspronkelijke I13050-scenario en alleen diepe aanlanding wordt toegevoegd. Dit is geen optimale verdeling, maar dat is ook niet het doel van dit alternatief. De volgende locaties voor diepe aanlanding worden meegenomen.

- Om de knelpunten tussen de Maasvlakte en Chemelot te verminderen wordt gekozen voor diepe aanlanding bij Maasbracht. Hier wordt uitgegaan van 6 GW aanlanding, aangezien dit wordt ingeschat als het absoluut maximaal haalbare. Het is echter nog zeer onzeker of diepe aanlanding van 6 GW haalbaar en/of wenselijk is.
- Daarnaast wordt een deel van de windparken op zee aangesloten op Diemen in plaats in de Kop van Noord-Holland, aangezien het hoogspanningsnet in Noord-Holland weinig transportcapaciteit heeft. Ook hier wordt uitgegaan van 6 GW diepe aanlanding, met de disclaimer dat het nog onduidelijk is of dit haalbaar en/of wenselijk is.

Bij het Sterke Knopen-alternatief Europese Sturing wordt gebruikgemaakt van een evenredigere verdeling over de aanlandingslocaties aan de kust. Hierbij wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de verdeling van het 32 GW-scenario van de studie Systeemintegratie Wind op Zee in het kader van VAWOZ 2040.



Aangezien het totaal voor dit alternatief 30 GW is in plaats van 32 wordt er 0,5 GW minder meegenomen bij Borssele/Sloegebied en Maasvlakte en 1 GW minder bij Beverwijk.

Tabel 5-5 - Verdeling aanlandingspunten Sterke Knopen-scenario's

Aanlandingslocatie	Sterke knopen Nationale Sturing	Sterke knopen Europese Sturing
	GW	GW
<b>Beverwijk</b>	5,2	3,0
<b>Middenmeer</b>	0	0
<b>Den Helder</b>	9,2	2,0
<b>Maasvlakte</b>	10,2	7,5
<b>Geertruidenberg</b>	2	0
<b>Eemshaven</b>	7,8	10,0
<b>Borssele/Sloegebied</b>	5,6	7,5
<b>Terneuzen</b>	0	0
<b>Diemen</b>	6,0	Niet meegenomen
<b>Maasbracht</b>	6,0	Niet meegenomen

### 5.2.5 Extra windenergie op zee voor productie synthetische brandstoffen

In de scenario's van II3050 wordt aangenomen dat een deel van het opgesteld vermogen aan windenergie op zee in 2050 gebruikt wordt voor de productie van synthetische brandstoffen. Het gaat om 11 tot 20,5 GW, afhankelijk van het scenario. De productieketen voor synthetische brandstoffen is in de II3050-scenario's, en dus ook in onze Nederland Energieland-scenario's, volledig privaat.

Dit betekent dat er geen connectie is met de publieke energie-infrastructuur. Daarom wordt dit ook niet meegenomen in de netdoorrekeningen.

In de Stysteemstudie Wind op Zee 2040 wordt aangenomen aan dat de productieketen van synthetische brandstoffen wel via de publieke energie-infrastructuur loopt, aangezien eigenaren van de windparken op zee hun stroom dan ook kwijt kunnen op de energiemarkten. Welke van de twee configuraties waarschijnlijker is, is lastig te zeggen. Maar de impact van de aanname kan erg groot zijn vanwege de grote vermogens die gemoeid zijn met de productie van synthetische brandstoffen. Het heeft een significante impact op het energiesysteem op land als 11 tot 20 GW extra windenergie aangeland moet worden, of dit nu als elektriciteit of als waterstof aanlandt. Daarom worden de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem niet goed meegenomen als voor de productie van synthetische brandstoffen alleen wordt gekeken naar particuliere ketens.

Daarom wordt in één scenario de configuratie meegenomen waarbij de windstroom voor synthetische brandstoffen aanlandt via de publieke energie-infrastructuur, om zo de gevolgen hiervan inzichtelijk te maken. Dit wordt meegenomen bij het alternatief Sterke Knopen Nationale Sturing, aangezien dit het alternatief is met het grootste vermogen aan windparken op zee. Op deze manier wordt het meest extreme geval meegenomen, wanneer het volledige potentieel voor windenergie op zee op de Noordzee ingevuld wordt en al deze energie via publieke energie-infrastructuur getransporteerd wordt.

Het bovenstaande leidt in principe tot een wijziging van het energetische scenario, maar heeft wel effect op de hoeveelheid energie die getransporteerd moet worden met publieke energie-infrastructuur. Er landt meer energie van windenergie op zee aan (als waterstof en als elektriciteit), er is meer vermogen aan elektrolyzers (op zee), er is extra waterstofvraag voor de productie van synthetische brandstoffen en er is extra elektriciteitsvraag voor Direct Air Capture. In totaal zijn het extra aanbod en de extra vraag van elektriciteit en waterstof gelijk. Maar er is wel extra transport van energie nodig en extra opslag omdat het

extra aanbod en de extra vraag niet hetzelfde jaarprofiel hebben (aanbod is afhankelijk van windenergie op zee, vraag is vollast). De volgende tabel geeft een overzicht van het extra aanbod en de extra vraag die getransporteerd moet worden via publieke infrastructuur.

Tabel 5-6 - Extra vraag en aanbod via publieke energie-infrastructuur voor productie synthetische brandstoffen

Categorie	Extra aanbod	Extra vraag	Energiedrager
Aanlanding windenergie op zee voor Direct Air Capture	47 PJ		Elektriciteit
Aanlanding waterstof (uit windenergie op zee) voor waterstofvraag synthetische brandstoffen. <sup>15</sup>	188 PJ		Waterstof
Elektriciteitsvraag Direct Air Capture		47 PJ	Elektriciteit
Waterstofvraag synthetische brandstoffen		188 PJ	Waterstof

Er is nog veel onzekerheid over waar de productie van synthetische brandstoffen plaats kan vinden. Mogelijke locaties zijn de Maasvlakte, de Eemshaven, het Noordzeekanaalgebied en Zeeland. Ook kan de windenergie op verschillende locaties aanlanden en kan de Direct Air Capture op meerdere plaatsen plaatsvinden. Wij maken de volgende aannames:

- Maasvlakte en Eemshaven als productielocaties voor de synthetische brandstoffen. Er wordt aangenomen dat op beide locaties 50% van de productie plaatsvindt.
- Direct Air Capture vindt plaats bij de productielocaties voor de synthetische brandstoffen, dus ook 50/50-verdeling tussen Maasvlakte en Eemshaven.
- Aanlanding windenergie op zee voor Direct Air Capture vindt plaats bij de vraag, dus ook hier 50/50-verdeling tussen Maasvlakte en Eemshaven.
- Aanlanding waterstof uit windenergie op zee bij Eemshaven en Den Helder, aangezien dit geschikte locaties zijn vanwege bestaande buisleidingen onder de zee en op land. Bij beiden 50% van de aanlanding.

## 5.2.6 Regelbare centrales

Om de leveringszekerheid in het toekomstige, klimaatneutrale energiesysteem te garanderen is een forse hoeveelheid regelbaar vermogen nodig. Deze regelbare elektriciteitscentrales moeten elektriciteit leveren op momenten dat er te weinig productie is van windturbines en zonnepanelen. Door elektrificatie van de vraag neemt het vermogen dat nodig is aan regelbare centrales in de toekomst zelfs toe, van ongeveer 20 GW nu naar 33 tot 36 GW in 2050. Deze centrales zullen echter wel fors minder draaiuren maken dan de huidige centrales, waardoor de totale productie lager ligt.

In het scenario Nationale Sturing is 35 GW aan regelbare centrales nodig en in het scenario Europese Sturing 36 GW aan regelbare centrales. In het scenario Nationale Sturing zijn dit waterstofcentrales en in het scenario Europese Sturing zijn dit (groen)gas centrales.

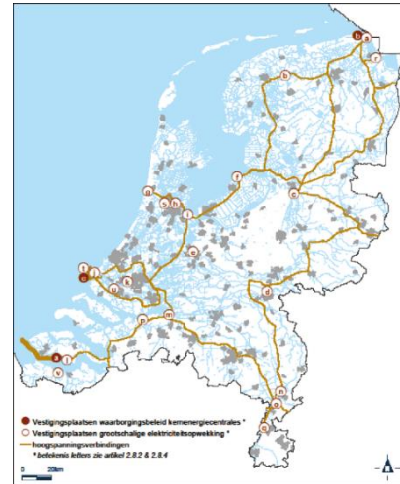
Er komen in de Nederland Energieland-scenario's nieuwe of omgebouwde centrales op de bestaande productielocaties. Dit wordt gelijk gehouden bij de Sterke Knopen-scenario's. Daarnaast zijn nieuwe eenheden nodig. Deze worden in de Nederland Energieland-scenario's als kleine eenheden verspreid door heel Nederland geplaatst. In de Sterke Knopen-scenario's wordt uitgegaan van clustering van deze nieuwe regelbare centrales. In de volgende paragrafen worden de ruimtelijke principes besproken voor de clustering van de nieuwe regelbare centrales en de ruimtelijke invulling.

<sup>15</sup> Hierin is een elektrolyser efficiëntie van 66% meegenomen, conform de aannames van II3050. De extra productie van elektriciteit voor de elektrolyse is 285 PJ.

### Ruimtelijke principes

Nieuwe regelbare centrales worden vanuit de ruimtelijke logica van clustering in de Sterke Knopen-scenario's nabij de bestaande centrales geplaatst op de locaties van de nu in gebruik zijnde elektriciteitscentrales op de in het Barro (Besluit algemene regels ruimtelijke ordening) opgenomen vestigingslocaties. Onderzocht is of en waar er beschikbare ruimte is voor de plaatsing van 18 GWe (Nationaal) en 19 GWe (Europees).

De centrales worden zo dicht mogelijk bij de locaties waar het piekvermogen nodig is geplaatst om het transport te minimaliseren. Daarvoor wordt gekeken naar de oorspronkelijke verdeling van de nieuwe regelbare centrales over de NUTS3-regio's in de Nederland Energieland-scenario's. Het benodigde vermogen aan regelbare centrales per NUTS3-regio wordt geplaatst bij de dichtstbijzijnde Barro-locatie met voldoende ruimte voor een nieuwe centrale. Op deze wijze wordt – naast de ruimtelijke logica – ook recht gedaan aan de voorkeurslocatie van de regelbare centrales vanuit het technische aspect (dicht bij vraag plaatsen).



### Analyse beschikbare ruimte

De volgende stappen zijn doorlopen om de beschikbare ruimte voor nieuwe regelbare centrales te bepalen:

#### *Barro-vestigingsplaatsen*

In het Barro zijn gebieden aangewezen als vestigingsplaats voor grootschalige elektriciteitsopwekking en als vestigingsplaats voor kernenergie. Er is alleen binnen deze vestigingsplaatsen gekeken naar vrije ruimte voor nieuwe centrales.

#### *Selectie: Bodemgebruik*

Binnen de vestigingsplaatsen is gekeken naar het bodemgebruik. Hiervoor is het CBS-bestand Bodemgebruik 2015 gebruikt, dit is de meest recente versie. De volgende type bodemgebruik (hoofdgroepen) zijn geselecteerd als mogelijk vrije ruimte: Semi-bebouwd, Landbouw, Nat natuurlijk terrein, Droog natuurlijk terrein.

#### *Selectie: Satellietbeelden*

De bodemgebruikdata uit 2015 is mogelijk niet meer volledig actueel. Daarom zijn de hieruit geselecteerde gebieden visueel gecontroleerd met een satellietbeeldondergrond uit 2020 (ESRI-luchtfoto). Wanneer gebieden hierop toch een duidelijke functie hebben zijn deze verwijderd uit de selectie. Wanneer ze geen duidelijke functie hebben zijn ze toegevoegd. Het resultaat is een databestand met vrije ruimte binnen de in het Barro aangewezen vestigingsplaatsen.

#### *Selectie: Geschiktheid vrije ruimte*

Niet alle vrije ruimte is geschikt voor het plaatsen van elektriciteitscentrales. Er is een grove beoordeling gemaakt voor de geschiktheid van de afzonderlijke gebieden met vrije ruimte. Hierbij is gekeken of de gebieden lokaal een logisch en compact aaneengesloten geheel vormen van vrije ruimte. Lange dunne stroken, of gebieden waar veel onderbrekingen (happen, gaten, of gekke hoeken) in zitten zijn niet aangemerkt als geschikt. Ook gebieden met een relatief klein oppervlak zijn niet als geschikt aangemerkt. Daarbij is gericht op een aaneengesloten oppervlak van circa 20 ha.

### Ruimtelijke invulling

De tabel hieronder geeft een overzicht van de toedeling van het benodigde vermogen aan nieuwe regelbare centrales per NUTS3-regio (in de Nederland Energieland-scenario's) en de locatie waaraan dit vermogen wordt toegekend.

Tabel 5-7 geeft een overzicht van de toedeling van het benodigde vermogen aan nieuwe regelbare centrales per NUTS3-regio (in de Nederland Energieland-scenario's) en de locatie waaraan dit vermogen wordt toegekend.

Tabel 5-7 - Toedeling vermogen nieuwe regelbare centrales NUTS3-regio's aan Barro-locaties

NUTS3-regio	Benodigd vermogen nieuwe regelbare centrales Nationale Sturing (MW)	Benodigd vermogen nieuwe regelbare centrales Europese Sturing (MW)	Plaatsing vermogen (Barro-locatie)
Oost-Groningen	353	349	Delfzijl
Delfzijl en omgeving	125	125	Delfzijl
Overig Groningen	486	500	Eemshaven
Noord-Friesland	500	500	Burgum
Zuidwest-Friesland	343	332	Eemshaven
Zuidoost-Friesland	468	441	Eemshaven
Noord-Drenthe	427	394	Eemshaven
Zuidoost-Drenthe	223	331	Eemshaven
Zuidwest-Drenthe	250	250	Eemshaven
Noord-Overijssel	221	376	Eemshaven
Zuidwest-Overijssel	125	125	Eemshaven
Twente	340	421	Eemshaven
Veluwe	671	582	Amsterdam
Zuidwest-Gelderland	359	375	Maasvlakte
Achterhoek	674	770	Eemshaven
Arnhem/Nijmegen	750	840	Maasbracht
Flevoland	987	986	Amsterdam
Utrecht	750	750	Amsterdam
Kop van Noord-Holland	250	250	Amsterdam
IJmond	125	125	Amsterdam
Agglomeratie Haarlem	96	101	Amsterdam
Zaanstreek	125	125	Amsterdam
Het Gooi en Vechtstreek	125	125	Diemen
Alkmaar en omgeving	125	125	Amsterdam
Groot-Amsterdam	839	938	Amsterdam
Agglomeratie 's-Gravenhage	467	598	Maasvlakte
Delft en Westland	375	375	Maasvlakte
Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	250	250	Maasvlakte
Zuidoost-Zuid-Holland	483	500	Maasvlakte
Oost-Zuid-Holland	250	250	Maasvlakte
Groot-Rijnmond	968	1.332	Maasvlakte
Zeeuws-Vlaanderen	375	375	Terneuzen, Sas van Gent
Overig Zeeland	375	486	Borssele/Sloegebied
West-Noord-Brabant	1.097	1.064	Moerdijk
Midden-Noord-Brabant	375	375	Geertruidenberg
Noordoost-Noord-Brabant	625	625	Buggenum
Zuidoost-Noord-Brabant	1.099	1.223	Maasbracht
Noord-Limburg	464	468	Buggenum

Dit leidt tot de opgestelde vermogens aan nieuwe regelbare centrales per Barro-locatie:

Tabel 5-8 - Totaal vermogen nieuwe regelbare centrales per Barro-locaties

Barro-locatie	Sterke Knopen Nationale Sturing (MW)	Sterke Knopen Europese Sturing (MW)
Geertruidenberg	375	375
Amsterdam	3.968	3.983
Burgum	500	500
Borssele/Sloegebied	375	486
Buggenum	1.089	1.093
Delfzijl	478	474
Diemen	125	125
Eemshaven	3.556	3.940
Flevoland	0	0
Geleen	743	662
Harcuio	0	0
Maasbracht	2.196	2.370
Maasvlakte	3.152	3.680
Moerdijk	1.097	1.064
Nijmegen	0	0
Rijnmond, Rotterdams havengebied	0	0
Terneuzen, Sas van Gent	375	375
Utrecht	0	0
Velsen	0	0

### 5.2.7 Elektrolyzers

Elektrolyzers worden in de scenario's ingezet om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Ze vervullen daarmee een systeemfunctie. De hoeveelheid elektrolyzers binnen een scenario is afhankelijk van de hoeveelheid overschotten aan elektriciteit.

Het scenario Nationale Sturing heeft 51 GW aan elektrolyzers. Hiervoor is 2 km<sup>2</sup> aan ruimte nodig. Het scenario Europese Sturing heeft 19 GW aan elektrolyzers met een totaal ruimtebeslag van 1 km<sup>2</sup>. Hieronder worden de ruimtelijke principes besproken die gehanteerd zijn en de resulterende ruimtelijke invulling.

#### Ruimtelijke principes

In de Nederland Energieland-scenario's worden elektrolyzers verdeeld over Nederland op basis van de omvang van lokale overschotten van elektriciteit. Dit betekent dat de elektrolyzers over het hele land verspreid worden. In de Sterke Knopen-scenario's wordt daarentegen uitgegaan van clustering van elektrolyzers.

Vanuit de systeemfunctie die elektrolyzers vervullen zijn er, vanuit het perspectief van systeemefficiëntie, twee type locaties geschikt voor clustering van elektrolyzers:

- **Bij aanlandingslocaties windenergie op zee.** Dit zijn locaties waar grote lokale overschotten van elektriciteit plaatsvinden. Door hier elektrolyzers te plaatsen hoeven deze lokale overschotten niet getransporteerd te worden en is er minder belasting op het hoogspanningsnet. Er is in dit geval wel transport van waterstof nodig van de aanlandingslocaties van windenergie op zee richting de afnemers van waterstof.

- **Bij grootgebruikers waterstof industrie.** Door elektrolyzers te plaatsen bij grootgebruikers van waterstof kan de geproduceerde waterstof direct gebruikt worden. Dit betekent dat er minder transport van waterstof noodzakelijk is. In dit geval is er wel meer transport van elektriciteit nodig aangezien de overschotten bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee getransporteerd moeten worden richting de elektrolyzers.

In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing wordt uitgegaan van clustering van elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Deze configuratie is hier het meest logisch aangezien dit scenario het grootste vermogen aan windparken op zee heeft, waardoor er hier ook de grootste lokale overschotten bij de aanlandingslocaties plaatsvinden.

Bij het scenario Sterke Knopen Europese Sturing wordt uitgegaan van clustering bij grootgebruikers van waterstof in de industrie. Bij dit scenario ligt deze configuratie meer voor de hand aangezien er in dit scenario een grotere vraag is naar waterstof vanuit de industrie en het scenario relatief weinig vermogen aan windparken op zee heeft.

#### Analyse beschikbare ruimte

Voor de analyse van de beschikbare ruimte voor elektrolyzers wordt dezelfde methode gehanteerd als bij de regelbare centrales (zie paragraaf 5.2.6).

#### Ruimtelijke invulling

Bij het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing wordt uitgegaan van clustering bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. De totale opgave van 51 GW aan elektrolyzers wordt verdeeld over de aanlandingslocaties naar rato van het vermogen windstroom dat per locatie aanlandt (zie paragraaf 5.2.4 voor verdeling aanlanding windenergie op zee). Bij het scenario Sterke Knopen Europese Sturing wordt uitgegaan van clustering bij grootgebruikers van waterstof in de industrie. De totale opgave van 19 GW wordt verdeeld over deze locaties naar rato van de waterstofvraag. Dit komt overeen met gevoeligheidsanalyse 6 uit het rapport van I13050 (Netbeheer Nederland, 2021).

Tabel 5-9 geeft de resulterende verdeling van de elektrolyzers voor beide scenario's.

Tabel 5-9 - Totaal vermogen elektrolyzers per locatie

Locatie	Sterke Knopen Nationale Sturing (GW)	Sterke Knopen Europese Sturing (GW)
Terneuzen	0	1,9
Borsele	5,2	0,1
Maasvlakte	10,8	0
Botlek	0	6,2
Chemelot	0	4,1
Maasbracht	5,5	0
Middenmeer/ Den Helder	8,5	0
Diemen	5,5	0
Beverwijk	4,8	0
Eemshaven	8,5	0
Delfzijl	0	6,6
Bergen op Zoom	0	0,3
Geertruidenberg	1,8	0

### 5.2.8 Opslag waterstof

Waterstofopslag is noodzakelijk om onbalans tussen aanbod en vraag naar waterstof op te vangen. De hoeveelheid waterstofopslag binnen een scenario is afhankelijk van de hoeveelheid onbalans.

Het scenario Nationale Sturing heeft 37 TWh aan waterstofopslag. Het scenario Europese Sturing heeft 10 TWh aan waterstofopslag. Hieronder worden de ruimtelijke principes besproken die gehanteerd zijn en de resulterende ruimtelijke invulling.

#### Ruimtelijke principes

Bij de opslag van waterstof worden twee soorten opslaglocaties meegenomen::

- **De opslag van waterstof in zoutcavernes en in lege gasvelden.** Er zijn nog geen voorbeelden van pure waterstofopslag in lege gasvelden (wel van 10% bijmenging in een pilot in Oostenrijk), en er zijn nog vele onzekerheden die onderzocht moeten worden. Bij waterstofopslag in lege gasvelden gelden de volgende risico's door bio- en geochemische reductiereacties in het reservoir (TNO, 2020):
  - de vorming van toxische of corrosieve vloeistoffen zoals  $H_2S$ ;
  - afname van doorlaatbaarheid van het reservoir door mineraal neerslag;
  - verlies van waterstof door de vorming van andere gassen uit waterstof.Daarnaast kan diffusie plaatsvinden, waardoor waterstof verloren gaat. Bij opslag in een leeg gasveld is een grote hoeveelheid kussengas nodig om voldoende druk voor productie te realiseren. Dit brengt extra kosten mee, wat verminderd kan worden door aardgas als kussengas te gebruiken, wat ten koste kan gaan van de kwaliteit van waterstof.
- **Opslag van waterstof in zoutcavernes.** Dit gebeurt al, maar wordt bij bestaande opslagen ingezet voor levering aan de industrie. Bij balanceren van het energiesysteem zullen de circulatie, injectiesnelheid en levering sneller zijn, waarvan de effecten nog onderzocht moeten worden. Voor waterstofopslag in zoutcavernes vereist de vraag naar opslag in de scenario's bovendien een snelle winning van zout om cavernes te kunnen bouwen. Dat brengt risico's van bodemdaling met zich mee.

PEH sluit aan op de uitgangspunten uit OPVIS II met betrekking tot de aanleg van zoutcavernes:

- Het uitgangspunt van OPVIS II is dat voor de aanleg van de benodigde zoutcavernes gebruikgemaakt wordt van de huidige zoutproductiecapaciteit. Op dit moment wordt ca. 3 miljoen  $m^3$  aan steenzout per jaar geproduceerd, wat neerkomt op 3 cavernes van 1 miljoen  $m^3$ . Daarmee zouden 3 cavernes per jaar aangelegd kunnen worden, wat neerkomt op 60 tussen 2030 en 2050. Dit komt neer op 15 TWh opslagcapaciteit.
- Voor de aanleg van één caveerne van 1 miljoen  $m^3$  is ongeveer 3 jaar nodig, vanaf de start van het logen. Dit is exclusief vergunningsaanvraag, die ongeveer 1,5 jaar in beslag neemt, en exclusief de opsporing van geschikte locaties en de aanleg van infrastructuur. Voor de aanleg van gemiddeld 3 cavernes per jaar, moet dus simultaan met 9 cavernes aangevangen worden.
- Naast de aanleg van nieuwe zoutcavernes wordt aangenomen dat de huidige opslagcavernes voor aardgas en stikstof na 2030 beschikbaar komen voor waterstofopslag.

#### Analyse beschikbare ruimte

Voor de opslag van waterstof wordt gekeken naar de locaties van zoutstructuren met een minimale dikte van 300 meter. Deze zijn mogelijk geschikt voor de winning van steenzout en de aanleg van zoutcavernes voor de opslag van waterstof (oranje, Figuur 5-4). De meeste locaties bevinden zich in het noorden van het land, waar vele zoutpijlers (ook wel zoutkoepels) aanwezig zijn. Zoutpijlers zijn geschikt voor de aanleg

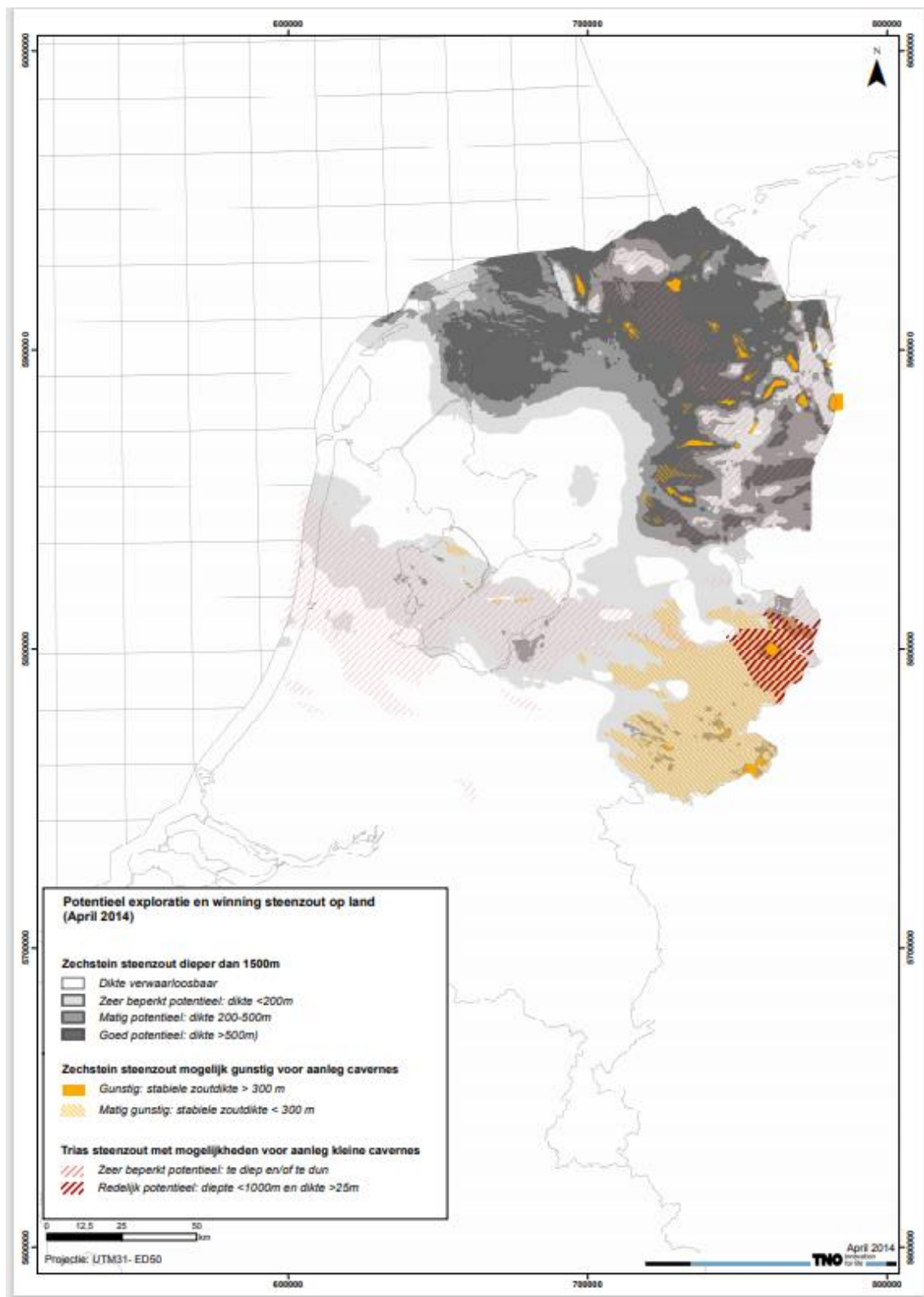
van cavernes omdat deze een grote verticale dikte hebben. In het oosten van het land zijn zoutstructuren aanwezig en wordt ook zout gewonnen. Deze zoutstructuren bestaan vooral uit zoutkussens: langgerekte zoutstructuren in de ondergrond, met doorgaans een minder grote dikte (<300 m) en vaak dieper gelegen. Voor de aanleg van cavernes maakt dat deze zoutstructuren minder geschikt. Door de hogere druk van de bovengrond is hier de kans op verzakkingen groter. Bovendien zal de breedte van een caverne groter zijn en daarmee de afstand tussen de (middenpunten van de) cavernes. Ruimtelijk betekent dit langere leidingen en een mogelijk meerdere zoutverwerkingslocaties.

De bestaande gasopslagen in zoutstructuren zijn geschikt voor gezamenlijk zo'n 1 TWh aan waterstofopslag. Het gaat daarbij om vijf cavernes in Zuidwending, waarbij mogelijk nog vijf extra aangelegd kunnen worden<sup>16</sup>. Om in de behoefte naar waterstofopslag te voldoen in 2030 zouden maximaal twee bestaande cavernes geschikt gemaakt moeten worden. In OPVIS II is een inschatting gemaakt van de aanleg van nieuwe zoutcavernes. Uitgaande van de huidige productie van steenzout is uitgegaan van een maximum aantal van 60 zoutcavernes. Waterstof neemt 3 à 4 maal zoveel volume in als aardgas. Om in piekbelasting te voorzien is het in alle scenario's noodzakelijk om ten minste tien zoutcavernes ter beschikking te stellen voor waterstofopslag. Eén nieuwe zoutcaverne van 1 miljoen m<sup>3</sup> biedt ruimte voor maximaal 0,25 TWh.

<sup>16</sup> <https://www.agbzw.nl/onzecavernes>



Figuur 5-4 - Regio's met mogelijke zoutstructuren



Voor waterstofopslag in lege gasvelden wordt voortgebouwd op OPVIS II. Hierin staat omschreven wat de praktische capaciteit is van opslag van waterstof in lege gasvelden. Deze praktische capaciteit is ook omschreven per industriecluster, met een straal van 50 km rondom het industriecluster. Voor de locaties wordt aangesloten bij twee van de aanlandingslocaties van windenergie op zee:

- Praktisch realiseerbare opslaglocaties in lege gasvelden in een straal van 50 km rond Rotterdam. Dit is inclusief meerdere offshore opslaglocaties. In totaal 15 TWh.
- Praktisch realiseerbare opslaglocaties in lege gasvelden in een straal van 50 km rond IJmuiden. Dit is inclusief één offshore opslaglocatie en één opslaglocatie in de buurt van Middenmeer. In totaal 17 TWh.

### Ruimtelijke invulling

De opslag in de Nederland Energieland-scenario's is regionaal verdeeld volgens de verdeelsleutel: 1/3e Veendam, 2/3e Hengelo. Bij Hengelo zijn de opslagmogelijkheden in werkelijkheid beperkt, tenzij er over de grens bij Duitsland waterstof wordt opgeslagen in zoutcavernes. In de Sterke Knopen-scenario's wordt dit aangepast gebaseerd op inzichten uit OPVIS II en discussies met experts.

In scenario Sterke Knopen Nationale Sturing is 37 TWh aan waterstofopslag nodig. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat alle opslag in Nederland plaatsvindt. Voor de opslag wordt ervan uitgegaan dat opslag van waterstof eerst zal gebeuren in bestaande zoutcavernes. Na 2030 breidt dit uit naar bestaande gasopslagen. In dit scenario worden nieuwe zoutcavernes voor waterstofopslag aangemaakt en geschikt gemaakt. Om te voldoen aan de grote vraag naar opslag wordt uitgegaan van een groot volume aan waterstofopslag in lege gasvelden.

Naar aanleiding van overleggen met expert, wordt aangenomen dat in 2050 waterstofopslag in lege gasvelden mogelijk is. Hier wordt uitgegaan van de aannames in OPVIS II, waarbij 1 gasopslag gelijk is aan ~8 TWh werkgasvolume. In het scenario wordt uitgegaan van maximaal 10 opslagen in zoutcavernes: 5 huidige en 5 nieuw; herinrichting van huidige gasopslagen in gasvelden; en 2 nieuwe gasvelden in de buurt van de industrieclusters langs de Noordzee.

In scenario Sterke Knopen Europese Sturing is 10 TWh aan waterstofopslag nodig. Er wordt aangenomen dat alle waterstofopslag in dit scenario plaatsvindt in zoutcavernes. Hiervoor is de aanleg van nieuwe zoutcavernes op nieuwe locaties nodig. Er wordt uitgegaan van ombouw van de huidige opslag in zoutcavernes en aanleg van vier nieuwe cavernes door uitbreiding bij Zuidwending. Dat levert in totaal 2 TWh op. De overige locaties zijn evenredig verdeeld over COROP-gebieden volgens de mogelijkheden in Figuur 5-4.

De resulterende verdeling ziet er als volgt uit:

Tabel 5-10 - Regionale verdeling waterstofopslag Sterke Knopen-scenario's

	Aantal	Opslagcapaciteit (TWh)	Locatie	COROP	Bron
<b>Sterke Knopen Nationale Sturing</b>		37			
Huidige zoutcavernes	5	1	Zuidwending	Oost-Groningen	
Nieuwe cavernes	5	1,25	Zuidwending en Heiligerlee	Oost-Groningen	
Huidige gasopslagen	3	24	Norg	Noord-Drenthe	

	Aantal	Opslagcapaciteit (TWh)	Locatie	COROP	Bron
Overige gasvelden kustnabij/industrie	1	2,75	50 km omtrek IJmuiden	Kop van Noord-Holland	Figuur 5.11 OPVIS II
	1	8	50 km omtrek Rotterdam	Delft en Westland	Figuur 5.11 OPVIS II
<b>Sterke Knopen Europese Sturing</b>		10			
Huidige zoutcavernes	5	1	Zuidwending	Oost-Groningen	
Nieuwe cavernes	8	2		Overig Groningen	TNO, April 2014 figuur NLOG
	4	1	Zuidwending en Heiligerlee	Oost-Groningen	TNO, April 2014 figuur NLOG
	8	2		Noord-Drenthe	TNO, April 2014 figuur NLOG
	8	2		Zuidwest-Drenthe	TNO, April 2014 figuur NLOG
	8	2		Twente	TNO, April 2014 figuur NLOG

### 5.3 Overzichtstabel

Tabel 5-11 geeft een totaaloverzicht van de aannames voor de ruimtelijke invulling van de Sterke Knopen-scenario's.

Tabel 5-11 - Totaaloverzicht aannames

Element	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
<b>Wind op land</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plannen RES 1.0 als startpunt</li> <li>Additioneel vermogen geclusterd in vijf geschikte clusters</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plannen RES 1.0 als startpunt</li> <li>Additioneel vermogen geclusterd in vijf geschikte clusters</li> </ul>
<b>Zon op dak</b>	Maximale benutting zon op dak	Maximale benutting zon op dak
<b>Zon op veld/zon op water</b>	Maximale benutting onbenutte terreinen, landelijk gebied. Clustering resterende opgave zon op water, landbouw en natuurgronden in vier geschikte clusters.	Alleen zon op dak
<b>Aanlanding windenergie op zee</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Den Helder als aanlandingslocatie in plaats van Middenmeer</li> <li>Huidige plannen als ondergrens voor elke aanlandingslocatie</li> <li>Geen aanlanding bij Terneuzen</li> </ul>	Meer evenredige verdeling over aanlandingslocaties,
	Diepe aanlanding: <ul style="list-style-type: none"> <li>Maasbracht i.p.v. Maasvlakte</li> <li>Diemen i.p.v. Den Helder</li> </ul>	
<b>Extra windenergie op zee voor productie synthetische brandstoffen</b>	Productie synthetische brandstoffen via publieke energie-infrastructuur	Geen wijzigingen
<b>Nieuwe regelbare centrales</b>	Clustering bij dichtstbijzijnde gebied met reservering grootschalige elektriciteitsproductie vanuit Barro, indien voldoende ruimte beschikbaar.	
<b>Elektrolyzers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clustering bij aanlandingspunten</li> <li>Verdeling op basis vermogens elektrische aanlanding WoZ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clustering in industriegebieden</li> <li>Verdeling op basis waterstofvraag</li> </ul>
<b>Opslag waterstof</b>	Opslag in zoutcavernes, bestaande gasopslagen en lege gasvelden.	Opslag in bestaande en nieuwe zoutcavernes.

## 6 Zeer Sterke Knopen Kernenergie-scenario

In dit hoofdstuk worden de energetische en de ruimtelijke invulling van het Zeer Sterke Knopen Kernenergie-scenario besproken. Dit scenario is gebaseerd op het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, met enkele wijzigingen. In het Kernenergie-scenario wordt wind op land en een deel van de regelbare centrales vervangen door kernenergie.

In dit hoofdstuk worden eerst de afbakening en de technische aannames voor kernreactoren besproken. Vervolgens wordt de ruimtelijke invulling van kernreactoren besproken<sup>17</sup>. Tot slot wordt de energetische invulling van het scenario besproken. De aannames rondom kernreactoren, wind op land en regelbare centrales worden besproken, maar ook de effecten van de andere aannames op andere elementen in het energiesysteem zoals batterijen, elektrolyzers en waterstofopslag.

### 6.1 Afbakening

De locaties van kernenergie die zijn onderzocht zijn de locaties zoals opgenomen in de huidige Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (Svir) en Barro. Daarin zijn drie locaties aangewezen als mogelijke vestigingsplaatsen voor kernenergie (Artikel 2.8.4):

- Borssele/Sloegebied (gemeenten Borsele en Vlissingen);
- Eemshaven (gemeente Eemshaven);
- Maasvlakte I (gemeente Rotterdam).

Op verzoek van de opdrachtgever wordt Eemshaven als locatie niet meegenomen. Op overige locaties in Nederland mogen kernreactoren worden geplaatst, mits aan alle wetgeving wordt voldaan. Op de aangewezen locaties mogen geen activiteiten ontwikkeld worden die realisatie van kernenergie in de weg staan, waardoor de kans op toekomstige realisatie van (grootschalige) kernenergie daar wel het grootst is.

### 6.2 Technische aannames kernreactoren

#### **Disclaimer**

Deze achtergrondnotitie is tot stand gekomen door middel van een literatuurstudie, berekeningen in het Energy Transition Model van Quintel en additionele berekeningen door CE Delft. Voor alle aannames zijn zoveel mogelijk publiek beschikbare bronnen gebruikt. Vier recente studies over de inpassing van kernenergie in het Nederlandse energiesysteem met diverse en gedeeltelijk afwijkende onderzoeksresultaten zijn als referentie gebruikt:

- Berenschot en Kalavasta (2020) – II3050 Systemeffecten nucleaire centrales
- ENCO (2020) - Possible role of nuclear in the Dutch energy mix in the future
- Van Zuijlen (2019) - Cost-optimal reliable power generation in a deep decarbonisation future
- KMPG (2021) – Marktconsultatie kernenergie

De conceptnotitie over de achtergrond van kernreactoren is gedeeld en besproken met Wim Turkenburg (emeritus professor - Copernicus Institute of Sustainable Development, Universiteit Utrecht), Nasser Kalantar-Nayestanaki (hoogleraar kernenergie - Rijkuniversiteit Groningen) en Kornelis Blok (hoogleraar Energy Systems Analysis - TU Delft). Zij dragen echter geen verantwoordelijkheid voor de aannames, analyses en resultaten en de inhoud is niet hun visie.

<sup>17</sup> De ruimtelijke invulling van overige elementen wijzigt niet ten opzichte van het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.

## 6.2.1 Wat is de state-of-the-art-kernreactor?

In deze analyse zijn verschillende type reactoren bekeken: Westinghouse, EPR, SMR en verschillende Chinese en Russische reactoren.

Uit deze analyse is gebleken dat de EPR-reactor op dit moment de state-of-the art-reactor is en als referentie voor deze studie gebruikt zou moeten worden. De recente marktconsultatie van KPMG heeft ook duidelijk gemaakt dat er in de markt een duidelijke voorkeur is naar bewezen technologieën en brede consensus voor de generatie 3-reactoren, waar de EPR onder valt (KPMG, 2021). EPR is het type reactor dat nu voornamelijk gebouwd wordt in de EU, zoals bij Hinkey Point C (HPC). Er is een centrale gerealiseerd in China met EPR-reactoren, wat de eerste operationele EPR-centrale is.

### Small Modular Reactors

SMR (Small Modular Reactor – waaronder o.a. thoriumreactoren vallen) zijn kleine kernreactoren (vermogen tussen ongeveer 100 tot 300 MW, wellicht zelfs tot 500 MW). De techniek bestaat al enkele jaren, maar heeft de laatste tijd veel ontwikkeling doorgemaakt. Experts voorzien potentie in deze techniek vanwege verschillende redenen, waaronder ruimte gebruik, kortere bouwtijd en lagere investeringsomvang. Prototypes van Amerikaanse kleine reactoren worden verwacht tussen 2027 en 2035. Vanaf wanneer SMRs op de markt beschikbaar zijn en geïnstalleerd kunnen worden in Nederland is onbekend. Op dit moment is er nog beperkte technische gedetailleerde informatie waardoor het opnemen van SMR in een scenariostudie zoals dit PEH lastig is. Er is beperkte informatie beschikbaar over ruimtegebruik, kosten en flexibiliteit waardoor de ruimtelijke en energetische inpassing onzeker is. Daardoor zijn bijv. ook de energiekosten (€/MWh) nog zeer onzeker.

Onze verwachting is dat eventuele selectie van SMR in plaats van EPR als referentietechniek voor de IEA van het PEH beperkt zal zijn. In deze studie wordt alleen gekeken naar de gebieden zoals aangewezen in de Barro. De beschikbare ruimte voor kernenergie is dus in deze studie gelijk voor SMR en EPR. SMRs bieden ook potentie voor inpassing in gebieden waar geen grote oppervlaktes beschikbaar zijn voor kernenergie, zoals buiten de aangewezen locaties. Dit is echter buiten de scope van dit onderzoek. Op dit moment is onzeker wat het relatieve vermogen, oftewel de hoeveelheid kernenergieproductie per oppervlakte, is van SMR-installaties. Daardoor is ook onzeker of er meer of minder productie plaats kan vinden met SMR ten opzichte van EPR.

Een diepgaande vergelijking tussen grootschalige en kleinschalige kernenergiereactoren valt niet binnen de scope van deze studie. Daarnaast zal SMR zich in het komende decennia nog zeer veel ontwikkelen, waardoor een huidige analyse grote onzekerheden zal blijven omvatten. De onderzoekers erkennen de potentie die SMR heeft, maar identificeren ook nog onzekerheid over de technologische ontwikkeling, beschikbaarheid en daardoor toepasbaarheid in deze studie.

Tabel 6-1 geeft het ruimtegebruik van EPR-reactoren weer volgens de m.e.r. en het ruimtegebruik van de HPC. De EPR-centrale vereist ongeveer 10 hectare aaneengesloten ruimte, die ongeveer vierkant is. Daarnaast is minimaal 5 hectare vereist voor andere faciliteiten. In de sector wordt vaak 20 hectare als minimale ruimte voor één reactor gehanteerd. De verwachtingen voor de vermogens van een SMR-reactor zijn ook opgenomen.

Tabel 6-1 - Overzicht gebruik reactoren

Type reactor	Bron	Vermogen (GWe)	Oppervlakte (Ha)	Relatief vermogen (GW/ha)
EPR - 2 reactoren	m.e.r.	3,2	25	0,128
EPR - 2 reactoren	HPC	3,2	67	0,048
SMR	Literatuur	0,1-0,3	0,5-2	0,06-0,6

## 6.2.2 Ruimtelijke inpassing opslag

In Nederland wordt het radioactief afval opgeslagen bij Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA). COVRA is een tijdelijke opslag en het radioactieve afval moet ook een plaats krijgen in een definitieve langetermijnopslag, oftewel eindberging. Hier heeft de Nederlandse overheid tot nu toe nog geen invulling aan gegeven.

Qua afval zijn er drie soorten: hoogradioactief afval (HRA), laag en middelradioactief afval (LMRA) en NORM-afval. NORM-afval is afval dat ontstaat als radioactieve stoffen die van nature voorkomen bij de verwerking geconcentreerd worden in het afval, en ontstaat dus voornamelijk bij de industrie.

Op dit moment ligt 110 m<sup>3</sup> hoogradioactief afval (HRA) opgeslagen en is recent een uitbreiding van 50 m<sup>3</sup> extra opslagcapaciteit in gebruik genomen waardoor voldoende capaciteit beschikbaar is tot 2034. Daarnaast is er 35.301 m<sup>3</sup> LMRA opgeslagen. Borssele/Sloegebied produceert 3 m<sup>3</sup> HRA en 70 m<sup>3</sup> LMRA per jaar, waar volgens COVRA nog 100 jaar plaats voor is (COVRA, 2021; EenVandaag, 2020).

Het vermogen van Borssele/Sloegebied is ongeveer 0,5 GW. Een snelle inschatting kan gemaakt worden wat de impact is van meer vermogen, als wordt aangenomen dat de beschikbare ruimte vooral vereist is voor het afval van kernreactoren. Twee reactoren, met een gezamenlijk vermogen van 3,3 GW, vereisen een nieuwe locatie na ongeveer 15 jaar. Bij acht reactoren is dit al na ruim 3,5 jaar. De inpassing van deze nieuwe tijdelijke opslag in de ruimtelijk omgeving, als mede de langetermijneindberging, is een additionele uitdaging. Hoeveel ruimte er vereist is voor het tijdelijk en langetermijnopslaan van kernafval in de verschillende scenario's vereist additionele analyse. Daarnaast dient bepaald te worden of deze uitbreiding mogelijk is op het COVRA-terrein en welke eindopslag gerealiseerd zal worden.

## 6.2.3 Inzet kernreactoren in energiesysteem

Er zijn grofweg twee methodes voor het inzetten van kernreactoren:

- **Must-run-centrales.** De centrales staan altijd aan en leveren altijd stroom. Effectief is dit 7.800 uur per jaar volgens inschatting van (Berenschot & Kalavasta, 2020). De huidige centrale in Borssele/Sloegebied behaalt hogere vollasturen per jaar tot 8.100 of 8.200 uur per jaar. Een alternatief op dit scenario is dat waterstof wordt geproduceerd uit kernenergie, altijd of als er een overschot is.
- **Flexibele back-up-centrales.** Een flexibele centrale levert stroom als er een tekort is aan productie, oftewel als er geen productie uit zon en wind is. Back-up-centrales moeten zeer snel kunnen op- en afregelen.

In de hierna volgende paragrafen wordt de literatuur over de flexibele inzet van reactoren toegelicht.

### Flexibele inzet van reactoren

Er is op dit moment nog beperkte informatie over de flexibele inzet van kerncentrales, en de EPR in het bijzonder. Volgens World Nuclear Association kan de EPR opereren op 25% van haar capaciteit (World Nuclear Association, 2011). Tussen outputpercentage van 25 tot 60% is de ramp-up 2,5% per minuut en van 60 tot 100% is de ramp-up 5% per minuut (IAEA, 2011). Daarmee is de ramp-up van 25 naar 100% ongeveer 30 minuten (OECD, 2011). Het is nog onduidelijk wat precies de additionele eisen zijn om stabiliteit te garanderen. Echter zal vaak na een grote verandering een bepaalde periode op een vast vermogen geproduceerd moeten worden, bijvoorbeeld 3 tot 10 uur.

Aan alle productiebronnen in een energiesysteem stellen de netbeheerders eisen. Een bepaalde flexibiliteit moet beschikbaar zijn om onbalans te kunnen voorkomen. Echter is deze flexibiliteit nog wel iets anders dan inpassing op een volledige flexibele manier.

De technische uitdagingen voor het flexibel opereren van kernreactoren zijn dus nog aanwezig en de technische haalbaarheid is onzeker. De vereiste stabilisatieperiode maakt opereren in een systeem met veel wind en zon sowieso uitdagend.

#### Recente studies over inzet kernenergie

Conclusies uit recente studies over de inpassing van kernenergie worden toegelicht voor de toetsing van onze aannames. De relevante conclusies zijn:

- Van Zuijlen: De meest realistische en kosten effectieve scenario's gaan uit van een benuttingsgraad van rond de 89%, oftewel 7.796 vollasturen.
- ENCO: In de scenario's in deze studie wordt uitgegaan van full-load. Daarnaast is een scenario opgenomen met gedeeltelijke load-following resulterend in een benuttingsgraad tussen 75 en 100%.
- Berenschot & Kalavasta: Verschillende scenario's worden behandeld waaronder een regelbare centrale- (3.225 vollasturen) en must-run-scenario met en zonder waterstof (7.800 vollasturen). Het must-run-scenario zonder waterstof is het meest kosteneffectief.
- KPMG: De markt geeft aan dat kerncentrales het beste must-run ingezet kunnen worden aangezien dit het meest kostenefficiënt is, vanwege de hoge vaste kosten en additionele kosten voor inzet als regelbare centrales.

Gebaseerd op een eigen analyse en recente studies wordt aangenomen dat kerncentrales must-run ingezet worden. In lijn met de Berenschot & Kalavasta-notitie wordt aangenomen dat dit 7.800 vollasturen inhoudt.

#### 6.2.4 Conclusies technische aannames kernreactoren

In deze studie wordt de EPR als referentiereactor aangenomen voor de ontwikkeling van het alternatief met kernenergie. Er zijn verschillende technieken in ontwikkeling, welke een kostenreductie zouden kunnen realiseren. Echter zijn deze technologieën nog in ontwikkeling en naar verwachting pas rond 2050 op de markt, ze zullen vanaf die periode dus wel een rol kunnen gaan spelen in het energiesysteem.

De belangrijkste eigenschappen voor de invulling van het Kernenergie-scenario zijn:

- Er is minimaal 10 hectare aaneengesloten ruimte vereist voor een EPR-reactor, met daarnaast nog 5 hectare voor aanvullende faciliteiten. In de sector wordt vaak als handregel met 20 hectare gerekend.
- De ruimtelijke inpassing van kernafvalopslag vereist additionele analyse in een ruimtelijke beoordeling.
- De kernreactoren worden in het systeem volcontinu ingezet.

#### 6.3 Ruimtelijke invulling kernreactoren

Binnen de vestigingsplaatsen voor kernenergie op de Maasvlakte en Borssele/Sloegebied is gekeken naar gebieden die mogelijk vrije ruimte bieden voor de bouw van nieuwe ERP-kernreactoren met elk een vermogen van 1.650 MW. Voor het identificeren van deze mogelijke nieuwe bouwlocaties is gekeken naar het huidige gebruik.

In een eerste selectie zijn gebieden ingetekend op satellietbeelden (actualiteit: 2020) daar waar ze vrijwel geheel uit braakliggende grond bestaan, maar ook gebieden met weinig tot geen bebouwing die een gebruiksfunctie hebben welke in de toekomst mogelijk te verplaatsen, verkleinen, of verwijderen is. Per ERP-reactor wordt een ruimtebeslag van minimaal 10 ha voorzien, plus daaromheen 5 ha voor overige voorzieningen. Gebieden die geen aaneengesloten oppervlak van 15 ha hebben vallen af.

In een tweede selectie wordt gekeken naar de functies van de bebouwing en activiteiten die er plaatsvinden binnen de gebieden met mogelijke vrije ruimte. Ze vallen af indien dit geen functies of activiteiten zijn die te verplaatsen zijn, in de toekomst een minder groot ruimtebeslag nodig hebben, of in de toekomst niet meer nodig zijn.

Uit de eerste selectie zijn 30 gebieden gekomen met mogelijke vrije ruimte. Dit zijn gebieden:

- die vrijwel geheel uit braakliggende grond bestaan;
- die momenteel voornamelijk voor opslag van zand, steenkool, containers en auto's worden gebruikt;
- waar momenteel zonnepanelen geplaatst zijn.

De 30 gebieden vormen grofweg 10 clusters (A-J) van dichtbij of naast elkaar gelegen gebieden met mogelijk vrije ruimte. De kaartdelen A tot en met J geven deze weer. Deze zijn te vinden in bijlage B.

Om een verdere selectie te maken zijn alleen de locaties met nu braakliggende grond in de verdere analyse meegenomen. De locaties met een mogelijk belemmerende functie zijn in deze stap niet in beschouwing genomen.

### 6.3.1 Ondergrondse infrastructuur

De reactoren worden niet geplaatst binnen een invloedafstand van aanwezige risicobronnen. In deze analyse is uitgegaan van de beschikbare data van de Risicokaart. De 10-6 contouren, behorend bij de aanwezige BRZO-inrichtingen en buisleidingen, zijn in kaart gebracht. Het is mogelijk om de reactoren zodanig te ontwerpen dat deze contouren geen invloed hebben. Desondanks is gekozen om een overlap met deze contouren te vermijden, zodat er een beeld van de (direct) beschikbare ruimte voor de reactoren ontstaat. De 30 locaties zijn onderzocht op overlap met deze contour en de daarna resterende beschikbare ruimte. Als hierdoor een oppervlakte van minder dan 15 ha resteert, valt de locatie af als potentieel geschikt. De ruimte die hierna overblijft, en het aantal ERP-reactoren dat hierop geplaatst kan worden, is weergegeven in volgende tabel. De kaartdelen A tot en met J geven deze weer (zie bijlage B).



Tabel 6-2 - Potentie kernenergie gebaseerd op ruimtelijke analyse

Cluster	Gebied	Opmerking over locaties	Vrije ruimte selectie (Ha)	Aantal ERP-reactoren – inschatting gebaseerd op ruimtelijk inpassing
A	Maasvlakte	Braakliggend, met beperkte bebouwing, doorkruising met buisleiding in westen en parkeer-gebied in het oosten. Beperkte overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	0	0
B	Maasvlakte	Momenteel opslag voor kolen/zand/los materiaal, doorkruising met buisleiding in oosten. Overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	0	0
C	Maasvlakte	Deels braakliggend, deels opslag containers. Beperkte overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	31	2
D	Borssele/Sloegebied	Braakliggend. Overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	18	1
E	Borssele/Sloegebied	Momenteel opslag voor auto's, met beperkte bebouwing. Buisleiding langs zuidgrens. Beperkte overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	0	0
F	Borssele/Sloegebied	Voormalige stortplaats. Grote overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	0	0
G	Borssele/Sloegebied	Braakliggend, maar met gedeeltelijke ruimtelijke reserveringen. Overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	31	2
H	Borssele/Sloegebied	Voornameelijk braakliggend, maar ook locaties met beperkte bebouwing of opslag van kolen/zand/los, materiaal. Ook enkele windturbines aanwezig. Meerdere doorkruisingen met buisleidingen. Grote overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	0	0
I	Borssele/Sloegebied	Grotendeels braakliggend met beperkte bebouwing, maar ook circa 10 ha zonneveld. Doorkruisingen met buisleiding in zuiden. Grote overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	0	0
J	Borssele/Sloegebied	Braakliggend, maar ook ca. 25 Ha aan zonneveld, met enkele windturbines. EPZ grondbezitter.	49	3
<b>Totaal</b>			<b>129</b>	<b>8</b>

De informatie uit bovenstaande tabel is, inclusief de kaartbeelden, besproken met experts van de havenbedrijven. De ruimtelijke analyse is aangevuld met deze informatie en is in de volgende alinea's beschreven.

### 6.3.2 Input vanuit Port of Rotterdam

Uit een interview met medewerkers van de Port of Rotterdam blijkt dat de ontwikkeling van kernenergie op de initieel geselecteerde locaties op de Maasvlakte niet gewenst zijn. Voor de locaties in cluster A is er sprake van een ruimtebeslag van de installaties van Porthos, alsmede een aanwezige explosieven opruim-locatie nabij. De locaties in cluster C zijn – conform de analyse – in gebruik voor opslag van kolen en erts. Het is de verwachting dat de opslagfunctie hier gehandhaafd blijft. Dit mede vanwege de aangelegen kade. In cluster C zijn een buisleidingenstraat en een spoorwegemplacement voorzien, waardoor hier sprake is van een gevestigd ruimtebeslag. Vanuit de Port of Rotterdam is het voorstel om de huidige locaties van de nu gesloten kolencentrale verder te onderzoeken. Daarnaast is aangegeven om de locatie waar nu Onyx gevestigd is te onderzoeken. Echter blijkt uit de ruimtelijke analyse dat door de 10-6 contouren hier een gering potentieel is.

Uit een nadere analyse is gebleken dat er maximaal ruimte is voor twee reactoren op de huidige locatie van de kolencentrale (zie ook kaartbeeld voor Cluster K in de bijlage).

### 6.3.3 Input vanuit North Sea Ports

Uit een gesprek met medewerkers van North Sea Ports is gebleken dat er inderdaad ruimte is voor de toekomstige ontwikkeling van kernenergie in Borssele/Sloegebied. Voor de meeste clusters is aanvullende informatie verstrekt. Wat betreft cluster D is aangegeven dat kernenergie hier niet gewenst is. Dit met name vanwege de uitbreiding van de daar aanwezige terminal. Ook is aangegeven dat de locatie minder gewenst is vanuit het oogpunt van beschikbaarheid van koelwater. De locatie in cluster E wordt omsloten door Natura 2000, waardoor de realisatie van kernenergie op deze locatie als lastig wordt gezien. Wel is het havenbedrijf bereid om mee te denken wat betreft de ontwikkeling van kernenergie op deze locatie. De locatie is echter in de analyse al afgefallen vanwege een te gering oppervlak (14 ha). De ontwikkeling van kernenergie in cluster F is wat betreft North Sea Ports wel gewenst, maar maakt geen onderdeel uit van de verdere analyse vanwege de huidige functie. Naast dát er reeds een functie is gevestigd, is de ondergrond (stortplaats) in eerste instantie niet geschikt voor de ontwikkeling van een kerncentrale. In cluster G is een uitbreiding van de aanwezige bulkoverslag voorzien. Aangegeven wordt dat waarschijnlijk voldoende ruimte overblijft voor één kerncentrale. Het gebied in Cluster H is reeds voorzien voor de ontwikkeling van een waterstofcentrale, waarbij gezamenlijk met de aanwezige risicocontouren, er geen ruimte is voorzien voor een kerncentrale. Cluster I geeft conform de analyse geen ruimte voor een kerncentrale. Wat betreft North Sea Ports is de ontwikkeling van kerncentrales in cluster J het meest gewenst. Dit vanwege de aanwezige infrastructuur (netinfra en koelwater), alsook het grondbezit van EPZ (het zonnepark). Uit het gesprek komt naar voren dat er potentie is voor in totaal drie reactoren, waarbij de huidige kerncentrale van EPZ (eigenaar bestaande centrale) wordt herontwikkeld tot een EPR-centrale. Ook is aangegeven de beschikbaarheid van de ruimte bij de bestaande Sloecentrale te onderzoeken. Uit een vervolganalyse is gebleken dat hier te weinig ruimte beschikbaar is.

### 6.3.4 Koelwater

Er zijn grote hoeveelheden water per reactor nodig. De in aanbouw zijnde kerncentrale in het Britse Hinkley Point C heeft 130.000 liter water per seconde nodig voor koeling. De huidige EPZ-centrale in Borssele/Sloegebied gebruikt 17.500 liter per seconde<sup>18</sup>. Doordat de locaties waar het waarborgingsbeleid van toepassing op is, aan zee liggen, is het uitgangspunt voor de centrales dat er gebruikgemaakt wordt van het ter plaatse aanwezige koelwater. De beschikbare koelwaterruimte is hierdoor een beperkende factor in de potentie voor kernenergie op deze locaties. De koelwaterruimte is de hoeveelheid koelwater die geloosd kan worden zonder dat het milieu of nabij gelegen centrales daar (ernstige) hinder van ondervinden.

Uit onderzoek<sup>19</sup> blijkt dat er voor het gebied bij Borssele/Sloegebied sprake is van voldoende koelwater-ruimte voor minimaal twee EPR-kerncentrales, wanneer deze de haven als inlaat en de Westerschelde als uitlaat voor het koelwater gebruiken. In het betreffende onderzoek is aangegeven dat er sprake zal zijn van beïnvloeding van de koelwatervoorraad voor de huidige EPZ-centrale<sup>20</sup>. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het vergroten van de koelwatervraag, door de huidige EPZ-centrale te vervangen door een EPR-reactor, problematisch zal zijn. Ten aanzien van de Maasvlakte wordt aangenomen dat er een ruime

<sup>18</sup> O.b.v. data uit 1982 (factsheet kernenergie en watergebruik, LAKA).

<sup>19</sup> Inpasbaarheid energie-initiatieven Slogebied, Arcadis 2011.

<sup>20</sup> Inpasbaarheid energie-initiatieven Slogebied, Arcadis 2011.

voorraad koelwater beschikbaar is. Er is echter geen studie voorhanden waaruit blijkt wat de omvang hiervan is en of deze compatibel is met de koelwatervraag van de mogelijke EPR-reactoren.

#### Koeltorens

Kerncentrales in Borssele/Sloegebied en op de Maasvlakte kunnen gebruikmaken van het nabij aanwezige koelwater (oppervlaktewater). Maar mogelijk is het aanbod van oppervlaktewater te gering om alle reactoren van voldoende koelwater te voorzien. In plaats van het aanwezige koelwater kan ook gebruikgemaakt worden van andere koelsystemen, zoals koeltorens. Hierdoor ontstaat een ruimtebeslag bovenop de nu gehanteerde 15 ha. Lettende op de uiteindelijke invulling van de beschikbare ruimte, is er sprake van een geringe aanvullende beschikbare ruimte. Bij de Uniper-centrale is dit 3 ha, bij cluster G is dit 16 ha en bij cluster J is dit 4 ha.

#### Potentie koelwater

Uit de analyse blijkt dat aangenomen wordt dat er voldoende koelwater beschikbaar is op de Maasvlakte voor de realisatie van twee reactoren. Voor de drie reactoren in Borssele/Sloegebied blijkt uit de analyse dat de omvang van het beschikbare koelwater problematisch kan zijn voor de realisatie van drie of vier reactoren. Lettende op de beschikbaarheid van ruimte en koelwater, wordt aangenomen dat er onvoldoende ruimte is voor de realisatie van vier reactoren in Borssele/Sloegebied. De theoretische ruimte voor drie reactoren in cluster J wordt niet volledig benut, maar gereduceerd tot twee (naast één reactor in cluster G). Hierdoor ontstaat er ruimte voor het realiseren van koeltorens.

### 6.3.5 Veiligheid en beïnvloedingsafstand

De toepassing van kernreactoren resulteert in (aanvullende) risico's voor onder andere de leefomgeving. In het Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS) is een drietal contouren opgenomen, waarvoor een crisisrespons is opgesteld in het geval van stralingsincidenten. De contouren beslaan 10, 20 en 100 km. Het crisisbeleid voor de eerste contour is evacueren, de tweede is schuilen, de derde is het innemen van jodium. Om een eerste inzicht te krijgen wat de invloed t.a.v. veiligheid de realisatie van de kernreactoren is, is onderzocht hoeveel kwetsbare objecten zich binnen deze contouren bevinden. Voor Borssele/Sloegebied is het aantal aanvullende objecten onderzocht. De toename van de faalfrequentie vanwege het toevoegen van reactoren is buiten beschouwing gelaten. Dit leidt tot de volgende toename van kwetsbare objecten binnen de drie contouren uit het NCS (zie Tabel 6-3).

Tabel 6-3 - Toename beïnvloedde kwetsbare objecten door toepassing kernenergie Borssele en Maasvlakte

Contour	Aantal kwetsbare objecten (BAG)
Borssele/Sloegebied 10 km	50.836
Borssele/Sloegebied 20 km	127.113
Borssele/Sloegebied 100 km	2.238.829
Maasvlakte 10 km	14.927
Maasvlakte 20 km	195.874
Maasvlakte 100 km	5.116.450

### 6.3.6 Conclusie ruimtelijke invulling kernreactoren

Op basis van bovenstaande analyses wordt uitgegaan van drie EPR-reactoren in het gebied Borssele/Sloegebied en twee EPR-reactoren in het gebied Maasvlakte, met een gezamenlijk vermogen van 8,3 GW. Zie ook Tabel 6-4.

Een mogelijk belemmerende factor is de beschikbaarheid van voldoende koelwater. Het is echter de inschatting dat de vraag naar koelwater uit oppervlaktewater met het gebruik van koeltorens dermate zal afnemen, dat realisatie van de reactoren alsnog mogelijk is.

Tabel 6-4 - Ruimtelijke potentie kernenergie Borssele/Sloegebied en Maasvlakte

Cluster	Gebied	Opmerking over locaties	Vrije ruimte selectie (Ha)	Aantal ERP-reactoren – ruimtelijk	Aantal ERP-reactoren – na overleg havens	Vermogen (GW)
<b>C</b>	Maasvlakte	Deels braakliggend, deels opslag containers. Beperkte overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	31	2	2	3,3
<b>D</b>	Borssele/Sloegebied	Braakliggend. Overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	18	1	0	0
<b>G</b>	Borssele/Sloegebied	Braakliggend, maar met gedeeltelijke ruimtelijke reserveringen. Overlap met PR 10 <sup>-6</sup> -contour.	31	2	2	3,3
<b>J</b>	Borssele/Sloegebied	Braakliggend, maar ook ca. 25 ha aan zonneveld, met enkele windturbines. EPZ grondbezitter.	49	3	1	1,65
<b>Totaal</b>			129	8	5	8,25

## 6.4 Energetische invulling

### 6.4.1 Methode

Gebaseerd op eigen analyse en recente studies wordt aangenomen dat kerncentrales must-run ingezet worden.

De kerncentrales zullen ingepast worden in het scenario 'Europese Sturing'. Dit is in lijn met de Berenschot & Kalavasta-notitie waar deze keuze is gemaakt door EZK. De logica achter deze beslissing is dat kernenergie gebaat is bij internationale ontwikkeling en samenwerking. Dit is onder andere om first-of-a-kind problems te voorkomen en te zorgen dat reactoren op grotere schaal worden geproduceerd en geïnstalleerd. Additioneel past naar onze mening kernenergie, juist met de internationale afhankelijkheid betreffende de reactoren en uranium, niet in het nationale of regionale scenario. Kernenergie kan in het Europese scenario grotendeels ingezet worden voor de vervanging van hernieuwbaar op land, waardoor een significant en merkbaar effect zal ontstaan.

Kernenergie vervangt verschillende energiebronnen in het scenario. De inpassing in het energiescenario vindt plaats volgens twee stappen:

- Aardgascentrales en import worden vervangen omdat kernenergie lagere kosten in de merit order heeft. Er wordt vastgesteld hoeveel energie uit gascentrales wordt vervangen door kernenergie. Dit betekent dat in het scenario met kernenergie minder opgesteld vermogen aan gascentrales (op waterstof of groengas) nodig is en er daardoor ook ruimte vrij komt voor de ruimtelijke inpassing van kernenergie. Implementatie van kernenergie resulteert ook in minder import van energie.
- De resterende kernenergie zal ingezet worden voor de vervanging van wind op land en zon op veld. De energetische analyse wijst uit hoeveel van deze bronnen vervangen kan worden.

Om te bepalen hoeveel gascentrales (groengas of waterstof) daarnaast nog nodig zijn heeft TenneT een jaarrondrekening uitgevoerd. De gascentrales worden ingezet op momenten dat er onvoldoende productie is van kerncentrales en hernieuwbare opwek. Het benodigde opgestelde vermogen aan gascentrales komt overeen met de benodigde piekproductie van deze centrales, op momenten met vrijwel geen wind en zon in combinatie met hoge elektriciteitsvraag.

Er wordt een extreme optie onderzocht waarbij kernenergie alle zonneparken en wind op land vervangt om zo de ruimtelijke effecten goed inzichtelijk te maken. Doel van deze exercitie is niet om de ideale rol van kernenergie in het energiesysteem te bepalen. Er zijn andere configuraties denkbaar, bijvoorbeeld waarbij kernenergie slechts een deel van de wind op land vervangt of waar kernenergie in de plaats komt van verdere toename van windenergie op zee. Voor het bepalen van de ideale configuratie is verder onderzoek nodig.

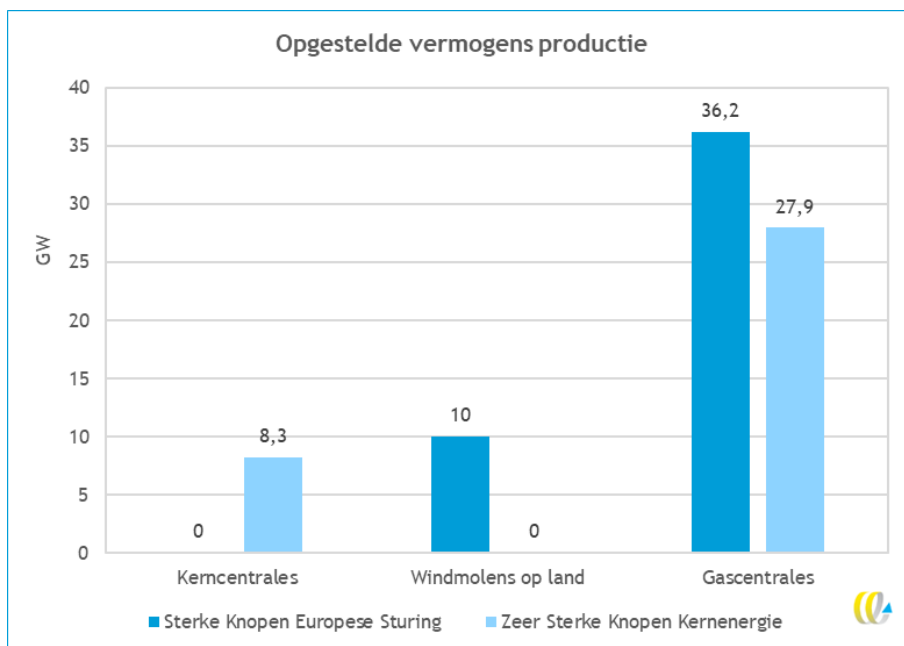
## 6.4.2 Resultaten energetisch scenario

### Productie energie

Kernenergie vervangt bij deze structuurkeuze wind op land en gascentrales. In het Kernenergie-scenario wordt 8,3 GW aan kerncentrales toegevoegd. Uit de energetische analyse volgt dat kernenergie 8,3 GW aan regelbare centrales en 10 GW aan wind op land kan vervangen. Dit betekent dat alle windturbines op land verdwijnen, ook bestaande windturbines<sup>21</sup>, in dit scenario. Figuur 6-1 geeft het overzicht van de totale vermogens van deze elementen voor het Sterke Knopen Europese Sturing-scenario en het Kernenergie-scenario. De productie van andere energiebronnen, zoals zon-pv en windenergie op zee, blijft gelijk. Er is in het scenario Sterke Knopen Europese Sturing geen zon op veld in 2050, aangezien in dit scenario aangenomen wordt dat alle zon-pv op dak komt. Daarom vervangt kernenergie geen zon op veld.

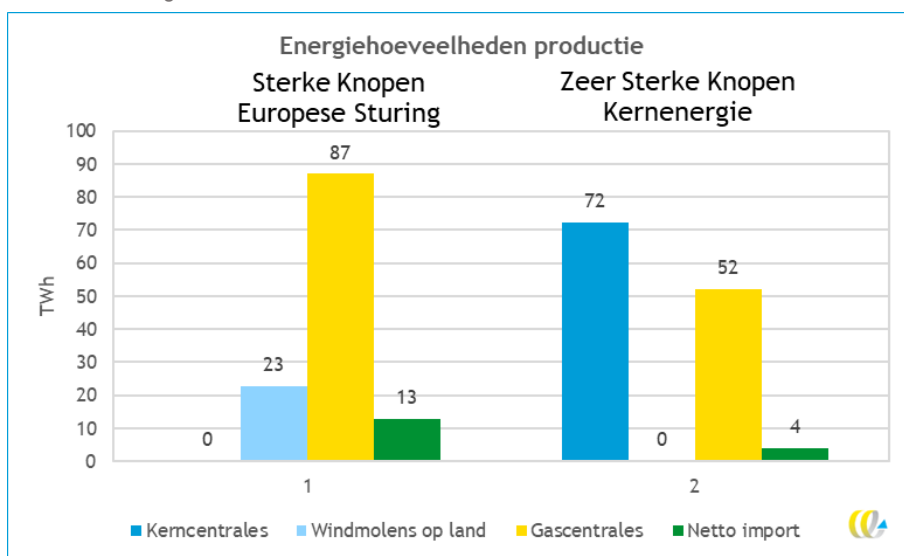
<sup>21</sup> In dit scenario wordt een extreme optie onderzocht waarbij kernenergie alle hernieuwbare opwek op land vervangt om zo de ruimtelijke effecten goed inzichtelijk te maken. Doel van deze exercitie is niet om de ideale rol van kernenergie in het energiesysteem te bepalen. Er zijn andere configuraties denkbaar, bijv. waarbij kernenergie slechts een deel van de wind op land vervangt of waar kernenergie in de plaats komt van verdere toename van windenergie op zee. Voor het bepalen van de ideale configuratie is verder onderzoek nodig.

Figuur 6-1 - Opgestelde vermogens productie energie relevante categorieën, voor scenario Sterke knopen Europese Sturing en Zeer Sterke Knopen Kernenergie



Figuur 6-2 geeft een overzicht van de energiehoeveelheden van de productiecategorieën waarin de scenario's verschillen. Voor het scenario Sterke Knopen Europese Sturing en het scenario Zeer Sterke Knopen Kernenergie. De 8,3 GW aan kerncentrales produceren 72 TWh elektriciteit per jaar. Dit vervangt de 23 TWh die 10 GW aan wind op land op zou leveren. Daarnaast vervangen de kerncentrales een aanzienlijk deel van de productie van gascentrales. De productie van gascentrales is bij toepassing van kerncentrales 35 TWh lager. Er is niet alleen minder vermogen aan gascentrales, het aantal draaiuren van deze centrales neemt ook af. Tot slot is er minder import van elektriciteit uit het buitenland.

Figuur 6-2 - Energiehoeveelheden productie elektriciteit van categorieën die verschillen tussen scenario's, met en zonder kernenergie



#### Impact weerjaar

De productie van zonnepanelen en windturbines is afhankelijk van de weersomstandigheden. Deze zijn niet elk jaar hetzelfde. Daarom verschilt de totale productie en het uurlijkse productieprofiel van zonne- en windenergie per jaar. Hetzelfde geldt voor de energievraag. In koudere jaren is de vraag naar energievraag voor verwarming hoger.

In de jaarrondrekening van TenneT is gerekend met het weerjaar 1987. Dit is een weerjaar met weinig wind en zon en een koude winter. Daarmee is dit een extreem jaar waarbij de grootste hoeveelheid regelbare centrales nodig is. Er is met dit jaar gerekend omdat de leveringszekerheid ook in extreme weerjaren in orde moet zijn, dus op basis van de extreme weerjaren moet bepaald worden hoeveel regelbare centrales nodig zijn.

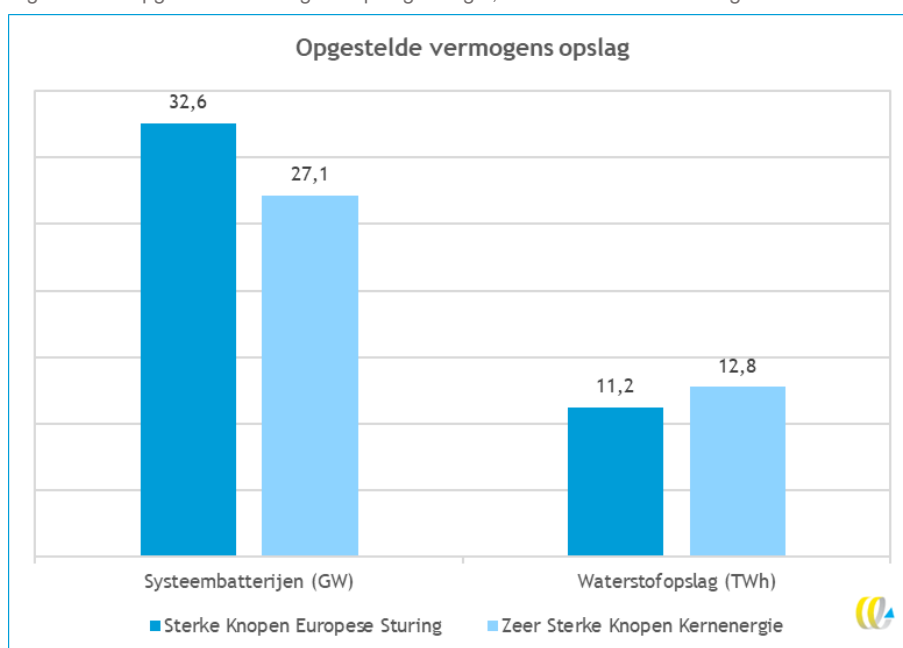
In andere jaren ligt de productie van windturbines hoger. In een gemiddeld jaar zal 10 GW windturbines op land tussen de 30 en 40 TWh aan elektriciteit produceren. Daardoor is in een gemiddeld jaar minder productie van gascentrales noodzakelijk. Dit geldt voor de optie zonder kernenergie. Maar ook voor de optie met kernenergie aangezien beide opties een forse hoeveelheid, 30 GW, aan windenergie op zee hebben. Dit heeft geen effect op de hoeveelheid vermogen aan windturbines en gascentrales die vervangen kan worden door kerncentrales.

#### Opslag energie

Figuur 6-3 geeft een overzicht van de verschillen in benodigde opgestelde vermogens aan opslag. Door de inzet van kernenergie is minder vermogen aan batterijen nodig. Dit komt doordat de productie van kernenergie stabiel is en daarmee beter aansluit op de vraag dan het volatiele aanbod van windturbines.

De inzet van kernenergie heeft indirect ook impact op de opslag van waterstof. Dit komt doordat kerncentrales effect hebben op de overschotten en tekorten van elektriciteit en daarmee op de productie van waterstof met elektrolyzers en op de vraag van waterstof van regelbare centrales. Uit de doorrekening van TenneT volgt dat waterstofopslagen een grotere hoeveelheid waterstof moeten opslaan in het scenario met kernenergie; maximaal 12,8 TWh met kernenergie ten opzichte van maximaal 11,2 TWh zonder kernenergie.

Figuur 6-3 - Opgestelde vermogens opslag energie, met en zonder kernenergie

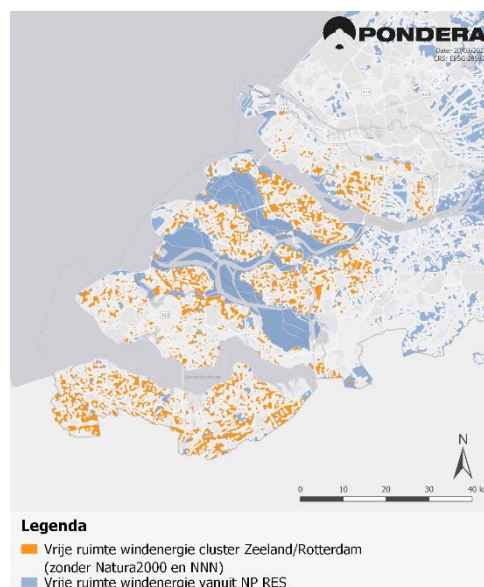


## A. Ruimtelijke invulling wind op land en zon op land-scenario's Sterke Knopen

### A.1. Invulling cluster Zeeland/Rotterdam voor wind op land

Als voorbeeld is een uitwerking van het cluster Zeeland/Rotterdam uitgevoerd. Hiervoor is het beschikbaar oppervlak voor wind op land in kaart gebracht, waarbij de beschermde gebieden (natuur) niet zijn meegenomen.

Uit de analyse blijkt dat er in totaal een beschikbaar oppervlak is van 471 km. Dit betreft 14% van het totaal beschikbaar oppervlak en geeft een capaciteit van 5,6 GW, door het plaatsen van 941 turbines. Het is niet reëel te verwachten dat in dit cluster een dergelijk aantal turbines wordt geplaatst. Hier dient een aanvullende analyse plaats te vinden. Hierin wordt gezocht naar de (op het oog) aaneengesloten gebieden met de grootste omvang. Hierin kan vervolgens windenergie worden geplaatst. Als blijkt dat na deze exercitie er nog een opgave resteert, wordt deze analyse herhaald in de clusters.



### A.2. Invulling cluster Noord-Holland voor zon op land

Uit voorgaande stappen blijkt dat de opgave voor zon op land in het scenario Europese Sturing volledig kan worden ingevuld op daken en gevels in combinatie met volledige benutting van de beschikbare ruimte voor zon op water. De invulling van de clusters voor zon op land is derhalve alleen van toepassing voor het scenario Nationale Sturing.

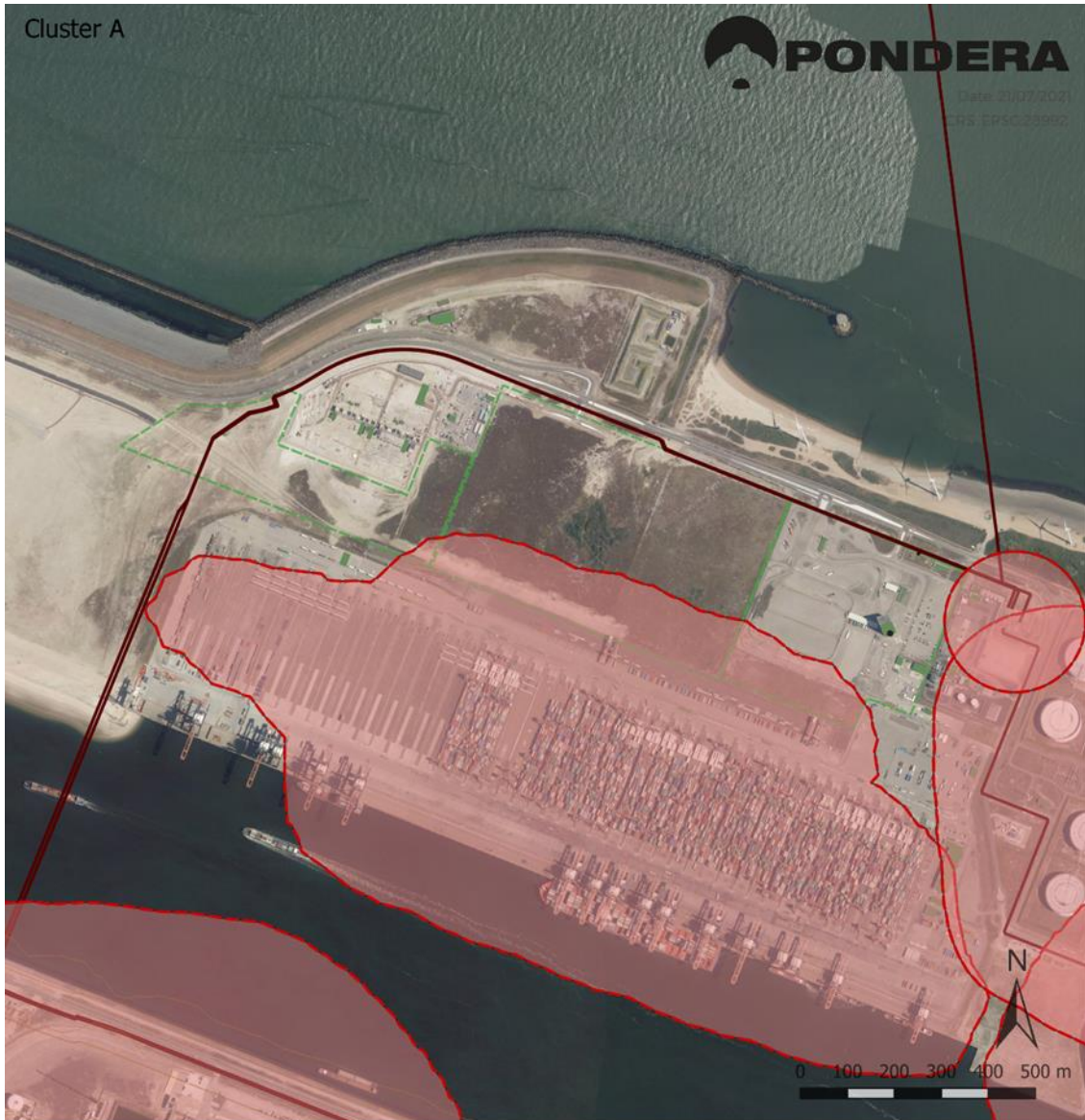
Als voorbeeld voor een uitwerking van zon op land is het cluster in Noord-Holland uitgewerkt. Hier zijn de beschermde gebieden niet meegenomen en zijn de verziltingsgebieden als uitgangspunt voor grootschalige clustering van zon op land gehanteerd. Alleen die locaties waar er sprake is van een zeezout-grens vanaf 10 meter onder maaiveld of eerder, wordt als gebied voor zon op land aangewezen.

Hieruit volgt dat er een oppervlak ontstaat van 100 km. Met de aanname dat 50% van dit oppervlak daadwerkelijk benut kan worden voor de plaatsing van zonnepanelen (expert judgement), is er sprake van een opgesteld vermogen van 7,5 GW in het cluster Noord-Holland.





B. Kaarten ruimtelijke invulling kernreactoren

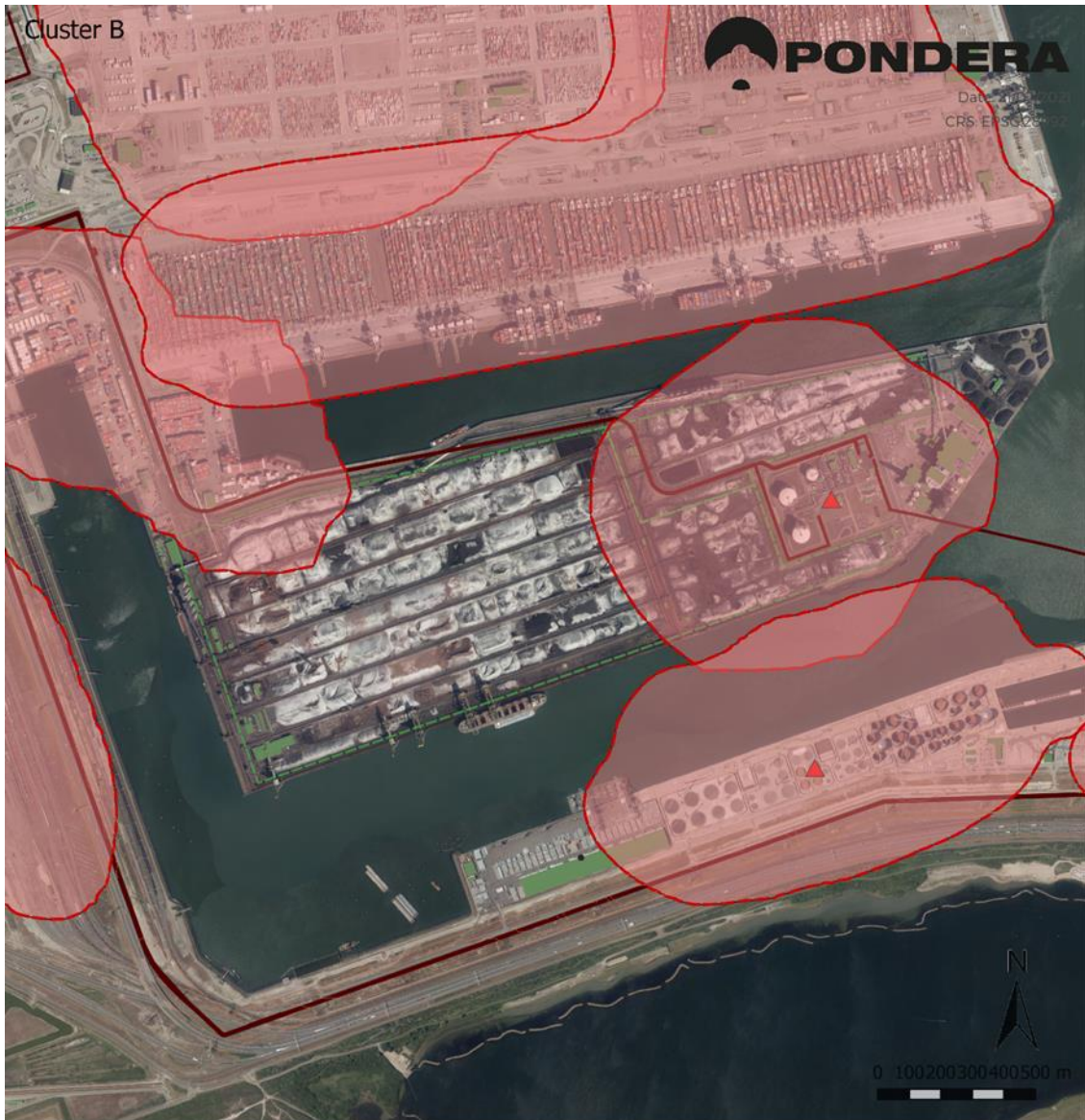


**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse Kernenergie**

- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- BAG Panden





**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- ▲ BRZO
- BAG Panden





**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Selectie Mogelijk vrije ruimte zonder PR 10-6 contouren
- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- BAG Panden





**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Selectie Mogelijk vrije ruimte zonder PR 10-6 contouren
- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- BAG Panden



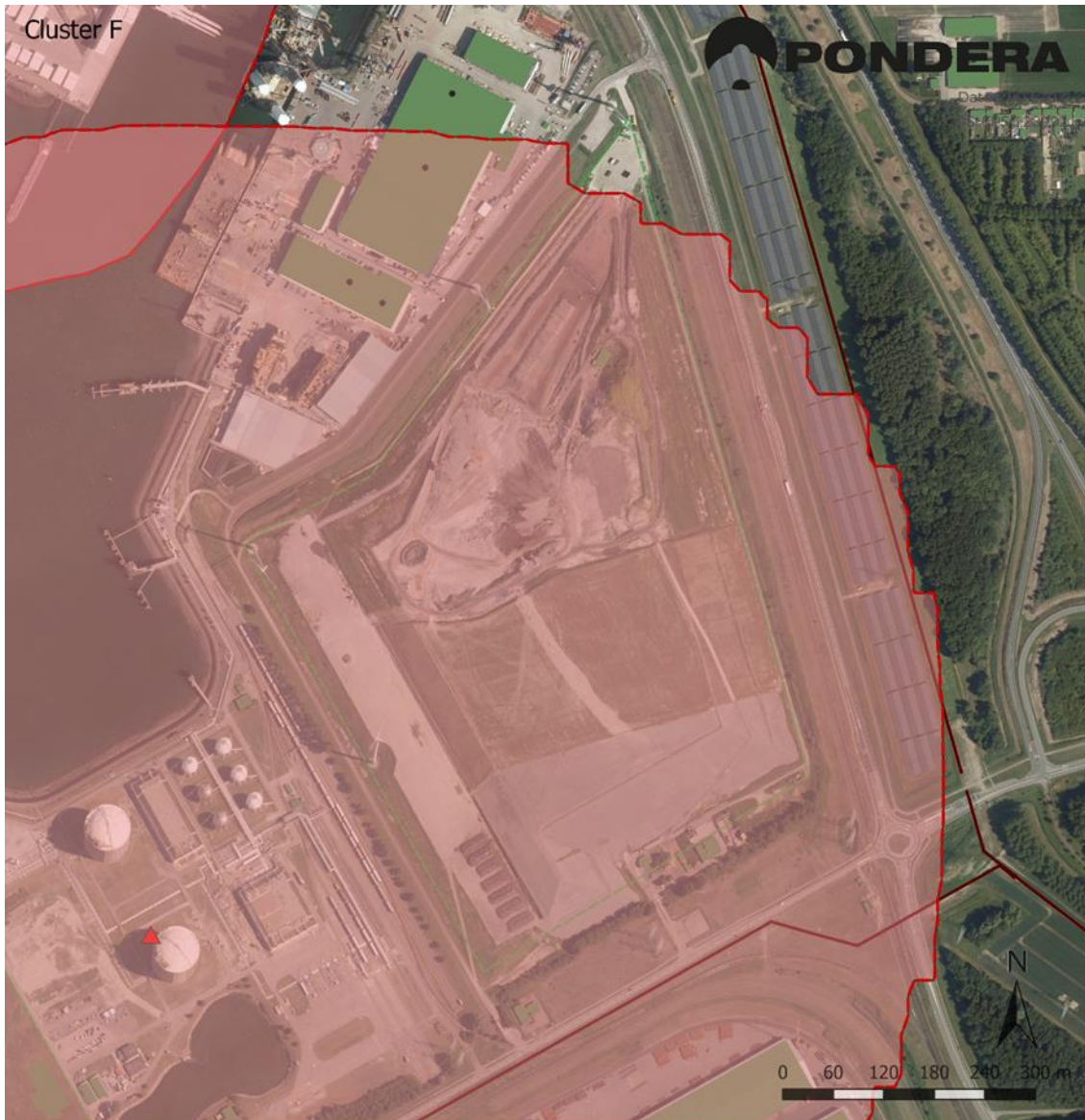


**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- BAG Panden





**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- ▲ BRZO
- BAG Panden





**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Selectie Mogelijk vrije ruimte zonder PR 10-6 contouren
- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- ▲ BRZO
- BAG Panden





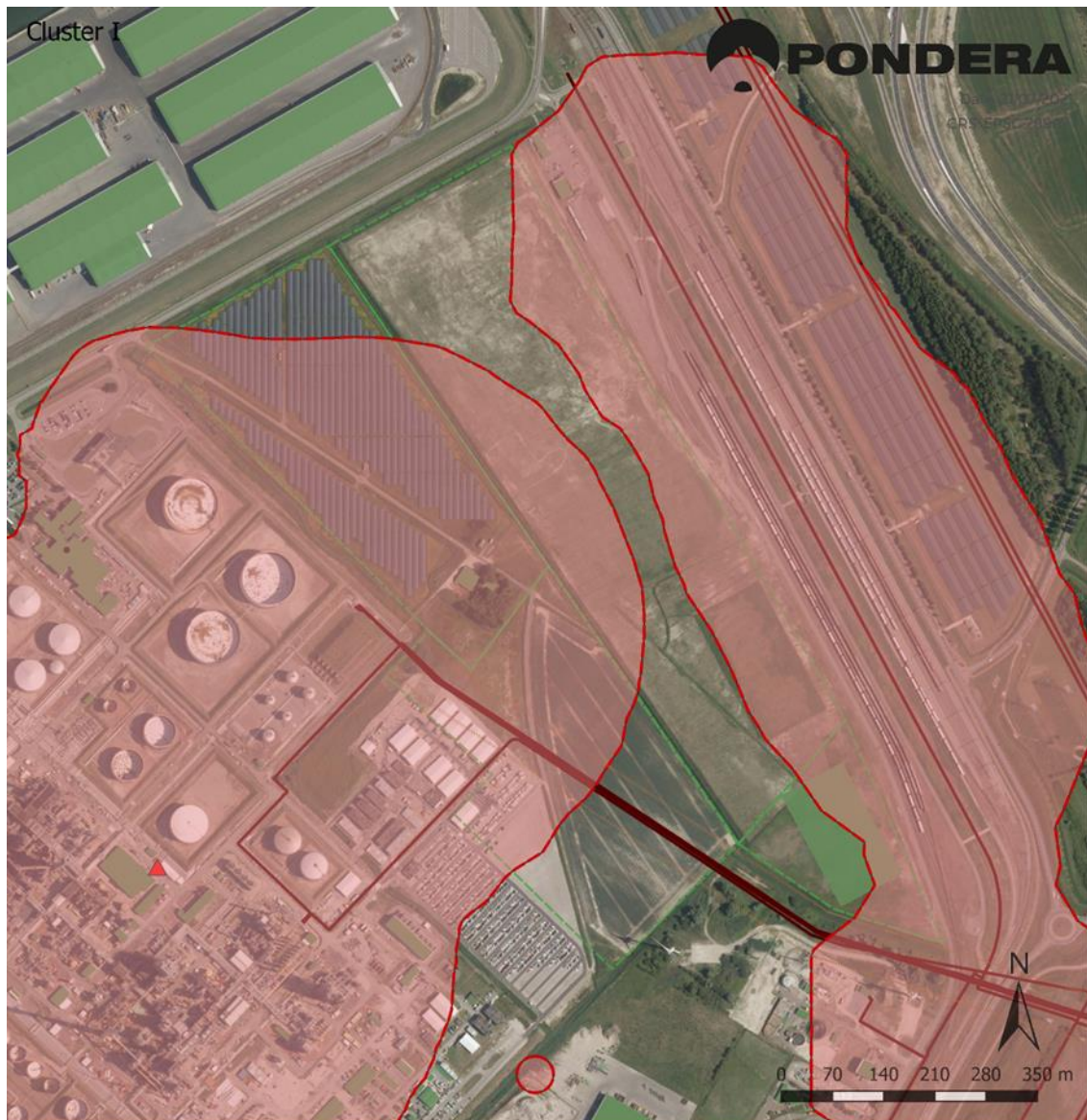
**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Selectie Mogelijk vrije ruimte zonder PR 10-6 contouren
- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- ▲ BRZO
- BAG Panden







**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

-  Mogelijke vrije ruimte
-  Contour PR 10-6
-  Buisleidingen
-  BRZO
-  BAG Panden





**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse Kernenergie**

- Selectie Mogelijk vrije ruimte zonder PR 10-6 contouren
- Mogelijke vrije ruimte
- Contour PR 10-6
- Buisleidingen
- ▲ BRZO
- BAG Panden





**Legenda**

**Ruimtelijke Analyse  
Kernenergie**

- Selectie mogelijk vrije ruimte
- Contour PR10-6
- Buisleidingen
- ▲ BRZO
- BAG Panden



# BIJLAGE V Buisleidingen, brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub>

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Chris Jongmsma

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

## Disclaimer

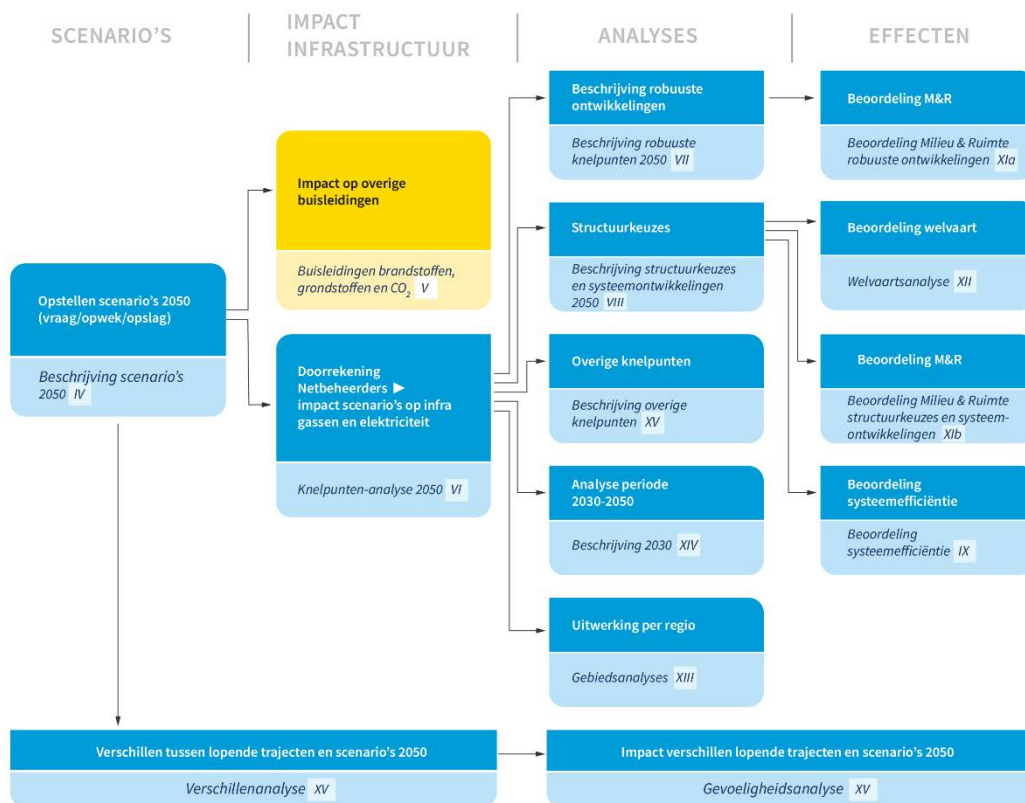
In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## 0 Samenvatting

Deze bijlage, *Buisleidingen brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub>*, bevat de analyses voor de benodigde buisleidingen voor transport van aardolie(producten), CO<sub>2</sub> en chemicaliën. Dit rapport beschrijft de benodigde ruimte voor deze 'overige buisleidingen'. Dit is de tweede stap in het onderzoek, na het opstellen van de scenario's, en staat daarom redelijk links in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



**Aanleiding**

Het PEH heeft als doel om tijdig ruimte te reserveren voor de energie-infrastructuur van morgen. Naast elektriciteit en gas, beschouwt het PEH ook buisleidingen voor aardolie(producten), CO<sub>2</sub> en chemicaliën. Dit rapport beschrijft de benodigde ruimte voor deze 'overige buisleidingen'. In Figuur 0-2 is een overzicht weergegeven van de ligging van de huidige 'overige' buisleidingen.

Figuur 0-2 - Overzichtsk kaart van de huidige 'overige' buisleidingen. In het rood de buisleidingen van nationaal belang, in het zwart de regionale buisleidingen



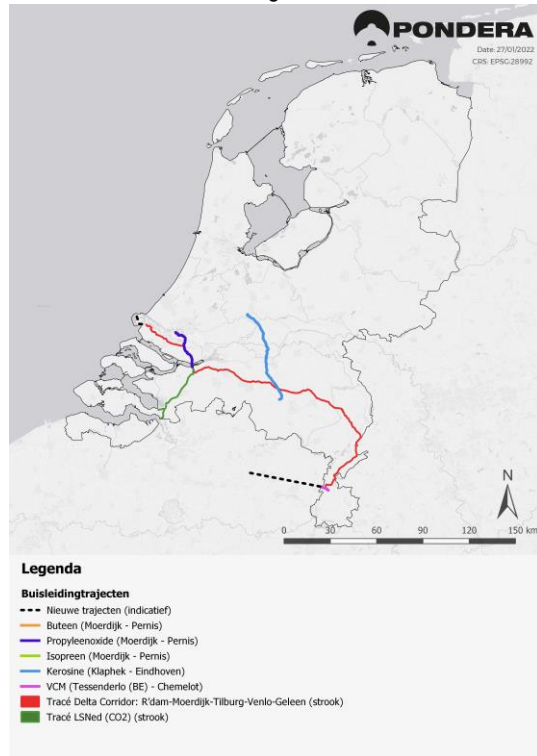
**Over deze analyse**

De overige buisleidingen zijn in het bezit van private buisleidingeigenaren. Er is geen centrale instantie die het overzicht over alle buisleidingen heeft. Daarom heeft CE Delft een eigen aanpak ontwikkeld om op basis van openbare data de huidige en toekomstige bezettingsgraad van de buisleidingen te bepalen. De groei van de transportvolumes is gebaseerd op de II3050-scenario's voor de industrie die op de buisleidingen is aangesloten. Aanvullend is gekeken naar welke nieuwe stoffen er in de toekomst waarschijnlijk getransporteerd worden. Daarnaast is een eigen scenario opgesteld (Internationaal Plus) waarin bovenop de Nederlandse vraag additionele import plaatsvindt, die puur bedoeld is voor wederexport naar het achterland. De Delta Rhine Corridor werkt namelijk concreet aan deze ontwikkeling, terwijl een dergelijk scenario niet in de II3050 beschouwd is.

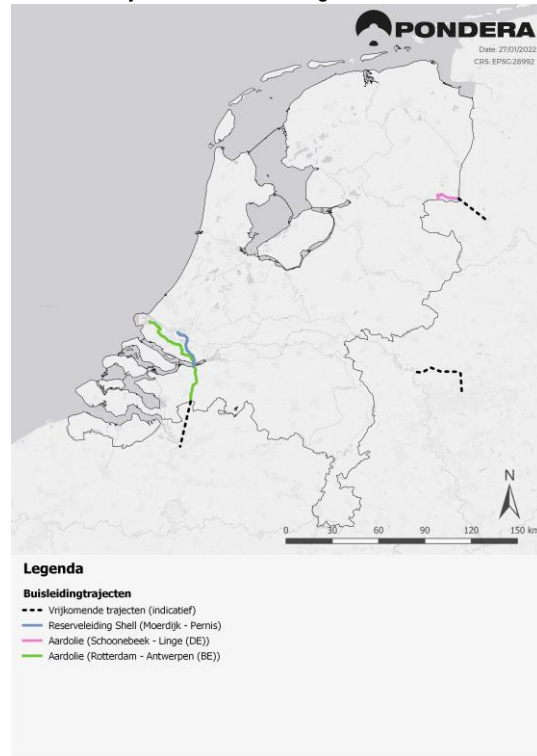
De conclusies van de prognoses voor de transportcapaciteit zijn met de belangrijkste buisleidingeigenaren afgestemd in interviews.

Figuur 0-3 - Overzicht nieuwe en vrijkomende buisleidingen

**Overzicht nieuwe buisleidingen**



**Overzicht vrijkomende buisleidingen**



**Nieuwe en vrijkomende buisleidingen**

In totaal worden er zestien nieuwe buisleidingen tot 2050 verwacht, zie linker figuur voor de ligging en de volgende tabel voor meer detail. Vijf van deze leidingen worden al op korte termijn verwacht (<2030). Zes leidingen worden pas na 2030 en enkel bij groei van de industrie verwacht (scenario Europees of Internationaal). De laatste vijf leidingen worden na 2030 verwacht en enkel bij import voor wederexport (scenario Internationaal Plus).



Tabel 0-1 - Overzicht van nieuwe buisleidingen

Stof	Van	Naar	Jaartal	Scenario's
Kerosine	Klaphek (Utrecht)	Eindhoven	Na 2030	Europees, Internationaal
	Rotterdam	Venlo	Na 2030	Internationaal Plus
Lpg		Chemelot <sup>1</sup>	Voor 2030	Alle*
Propeen			Voor 2030	Alle*
Buteen	Moerdijk	Pernis	Na 2030	Europees, Internationaal
Ethyleenoxide				
Propyleenoxide				
Isopreen				
VCM	Tessengerlo (BE)	Chemelot	Voor 2030	Alle
CO <sub>2</sub>	Chemelot <sup>1</sup>	Rotterdam	1 voor 2030, 1 na 2030	Eerst leiding in alle scenario's*, tweede leiding Internationaal Plus
	Zeeland		Na 2030	Europees, Internationaal
	Antwerpen <sup>1</sup>		Na 2030	Internationaal Plus
Ammoniak	Rotterdam	Chemelot	Na 2030	Internationaal Plus*
Methanol	Rotterdam	Venlo	Na 2030	Internationaal Plus
Waterstof	Volgt uit andere analyses			
Warmte	(Eén waterstofleiding al voor 2030 verwacht door Delta Rhine Corridor)			

\* Onderdeel van de plannen voor de Delta Rhine Corridor.

<sup>1</sup> Ook aanleg van leidingen in het buitenland noodzakelijk.

Er komen mogelijk vier buisleidingen vrij tot 2050, zie de rechter figuur op de vorige pagina. Een gedetailleerd overzicht van de vrijkomende buisleidingen is te vinden in Hoofdstuk 4 van het rapport.

#### Ruimtelijke knelpunten en reserveringen

Er zijn twee buisleidingen geïdentificeerd waar de leidingcapaciteit in de toekomst onvoldoende is, maar die buiten de leidingstroken gelegen zijn zoals bepaald in de Structuurvisie Buisleidingen.

Tabel 0-2 - Overzicht van tracés waar uitbreiding noodzakelijk is

Tracé	2030	2050 Reg.	2050 Nat.	2050 Eur.	2050 Int.
Klaphek <-> Eindhoven	Ruimte toereikend			Mogelijk uitbreiding nodig, leiding buiten SVB-strook	
Tessengerlo <-> Geleen	Capaciteit onvoldoende in alle scenario's, leiding ligt buiten strook				

De overige nieuwe buisleidingen kunnen in theorie worden ingepast in de buisleidingstroken en de leidingstraat van LSNed. Daarbij ontstaan soms lokale knelpunten bij kruisingen met andere infrastructuur. Deze knelpunten zijn op te lossen zonder dat er nieuwe tracés nodig zijn, plaatselijk zijn er wel (beperkte) nieuwe ruimtelijke reserveringen voor nodig.

Op het tracé Venlo-Moerdijk zijn in het scenario Internationaal Plus zes nieuwe buisleidingen voorzien, plus een nog onbekend aantal waterstofleidingen. Deze leidingen zijn in te passen in de bestaande leidingstrook, maar dat vereist wel dat het beheer van de strook geprofessionaliseerd wordt, zodat de leidingen efficiënt in de strook worden gelegd en er (net als in LSNed) kleinere tussenafstanden gehanteerd mogen worden. Met de huidige werkwijze zal er aanvullende ruimte nodig zijn.

Daarnaast hebben enkele kleine delen van het tracé van de Delta Rhine Corridor niet de (dubbel)bestemming buisleidingen. Deze ruimte zal dus alsnog gereserveerd moeten worden, al dan niet door het Rijk.

Tenslotte staat er op een aantal punten bestaande bebouwing op de strook van het tracé Venlo-Moerdijk. Dit speelt mogelijk ook voor andere tracés. Voor alle buisleidingstroken geldt dan ook dat onderzoek naar bebouwing op de strook aan te bevelen is en dat er betere handhaving van de ruimtelijke reserveringen nodig is, zodat de stroken ook daadwerkelijk gebruikt kunnen worden als dat nodig is.

## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding en methode</b>	<b>8</b>
1.1	De plaats van dit document binnen het PEH	8
1.2	Waarom een aparte analyse voor overige buisleidingen?	8
1.3	Afbakening in de tijd	8
1.4	Onderzoeksvragen	8
<b>2</b>	<b>Welke buisleidingen en stoffen?</b>	<b>9</b>
2.1	Scope: leidingen van nationaal belang	9
2.2	Welke bestaande leidingen van nationaal belang zijn er?	9
2.3	Nieuwe stoffen in de toekomst	10
2.4	Welke stoffen zijn uitgesloten?	11
<b>3</b>	<b>Wat is de toekomstige transportbehoefte per stof?</b>	<b>12</b>
3.1	Groei basisvraag: I13050 en industrieraming	12
3.2	Import voor wederexport	13
3.3	Modal shift	13
<b>4</b>	<b>Waar zijn nieuwe buisleidingen nodig?</b>	<b>14</b>
4.1	Methode	14
4.2	Resultaat	14
<b>5</b>	<b>Voor welke nieuwe buisleidingen zijn nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig?</b>	<b>18</b>
5.1	Wanneer is een nieuwe ruimtelijke reservering nodig?	18
5.2	Welke nieuwe buisleidingen zouden in een SVB-strook komen te liggen?	18
5.3	Is er nog genoeg ruimte in de SVB-stroken?	18
5.4	Conclusie: Waar zijn nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig?	19
<b>A.</b>	<b>Definitie (inter)nationaal belang</b>	<b>21</b>
A.1.	Wat houdt (inter)nationaal belang in?	21
A.2.	Welke stoffen vallen onder gevaarlijke stoffen?	21
A.3.	Welke leidingen zijn dus in scope?	22
<b>B.</b>	<b>Huidige buisleidingen van nationaal belang</b>	<b>23</b>
<b>C.</b>	<b>Vaststellen capaciteit buisleidingen</b>	<b>23</b>
<b>D.</b>	<b>Toekomstige transportbehoefte</b>	<b>25</b>
D.1.	Voeding voor raffinaderijen: aardolie en pyrolyseolie	25
D.2.	Voeding voor de chemie: nafta, aardgasconcentraat, lpg, butaan en pyrolyseolie	26
D.3.	Chemische producten	26
D.4.	Hulpstoffen: zuurstof en stikstof	27
D.5.	Kerosine	27
D.6.	CO <sub>2</sub>	28
D.7.	Import voor wederexport	29

E. Overzicht ontwikkeling per stof	31
F. Bezettingsgraad huidige buisleidingstroken	53
F.1. Ligging buisleidingstroken	53
F.2. Maximale bezettingsgraad	54
F.3. Actuele bezettingsgraad	54
F.4. Beschikbare ruimte	54

# 1 Inleiding en methode

## 1.1 De plaats van dit document binnen het PEH

Dit document dient als achtergrond voor de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het Programma Energiehoofdinfrastructuur (PEH). Het document beschrijft de aanpak die gevolgd is om de mogelijke toekomstige ontwikkelingen van overige buisleidingen in kaart te brengen.

## 1.2 Waarom een aparte analyse voor overige buisleidingen?

Deze analyse behandelt de buisleidingen, uitgezonderd methaan, waterstof en warmte, die in een aparte notitie behandeld worden. De openbare netten voor gas en waterstof hebben één wettelijk aangewezen beheerder, namelijk Gasunie. Voor rechtstreekse leidingen tussen private partijen is privaat beheer wel mogelijk. De overige buisleidingen zijn echter in eigendom van veel verschillende private partijen. Ook het beheer van de buisleidingen en buisleidingstroken wordt door deze partijen geregeld. Dit heeft als gevolg dat er niet één centrale partij is die informatie heeft over alle buisleidingen en analyses maakt over het verwachte toekomstige gebruik van de buisleidingen. Een dergelijke analyse is echter wel nodig, daarom is een aparte eigen analyse noodzakelijk.

## 1.3 Afbakening in de tijd

Het onderzoek is gedaan in 2020 en 2021 en eind januari afgerond. Alle ontwikkelingen die eind januari 2022 bekend waren, zijn verwerkt in het onderzoek.

In februari 2022 heeft Rusland een inval gedaan in Oekraïne. Dit heeft grote verschuivingen teweeggebracht in het nationale en Europese energiebeleid, waarvan de reikwijdte nog onvoldoende duidelijk is. Deze ontwikkelingen zijn niet meegenomen in de notitie.

Een eerste beeld is echter dat het gaat om het versneld ontwikkelen van hernieuwbare opwek en een versnelde overstap van aardolie en aardgas naar lng en waterstof. Het versnellen van deze plannen leidt echter niet tot additioneel ruimtegebruik voor nieuwe buisleidingen, maar haalt alleen bestaande langetermijnplannen naar voren.

## 1.4 Onderzoeksvragen

De hoofdvraag die dit document beantwoordt is: Waar moet ruimte gereserveerd worden voor toekomstige buisleidingen van nationaal belang?

De hoofdvraag wordt beantwoord door de volgende deelvragen in de genoemde volgorde te beantwoorden:

1. Welke buisleidingen en stoffen worden meegenomen?
2. Wat is de toekomstige transportbehoefte per stof?
3. Waar zijn nieuwe buisleidingen nodig?
  - a. Tussen welke punten vindt transport in de toekomst plaats?
    - i. Op welke punten wordt de stof naar verwachting in de toekomst geproduceerd en verbruikt?
    - ii. Hoe stromen de stoffen tussen productie- en verbruikslocaties?
  - b. Zijn er nieuwe buisleidingen nodig?
    - i. Waar liggen de huidige buisleidingen?

- ii. Is de ligging van de huidige buisleidingen adequaat om de toekomstige productie- en verbruikslocaties met elkaar te verbinden?
  - iii. Is de capaciteit van de huidige buisleidingen voldoende voor de toekomst?
4. Voor welke nieuwe buisleidingen zijn er nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig?
- a. Wanneer is een nieuwe ruimtelijke reservering nodig?
  - b. Welke nieuwe buisleidingen zouden in een SVB-strook komen te liggen?
  - c. Is er nog genoeg ruimte in de SVB-stroken?
  - d. Waar zijn nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig?

De hoofdtekst is beperkt tot een bondig, lopend verhaal. Verdere detaillering is te vinden in de bijlagen.

## 2 Welke buisleidingen en stoffen?

### 2.1 Scope: leidingen van nationaal belang

Als opvolger van de Structuurvisie Buisleidingen beperkt deze analyse zich tot buisleidingen van nationaal belang, zoals verder uitgewerkt in Bijlage A. Voor dit onderdeel van het PEH worden leidingen voor aardgas, waterstof en warmte uitgesloten, omdat die in een ander onderdeel worden beschouwd.

Een buisleiding is van nationaal belang als deze onderdeel is van een provinciegrensoverschrijdend netwerk en één van de stoffen in Tabel 2-1 vervoert. Leidingdelen die onderdeel uitmaken van een provinciegrensoverschrijdend netwerk zitten ook in scope, ook al is het leidingdeel op zichzelf niet provinciegrensoverschrijdend.

Tabel 2-1 Scope buisleidingen van nationaal belang

Stoffen	Diameter (minimaal)	Druk (minimaal)
Aardolie, aardgasolie, vloeibare aardolieproducten en derivaten	70 mm (3")	1.600 kPa (16 barg)
Ontvlambare, licht ontvlambare en zeer licht ontvlambare stoffen, niet zijnde aardgas	70 mm (3") buiten 50 mm (2") binnen	1.600 kPa (16 barg)
Acuut toxische stoffen	Geen eisen	Geen eisen
CO <sub>2</sub> , zuurstof en stikstof	70 mm (3")	1.600 kPa (16 barg)

Om vast te stellen of een leiding van nationaal belang is, wordt eerst aan de hand van GIS-gegevens bepaald of de leiding provincie- of landsgrensoverschrijdend is en wordt vervolgens de vervoerde stof vastgesteld aan de hand van de Signaleringskaart Externe Veiligheid. Als de buisleiding provinciegrensoverschrijdend is én de vervoerde stof zit in scope, dan is de buisleiding van nationaal belang.

### 2.2 Welke bestaande leidingen van nationaal belang zijn er?

De ligging van de buisleiding is vastgelegd in de Risicokaart. Per leiding wordt bekeken of deze provincie- of landsgrenzen overschrijdt.

Voor de provinciegrensoverschrijdende leidingen wordt de vervoerde stof vastgesteld op basis van de informatie in de risicokaart zelf, openbare literatuur en de Signaleringskaart Externe Veiligheid.

Zie Bijlage B voor de vervoerde stof en de bijbehorende bron per buisleiding. Alle buisleidingen in Bijlage B vervoeren een stof die binnen de scope van het onderzoek valt en zijn daarmee buisleidingen van nationaal belang. Daarnaast bevat Bijlage E een factsheet per stof, waarop alle leidingen van nationaal belang zijn weergegeven. In Figuur 2-1 zijn alle huidige buisleidingen van nationaal belang in het rood weergegeven.

Figuur 2-1 - Overzichtskaart van de huidige 'overige' buisleidingen. In het rood de buisleidingen van nationaal belang, in het zwart de regionale buisleidingen



### 2.3 Nieuwe stoffen in de toekomst

In de toekomst worden mogelijk nieuwe chemicaliën en brandstoffen belangrijker dan de huidige. Er zijn geen nieuwe stoffen geïdentificeerd die een eigen buisleidinginfrastructuur nodig hebben en waarvan al met redelijke zekerheid is vast te stellen dat de vraag en het aanbod naar deze stof daadwerkelijk tot stand gaan komen.

### Hernieuwbare brandstoffen

Er zijn meerdere 'nieuwe brandstoffen' die in de toekomst een belangrijke rol kunnen gaan spelen naast of in plaats van fossiele brandstoffen. Deze brandstoffen worden nu nog niet grootschalig gebruikt, maar zouden in de toekomst mogelijk tegen lage kosten geproduceerd kunnen worden met groene waterstof en CO<sub>2</sub>. Dit zijn stoffen als methanol, ethanol, ammoniak, mierenzuur en dimethylether (DME). Er zijn echter nog vele andere energiedragers met een grote potentie. De toepassing van elk van deze brandstoffen staat nog in de kinderschoenen en heeft nog één of meerdere beperkingen:

- nog geen technologie beschikbaar om de stof in pure vorm te verbranden;
- de technologie voor productie van de stof is nog niet volwassen;
- de productie is nog veel duurder dan de productie van andere brandstoffen.

Daarnaast zijn er voor geen van de genoemde brandstoffen bestaande bovenregionale buisleidingen.

Het is waarschijnlijk dat een of meerdere van deze brandstoffen een rol van betekenis zal gaan spelen in de toekomst, het is alleen nog te vroeg in de tijd om te kunnen voorspellen welke dat zal zijn. Een aantal zal succesvol blijken, maar een aantal brandstoffen zal om wat voor reden dan ook toch minder succesvol zijn dan gedacht. Voorspellingen over de toekomstige behoefte voor deze brandstoffen zijn dan ook uiterst speculatief, wat in nog sterkere mate geldt voor voorspellingen over waar eventuele infrastructuur moet komen. Om die reden worden de nieuwe brandstoffen niet meegenomen in de huidige studie. Er wordt aangeraden om de situatie opnieuw te bekijken bij een volgende iteratie van het PEH.

Het gebruik van biokerosine, synthetische kerosine, ammoniak als grondstof en methanol als grondstof worden wel meegenomen, omdat dat bestaande toepassingen betreft waarbij er een grotere mate van zekerheid bestaat op blijvend toekomstig gebruik.

## 2.4 Welke stoffen zijn uitgesloten?

Tabel 2-2 bevat enkele belangrijke uitsluitingen. Deze lijst is niet compleet omdat niet alle mogelijke stoffen opgesomd kunnen worden. Het uitgangspunt is dat een stof uitgesloten is tenzij deze expliciet wordt meegenomen omdat aan de criteria voor nationaal belang is voldaan.

Tabel 2-2 - Enkele voorbeelden van uitgesloten stoffen

Productgroep	Product	Reden uitsluiting
Fossiele brandstoffen	Scheepsbunkers	Nu geen bovenregionale leidingen, ook niet verwacht
Nieuwe brandstoffen	Dimethylether (DME)	Nu geen bovenregionale leidingen, niet te zeggen of deze er zullen komen.
	Ethanol	
	Mierenzuur	
Grondstoffen chemie	Chloor	Nu geen bovenregionale leidingen, ook niet verwacht
	Aniline	
	Syngas	
Overig	Argon	Nu geen bovenregionale leidingen, ook niet verwacht
	Water	Geen gevaarlijke stof, dus buiten scope van het PEH







### 3 Wat is de toekomstige transportbehoefte per stof?

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de raming van de toekomstige transportvolumes tot stand is gekomen.

#### 3.1 Groei basisvraag: II3050 en industriëraming

De transportbehoefte voor 2050 is primair gebaseerd op de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 van Berenschot en Kalavasta, zie kader (Berenschot, Kalavasta, 2020).

De **II3050** is een veelgebruikte scenariostudie voor de Nederlandse energietransitie II3050. De studie rekt vier scenario's voor het Nederlandse energiesysteem integraal door. De vier scenario's zijn hieronder weergegeven. Alle scenario's resulteren in een klimaatneutraal energiesysteem in 2050, maar bereiken dat op een andere manier als gevolg van een sterk verschillend wereldbeeld. De scenario's worden gezien als vrij extreme 'hoekpunten van het speelveld', met de gedachte dat de werkelijkheid een combinatie zal zijn van de scenario's.

Scenario Regionaal	Scenario Nationaal	Scenario Europees	Scenario Internationaal
 <ul style="list-style-type: none"> <li>Nederland haalt CO<sub>2</sub>-doelen door regionale ontwikkeling</li> <li>100% CO<sub>2</sub>-reductie</li> <li>Zelfvoorzienend</li> <li>Geen importen</li> <li>Krimp van energie-intensieve industrie</li> <li>Regionale projecten</li> <li>Burgers zeer gedreven</li> <li>Circulariteit speerpunt voor goederen en voedselproductie</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Nederland haalt CO<sub>2</sub>-doelen nationaal als koploper in Europa</li> <li>100% CO<sub>2</sub>-reductie</li> <li>Zeer hoge mate zelfvoorziening</li> <li>Minimale importen</li> <li>Energie-intensieve industrie blijft gelijk aan de huidige omvang</li> <li>Grote nationale projecten</li> <li>Circulariteit belangrijk voor goederen en voedselproductie</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Europa haalt CO<sub>2</sub>-doelen en is daarin koploper in de wereld</li> <li>100% CO<sub>2</sub>-reductie</li> <li>Algemene CO<sub>2</sub>-heffing, importheffingen &amp; compensatie aan de grenzen van Europa</li> <li>Energie-intensieve industrie groeit</li> <li>Wereldwijde waterstof- en biomassamarkt</li> <li>CCS krijgt veel ruimte</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Gehele wereld streeft naar CO<sub>2</sub>-doelen, fossiel wordt sterk beperkt</li> <li>100% CO<sub>2</sub>-reductie</li> <li>Vrije handel wordt gestimuleerd</li> <li>Handelinfrastructuren worden bevorderd</li> <li>Energie-intensieve industrie groeit</li> <li>Wereldwijde waterstof- en biomassamarkt</li> <li>CCS krijgt ruimte</li> </ul>

Bron van afbeeldingen en omschrijving scenario's: (Berenschot, Kalavasta, 2020).

In de II3050 staan vraagramingen per sector of per stof. De II3050 is ook de basis van de huidige cijfers. Deze raming berust op cijfers uit 2015 en niet op een recenter basisjaar, er wordt aangenomen dat de invloed hiervan op de einduitkomsten verwaarloosbaar is.

De ramingen voor 2030 zijn gebaseerd op de industriëraming die CE Delft voor PBL heeft opgesteld (CE Delft, 2021). De fysieke productie van de relevante sector wordt als geheel beschouwd en dezelfde verdeling over de clusters wordt aangehouden als in de II3050. Deze getallen worden gecheckt met de

ontwikkelingen ten tijde van schrijven (begin 2022). In Tabel 3-1 staan de hoofduitkomsten vermeld. In Bijlage D is de achterliggende analyse vermeld.

Tabel 3-1 - Samenvatting van aanpak en uitkomsten toekomstige transportbehoefte per stof

Stof	2030		2050		Aanpak
	Groei/ Krimp	Groei/ krimp in %	Groei/ Krimp	Groei/ krimp in %	
Aardolie, raffinaderijen	Krimp	-15%	Krimp	-86 tot -52%	Industrieraming II3050, regionalisering in paragraaf 6.6 Naftavraag Chemelot afwijkend
Nafta, chemie	Groei	+10%	Variabel	-17 tot +69%	
Ethyleen	Groei	+10%	Variabel	-25 tot +45%	Groeit mee met productie van chemie
Propyleen					
VCM					
Zuurstof	Groei	+10%	Variabel	-25 tot +45%	
Stikstof	Groei	+10%	Variabel	-25 tot +45%	
Kerosine	Groei	+25%	Variabel	-22 tot +45%	
CO <sub>2</sub>	Groei	22 Mton/j	Groei	26-27 Mton/j	II3050, CES'en, studie RHDHV

Een groene kleur vertegenwoordigt groei, paars krimp en geel betekent dat zowel groei als krimp mogelijk is.

In de tabel valt op dat er een forse spreiding is tussen de mogelijke uitkomsten. De totstandkoming van buisleidingen is daarmee onzeker. Het PEH heeft echter als doel om alle redelijkerwijs te verwachten ontwikkelingen ruimtelijk te accommoderen. De inschatting van de benodigde ruimte is dan ook gebaseerd op het maximale ruimtebeslag.

### 3.2 Import voor wederexport

De II3050 bevat vier scenario's voor een toekomstig duurzaam nationaal energiesysteem. Deze scenario's zouden de hoekpunten moeten zijn van hoe een toekomstig energiesysteem eruitziet. De werkelijkheid zou dus altijd binnen de mogelijkheden van deze scenario's moeten vallen.

De II3050 kijkt echter vooral naar het nationale energiesysteem, de internationale context is maar beperkt in de II3050 verwerkt. In de huidige situatie importeert Nederland grote hoeveelheden grondstoffen voor wederexport, met name naar Duitsland en België. Denk bijvoorbeeld aan de import van kolen, olie en ijzererts. Het is goed mogelijk dat Nederland ook in de toekomst energie en grondstoffen gaat importeren voor wederexport. Daarom is er een additioneel scenario opgesteld en verwerkt: Internationaal Plus. Dit scenario heeft het Internationaal scenario als basis, aangevuld met extra import voor wederexport, inclusief de import van CO<sub>2</sub> voor opslag onder de Nederlandse Noordzee. Zie Bijlage D.7 voor meer informatie over dit scenario.

### 3.3 Modal shift

De transportbehoefte per buisleiding kan ook groeien door modal shift, waarbij transport per weg, water en spoor vervangen wordt door transport per buisleiding. Modal shift is om meerdere redenen aantrekkelijk. Ten eerste komt er ruimte vrij op het spoor/weg/water, die ingezet kan worden voor het vervoer van goederen die niet door een buis kunnen. Ten tweede komt er ruimte vrij voor andere functies (bijv. woningbouw) doordat de risicocontour van het transport afneemt. Ten derde is vervoer per buisleiding de veiligste, goedkoopste en schoonste vorm van vervoer voor grote hoeveelheden gas of vloeistof. Ten slotte is vervoer per buisleiding robuuster dan vervoer per water: bij lage of juist zeer hoge

waterstanden kan vervoer per schip niet altijd doorgaan, terwijl een buisleiding altijd beschikbaar is. Extreme waterstanden zullen door klimaatverandering steeds vaker voorkomen.

Een eerste verkenning met I&W en Rijkswaterstaat heeft geen concrete resultaten opgeleverd. Rijkswaterstaat beschikt evenwel over gedetailleerde data over transport per weg, water en spoor, waar zeker nuttige conclusies uit getrokken kunnen worden met de juiste analyse. I&W onderzoekt de mogelijkheden voor modal shift nu verder met het CBS.

## 4 Waar zijn nieuwe buisleidingen nodig?

De noodzaak voor toekomstige buisleidingen is vastgesteld door de toekomstige transportstromen te vergelijken met de maximale capaciteit van de huidige buisleidingen. In dit hoofdstuk worden de methode en de uitkomsten van deze analyse besproken, een volledige bespreking per stof is te vinden in Bijlage E.

### 4.1 Methode

De huidige transportstromen zijn vastgesteld door per stof de installaties te bepalen die deze stof produceren of verbruiken. Deze analyse is gedaan op basis van openbare bronnen. De netto import/export per cluster volgt uit de verrekening van de totale productie binnen het cluster met het totale lokale verbruik.

De toekomstige transportstromen ontstaan door de huidige productie en afname te vermenigvuldigen met het groeicijfer van de betreffende industrie en daar eventuele volumes door modal shift bij op te tellen.

Er is een nieuwe buisleiding nodig als de toekomstige buisleidingen de capaciteit van de huidige infrastructuur overschrijden. Er wordt uitgegaan van nieuw aan te leggen buisleidingen. Hergebruik van bestaande buisleidingen is uitgesloten tenzij expliciet anders is vermeld. In de praktijk kan hergebruik uiteraard wel opportuun zijn. Deze aanpak zit aan de veilige kant: er is voldoende ruimte gereserveerd voor alle nieuwe buisleidingen, ook als een buisleiding tegen eerdere verwachtingen in toch niet hergebruikt kan worden.

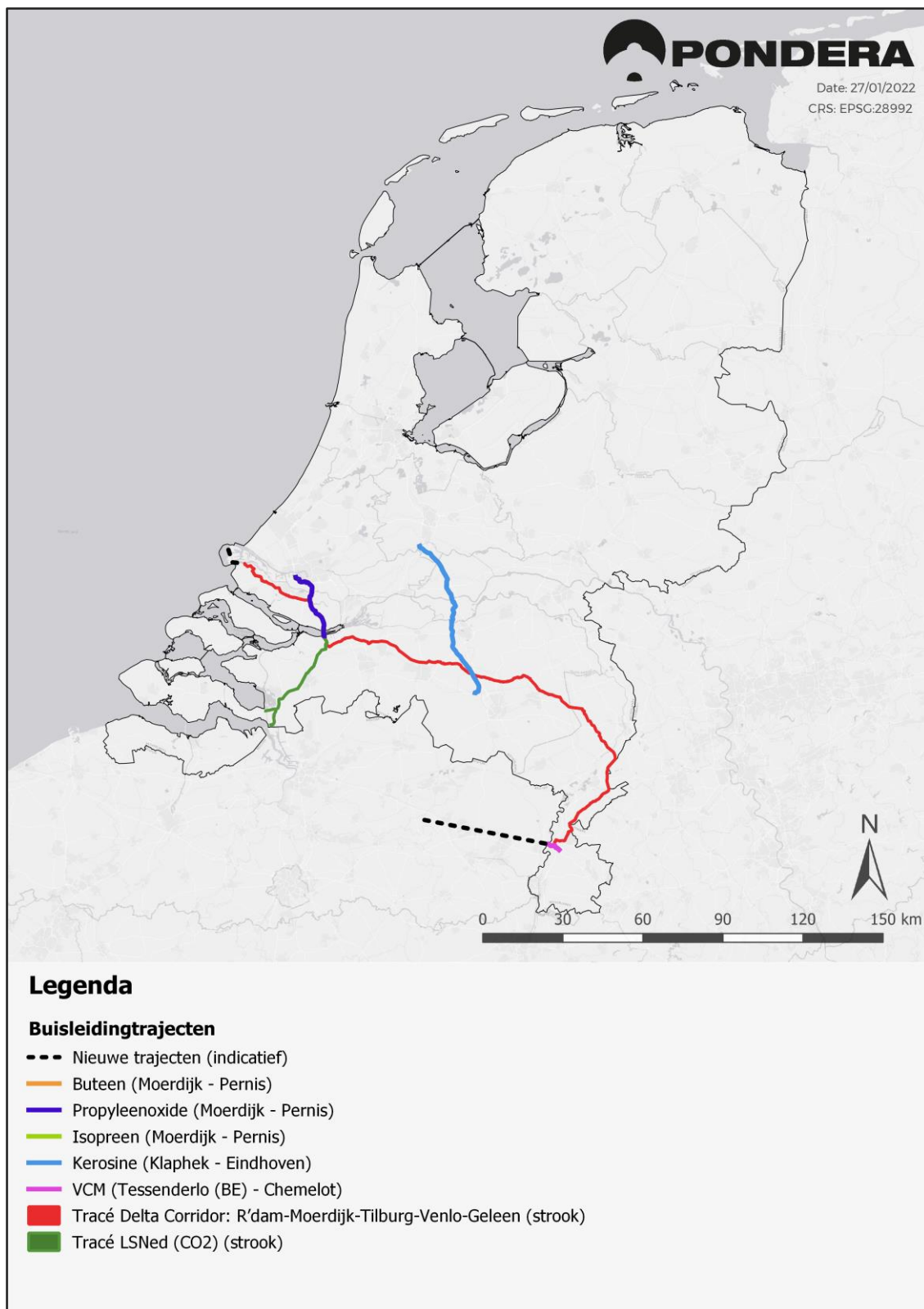
Buisleidingen die nu concreet in ontwikkeling zijn (Delta Rhine Corridor) worden in alle scenario's meegenomen.

De analyse en conclusies zijn afgestemd met de belangrijkste buisleidingeigenaren.

### 4.2 Resultaat

In Tabel 4-1 en Figuur 4-1 is een overzicht weergegeven van welke nieuwe buisleidingen er in de toekomst nodig zijn. In Bijlage E staat een uitgebreidere bespreking per stof, waarin ook de tussenstappen helder zijn weergegeven.

Figuur 4-1 - Overzichtsk kaart met benodigde nieuwe buisleidingen



Tabel 4-1 - Benodigde nieuwe bovenregionale leidingen

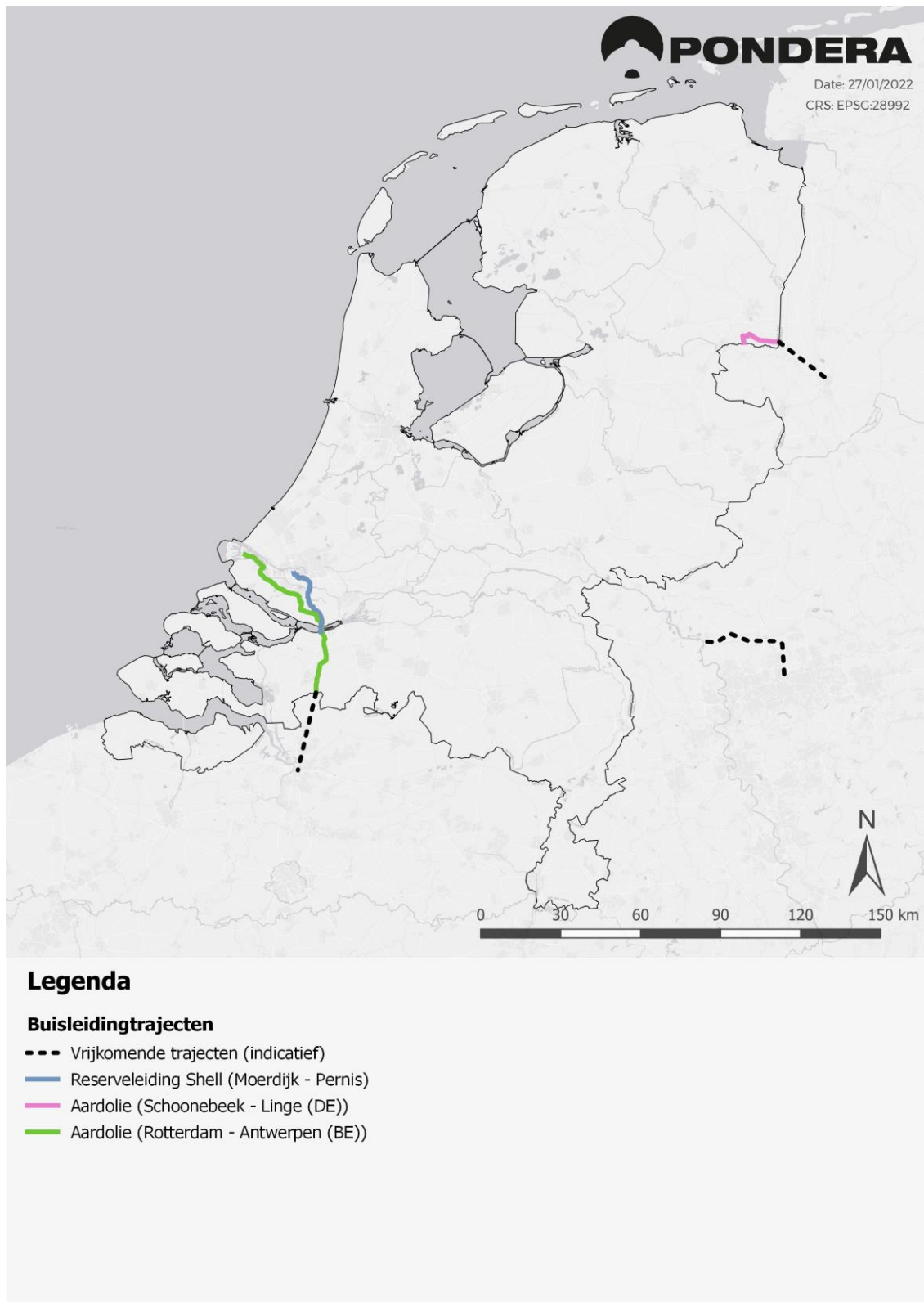
Stof	Van	Naar	Jaartal	Scenario's
Kerosine	Klaphek (Utrecht)	Eindhoven	Na 2030	Europees, Internationaal
	Rotterdam	Venlo	Na 2030	Internationaal Plus
Lpg		Chemelot	Voor 2030	Alle
Propeen			Voor 2030	Alle
Buteen	Moerdijk	Pernis	Na 2030	Europees, Internationaal
Ethyleenoxide				
Propyleenoxide				
Isopreen				
VCM	Tessenderlo (BE)	Chemelot	Voor 2030	Alle
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	1 voor 2030, 1 na 2030	Eerste leiding in alle scenario's, tweede leiding Internationaal Plus
	Zeeland		Na 2030	Europees, Internationaal
	Antwerpen		Na 2030	Internationaal Plus
Ammoniak	Rotterdam	Chemelot	Na 2030	Internationaal Plus
Methanol	Rotterdam	Venlo	Na 2030	Internationaal Plus
Waterstof	Volgt uit andere analyses			
Warmte	(Eén waterstofleiding al voor 2030 verwacht door Delta Rhine Corridor)			

Behalve dat er nieuwe leidingen benodigd zijn, komen er in de toekomst mogelijk ook leidingen vrij. In Tabel 4-2 en Figuur 4-2 staat een overzicht van deze leidingen. De capaciteit kan vrijkomen als de eind-afnemer ook via andere buisleidingen/modaliteiten bevoorrad kan worden. Vanuit het perspectief van leveringszekerheid kan de leiding toch in bedrijf gehouden worden. Daarnaast is dit overzicht niet compleet omdat ongebruikte leidingen geen veiligheidsrisico meer zijn en dus niet geregistreerd staan in de Risicokaart en de Signaleringskaart Externe Veiligheid. Er zijn bijvoorbeeld enkele kerosineleidingen (Defensieleidingen) die ongebruikt in de grond liggen, maar niet op de Risicokaart staan.

Tabel 4-2 - Mogelijk vrijkomende leidingen

Product	Eigenaar, leiding	Van	Naar	Komt vrij in scenario's
Aardolie	NAM, NM-000696	Schoonebeek	Lingen (DE)	2030, alle 2050 scenario's
Aardolie	Ruhr Öl, aanvoer BP Gelsenkirchen	Wesel (DE)	Gelsenkirchen (DE)	2050 Regionaal, Nationaal, Europees
Aardolie	RAPL, Rotterdam-Antwerpen Pijpleiding	Rotterdam	Antwerpen	2050 Regionaal
Reserveleiding	Shell, PMK-130	Moerdijk	Pernis	Is nu al ongebruikt

Figuur 4-2 - Overzichtskaart met vrijkomende buisleidingen



## 5 Voor welke nieuwe buisleidingen zijn nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig?

### 5.1 Wanneer is een nieuwe ruimtelijke reservering nodig?

Er is een nieuwe reservering nodig als er een nieuwe buisleiding nodig is die niet aangelegd kan worden in de huidige SVB-stroken. Dit kan meerderde redenen hebben:

- De betreffende SVB-strook is vol. Er is een reservering nodig voor uitbreiding of een nieuwe strook op hetzelfde tracé.
- De beoogde buisleiding volgt (deels) een ander tracé dan de SVB-stroken en kan dus niet in een strook aangelegd worden.

### 5.2 Welke nieuwe buisleidingen zouden in een SVB-strook komen te liggen?

Het tracé van de nieuwe stroken is vergeleken met de ligging van de SVB-stroken. De meeste nieuwe buisleidingen zouden in een SVB-strook komen te liggen, maar de twee nieuwe buisleidingen voor kerosine en VCM liggen buiten de SVB-stroken.

Tabel 5-1 - Ligging van nieuwe buisleidingen: in of buiten SVB-strook

Stof	Van	Naar	In SVB-strook
Kerosine	Klaphek (Utrecht)	Eindhoven	Nee
	Rotterdam	Venlo	Ja
Lpg	Rotterdam	Chemelot	Ja
Propeen	Rotterdam	Chemelot	Ja
Buteen	Moerdijk	Pernis	Ja
Ethyleenoxide			Ja
Propyleenoxide			Ja
Isopreen			Ja
VCM	Tessenderlo (BE)	Chemelot	Nee
Methanol	Rotterdam	Venlo	Ja
Ammoniak	Rotterdam	Chemelot	Ja
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	Ja
	Zeeland	Rotterdam	Ja
	Antwerpen	Rotterdam	Ja

### 5.3 Is er nog genoeg ruimte in de SVB-stroken?

Voor de leidingen die in SVB-stroken liggen, is er een verkennende analyse uitgevoerd om vast te stellen of er nog voldoende ruimte is in de betreffende stroken. Hierbij is uitgegaan van een standaard strook van 70 meter breedte met maximaal dertien leidingen (zie Bijlage F). Voor de buisleidingstraat van LSNed geldt een hogere maximale bezetting omdat de onderlinge afstand kleiner is door een meer gedetailleerde risicoanalyse. In overleg met LSNed is bepaald of er genoeg ruimte is voor de verwachte buisleidingen. Het resultaat van de analyse staat in Tabel 5-2.

Tabel 5-2 - Geschatte ruimte in SVB-stroken waar nieuwe buisleidingen komen

Tracé	Aantal nieuwe leidingen	Aantal leidingen in strook	Beschikbare ruimte	Voldoende ruimte?
Pernis <-> Moerdijk	14	15	Onbekend*	Ja
Moerdijk <-> Venlo	8	3	10	Ja
Venlo <-> Chemelot	5	7	6	Ja
Moerdijk <-> Woensdrecht	2	8	Onbekend*	Ja
Zeeland <-> Woensdrecht	1	6 (Zuid-Beveland) 5 (Zeeuws-Vlaanderen)	7 (Zuid-Beveland) 8 (Zeeuws-Vl.)	Ja
Antwerpen <-> Woensdrecht	1	Onbekend	Onbekend*	Ja

\* Hoewel de exact beschikbare ruimte niet bekend is bij CE Delft, geeft LSned als beheerder van de strook aan dat er ruimte is voor de genoemde aantallen buisleidingen.

De buisleidingstraat van LSned volgt het traject Pernis-Moerdijk-Woensdrecht, waar aftakkingen zijn richting Zuid-Beveland en Antwerpen. Op alle tracés in de tabel is in principe genoeg ruimte waar de leiding door het landschap loopt ('veldstrekking'). Kruisingen met andere infrastructuur (viaducten en tunnels over weg, water, spoor) vereisen aandacht. Met name voor grotere buisleidingen (24"+) is niet in iedere tunnel of viaduct meer ruimte. Er zijn mogelijk nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig om deze knelpunten op te lossen. Aangezien het gaat om buisleidingen van nationaal belang, kan het Rijk de ruimtelijke inpassing faciliteren, ook al betreft het een lokaal probleem en geen geheel tracé.

Het tracé Moerdijk-Venlo (behalve het laatste deel richting de grens met Duitsland van circa 6 km lengte) en het tracé Venlo-Chemelot zijn vastgelegd als buisleidingstrook in de Structuurvisie Buisleidingen, maar zijn in werkelijkheid niet altijd vrij van bebouwing en/of gebruik door derden voor andere doeleinden. Het is dan ook de vraag of de genoemde aantallen buisleidingen zomaar overal zonder extra maatregelen in de strook passen. Daarnaast hebben enkele kleinere delen van het tracé, bijvoorbeeld bij Tegelen, niet de (dubbel)bestemming buisleidingen. Deze ruimte zal alsnog gereserveerd moeten worden. Het consortium van Delta Rhine Corridor (in oprichting) werkt de ruimtelijke haalbaarheid van het gehele tracé op dit moment verder uit, samen met de Rijksoverheid, provincies en gemeenten. Hoewel er zich knelpunten voordoen in het tracé hebben genoemde partijen er vertrouwen in dat deze opgelost zullen worden. Op basis van een eerdere haalbaarheidsstudie is overigens al gebleken dat andere tracés niet haalbaar zijn vanwege het niet beschikbaar zijn van voldoende ruimte.

#### 5.4 Conclusie: Waar zijn nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig?

De nieuwe leidingen voor kerosine en VCM liggen buiten de SVB-stroken. Aangezien het wel gaat om buisleidingen van nationaal belang kan de overheid de ruimtelijke inpassing van de betreffende tracés faciliteren (Klaphek-Eindhoven en Tessenderlo-Geleen).

De overige tracés hebben voldoende capaciteit om de voorziene buisleidingen te kunnen accommoderen. Er ontstaan lokale knelpunten bij kruisingen met andere infrastructuur, maar deze knelpunten zijn goed op te lossen zonder nieuwe tracés aan te wijzen. Mogelijk zijn er lokaal wel nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen knelpunten die optreden door autonome groei en knelpunten die optreden door bewuste structuurkeuzes. De meeste knelpunten ontstaan door autonome groei van bedrijven in Nederland. De vier buisleidingen van de Delta Rhine Corridor (lpg, propeen, waterstof, CO<sub>2</sub>) zijn echter niet rendabel zonder buitenlandse volumes. Het is een keuze of Nederland de afvoer van



Duitse CO<sub>2</sub> dan wel de aanvoer van grondstoffen naar Duitsland wil faciliteren. De keuze om dit wel te doen kan kansen bieden voor de verduurzaming in Nederland en Duitsland, maar heeft ook gevolgen voor de bezettingsgraad van de Nederlandse buisleidingstroken. Zonder de Delta Rhine Corridor zijn er echter nog steeds lokale knelpunten tussen Moerdijk en Pernis, alleen minder ernstig.

## A. Definitie (inter)nationaal belang

### A.1. Wat houdt (inter)nationaal belang in?

Het begrip nationaal belang staat omschreven in artikel 2.9.1 van het Besluit Algemene Regels Ruimtelijke Ordening (Barro<sup>1</sup>):

*“In deze titel en de daarop berustende bepalingen wordt verstaan onder:*

*buisleiding van nationaal belang: leiding die deel uitmaakt van een landelijk hoofdnetwerk van leidingen, niet zijnde een leiding voor het vervoer van stoffen in verband met het opsporen of winnen van delfstoffen, en die is bestemd of wordt gebruikt voor het vervoer van:*

- a. aardgas, voor zover die leiding een druk heeft van ten minste 40 bar en een diameter heeft van ten minste 45,7 centimeter; of*
- b. gevaarlijke stoffen als bedoeld in artikel 1, eerste lid, van het Besluit externe veiligheid buisleidingen, anders dan aardgas;*

*buisleidingenstrook: strook die dient voor de aanleg van buisleidingen van nationaal belang;*

*landelijk hoofdnetwerk van leidingen: provinciegrensoverschrijdend netwerk van leidingen dat is bestemd of wordt gebruikt voor vervoer over lange afstand;*

*voorkeurstracé: tracé als bedoeld in artikel 2.9.2, eerste lid.*

*Gevaarlijke stoffen worden volgens het Besluit externe veiligheid buisleidingen, artikel 1, eerste lid aangewezen door de Minister.”*

De volgende leidingen zijn dus niet van nationaal belang:

- leidingen die geen provinciegrens overschrijden;
- leidingen bestemd voor vervoer in verband met het opsporen en winnen van delfstoffen;
- leidingen voor stoffen zonder gevaar voor de omgeving, zoals waterleidingen;
- leidingen die niet op land gelegen zijn (offshore).

### A.2. Welke stoffen vallen onder gevaarlijke stoffen?

Welke stoffen onder gevaarlijke stoffen vallen is vastgelegd in het Besluit externe veiligheid buisleidingen<sup>2</sup>, artikel 2 lid 1, dat verwijst naar de Regeling externe veiligheid buisleidingen<sup>3</sup>, artikel 2 (de voetnoten zijn afkomstig uit de begripsbepaling van de Regeling):

*“Als categorieën buisleidingen als bedoeld in artikel 2, eerste lid, van het besluit worden aangewezen:*

- *buisleidingen voor aardgas met een uitwendige diameter van 50 mm of meer en een druk van 1.600 kPa (16 bar) of meer;*

<sup>1</sup> <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0030378&hoofdstuk=2&titeldeel=2.9&z=2018-01-01&q=2018-01-01>

<sup>2</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0028265/>

<sup>3</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0029356/>

- *buisleidingen voor aardolieproducten<sup>4</sup> met een uitwendige diameter van 70 mm of meer en een druk van 1.600 kPa (16 bar) of meer;*
- *buisleidingen voor brandbare stoffen<sup>5</sup> met een uitwendige diameter van 70 mm of meer of een binnendiameter van 50 mm of meer en een druk van 1.600 kPa (16 bar) of meer;*
- *buisleidingen voor vergiftige stoffen<sup>6</sup>; en*
- *buisleidingen voor specifieke stoffen<sup>7</sup> met een uitwendige diameter van 70 mm of meer of een binnendiameter van 50 mm of meer en een druk van 1.600 kPa (16 bar) of meer.”*

### A.3. Welke leidingen zijn dus in scope?

De volgende leidingen zijn in scope van de Structuurvisie Buisleidingen:

- *buisleidingen voor aardgas met een druk van tenminste 40 bar en een diameter van tenminste 45,7 cm;*
- *buisleidingen voor aardolie, aardgasolie, vloeibare aardolieproducten en derivaten met een uitwendige diameter van 70 mm of meer en een druk van 1.600 kPa (16 bar) of meer;*
- *buisleidingen voor ontvlambare, licht ontvlambare en zeer licht ontvlambare stoffen, niet zijnde aardgas, met een uitwendige diameter van 70 mm of meer of een binnendiameter van 50 mm of meer en een druk van 1.600 kPa (16 bar) of meer;*
- *buisleidingen voor stoffen die zijn geclassificeerd als acuut toxisch;*
- *buisleidingen voor kooldioxide (CO<sub>2</sub>), zuurstof en stikstof met een uitwendige diameter van 70 mm of meer of een binnendiameter van 50 mm of meer en een druk van 1.600 kPa (16 bar) of meer.*

<sup>4</sup> Aardolieproducten: aardolie, aardgasolie, vloeibare aardolieproducten en derivaten.

<sup>5</sup> Stoffen die zijn geclassificeerd als ontvlambaar, licht ontvlambaar of zeer licht ontvlambaar, niet zijnde aardgas of aardolieproducten.

<sup>6</sup> Stoffen die zijn geclassificeerd als acuut toxisch.

<sup>7</sup> Kooldioxide, zuurstof en stikstof.

## B. Huidige buisleidingen van nationaal belang

Tabel 5-3 - Overzicht vervoerde stof per buisleiding

Exploitant ("BUIS_NAA_1")	Buisleiding ("TRNS_NAAM")	Vervoerde stof
Aethylen Rohrleitungsgesellschaft	ARG-leiding	Ethyleen
Air Liquide	7019, 7020, 7021, 7023, 7025-7031, 7033-7035, 7042, ZVL-100	Waterstof
	7006-7018	Stikstof
	7000-7004	Zuurstof
	7036, 7045	Koolmonoxide
ASP Beheer B.V.	rrp-l10	Kerosine
DOW Benelux B.V.	DOW 6" Propyleen DOW Aftak Lyondell DOW Propyleen BASF	Propyleen
	DOW 6" Ethyleen	Ethyleen
DPO	Alle	Kerosine
NAM	NM-000696	Aardolie
N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding Maatschappij	rrp-l9	Aardolie
	rrp-l6	Raffinaderijproducten
OCAP	Alle	CO <sub>2</sub>
Petrochemical Pipeline Services B.V	PALL-leiding	Raffinaderijproducten
	PRB-leiding	Nafta, aardgascondensaat
RAPL	Rotterdam-Antwerpen Pijpleidingmaatschappij	Aardolie
RC2	Shell Nederland Raffinaderij	Ethyleen
SNC (Shell Nederland Chemie)	PMK-100	Ethyleen
	PMK-110	Propyleen
	PMK-120	Butaan
	PMK-140	Buteen
	PMK-150	Isopreen
	PMK-160	Propyleenoxide
	PMK-170	Nafta
	PMK-210	Nafta
	PMK-220	Nafta
	PMK-330	Ethyleenoxide
	WBT-100	Ethyleen
WBT-110	Propyleen	
Total Opslag en Pijpleiding Nederland N.V.	ZR-702-P-0001	Aardolie
VYNOVA Beek BV	MVC-leiding	Monovinylchloride (Vinylchloride monomeer, VCM)

## C. Vaststellen capaciteit buisleidingen

De transportcapaciteit van de leidingen is niet bekend, maar het is wel noodzakelijk om de huidige transportcapaciteit te weten voor de toekomstige behoefte aan buisleidingen.

Op basis van de beschikbare informatie in de risicokaart kan de transportcapaciteit berekend worden met een drukvalberekening. Hierbij wordt een maximale drukval per kilometer leidinglengte vastgesteld en wordt een stelsel van vergelijkingen opgelost, zodanig dat de berekende stroomsnelheid door de leiding precies resulteert in de maximale drukval.

Uit de stroomsnelheid volgt dan direct de capaciteit van de buisleiding bij de vastgestelde maximale drukval. Het is hierbij uiteraard kritiek om de juiste waarden te nemen voor de maximale drukval, omdat de berekende capaciteit anders hoger of lager is dan in werkelijkheid.

Zie Tabel 5-4 voor de maximale drukval per type buisleiding. Sommige leidingen hebben een lage maximale werkdruk. De maximale drukval in tabel is dan te hoog. Daarom is de drukval begrensd op de ontwerpdruk gedeeld door 100 km.

Tabel 5-4 - Maximale drukval per type buisleiding

Fase	Stof	Afgeleide stoffen	Maximale drukval (bar/km)	Onderbouwing
Vloeistof	Aardolie	-	0,18	Zodanig gekozen dat de 36" crude pipeline van RRP op de ontwerp-capaciteit van 25 Mton/j uitkomt.
	Raffinaderijproducten	Aardgascondensaat Lpg Nafta Kerosine	0,28	Zodanig gekozen dat de 24" products pipeline van RRP op de ontwerp-capaciteit van 10 Mton/j uitkomt.
Gas	Alle stoffen	CO <sub>2</sub> Ethyleen Propyleen Stikstof Vinylchloride monomeer Waterstof Zuurstof	0,10	Gastransport over lange afstand, gebaseerd op (EBN, Gasunie, 2017), tabel 3.6, pag. 30.

De drukval kan berekend worden met de formule voor de Darcy friction-factor:

$$\frac{\Delta P}{L} = f_D \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \frac{U^2}{D}$$

Symbol	Parameter	Eenheid	Bron
P	Druk buisleiding	Pa	<a href="#">Additionele informatie risicokaart</a>
L	Lengte buisleiding	m	-
$f_D$	Wrijvingsfactor	-	Berekening
$\rho$	Dichtheid stof	kg/m <sup>3</sup>	<a href="https://webbook.nist.gov/">https://webbook.nist.gov/</a> <a href="https://www.engineeringtoolbox.com/">https://www.engineeringtoolbox.com/</a>
U	Gemiddelde snelheid door buisleiding	m/s	Berekening
D	Diameter buisleiding	m	In risicokaart

De wrijvingsfactor kan berekend worden met de Haalandformule:

$$\frac{1}{\sqrt{f_D}} = -1,8 \cdot \log \left[ \left( \frac{\epsilon/D}{3,7} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right]$$

Symbol	Parameter	Eenheid	Bron
$\epsilon$	Ruwheid buisleiding	m	<a href="https://www.engineeringtoolbox.com/surface-roughness-ventilation-ducts-d_209.html">https://www.engineeringtoolbox.com/surface-roughness-ventilation-ducts-d_209.html</a>
Re	Reynoldsgetal	-	Berekening

Het Reynoldsgetal is als volgt gedefinieerd:

$$Re = \frac{\rho \cdot U \cdot D}{\mu}$$

Symbol	Parameter	Eenheid	Bron
$\mu$	Dynamische viscositeit	Pa·m	<a href="https://webbook.nist.gov/">https://webbook.nist.gov/</a> <a href="https://www.engineeringtoolbox.com/">https://www.engineeringtoolbox.com/</a>

## D. Toekomstige transportbehoefte

Zoals in Hoofdstuk 0 is toegelicht, zijn de ramingen voor het toekomstig transport van buisleidingen gebaseerd op de I13050 en een eigen industriering in opdracht van PBL. In dit hoofdstuk worden de groeicijfers per sector en per stof in meer detail toegelicht.

### D.1. Voeding voor raffinaderijen: aardolie en pyrolyseolie

Raffinaderijen gebruiken nu aardolie om brandstoffen te maken, de I13050 gaat ervan uit dat de vraag in de toekomst vervangen wordt door pyrolyseolie uit afval of biomassa. In de industriering krimpt de vraag naar olie tot 2030 licht, maar blijft tot 2040 op peil, met name door export. Dit is een stevige afwijking van zelfs de scenario's Europees en Internationaal. In de I13050 is er in alle scenario's krimp, maar de mate van krimp verschilt. Zie Tabel 5-5 voor een samenvatting van de data per cluster uit de I13050 voor olie:

Tabel 5-5 - Vraag naar olie van raffinaderijen in PJ/j

Cluster	Huidig	2030	2050 Reg.	2050 Nat.	2050 Eur.	2050 Int.
Rotterdam–Moerdijk	2.180	1.853 (-15%)	294 (-86%)	774 (-64%)	842 (-71%)	1.052 (-52%)
Zeeland	405	344 (-15%)	55 (-86%)	144 (-64%)	156 (-71%)	195 (-52%)

De vraag naar olie vanuit raffinaderijen neemt in 2050 in alle gevallen sterk af, variërend van -86 tot -52%.

Naast de raffinaderijen in Nederland, wordt er vanuit Rotterdam olie geleverd via leidingen van nationaal belang aan raffinaderijen in Antwerpen en het Ruhrgebied, zie Tabel 5-6. De huidige vraag van de raffinaderijen is gebaseerd op hun maximale capaciteit (CIEP, 2017) en een gemiddelde bezettingsgraad van 85% (CE Delft, 2021). Voor de vraagontwikkeling van de buitenlandse raffinaderijen wordt de Nederlandse ontwikkeling gevolgd.

Tabel 5-6 - Buitenlandse raffinaderijen die via buisleidingen van nationaal belang vanuit Nederland beleverd worden

Raffinaderij	Locatie	Buisleiding	Capaciteit (kbd)	Vraag huidig (kton/j)
BP Gelsenkirchen	Gelsenkirchen (DE)	Rotterdam-Rijn	266	11.250
Shell Rheinland	Wesseling (DE)	Pijpleiding (RRP)	344	14.600
Exxonmobil	Antwerpen (BE)	Rotterdam-Antwerpen	323	13.700
Total		Pijpleiding (RAPL)	350	14.800
Gunvor			110	4.700

## D.2. Voeding voor de chemie: nafta, aardgasconcentraat, lpg, butaan en pyrolyseolie

Naftakrakers gebruiken nafta, aardgascondensaat, lpg en butaan om kraakproducten te maken. Daarnaast gebruikt de chemie aardgas en waterstof, maar die zijn voor deze analyse buiten beschouwing gelaten. De I13050 gaat ervan uit dat de nafta/aardgascondensaat/ butaan/lpg-vraag in de toekomst vervangen wordt door pyrolyseolie uit afval of biomassa.

Ruwe pyrolyseolie, met name uit biomassa, bevat nog veel verontreinigingen (o.a. zuurstof, stikstof, zwavel) en is niet geschikt voor directe toepassing in een kraakproces. De ruwe pyrolyseolie kan dan ook niet door dezelfde leiding als fossiele grondstoffen. Hiervoor moet de olie eerst opgewerkt worden tot nafta middels hydrotreating met waterstof. Welke leidingen er nodig zijn, hangt af van de locatiekeuze van de pyrolysefabriek, de hydrotreating en de kraker. Afhankelijk van de locatiekeuze zijn er geen boven-regionale leidingen nodig of bovenregionale leidingen voor ruwe en/of behandelde pyrolyseolie. Er is nog weinig duidelijk over hoe deze locatiekeuze zal gaan uitpakken, daarom worden buisleidingen voor ruwe pyrolyseolie nog niet meegenomen.

In de I13050 is de ontwikkeling per cluster verschillend, omdat de clusters verschillende plannen hebben om te verduurzamen.

Voor 2030 wordt gekeken naar de productie van high value chemicals (kraakproducten) in de chemie. De industriëraming geeft een groei van 22% in 2040, wat iets lager is dan de lijn van de scenario's Europees en Internationaal, maar duidelijk boven de scenario's Nationaal en Internationaal. Zie Tabel 5-7 voor een samenvatting van de data per cluster voor voeding voor de chemie:

Tabel 5-7 - Vraag naar nafta/pyrolyseolie vanuit de chemie in PJJ

Cluster	Huidig	2030	2050 Reg.	2050 Nat.	2050 Eur.	2050 Int.
Rotterdam–Moerdijk	203	223 (+10%)	169 (-17%)	230 (+13%)	313 (+54%)	343 (+69%)
Zeeland	74	81 (+10%)	61 (-18%)	84 (+14%)	114 (+54%)	125 (+69%)
Chemelot	180	198 (+10%)	109 (-39%)	149 (-17%)	203 (+13%)	215 (+19%)
Groningen Seaports	24	26 (+10%)	20 (-17%)	27 (+13%)	37 (+54%)	4 (-87%)

In de scenario's Europese Sturing en Internationale Sturing neemt de omvang van de chemie toe met zo'n 40%, in Nationale Sturing blijft de omvang gelijk en in Regionale Sturing neemt de omvang van de chemie af met zo'n 25%.

Naftakrakers kunnen ook een deel lpg verwerken. Het is economisch gunstig om te kunnen arbitreran tussen nafta en lpg. Daarnaast kan de invoeding van bio-lpg de plasticketen vergroenen.

## D.3. Chemische producten

Er bestaan provinciegrensoverstijgende buisleidingen voor ethyleen, propyleen, buteen, ethyleenoxide, propyleenoxide, isopreen, vinylchloride monomeer (VCM) en koolmonoxide. Ethyleen, propyleen en buteen worden geproduceerd in naftakrakers in Zeeland, Chemelot en Moerdijk. De transportbehoefte voor ethyleen, propyleen en buteen schaalst dus met de algemene ontwikkeling van de chemie, los van hoe de krakers precies gevoed worden. Ethyleenoxide en propyleenoxide zijn belangrijke basischemicaliën en worden direct uit ethyleen en propyleen gemaakt, vaak op dezelfde locatie. Isopreen is een belangrijk bestanddeel van rubber. VCM is de belangrijkste grondstof voor pvc en koolmonoxide wordt geleverd aan

de kunststofindustrie (onder andere polycarbonaat en polyurethaan). De ontwikkeling van al deze producten volgt dus ook de ontwikkeling van de chemie.

Tabel 5-8 - Ontwikkeling chemische producten

2015	2030	2050 Reg.	2050 Nat.	2050 Eur.	2050 Int.
100%	+10%	-22%	+7%	+45%	+45%

In de verdere uitwerking worden de resultaten van de Haalbaarheidsstudie Buisleidingenbundel Rotterdam-Chemelot ook meegenomen. Daarbij zal ook mee worden genomen dat een deel van de propeen nu over het spoor wordt vervoerd.

#### D.4. Hulpstoffen: zuurstof en stikstof

Stikstof wordt algemeen in de brede industrie gebruikt om een inerte atmosfeer te creëren. In een atmosfeer van stikstof is zuurstof afwezig. Er kan dus geen brand ontstaan en producten kunnen niet oxideren met kwaliteitsverlies als gevolg. Er wordt aangenomen dat de behoefte aan stikstof meegroeit met de industrie als geheel, waarbij de cijfers uit Tabel 5-7 gebruikt worden.

Zuurstof wordt op grote schaal gebruikt in de staalindustrie, bij vergassingsprocessen (bijv. POX bij Shell Pernis), bij chemische oxidatiereacties in de chemie (bijvoorbeeld de productie van ethyleenoxide uit ethyleen) en verbranding met pure zuurstof (oxyfuel combustion), bijvoorbeeld in de glasindustrie. Ook voor de zuurstofvraag wordt de ontwikkeling van de industrie als geheel gevolgd volgens Tabel 5-7. Aan de aanbodkant zal de productie van zuurstof als bijproduct van groene waterstof een rol spelen. Deze zuurstof kan tegen geringe meerkosten in een bestaand netwerk ingevoerd worden. Meerdere clusters hebben plannen voor de productie van groene waterstof, wat een invloed kan hebben op de transport-behoefte tussen de clusters onderling.

#### D.5. Kerosine

Kerosine wordt gebruikt door de luchtvaart. De schattingen van 2050 zijn afkomstig uit de I13050, voor 2030 zijn de cijfers uit de KEV<sup>8</sup> gebruikt. In Tabel 5-9 staan de aannames van de I13050 over de omvang van de luchtvaart en het brandstofverbruik. Er wordt ervan uitgegaan dat de kerosinevraag zich in het omringende buitenland volgens dezelfde trend ontwikkelt.

Tabel 5-9 - Kerosinevraag vanuit de luchtvaart uit I13050 in PJ/j

Toepassing	Huidig	2030	2050 Reg.	2050 Nat.	2050 Eur.	2050 Int.
Omvang luchtvaart	160	200	125	170	232	315
Ten opzichte van huidig	100%	125%	78%	107%	145%	145%

Naast de civiele luchtmacht verbruikt ook defensie kerosine, het huidige verbruik is niet bekend, maar historisch gezien was dit zo'n 100 miljoen liter per jaar<sup>9</sup>. Dit komt overeen met zo'n 3,5 PJ, zo'n 2% van het verbruik van de civiele luchtvaart.

Er wordt aangenomen dat 95% van het kerosineverbruik plaatsvindt op de grotere vliegvelden Schiphol, Eindhoven, Volkel, Gilze-Rijen, Leeuwarden, Rotterdam-Den Haag, Groningen-Eelde en Maastricht Aachen. Het nationale kerosineverbruik wordt onderverdeeld naar rato van het aantal vliegbewegingen.

<sup>8</sup> PBL (2020) – Klimaat- en Energieverkenning 2020.

<sup>9</sup> [https://www.rijksbegroting.nl/2009/verantwoording/jaarverslag,kst139632\\_30.html](https://www.rijksbegroting.nl/2009/verantwoording/jaarverslag,kst139632_30.html)



## D.6. CO<sub>2</sub>

Voor CO<sub>2</sub> wordt II3050 voor 2050 gevolgd, de raming voor 2030 is gebaseerd op een studie van Royal Haskoning DHV.

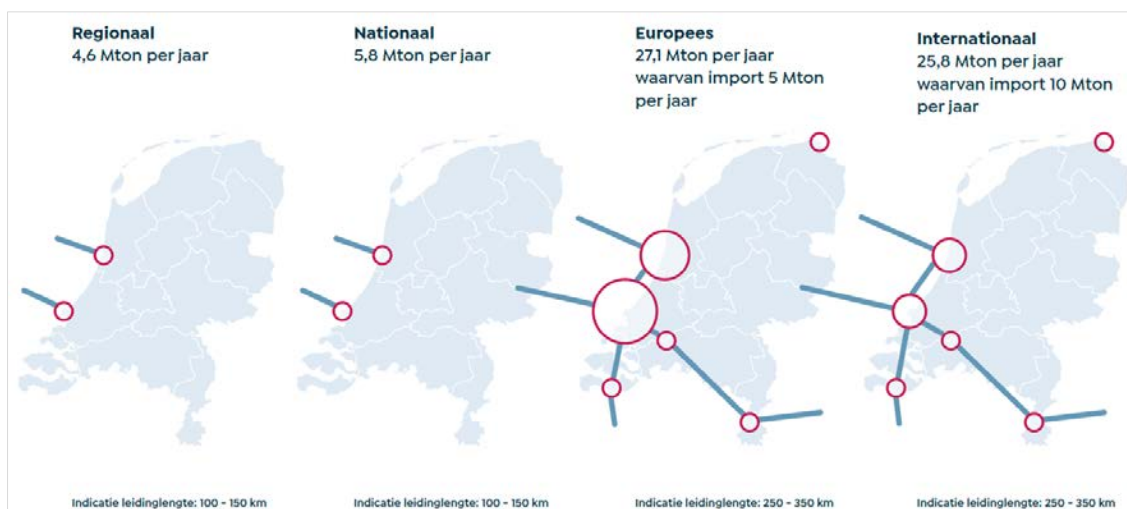
### CO<sub>2</sub>-afvang en opslag in 2050

De opslagbehoefte voor CO<sub>2</sub> wordt apart besproken in de II3050, zowel in de eerste versie van Berenschot en Kalavasta (Berenschot, Kalavasta, 2020) als in de nieuwe versie van Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2021). Die laatste bevat een goede bespreking van de behoefte aan CO<sub>2</sub>-opslag in 2050 en geeft ook al een indicatieve infrastructuur weer. In Tabel 5-10 en Figuur 5-1 is het aanbod van CO<sub>2</sub> voor opslag uit de II3050 kort herhaald.

Tabel 5-10 - Aanbod van CO<sub>2</sub> voor opslag uit II3050 in Mton/j

Toepassing	2050 Reg.	2050 Nat.	2050 Eur.	2050 Int.
Waterstofproductie	0	0	12,3	0
Industrie	3,2	3,7	3,4	10,1
Elektriciteitsproductie	1,4	2,1	6,4	5,7
Import	0	0	5	10
Totaal	4,6	5,8	27,1	25,8

Figuur 5-1 - CO<sub>2</sub>-infrastructuurontwikkeling op hoofdlijnen voor 2050 voor de vier scenario's



Bron: Netbeheer Nederland (2021) - Het energiesysteem van de toekomst.

In alle scenario's is er behoefte aan opslag in Rotterdam en het Noordzeekanaalgebied. Het ATHOS-initiatief voor CCS in IJmuiden is in september 2021 echter stopgezet en wordt verder niet meer meegenomen in dit project.

Het aansluiten van Moerdijk, Zeeland, Chemelot en eventueel import vanuit Antwerpen en het Ruhrgebied spelen alleen in de scenario's Europees en Internationaal.

De verbinding met Duitsland en Antwerpen wordt niet meegenomen in de scenario's Europees en Internationaal, maar wordt beschouwd in het scenario Internationaal Plus, dat extra uitwisseling met het buitenland bevat.

## CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag in 2030

Voor de volumes voor afvang en opslag in 2030 wordt gekeken naar de ramingen uit het rapport 'Nationale CO<sub>2</sub>-opslagbehoefte tot 2035' van Royal HaskoningDHV. In dit onderzoek zijn beleid, concrete plannen, interviews en een kostencurve voor CO<sub>2</sub>-afvang gecombineerd in drie scenario's. Gecombineerd met eigen interviews met de Delta Rhine Corridor (Chemelot, Nordrhein Westfalen) en Carbon Connect Delta (Zeeland, Vlaanderen) geeft dat het volgende beeld voor de buisleidingen van nationaal belang:

Tabel 5-11 - Conclusies buisleidinginfrastructuur per cluster

Cluster	CCS	Modaliteit afvoer	Nieuwe buisleiding van nationaal belang nodig?
Rotterdam-Moerdijk	Alle scenario's	Buis	Nee
Zeeland		Schip, buis mogelijk later	Mogelijk later (>2030)
Chemelot		Schip, buis wordt concreet ontwikkeld, maar afhankelijk van additionele volumes	Mogelijk
Noord-Nederland	Alleen bij hoge ETS-prijs	Schip	Nee
Zesde cluster	Alle scenario's, kleine volumes	Verschillend	Nee

## Hergebruik van CO<sub>2</sub> (CCU)

Naast aanbod van CO<sub>2</sub> voor opslag (CCS), zal er ook een vraag naar CO<sub>2</sub> ontstaan voor hergebruik.

De infrastructuur voor hergebruik van CO<sub>2</sub> beperkt zich nu tot de OCAP-leiding, die CO<sub>2</sub> vanuit de Rotterdamse haven transporteert naar de glastuinbouw tussen Rotterdam en Amsterdam. Er zijn recentelijk diverse uitbreidingen van deze leiding geweest, maar die waren op lokale schaal. Er zijn geen provinciegrensoverstijgende uitbreidingen gepland.

Grootschalig hergebruik van CO<sub>2</sub> in de industrie voor de productie van chemicaliën en brandstoffen zal zich waarschijnlijk nabij bestaand aanbod en bestaande infrastructuur vestigen. Dit vereist lokaal wel de aanleg van nieuwe leidingen, maar dat valt buiten het PEH.

De voorgenomen volumes voor CO<sub>2</sub>-opslag zijn vooralsnog minstens een ordegrrootte hoger dan de voorgenomen volumes voor hergebruik. Er wordt dan ook aangenomen dat de vraag naar afvang en opslag leidend is voor de ontwikkeling van bovenregionale CO<sub>2</sub>-infrastructuur.

## D.7. Import voor wederexport

De scenario's van de I13050 bevatten geen import voor doorvoer. Daarom is er een eigen analyse opgezet waar dat wel in wordt meegenomen. Dit "Internationaal Plus" scenario heeft de volgende uitgangspunten:

- Het scenario voor Duitsland is gelijk aan het scenario "Internationaal" voor Nederland.
- De energievraag in Duitsland is geschaald met relevante parameters, bijv. aantal auto's, aantal woningen, raffinagecapaciteit en vermogen aan gasgestookte centrales.
- Er wordt gekeken naar de regio's van Duitsland die grenzen aan Nederland en waarvoor import vanuit Duitsland aannemelijk is:
  - Nordrhein-Westfalen
  - Rheinland-Pfalz
  - Saarland

- Hessen.
- Er wordt aangenomen dat 50% van de Duitse behoefte aan waterstof(dragers) in deze regio's aangevoerd wordt vanuit Nederland.
- Naast waterstofdragers worden de leidingen van de Delta Rhine Corridor ook meegenomen:
  - Export van lpg, propeen en waterstof
  - Import van CO<sub>2</sub> voor opslag onder de Noordzee
  - De volumes van lpg en propeen zijn gebaseerd op de analyse van de Delta Rhine Corridor, de volumes voor CO<sub>2</sub> op de verkenning van Royal HaskoningDHV.
- Alle moleculen worden geïmporteerd vanuit Rotterdam en via buisleidingen doorgevoerd naar Duitsland langs het tracé van de Delta Rhine Corridor.
- Import van CO<sub>2</sub> uit België wordt meegenomen. Hiervoor wordt een leiding aangelegd tussen Antwerpen en Rotterdam door de leidingstraat van LSned.
- De vraag naar waterstof wordt gedekt door ammoniak te importeren die in Rotterdam wordt omgezet in waterstof.
- De vraag naar ammoniak, methanol en kerosine wordt gedekt door respectievelijk ammoniak, methanol en kerosine te importeren en dit via buisleidingen naar de eindafnemer te transporteren.

Tabel 5-12 Overzicht van leidingen en volumes in scenario "import voor wederexport"

Molecuul	Volume		Oorsprong/bestemming	Bron
	2030 (kton/j)	2050 (kton/j)		
Waterstof	410	2.300	Export naar Duitsland	Analyse CE Delft
Ammoniak	800	970		Analyse CE Delft
Methanol	540	660		Analyse CE Delft
Kerosine	120	2.300		Analyse CE Delft
CO <sub>2</sub>	13.000	19.500	Totale import	
-Vanuit Duitsland	3.500	4.000	Import vanuit Duitsland	Delta Rhine Corridor
	0	10.000		RHDHV
-Vanuit België	9.500	9.500	Import vanuit België	RHDHV

Ook voor lpg en propeen is er een connectie met Duitsland, maar dat staat eerder in deze bijlage al beschreven.

De vraag naar waterstof valt eigenlijk buiten scope van dit onderzoek, maar het wordt toch vermeld omdat dit doorvoer betreft die niet in de II3050-scenario's zit.

## E. Overzicht ontwikkeling per stof

### Overzicht | Aardolie

#### SAMENVATTING

**Geen nieuwe leidingen nodig** – Er zijn geen knelpunten in het huidige netwerk en er is aanzienlijke en robuuste krimp in alle scenario's.

De NAM-leiding en de RAPL komen mogelijk vrij.

##### Huidig netwerk



##### Netwerk 2030

Identiek aan huidig

##### Netwerk 2050

Identiek aan huidig

#### ANALYSE

##### Omschrijving huidig netwerk

Vanuit Rotterdam ligt een drietal olieleidingen om raffinaderijen elders van aardolie te voorzien:

- De Rotterdam-Rijn Pijpleiding (RRP), via Venlo naar de BP Gelsenkirchen en Shell Rheinland raffinaderijen.
- De Rotterdam-Antwerpen Pijpleiding (RAPL) naar de Antwerpse raffinaderijen van Total, Exxonmobil en Gunvor.
- De Total Crude Pijpleiding naar Zeeland raffinaderij in Vlissingen.

Verder ligt er een exportleiding van NAM Schoonebeek naar BP Lingen.

Alle aangesloten raffinaderijen hebben ook andere opties om (een deel van de) olie aan te voeren.

##### Huidige knelpunten

Geen knelpunten bekend.

##### Toekomstige groei

**2030** -15% **2050** -52% tot -86%

##### Modal shift

Geen aardoliestromen bekend die niet per pijpleiding vervoerd worden.

##### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe aardolieleidingen geïdentificeerd.

##### Toekomstige knelpunten

- Geen toekomstige knelpunten.

Oplossing knelpunten

- In 2030 is de afname van de vraag van BP Lingen al meer dan de huidige capaciteit van de NAM-leiding. Deze kan dus vrijkomen.
- In 2050 Europees (-60%), Nationaal (-64%) en Regionaal (-86%) geldt dit ook voor de leiding naar BP Gelsenkirchen.
- In 2050 Regionaal (-86%) geldt dit ook voor de RAPL naar de Antwerpse raffinaderijen.

N.v.t.

## Overzicht | Kerosine

### SAMENVATTING

Mogelijk nieuwe leidingen nodig – Bij sterke groei ontstaat er een knelpunt rond Eindhoven.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030

Identiek aan huidig

#### Netwerk 2050

Identiek aan huidig

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

Het leidingnetwerk voor kerosine bestaat uit de volgende leidingen:

- Het netwerk van Defensie Pijpleiding Organisatie (DPO) verbindt Nederland met België en Duitsland en is onderdeel van het Europese CEPS-netwerk. De militaire vliegvelden Volkel en Gilze-Rijen en vliegvelden Schiphol en Eindhoven zijn direct op het netwerk aangesloten.
- De Amsterdam Schiphol Pijpleiding (ASP) van de Amsterdamse haven naar Schiphol.

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten geïdentificeerd.

#### Toekomstige groei

2030 +25% 2050 -22 tot +97%

#### Modal shift

Kleinere vliegvelden worden per vrachtwagen bevoorradt en Leeuwarden per schip. Modal shift is niet beschouwd.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe kerosineleidingen geïdentificeerd.

#### Toekomstige knelpunten

In 2050 ontstaat er in de scenario's Europees en Internationaal een knelpunt rond de aanvoer naar Eindhoven.  
Verdere knelpunten mogelijk als bijmenging van bio- of synkerosine verplicht wordt, maar niet door dezelfde leiding kan/mag.  
Het is mogelijk om extra synkerosine te importeren voor doorvoer naar Duitsland.

#### Oplossing knelpunten

Aanleg extra kerosineleiding naar Eindhoven.

## Overzicht | Overige vloeibare brandstoffen

### SAMENVATTING

Geen nieuwe leidingen nodig – Groei en krimp van de verschillende producten heffen elkaar deels op, waardoor de capaciteit naar verwachting voldoende zal blijven.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030

Identiek aan huidig

#### Netwerk 2050

Identiek aan huidig

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

Rotterdam Ruhr Pijpleidingmaatschappij exploiteert een productleiding waarin diverse raffinaderijproducten in batches van Rotterdam naar de raffinage en chemie in West-Duitsland.

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten geïdentificeerd.

#### Toekomstige groei

2030 +10% 2050 -25 tot +45%

#### Modal shift

Bij lage waterstanden op de Rijn door klimaatverandering is een toename in transport per pijpleiding te verwachten, dit is niet meegenomen in de modellering.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe productleidingen geïdentificeerd.

#### Toekomstige knelpunten

Naar verwachting heffen de groei van de chemie en de krimp in motorbrandstoffen elkaar (gedeeltelijk) op, waardoor de capaciteit toereikend blijft.

#### Oplossing knelpunten

N.v.t.

## Overzicht | Nafta en butaan

### SAMENVATTING

Geen nieuwe leidingen nodig – Er zijn geen bovenregionale knelpunten.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030

Identiek aan huidig, eventueel wel lpg-leiding naar Chemelot.

#### Netwerk 2050

Identiek aan huidig, eventueel wel lpg-leiding naar Chemelot.

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

- Er lopen twee leidingen voor nafta en twee leidingen voor butaan van Shell Pernis naar Shell Moerdijk.
- Dow Chemical heeft een leiding vanaf Zeeland-raffinaderij.
- De Pijpleiding Antwerpen Limburg Luik (PALL) loopt van Antwerpen naar Chemelot.
- De Pijpleiding Rotterdam Beek (PRB) loopt van Rotterdam naar Chemelot.

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten. *NB: De raffinaderijen, Shell Moerdijk en Dow Terneuzen hebben allemaal een zeehaven. Aan- en afvoer van nafta kan daar dus geen knelpunt worden. De hoofdzorg is de toevoer naar Chemelot.*

#### Toekomstige groei

2030 +10% 2050 -25 tot +45%

#### Modal shift

Geen nafta- of butaanstromen bekend die nu per weg/spoor/schip gaan en vervangen kunnen worden door een buisleiding.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Naftaproductie vanuit raffinaderijen zal (sterk) afnemen, andere aanvoerroute krakervoeding is op termijn nodig. Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe naftaleidingen geïdentificeerd, wel plannen voor een nieuwe lpg-leiding van Rotterdam naar Chemelot (zie factsheet Lpg).

Het is nog onbekend of pyrolyseolie door dezelfde leidingen kan als nafta. Mogelijk is er in de overgangperiode tijdelijk dubbele infrastructuur nodig. Dit is verder buiten beschouwing gelaten.

#### Toekomstige knelpunten

Geen knelpunten.

#### Oplossing knelpunten

N.v.t.



## Overzicht | Lpg

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – Er wordt concreet gewerkt aan een lpg-leiding van Rotterdam naar Chemelot.

#### Huidig netwerk

Geen bestaande buisleidingen voor lpg

#### Netwerk 2030 (indicatief)



#### Netwerk 2050

Identiek aan 2030

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

Er zijn momenteel geen bovenregionale buisleidingen die voor lpg gebruikt worden. Lpg wordt vanuit raffinaderijen per tanker getransporteerd naar tankstations en per spoor en schip naar naftakrakers.

#### Huidige knelpunten

N.v.t.

#### Toekomstige groei

2030 +10% 2050 -25 tot +45%

#### Modal shift

Met de aanleg van een lpg-leiding van Rotterdam naar Chemelot kan transport van een verwachte 450 kton/j per spoor en schip vermeden worden.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er wordt concreet gewerkt aan een lpg-leiding van Rotterdam naar Chemelot.

#### Toekomstige knelpunten

Geen grote groei van gebruik (bio)LPG als brandstof verwacht. Toename van gebruik lpg in Chemelot leidt tot knelpunten op het spoor (Brabantroute) en de binnenvaart.

#### Oplossing knelpunten

Het knelpunt rondom de aanvoer van lpg naar Chemelot kan als volgt worden opgelost:

- Aanleg nieuwe lpg-leiding van Rotterdam naar Chemelot.
- Aanleg nieuwe lpg-leiding van ander cluster naar Chemelot.
- Beperken lpg-gebruik naftakrakers Chemelot.

## Overzicht | Ethyleen

### SAMENVATTING

Geen nieuwe leidingen nodig – Er zijn geen bovenregionale knelpunten voorzien.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030

Identiek aan 2030

#### Netwerk 2050

Identiek aan 2050

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

De Nederlandse chemiesites zijn met elkaar verbonden via het ARG/RC2-netwerk. Op dit netwerk zitten meer dan 20 aanbieders en afnemers. Het netwerk loopt van de Maasvlakte naar Pernis, Moerdijk, Antwerpen, langs de Noord-Belgische chemiesites naar Chemelot en uiteindelijk naar het Ruhrgebied. Dow Terneuzen is via BASF Antwerpen ook aangesloten op het netwerk. Het netwerk wordt gebruikt voor de balancering tussen sites onderling; het grootste gedeelte van de geproduceerde ethyleen wordt lokaal verwerkt.

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten bekend.

#### Toekomstige groei

2030 +10% 2050 -25 tot +45%

#### Modal shift

Geen ethyleenstromen bekend die nu per weg/spoor/schip gaan en vervangen kunnen worden door een buisleiding.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe ethyleenleidingen geïdentificeerd.

#### Toekomstige knelpunten

Na de nieuwe ethaankraker van INEOS in Antwerpen worden er geen grote nieuwe investeringen in kraakcapaciteit in Europa meer verwacht. Mocht er toch sterke groei zijn, dan kunnen er knelpunten in het netwerk ontstaan. Uitbreiding van het netwerk is echter niet noodzakelijk of zelfs logisch.

#### Oplossing knelpunten

Bij knelpunten is het voor de hand liggend om de additionele vraag dichtbij extra aanbod te plaatsen. Daarnaast kan de bestaande trend van import van producten uit ethyleen vanuit het Midden-Oosten en Azië versterkt doorgezet worden.

## Overzicht | Propyleen

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – Er wordt concreet gewerkt aan een propyleenleiding van Rotterdam naar Chemelot.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030



#### Netwerk 2050

Identiek aan 2030

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

Dow heeft propyleenleidingen vanuit Terneuzen naar Rotterdam en Antwerpen. Shell heeft een propyleenleiding vanuit Pernis, via Moerdijk naar Antwerpen. Op het BASF-terrein in Antwerpen komen de netwerken van BASF, Dow en Shell samen.

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten geïdentificeerd.

#### Toekomstige groei

2030	+10%	2050	-25 tot +45%
------	------	------	--------------

#### Modal shift

Chemelot importeert nu zo'n 100 kton/j propyleen per spoor en schip.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn concrete plannen voor de aanleg van een propyleenleiding van Rotterdam naar Chemelot en verder naar het Ruhrgebied. Een koppeling met Antwerpen wordt onderzocht. De leiding heeft een beoogde capaciteit van 1.500 kton/j, wat met een boosterstation nog verdubbeld kan worden naar 3.000 kton/j. Dit is ruim voldoende om sluiting van een of beide krakers in Chemelot op te vangen.

#### Toekomstige knelpunten

Geen toekomstige knelpunten geïdentificeerd.

#### Oplossing knelpunten

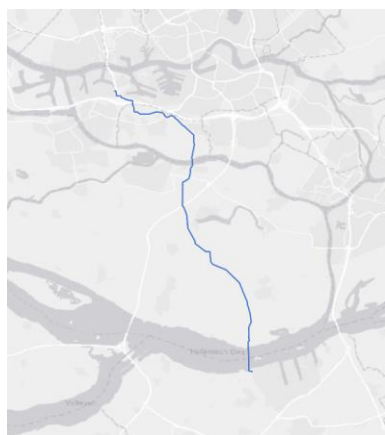
Bij knelpunten is het voor de hand liggend om de additionele vraag dichtbij extra aanbod te plaatsen.

## Overzicht | Buteen

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – Bij sterke groei van de kraakerdoorzet in Moerdijk zou de capaciteit van de buisleiding tussen Moerdijk en Pernis mogelijk onvoldoende worden.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030

Identiek aan huidig

#### Netwerk 2050

Identiek aan huidig

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

Shell bedrijft een buisleiding voor buteen tussen Pernis en Rotterdam. Buteen ontstaat bij het kraakproces in Moerdijk en wordt op de chemiefabriek in Pernis verwerkt.

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten.

#### Toekomstige groei

2030 +10% 2050 -25 tot +45%

#### Modal shift

Geen modal shift geïdentificeerd.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor de aanleg van nieuwe buteenleidingen geïdentificeerd.

#### Toekomstige knelpunten

In scenario's Europees en Internationaal is de capaciteit van de leiding mogelijk niet langer voldoende.

#### Oplossing knelpunten

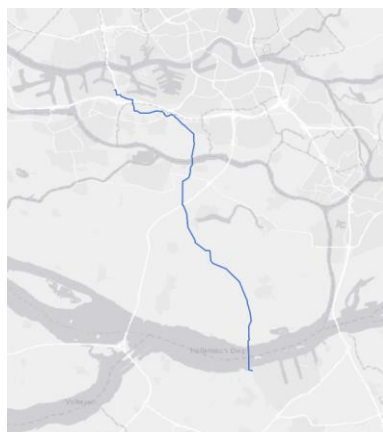
Overschotten buteen kunnen ook per schip afgevoerd worden.

## Overzicht | Ethyleenoxide

### SAMENVATTING

Geen nieuwe leidingen nodig – Er zijn geen bovenregionale knelpunten voorzien.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030

Identiek aan huidig

#### Netwerk 2050

Identiek aan huidig

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

Shell bedrijft een leiding voor ethyleenoxide (EO) van Moerdijk naar Pernis.

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten geïdentificeerd.

#### Toekomstige groei

2030 +10% 2050 -25 tot +45%

#### Modal shift

Geen mogelijkheden voor modal shift geïdentificeerd.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe ethyleenoxideleidingen geïdentificeerd.

#### Toekomstige knelpunten

Ook bij sterke groei van de ethyleenoxideketen is de huidige buisleidingcapaciteit waarschijnlijk toereikend.

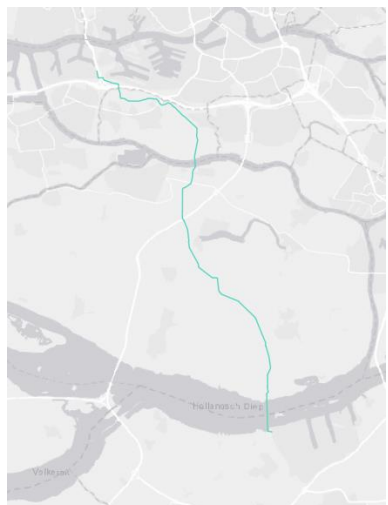
#### Oplossing knelpunten

N.v.t.

## Overzicht | Propyleenoxide

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – In de scenario's Europees en Internationaal is mogelijk een nieuwe buisleiding nodig van Moerdijk naar Pernis.

Huidig netwerk	Netwerk 2030	Netwerk 2050
	Identiek aan huidig	Identiek aan huidig

### ANALYSE

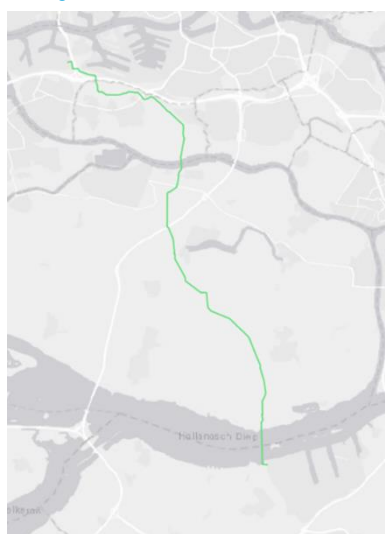
Omschrijving huidig netwerk	Shell bedrijft een buisleiding voor propyleenoxide tussen Moerdijk en Pernis. De propyleenoxide wordt geproduceerd in de SMPO-fabrieken in Moerdijk en bijna geheel verbruikt in Pernis.		
Huidige knelpunten	Geen knelpunten geïdentificeerd.		
Toekomstige groei	2030	+10%	2050 -25 tot +45%
Modal shift	Geen mogelijkheden voor modal shift geïdentificeerd.		
Plannen nieuwe buisleidingen	Er zijn geen plannen geïdentificeerd voor de aanleg van nieuwe leidingen voor propyleenoxide.		
Toekomstige knelpunten	In de scenario's Europees en Internationaal is de buisleidingcapaciteit van Moerdijk naar Pernis in 2050 niet meer toereikend.		
Oplossing knelpunten	Extra pompstation op huidige leiding, aanleg nieuwe leiding.		

## Overzicht | Isopreen

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – In de scenario's Europees en Internationaal is mogelijk een nieuwe buisleiding nodig van Moerdijk naar Pernis.

#### Huidig netwerk



#### Netwerk 2030

Identiek aan huidig

#### Netwerk 2050

Identiek aan huidig

### ANALYSE

#### Omschrijving huidig netwerk

Shell bedrijft een buisleiding voor isopreen tussen Moerdijk en Pernis. De isopreenfabriek in Pernis is in 2010 is ontmanteld, nu wordt de isopreen geëxporteerd (PBL, 2020).

#### Huidige knelpunten

Geen knelpunten geïdentificeerd.

#### Toekomstige groei

2030 +10% 2050 -25 tot +45%

#### Modal shift

Geen mogelijkheden voor modal shift geïdentificeerd.

#### Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe isopreenleidingen geïdentificeerd.

#### Toekomstige knelpunten

De exacte bezettingsgraad van de leiding is onbekend. Er wordt ervan uitgegaan dat er nog een beperkte restcapaciteit is, maar dat de capaciteit bij sterke groei niet langer voldoende is.

#### Oplossing knelpunten

- Hogere bedrijfsdruk of extra pompstation bestaande leiding.
- Afvoer via andere modaliteit.
- Aanleg extra leiding.

## Overzicht | Vinylchloride monomeer (VCM)

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – Er is mogelijk een nieuwe VCM-leiding van Tessenderlo naar Beek nodig.

Huidig netwerk



Netwerk 2030



Netwerk 2050



### ANALYSE

**Omschrijving huidig netwerk**

Vynova heeft een 4"-pijpleiding van haar VCM-fabriek in Tessenderlo (België) naar haar pvc-fabriek in Beek op het terrein van Chemelot. De afstand is 60 km, maar de leiding overschrijdt wel een landsgrens.

**Huidige knelpunten**

Vynova Beek kan maximaal 225 kton/j VCM verwerken, terwijl de capaciteit van de leiding zo'n 200 kton/j bedraagt als de leiding op maximale drukval wordt bedreven.

**Toekomstige groei**

<b>2030</b>	+10%	<b>2050</b>	-25 tot +45%
-------------	------	-------------	--------------

**Modal shift**

Geen modal shift geïdentificeerd. Shin-Etsu Botlek exporteert 150 kton/j VCM per schip, maar dat kan niet vervangen worden door een buisleiding.

**Plannen nieuwe buisleidingen**

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe VCM-leidingen geïdentificeerd.

**Toekomstige knelpunten**

Bij een verdere groei is de huidige buisleiding niet meer toereikend.

**Oplossing knelpunten**

Het knelpunt Tessenderlo-Beek kan op de volgende manieren worden opgelost:

- Beperken van de VCM-productie.
- Inzet pvc-recycalaat in plaats van virgin-VCM.
- Rerating van de leiding voor een hogere bedrijfsdruk.
- Installatie van een tussenliggend pompstation.
- Aanleg van een nieuwe buisleiding met hogere capaciteit.
- Transport met een andere modaliteit dan een buisleiding, bijv. per schip vanaf Rotterdam.



## Overzicht | Koolmonoxide

### SAMENVATTING

Geen nieuwe leidingen nodig – Geen toekomstige capaciteitsknelpunten verwacht.

Huidig netwerk	Netwerk 2030	Netwerk 2050
	Identiek aan huidig	Identiek aan huidig

### ANALYSE

Omschrijving huidig netwerk

De enige bovenregionale leiding voor koolmonoxide is de leiding van Air Liquide tussen Bergen op Zoom en Antwerpen. Zowel in Bergen op Zoom als in Antwerpen staat een productie-eenheid voor de beleving van respectievelijk Sabc Bergen op Zoom en BASF Antwerpen.

Huidige knelpunten

Een exacte inschatting van de benutting van de buisleiding is niet te maken vanwege ontbrekende data. Aangezien er zowel in Antwerpen als Bergen op Zoom een duidelijke koppeling is tussen een productielocatie en een afnemer, lijkt het aannemelijk dat de buisleiding meer dient voor de garantie van de leveringszekerheid en het opheffen van kleine balansverschillen op productielocaties dan voor het transporteren van een aanzienlijk deel van de vraag. De buisleidingcapaciteit is daarnaast aanzienlijk ten opzichte van het bekende lokale verbruik en productie.

Toekomstige groei

2030	2050
+10%	-25 tot +45%

Modal shift

Geen transporten van koolmonoxide bekend anders dan per buisleiding.

Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe koolmonoxideleidingen geïdentificeerd.

Toekomstige knelpunten

Gezien de verhouding tussen de capaciteit van de buisleiding en de lokale volumes worden ook in de toekomst geen knelpunten verwacht.


Oplossing knelpunten

Eventuele toekomstige knelpunten kunnen worden opgelost door de lokale productiecapaciteit op te hogen door debottlenecking of de bouw van een nieuwe installatie.

## Overzicht | Zuurstof

### SAMENVATTING

Geen nieuwe leidingen nodig – De aanleg van nieuwe provinciegrensoverschrijdende buisleidingen is niet aannemelijk.

Huidig netwerk	Netwerk 2030	Netwerk 2050
	Identiek aan huidig	Identiek aan huidig

### ANALYSE

Omschrijving huidig netwerk

Air Liquide heeft een buisleiding tussen Rotterdam en Antwerpen, met een aftakking in Moerdijk. Daarnaast liggen er grensoverschrijdende verbindingen van het netwerk van Air Liquide tussen België en Geleen.

Huidige knelpunten

Het is niet uitvoerbaar om de analyse van zuurstof op dezelfde manier te doen als de overige stoffen. Het zuurstofnetwerk heeft een groot aantal kleinere gebruikers in plaats van een klein aantal grotere gebruikers. Daarnaast wordt zuurstof gebruikt als hulpstof en niet als hoofdgrondstof. Er zijn dus geen openbare verbruiksgegevens te vinden.

Toekomstige groei

2030	+10%	2050	-25 tot +45%
------	------	------	--------------

Modal shift

Geen modal shift geïdentificeerd. Er is wel vervoer van vloeibare zuurstof over de weg, maar enkel distributie waarvoor een pijpleiding geen economisch haalbaar alternatief is.

Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe zuurstofleidingen geïdentificeerd.

**Toekomstige knelpunten**

Het is niet aannemelijk dat er in de toekomst additionele provinciegrensoverschrijdende buisleidingen voor zuurstof nodig zijn. De verwachting is dat de aanwezige provinciegrensoverschrijdende buisleidingen nog enige reservecapaciteit hebben.

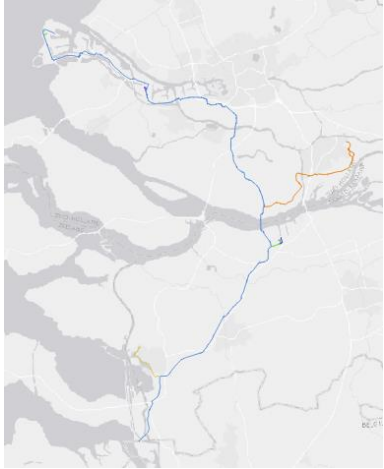
**Oplossing knelpunten**

De capaciteit van bestaande leidingen kan mogelijk verhoogd worden door de leidingdruk te verhogen of het installeren van extra compressorstations. De bouw van een nieuwe of uitbreiding van een bestaande lokale productiefaciliteit is waarschijnlijk economisch aantrekkelijker dan de aanleg of uitbreiding van provinciegrensoverschrijdende buisleidingen.

## Overzicht | Stikstof

### SAMENVATTING

Geen nieuwe leidingen nodig – De aanleg van nieuwe provinciegrensoverschrijdende buisleidingen is niet aannemelijk.

Huidig netwerk	Netwerk 2030	Netwerk 2050
	Identiek aan huidig	Identiek aan huidig

### ANALYSE

Omschrijving huidig netwerk

Air Liquide heeft een buisleiding tussen Rotterdam en Antwerpen, met aftakkingen naar Dordrecht, Moerdijk en Bergen op Zoom. Daarnaast ligt er een grensoverschrijdende verbindingen van het netwerk van Air Liquide tussen België en Geleen.

Huidige knelpunten

Het is niet uitvoerbaar om de analyse van stikstof op dezelfde manier te doen als de overige stoffen. Het stikstofnetwerk heeft een groot aantal kleinere gebruikers in plaats van een klein aantal grotere verbruikers. Daarnaast wordt stikstof gebruikt als utility en niet als hoofdgrondstof. Er zijn dus geen openbare verbruiksgegevens te vinden.

Toekomstige groei

	<b>2030</b>	+10%	<b>2050</b>	-25 tot +45%
--	-------------	------	-------------	--------------

Modal shift

Geen modal shift geïdentificeerd. Er is wel vervoer van vloeibare stikstof over de weg, maar enkel voor distributie waarvoor een pijpleiding geen economisch haalbaar alternatief is.

Plannen nieuwe buisleidingen

Er zijn geen plannen voor aanleg van nieuwe stikstofleidingen geïdentificeerd.

**Toekomstige knelpunten**

Het is niet aannemelijk dat er in de toekomst additionele provinciegrensoverschrijdende buisleidingen voor stikstof nodig zijn. De verwachting is dat de aanwezige provinciegrensoverschrijdende buisleidingen nog enige reservecapaciteit hebben.



**Oplossing knelpunten**

De capaciteit van bestaande leidingen kan mogelijk verhoogd worden door de leidingdruk te verhogen of het installeren van extra compressorstations. De bouw van een nieuwe of uitbreiding van een bestaande lokale productiefaciliteit is waarschijnlijk economisch aantrekkelijker dan de aanleg of uitbreiding van provinciegrensoverschrijdende buisleidingen.

## Overzicht | CO<sub>2</sub>

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – Er wordt concreet gewerkt aan een CO<sub>2</sub>-leiding van Chemelot naar Rotterdam, maar additionele volumes (vanuit het buitenland) zijn nodig voor commerciële levensvatbaarheid. In de volgende figuur zijn ook leidingen weergegeven vanuit Zeeland en Antwerpen naar Rotterdam. Deze leidingen zijn nog niet concreet in ontwikkeling en het is onzeker of zij er komen.

Huidig netwerk	Netwerk 2030 (indicatief)	Netwerk 2050 (indicatief)
		Identiek aan 2030

### ANALYSE

**Omschrijving huidig netwerk**

De enige bovenregionale CO<sub>2</sub>-leiding is de OCAP-leiding, die CO<sub>2</sub> van Rotterdam naar het Westland en Noord-Holland transporteert voor de glastuinbouw. Er is geen infrastructuur voor het vervoeren van CO<sub>2</sub> voor opslag.

**Huidige knelpunten**

Geen huidige knelpunten bekend

**Toekomstige groei**

<b>2030</b>	+13 tot 24 Mton/j	<b>2050</b>	+5 tot 26 Mton/j
-------------	-------------------	-------------	------------------

**Modal shift**

De volumes voor de glastuinbouw en voedselindustrie worden nu grotendeels per vrachtwagen getransporteerd. Daarnaast heeft Carbolim de mogelijkheid om CO<sub>2</sub> per rail te vervoeren, het is onbekend om welke volumes dit gaat. Kleinere CO<sub>2</sub>-bronnen waarvoor een buisleiding niet rendabel is, kunnen in de toekomst per schip, spoor of vrachtwagen worden verbonden met opslaglocaties.

**Plannen nieuwe buisleidingen**

Er is een concreet plan voor de aanleg van een CO<sub>2</sub>-leiding van Chemelot naar Rotterdam.

**Toekomstige knelpunten**

Voor de CCS-plannen in Rotterdam, Noord-Nederland en het Zesde Cluster zijn geen nieuwe bovenregionale buisleidingen nodig. Voor de afvoer vanuit Chemelot wordt een buisleiding overwogen, die echter alleen rendabel is met additionele volumes vanuit Duitsland. Daarnaast wordt afvoer van CO<sub>2</sub> per buisleiding vanuit Zeeland en/of Antwerpen naar Rotterdam serieus onderzocht.

**Oplossing knelpunten**

De volumes vanuit Chemelot kunnen afgevoerd worden met een nieuwe buisleiding vanuit Chemelot naar Rotterdam. Koppeling met Duitse volumes is noodzakelijk om de leiding financieel rendabel te maken.

Een alternatief is de afvoer per binnenvaartschip, zowel vanuit Chemelot als vanuit Duitsland.

## Overzicht | Ammoniak

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – De aanleg van een ammoniakleiding van Rotterdam via Chemelot naar het Ruhrgebied wordt verkend.

Huidig netwerk	Netwerk 2030 (indicatief)	Netwerk 2050 (indicatief)
Geen buisleidingen voor ammoniak.	Geen buisleidingen voor ammoniak.	

### ANALYSE


Omschrijving huidig netwerk	Er zijn nu geen bovenregionale leidingen voor ammoniak.			
Huidige knelpunten	Nvt.			
Toekomstige groei	2030	0 kton/j	2050	2,5 Mton/j, waarvan 1,5 Mton/j voor Chemelot
Modal shift	Er worden af en toe kleinere volumes ammoniak vervoerd tussen Rotterdam en Chemelot per spoor en/of schip. Bij aanleg van een ammoniakleiding zouden deze transporten komen te vervallen.			
Plannen nieuwe buisleidingen	De aanleg van een ammoniakleiding tussen Rotterdam, Chemelot en het Ruhrgebied wordt verkend.			
Toekomstige knelpunten	Nederland zou ammoniak kunnen importeren om de kunstmestproductie in Chemelot (en Zeeland) te verduurzamen. Daarnaast is het mogelijk om extra volumes te importeren voor verduurzaming van Duitse kunstmestfabrieken.			
Oplossing knelpunten	Met een nieuwe ammoniakleiding op het tracé Rotterdam-Chemelot-Ruhr kan de kunstmestindustrie haar fossiele productie vervangen door import van groene ammoniak.			



## Overzicht | Methanol

### SAMENVATTING

**Mogelijk nieuwe leidingen nodig** – De aanleg van een methanolleiding voor import in Rotterdam en doorvoer naar het Ruhrgebied is op termijn mogelijk interessant.

Huidig netwerk	Netwerk 2030 (indicatief)	Netwerk 2050 (indicatief)
Geen buisleidingen voor methanol.	Geen buisleidingen voor methanol.	

### ANALYSE

Omschrijving huidig netwerk	Er zijn nu geen bovenregionale leidingen voor methanol.			
Huidige knelpunten	N.v.t.			
Toekomstige groei	2030	0 kton/j	2050	660 kton/j
Modal shift	Transport van methanol vindt nu voornamelijk plaats per schip. Trajecten en volumes zijn ons niet bekend.			
Plannen nieuwe buisleidingen	De aanleg van een methanolleiding tussen Rotterdam en het Ruhrgebied wordt verkend.			
Toekomstige knelpunten	Nederland zou methanol kunnen importeren om de Duitse productie en gebruik van methanol te verduurzamen.			
Oplossing knelpunten	Met een nieuwe methanolleiding op het tracé Rotterdam-Ruhr kan de methanol-industrie haar fossiele productie vervangen door import van groene methanol.			

## F. Bezettingsgraad huidige buisleidingstroken

### F.1. Ligging buisleidingstroken

De ligging van de huidige buisleidingstroken is vastgelegd in de kaart met kenmerk NL.IMRO.0000.BZKsvGCBuisleiding-5000 op <https://www.ruimtelijkeplannen.nl/>. In Figuur 5-2 afbeelding is de ligging van de stroken weergegeven:

Figuur 5-2 - Overzichtskaartstructuurvisie Buisleidingen



## F.2. Maximale bezettingsgraad

De strookbreedte van de leidingstroken is ten hoogste 70 meter.<sup>10</sup> Per buisleiding is een 'belemmeringsstrook' noodzakelijk voor onderhoud, tenminste 5 meter aan weerszijden van de leiding, gemeten vanuit het hart van de leiding.<sup>11</sup> Op die manier passen er maximaal dertien buisleidingen in een leidingstrook. Er wordt ervan uitgegaan dat er risicobeperkende maatregelen zijn genomen voor buisleidingen in stroken op locaties met ruimtelijke belemmeringen, zodat de onderlinge afstand tussen de buisleidingen plaatselijk verkleind kan worden. Er wordt ervan uitgegaan dat het ook bij plaatselijk smallere stroken haalbaar is om dertien leidingen per strook te accommoderen.

## F.3. Actuele bezettingsgraad

De buisleidingstroken uit de Structuurvisie Buisleidingen zijn in de GIS-kaart van de overheid opgeknipt in 160 secties. De bezettingsgraad van de leidingstroken kan bepaald worden door de overlap tussen de strook en de leidingen van nationaal belang vast te stellen, inclusief aardgasleidingen.

Dit onderzoek beperkt zich tot een beknopte analyse voor de tracés waar nieuwe buisleidingen voorzien zijn. De overige tracés zijn niet geanalyseerd. Het is lastig om uitspraken te doen over de daadwerkelijke bezettingsgraad van de stroken omdat er veel leidingen slechts een kleine stukje in een strook liggen. In een gegeven sectie liggen bijvoorbeeld in totaal vijftien leidingen, maar er liggen slechts enkele leidingen over de volledige lengte van de strook. Om nauwkeuriger vast te stellen hoeveel leidingen er nog bij kunnen in een strook, is het noodzakelijk om de secties op te delen in naar schatting zo'n tien keer zoveel deelsecties. Dit is dusdanig intensief dat binnen het huidige project niet voor alle stroken de bezettingsgraad bepaald kunnen worden.

## F.4. Beschikbare ruimte

De beschikbare ruimte in de stroken is het verschil tussen de maximale bezettingsgraad van dertien leidingen en de actuele bezettingsgraad.

Dat er op papier nog ruimte in de strook is, wil echter niet zeggen dat nieuwe buisleidingen zonder knelpunten in de strook gelegd kunnen worden. Hier is een (uitgebreid) aanvullend onderzoek voor nodig, dat buiten de scope van het PEH valt, maar in hoofdlijnen bestaat uit een check op de bestemmingsplannen en een check op de daadwerkelijke bebouwing van de strook.

Gemeenten zijn conform artikel 2.9 van het Barro<sup>12</sup> verplicht om de voorkeurstracés vast te leggen in hun bestemmingsplannen op het moment dat het bestemmingsplan gewijzigd wordt. Zo lang het bestemmingsplan niet wordt gewijzigd, mag er dus gebouwd worden op de strook. Om te achterhalen of alle voorkeurstracés al correct in de bestemmingsplannen verwerkt zijn, moeten de bestemmingsplannen gecontroleerd worden van de gemeenten waar de voorkeurstracés doorheen lopen.

Dit kan op [www.ruimtelijkeplannen.nl/](http://www.ruimtelijkeplannen.nl/) door de loop van de voorkeurstracés af te lopen en de betreffende bestemmingsplannen individueel te bekijken. Gemeenten hebben de vrijheid om de ligging van de buisleidingstrook tot 250 meter links of rechts van de oorspronkelijke ligging aan te passen, dit moet ook blijken uit de bestemmingsplannen.

<sup>10</sup> Besluit algemene regels ruimtelijke ordening art. 2.9.2., lid 2.

<sup>11</sup> Besluit externe veiligheid buisleidingen, art. 14, lid 1.

<sup>12</sup> Besluit algemene regels ruimtelijke ordening - <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030378>

Naast een check op de bestemmingsplannen is het nodig om de actuele bebouwing van de strook vast te stellen. In de praktijk wordt niet altijd de gehele strookbreedte vrijgehouden. Het Barro regelt namelijk alleen dat er (na vastlegging van de dubbelbestemming buisleiding in het bestemmingsplan) geen *nieuwe* bebouwing op de strook mag komen, maar vereist niet dat *bestaande* bebouwing verwijderd wordt. Het is dus mogelijk dat er bebouwing te dicht op de strook of zelfs op de strook staat.

Sweco en Rijkswaterstaat hebben een ruimtelijke check gedaan voor het tracé van de Delta Rhine Corridor. Hieruit kwamen 26 knelpunten en 107 aandachtspunten naar voren, wat direct de noodzaak van een dergelijk onderzoek onderstreept. Het is aan te bevelen om eenzelfde controle uit te voeren voor alle buisleidingstroken, zodat een goed beeld ontstaat van de mogelijkheden en onmogelijkheden van het leggen van nieuwe leidingen in bestaande stroken. Dit voorkomt verrassingen bij een versnelling van de verduurzamingsplannen.

# Buisleidingen in PEH

Overkoepelend beeld waterstof, warmte en grondstoffen

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief

02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Chris Jongsma, Martha Deen, Joram Dehens

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

Dit document biedt een beknopt overzicht van alle nieuwe buisleidingen die in het PEH zijn opgenomen. Dit zijn buisleidingen voor aardgas/waterstof, voor warmte en voor grondstoffen. Deze notitie beschrijft welke ruimteclaim deze buisleidingen gezamenlijk hebben. Het voornaamste doel van de notitie is om ook die knelpunten in beeld te krijgen die alleen optreden als alle buisleidingen gezamenlijk beschouwd worden.

Omdat aardgas/waterstof, warmte en grondstoffen op inhoudelijk vlak een geheel eigen dynamiek hebben, zijn ze tot nu toe apart behandeld. In aparte notities per onderwerp zijn meer details te vinden.

In dit document schetsen we een totaaloverzicht aan de hand van de volgende vragen:

- Welke nieuwe buisleidingen zijn nodig?
- Welke nieuwe buisleidingen passen in de bestaande stroken?
- Waar moet additionele ruimte gereserveerd worden?

## Inhoudsopgave

0	Samenvatting	1
1	Welke nieuwe buisleidingen zijn nodig?	3
2	Welke nieuwe buisleidingen komen in bestaande stroken?	5
3	Waar moet additionele ruimte gereserveerd worden?	7
4	Conclusie: geen extra knelpunten door overlap	8



## 1 Welke nieuwe buisleidingen zijn nodig?

In Tabel 1-1 is een overzicht weergegeven van alle nieuwe buisleidingen die mogelijk worden voorzien in het PEH. De meeste leidingen zijn enkel nodig in een specifiek scenario of als er een specifieke structuurkeuze gemaakt wordt.

Tabel 1-1 - Totaal overzicht nieuwe buisleidingen en potentiële nieuwe buisleidingen

Stof	Van	Naar	Jaartal	Scenario
Waterstof	Eemshaven	Aansluiting op backbone	Onbekend	SK Nationaal (Aansluiting elektrolyzers bij aanlanding WoZ in Eemshaven)
Waterstof	Sloegebied	Vlissingen (aansluiting op RIB Zeeland)	Onbekend	SK Nationaal, NE Nationaal, NE Regionaal, NE Internationaal (Aansluiting elektrolyzers)
Waterstof	Middenmeer	Compressorstation Wieringermeer of station Oudelandertocht	Onbekend	NE Nationaal (Aansluiting elektrolyzers)
Waterstof	Den Helder	Balgzand, Julianadorp/ Callantsoog of Anna Paulowna	Onbekend	NE Nationaal (Aansluiting elektrolyzers bij aanlanding WoZ in Middenmeer)
Waterstof	Simonshaven/Botlek	M&R Vondelingenplaat of een industrie-GOS in de Botlek	Onbekend	SK Nationaal (Aansluiting elektrolyzers bij aanlanding WoZ in Simonshaven)
Waterstof	Maasvlakte	Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam	Onbekend	NE Nationaal (Aansluiting elektrolyzers)
Waterstof	Maasbracht	GOS Clauscentrale	Onbekend	Structuurkeuze diepe aanlanding WoZ (Aansluiting elektrolyzers bij clustering in Maasbracht)
Waterstof	Terneuzen	Aansluiting Dow Terneuzen	Onbekend	Structuurkeuze spreiding van aanlanding WoZ (Aansluiting elektrolyzers bij aanlanding WoZ in Terneuzen)
Waterstof	IJmond	Aansluiting op terrein Tata Steel of compressorstation Beverwijk	Onbekend	(Aansluiting elektrolyzers bij aanlanding WoZ in IJmond)
Waterstof	Chemelot	M&R Sanderbout	Onbekend	Structuurkeuze diepe aanlanding WoZ (Aansluiting elektrolyzers bij aanlanding WoZ in Maasbracht en clustering elektrolyzers in Chemelot)
Waterstof	Geertruidenberg	GOS Amercentrale; voedingsstation Waalwijk; industrie GOS bij Klundert	Onbekend	NE Nationale Sturing (Aansluiting nieuwe elektrolyzers bij diepe aanlanding)
Waterstof	Diemen	GOS Diemen-centrale	Onbekend	Structuurkeuze diepe aanlanding WoZ (Aansluiting elektrolyzers bij clustering in Diemen)
Waterstof	Bergum	Aansluiting op backbone	Onbekend	Extra leiding nodig bij plaatsing extra centrale naast de huidige
Waterstof	Maasbracht	Aansluiting op backbone	Onbekend	
Waterstof	Sloegebied	Aansluiting op backbone	Onbekend	
Waterstof	Diemen	Aansluiting op backbone	Onbekend	
Waterstof	Lelystad	Ommen	Onbekend	
Waterstof	Eemshaven	Aansluiting op backbone	Onbekend	

Stof	Van	Naar	Jaartal	Scenario
Waterstof	Rotterdam/ Maasvlakte	Aansluiting op backbone	Onbekend	Extra leiding nodig bij plaatsing meerdere extra centrales naast de huidige
Waterstof	UGS Grijskerk	Tripscompagnie	Na 2030	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen
Waterstof	UGS Norg	Tripscompagnie	Na 2030	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen
Waterstof	PGI Alkmaar	SVB-strook nabij Alkmaar	Na 2030	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen
Waterstof	UGS Bergermeer	SVB-strook nabij Alkmaar	Na 2030	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen
Waterstof	Oud-Beijerland-Zuid	Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam (mogelijk Gasunie mengstation Pernis)	Na 2030	Aansluiting opslag in lege gasvelden
Waterstof	Verschillende locaties in Groningen/Drenthe/Friesland	Aansluiting op backbone	Na 2030	SK Europees, SK Nationaal (Aansluiting opslag in zoutcavernes)
Waterstof	Grijskerk	Aansluiting op backbone	Na 2030	SK Europees (Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen)
Waterstof	Zuidwending	Aansluiting op backbone (vanaf SVB-strook Groningen Ommen)	Onbekend	NE Europees, NE Nationaal (Aansluiting opslag in zoutcavernes)
Waterstof	Rotterdam	Chemelot/Ruhr 1 <sup>e</sup> leiding	Voor 2030	Import voor wederexport
Waterstof	Rotterdam	Chemelot/Ruhr 2 <sup>e</sup> leiding	Na 2030	Import voor wederexport
Warmte	Dordrecht	Breda	Voor 2030	Restwarmte
Warmte	Lage Zwaluwe	Breda	Voor 2030	Geothermie
Warmte	Regio Rotterdam, tracé onbekend		Voor 2030	Restwarmte, Geothermie
Warmte	Rotterdam	Den Haag	Voor 2030	Restwarmte
Warmte	Rotterdam	Leiden	Voor 2030	Geothermie
Warmte	Alkmaar	Amsterdam	Voor 2030	Restwarmte, Geothermie
Warmte	Purmerend	Amsterdam	Voor 2030	Restwarmte, Geothermie
Warmte	Regio Amsterdam, tracé onbekend		Voor 2030	Restwarmte, Geothermie
Warmte	Land van Cuijk	Nijmegen	Voor 2030	Restwarmte, Geothermie
Warmte	Ede	Arnhem	Voor 2030	Restwarmte
Warmte	Delfzijl	Groningen	Voor 2030	Restwarmte
Warmte	Het Hoge Land	Groningen	Voor 2030	Geothermie
Warmte	Helmond	Eindhoven	Voor 2030	Geothermie
Kerosine	Klaphek (Utrecht)	Eindhoven	Na 2030	Europees, Internationaal
Kerosine	Rotterdam	Venlo	Na 2030	Import voor wederexport
LPG	Rotterdam	Chemelot	Voor 2030	Alle
Propeen	Rotterdam	Chemelot	Voor 2030	Alle
Buteen	Moerdijk	Pernis	Na 2030	Europees, Internationaal
Ethyleenoxide	Moerdijk	Pernis	Na 2030	Europees, Internationaal
Propyleenoxide	Moerdijk	Pernis	Na 2030	Europees, Internationaal
Isopreen	Moerdijk	Pernis	Na 2030	Europees, Internationaal
VCM	Tessenderlo (BE)	Chemelot	Voor 2030	Alle
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam, 1 <sup>e</sup> leiding	Voor 2030	Alle
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam, 2 <sup>e</sup> leiding	Na 2030	Import voor wederexport
CO <sub>2</sub>	Zeeland	Rotterdam	Na 2030	Europees, Internationaal
CO <sub>2</sub>	Antwerpen	Rotterdam	Na 2030	Import voor wederexport
Ammoniak	Rotterdam	Chemelot	Na 2030	Import voor wederexport
Methanol	Rotterdam	Venlo	Na 2030	Import voor wederexport

## 2 Welke nieuwe buisleidingen komen in bestaande stroken?

Voor buisleidingen die in bestaande stroken komen, is geen ruimte nodig als de betreffende strook nog voldoende ruimte biedt.

Buisleidingen voor warmte mogen niet worden aangelegd in de SVB-stroken. Deze stroken zijn immers gereserveerd voor het bovenregionale vervoer van gevaarlijke stoffen en warmte in de vorm van warm en koud water is geen gevaarlijke stof. De warmteleidingen zullen dus op nieuwe tracés moeten worden aangelegd.

Bijna alle grondstofbuisleidingen worden aangelegd in de SVB-stroken. Enkel de verzwaring van de kerosineleiding Klaphek-Eindhoven en de VCM-leiding Tessenderlo-Geleen liggen buiten de bestaande stroken.

De genoemde waterstofleidingen in Tabel 1-1 zijn ontwikkelrichtingen. Het exacte tracé is nog niet bekend en daarmee is het voor sommige leidingen ook niet zeker of ze wel of niet in een SVB-strook komen te liggen. In Tabel 2-1 is de ligging van de beoogde waterstofleidingen in meer detail weergegeven. Bijna alle leidingen betreffen aansluitleidingen, die vrijwel per definitie niet in een SVB-strook liggen, omdat het juist gaat om de leiding naar de hoofdleiding toe. De hoofdleidingen liggen vaak, maar niet altijd in SVB-stroken, de aansluitleidingen liggen er dus vrijwel altijd buiten. Enkel de mogelijke aansluitleiding naar het NAM-veld Oud-Beijerland-Zuid zou vrijwel geheel in SVB-stroken komen te liggen. Voor veel van de andere aansluitleidingen geldt dat ze weliswaar buiten een SVB-strook zouden komen te liggen, maar wel parallel aan een bestaande aardgasleiding. De bestaande reserveringen van deze gasleidingen zou uitgebreid kunnen worden om ook alvast ruimte voor de nieuwe leidingen te reserveren.

Tabel 2-1 - Totaal overzicht nieuwe buisleidingen en potentiële nieuwe buisleidingen

Stof	Van	Naar	SVB-strook?	Aantal nieuwe leidingen	Huidig aantal leidingen	Beschikbare ruimte	Voldoende ruimte?
Waterstof	Eemshaven	Aansluiting op backbone	Nee				Betreft aansluitleiding naar hoofdleiding toe
Waterstof	Sloegebied	Vlissingen (aansluiting op RIB Zeeland)					
Waterstof	Middenmeer	Compressorstation Wieringermeer of station Oudelandertocht					
Waterstof	Den Helder	Balgzand, Julianadorp/ Callantsoog of Anna Paulowna					
Waterstof	Simonshaven/Botlek	M&R Vondelingenplaat of een industrie-GOS in de Botlek					
Waterstof	Maasvlakte	Aansluiting op Waterstofnetwerk Rotterdam					
Waterstof	Maasbracht	GOS Clauscentrale					

Stof	Van	Naar	SVB-strook?	Aantal nieuwe leidingen	Huidig aantal leidingen	Beschikbare ruimte	Voldoende ruimte?					
Waterstof	Terneuzen	Aansluiting Dow Terneuzen										
Waterstof	IJmond	Aansluiting op terrein Tata Steel of compressorstation Beverwijk										
Waterstof	Chemelot	M&R Sanderbout										
Waterstof	Geertruidenberg	GOS Amercentrale; voedingsstation Waalwijk; industrie GOS bij Klundert										
Waterstof	Diemen	GOS Diemen-centrale										
Waterstof	Eemshaven	Aansluiting op backbone	Nee			Aansluitleiding parallel aan bestaande aardgasleiding, gelegen buiten SVB-strook						
Waterstof	Diemen	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Rotterdam/Maasvlakte	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Eemshaven	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Sloe-gebied	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Bergum	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Maasbracht	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Lelystad	Ommen	Nee			Betreft aansluitleiding naar hoofdleiding toe						
Waterstof	Verschillende locaties in Groningen/Drenthe/Friesland	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Grijpskerk	Aansluiting op backbone										
Waterstof	Zuidwending	Aansluiting op backbone (vanaf SVB-strook Groningen Ommen)										
Waterstof	UGS Grijpskerk	Tripscompagnie										
Waterstof	UGS Norg	Tripscompagnie										
Waterstof	PGI Alkmaar	SVB-strook nabij Alkmaar										
Waterstof	UGS Bergermeer	SVB-strook nabij Alkmaar										
Waterstof	Oud-Beijerland-Zuid	Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam (mogelijk Gasunie mengstation Pernis)						Ja <sup>1</sup>	1	4	9	Ja

<sup>1</sup> De gegeven getallen gelden voor de SVB-strook van Oud-Beijerland-Zuid in oostelijke richting tot aan de kruising met de leidingstraat van LSNed. We gaan ervan uit de rest van het tracé, tot aan Pernis, via de leidingstraat van LSNed loopt. De leidingstraat van LSNed biedt voldoende ruimte, voor meer details zie notitie overige buisleidingen.

Stof	Van	Naar	SVB-strook?	Aantal nieuwe leidingen	Huidig aantal leidingen	Beschikbare ruimte	Voldoende ruimte?
Waterstof	Rotterdam	Chemelot/ Ruhr 1 <sup>e</sup> leiding	Ja	Voldoende ruimte in strook, voor details zie bespreking in document overige buisleidingen.			

### 3 Waar moet additionele ruimte gereserveerd worden?

Er moet ruimte gereserveerd worden in de volgende twee situaties:

- De beoogde buisleiding volgt (deels) een ander tracé dan de SVB-stroken en kan dus niet in een strook aangelegd worden.
- De betreffende SVB-strook<sup>2</sup> is vol. Er is een reservering nodig voor uitbreiding of een nieuwe strook op hetzelfde tracé.

Alle warmteleidingen, de aansluitleidingen voor waterstof, de kerosineleiding Klaphek-Eindhoven en de VCM-leiding Tessenderlo-Geleen liggen buiten de stroken. Als deze leidingen ontwikkeld worden, zal er dus additionele ruimte gereserveerd moeten worden. Deze leidingen zijn allemaal in verschillende stadia van concreetheid, maar voor geen van de leidingen is de noodzaak voor de leiding en de ligging van het tracé al zo zeker dat er concreet ruimte gereserveerd kan worden. De leidingen buiten de stroken moeten dus gezien worden als ontwikkelrichting.

De overige leidingen liggen grotendeels in de stroken en hebben hoogstens lokale ruimtelijke reserveringen nodig op kleinere stukken van het tracé. Hoewel er namelijk geen SVB-stroken zijn die onvoldoende ruimte hebben voor de nieuwe buisleidingen, treden er wel lokale knelpunten op, zoals de tunnel onder het Hollands Diep bij Moerdijk. Het Rijk zal de desbetreffende projecten ondersteunen in het oplossen van deze lokale knelpunten.

Daarnaast biedt het tracé Moerdijk-Venlo-Chemelot op zich voldoende ruimte voor de geplande buisleidingen, maar kan de inpassing van meerdere nieuwe buisleidingen wel problemen opleveren, omdat de strook niet overal vrij is gehouden van bebouwing.

Tenslotte zijn er enkele kleinere delen in het tracé Venlo-Chemelot die niet de (dubbel)bestemming buisleidingen hebben. Deze ruimte zal alsnog gereserveerd moeten worden.

Voor de Delta Corridor geldt dat deze inmiddels onder de Rijkscoördinatieregeling is gebracht<sup>3</sup>. De inpassing ligt dus al bij het Rijk, een aparte reservering in het PEH is dus niet strikt noodzakelijk om de ruimtelijke reserveringen te borgen.

<sup>2</sup> Een strook voor buisleidingen die gevaarlijke stoffen vervoeren, zoals vastgelegd in de Structuurvisie Buisleidingen.

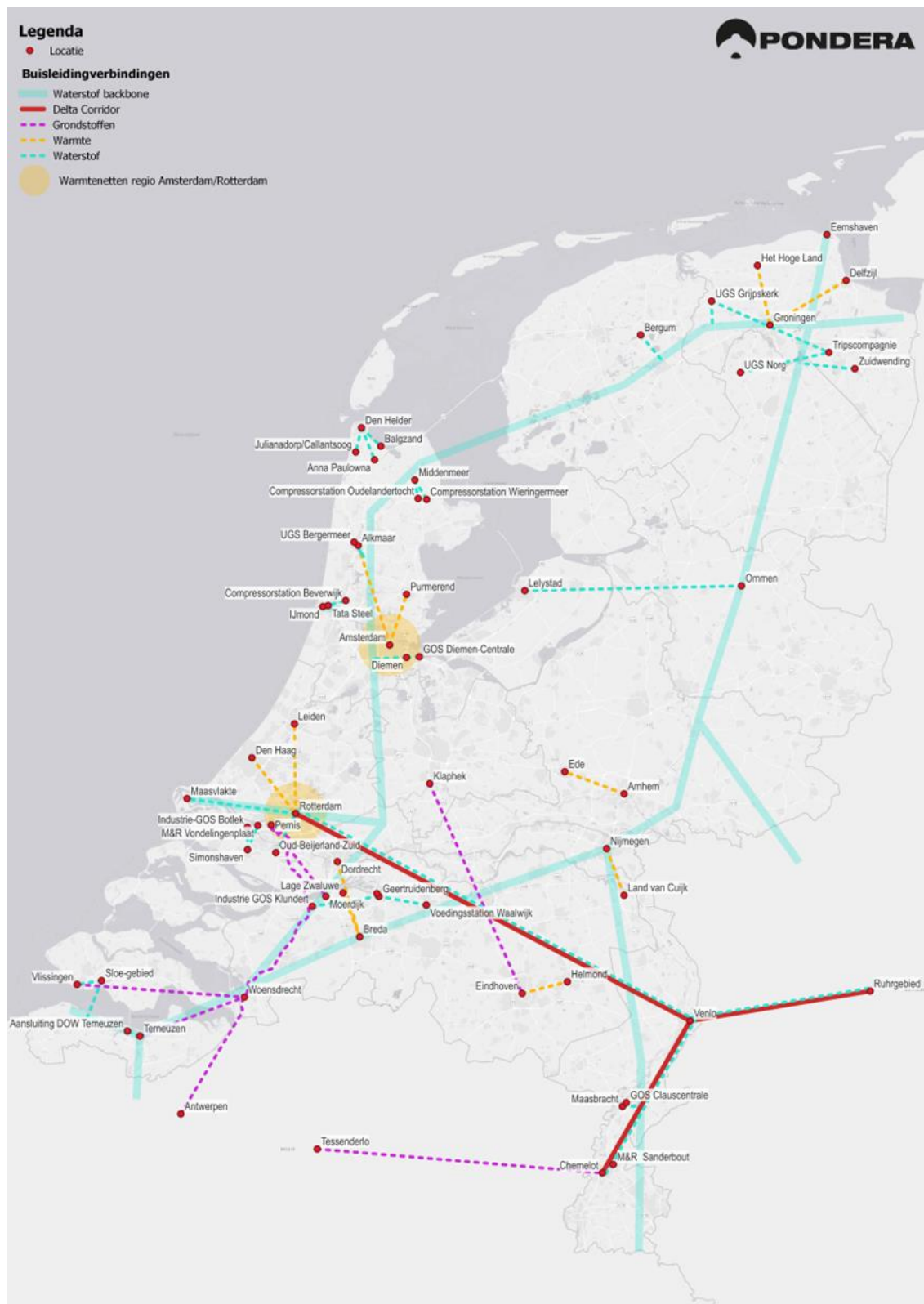
<sup>3</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/09/09/besluit-toepassing-van-de-rijkscoördinatieregeling-op-de-delta-corridor>

## 4 Conclusie: geen extra knelpunten door overlap

Alleen op het tracé Pernis-Moerdijk komen leidingen te liggen vanuit meerdere thematische analyses. Op het tracé zijn tot dertien grondstofleidingen gepland en twee waterstofleidingen. Er is voldoende ruimte op het tracé voor het gezamenlijke aantal van maximaal vijftien nieuwe leidingen, al zijn er lokaal wel knelpunten bij tunnels en bruggen. Deze knelpunten zijn er ook als alleen die dertien grondstofleidingen beschouwd worden, dus er ontstaan geen nieuwe knelpunten door de optelsom van de grondstof- en waterstofleidingen.

In Figuur 4-1 zijn alle nieuwe leidingen weergegeven die mogelijk voorzien worden in het PEH. De kleur geeft aan welke stof(groep) er door de leiding stroomt, een stippel- of solide lijn geeft aan of het gaat om een ontwikkelrichting of een al lopend concreet project.

Figuur 4-1 - Overzichtskaart ruimtelijke reserveringen en ontwikkelrichtingen



Oranje - warmte; Blauw – waterstof; Paars – grondstof; Gestippeld – ontwikkelrichting; Solide – Ruimtelijke reservering.

# BIJLAGE VI Knelpuntenanalyse 2050

Op basis van doorrekeningen netbeheerders

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief

02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

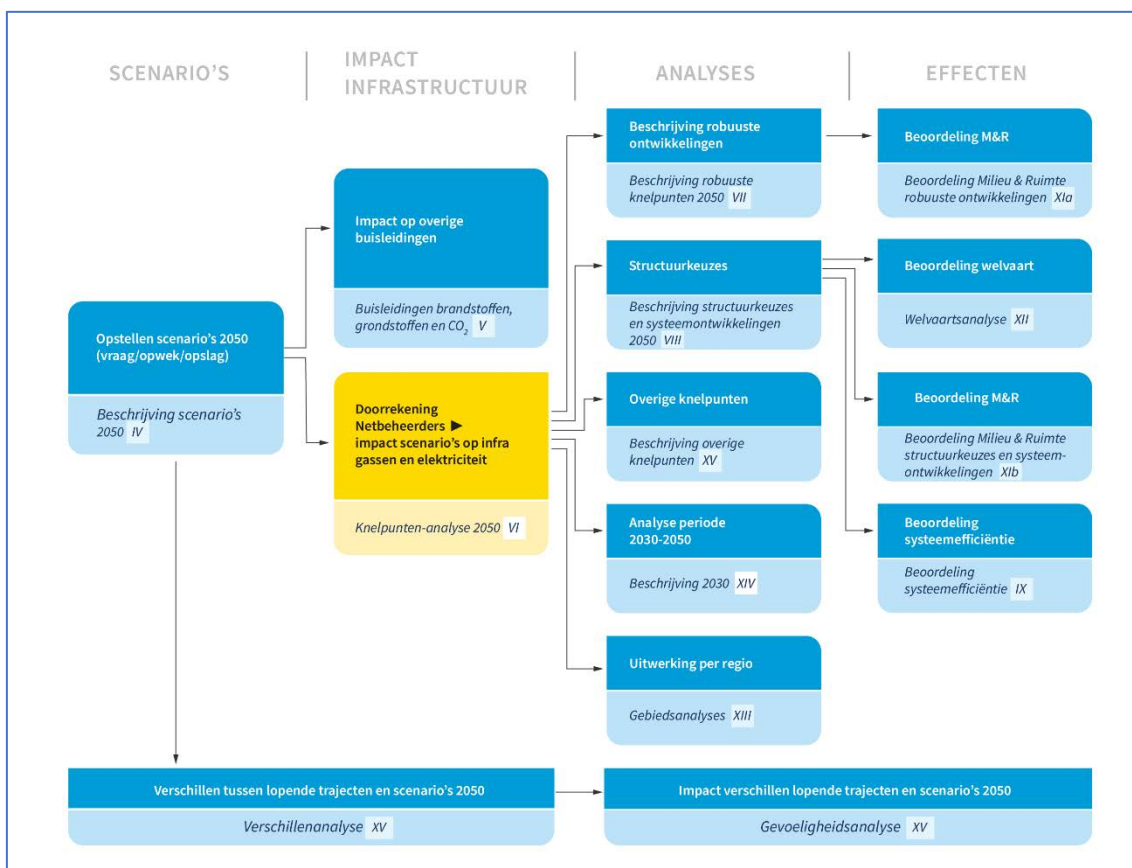
## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage VI, *Knelpuntenanalyse 2050*, worden de resultaten van de doorrekening van de scenario's door de netbeheerders gepresenteerd. Op basis van deze doorrekeningen wordt een inschatting gemaakt van de benodigde energie-infrastructuur voor elk van de scenario's. Dit is de tweede stap in het onderzoek, na het opstellen van de scenario's en staat daarom redelijk links in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen. Op basis van de knelpuntenanalyse worden verdere analyses gedaan van de robuuste knelpunten en ontwikkelingen, structuurkeuzes, overige knelpunten en de periode 2030-2050 (*Bijlagen VII, VIII, XIV en XVI*).

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Introductie _____	3
<b>2</b>	<b>Methodiek doorrekening</b>	<b>3</b>
2.1	Flexdoorrekening _____	3
2.2	Hoogspanningsnetten _____	6
2.3	Gastransportnetten _____	10
2.4	Regionale netten _____	11
<b>3</b>	<b>Resultaten flexdoorrekeningen</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Resultaten hoogspanningsnetten</b>	<b>12</b>
4.1	Hoogspanningsverbindingen _____	12
4.2	Hoogspanningsstations _____	17
<b>5</b>	<b>Resultaten gastransportnetten</b>	<b>21</b>
5.1	Waterstofnet _____	21
5.2	Methaannet _____	23
5.3	Shortlist van knelpunten in het waterstofnet _____	23
<b>6</b>	<b>Resultaten regionale netten</b>	<b>25</b>
6.1	Elektriciteitsnetten _____	25
6.2	Gasnetten _____	27
<b>A.</b>	<b>Oplossingsrichtingen elektriciteit</b>	<b>28</b>
A.1.	Scope _____	28
A.2.	Verbindingen en transformatoren _____	29
A.3.	Nieuwe velden _____	31
<b>B.</b>	<b>Oplossingsrichtingen waterstof</b>	<b>31</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

Om te bepalen hoe het energiesysteem er in 2050 uitziet en welke (ruimtelijke) keuzes hierin gemaakt kunnen worden zijn er zeven scenario's opgesteld. Vier scenario's, de Nederland Energieland-scenario's, zijn direct overgenomen vanuit de Integrale Infrastructuurverkenning I13050 (Netbeheer Nederland, 2021). Daarnaast zijn voor de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) twee ruimtelijke varianten toegevoegd op de I13050-scenario's, dit worden de Sterke Knopen-scenario's genoemd. Ook is één scenario met kernenergie toegevoegd. Deze wordt het Zeer Sterke Knopen-scenario genoemd. De scenario's worden uitgebreid omschreven in de Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*.

In de zeven scenario's die gehanteerd worden zijn aannames gemaakt over de ontwikkeling van vraag en hernieuwbaar aanbod van energie in 2050, opgesplitst naar sector, energiedrager en locatie (zie Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*).

Op basis van de zeven scenario's die opgesteld zijn, hebben de netbeheerders berekend hoeveel regelbare centrales, opslag en conversie noodzakelijk is voor een robuust energiesysteem. Dit worden de flexdoorrekeningen genoemd. Daarnaast berekenen de netbeheerders welke eventuele knelpunten optreden in de energie-infrastructuur. Dit wordt de knelpuntenanalyse genoemd. Vanwege de scope van het PEH worden alleen integrale doorrekeningen gedaan van de nationale energie-infrastructuur, dus de hoogspanningsnetten en de nationale gasinfrastructuur (waterstof en groengas). Er wordt wel een globale berekening gedaan van de effecten op de regionale elektriciteitsnetten. Voor warmte-infrastructuur en overige buisleidingen worden losse analyses gedaan. Voor zowel de flexdoorrekeningen en de knelpuntenanalyse is de methodologie die ontwikkeld is voor I13050 gebruikt (Netbeheer Nederland, 2021).

In deze bijlage worden de doorrekeningen door de netbeheerders besproken. In hoofdstuk 2 wordt de methodiek besproken die is gehanteerd voor de doorrekeningen. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de flexdoorrekeningen besproken. Vervolgens wordt de knelpuntenanalyse voor het hoogspanningsnet (hoofdstuk 4), de gastransportnetten (hoofdstuk 5) en de regionale netten (hoofdstuk 6) besproken.

## 2 Methodiek doorrekening

### 2.1 Flexdoorrekening

Voor een robuust energiesysteem is het noodzakelijk dat vraag en aanbod van energie op elk moment van het jaar gelijk zijn, voor elke energiedrager. Hiervoor is flexibiliteit in het energiesysteem nodig.

De netbeheerders voeren een jaarrondrekening uit om de behoefte aan flexibiliteit in te schatten. Hier wordt voor elk uur in het jaar en voor elke energiedrager de vraag en het niet-regelbare aanbod van energie bepaald. De onbalans tussen vraag en niet-regelbare aanbod moet vervolgens opgevangen worden met vraagsturing, regelbare productie, opslag of import/export. De soorten flex die meegenomen worden zijn:

- vraagsturing;
- elektriciteitscentrales (regelbare productie);
- elektrolyzers (regelbare productie);
- opslag elektriciteit;

- opslag waterstof en methaan;
- import/export elektriciteit;
- import/export waterstof en methaan.

De inzet van de bovenstaande technieken op elk moment hangt ervan af of er overschotten (niet-regelbare productie groter dan vraag) of tekorten (niet-regelbare productie kleiner dan vraag) zijn. Daarnaast werken de verschillende flexibiliteitsmechanismen op verschillende tijdschalen. Hieronder wordt voor elk van de flexibiliteitsmechanismen omschreven hoe deze meegenomen worden.

### 2.1.1 Vraagsturing

Vraagsturing kan helpen bij het balanceren van vraag en aanbod doordat de vraag hierdoor beter aansluit bij de niet-regelbare productie. Voorbeelden van vraagsturing zijn hybride inzet van power-to-heat in combinatie met gasinstallatie, waarbij industriële bedrijven overschakelen van gasinstallaties naar elektrische installaties op momenten met veel productie van zon en wind, en slim laden waarbij laadpieken uitgesmeerd worden over de dag.

Vraagsturing is gemodelleerd in het Energietransitiemodel<sup>1</sup>. Deze vorm van flex wordt als eerste ingezet in de modellering en de vraagprofielen (vraag per uur) worden hierdoor aangepast.

### 2.1.2 Opslag elektriciteit

Om vraag en aanbod te balanceren is opslag van elektriciteit met batterijen noodzakelijk. Deze batterijen worden ingezet om kortetermijnnonbalans tussen vraag en aanbod van elektriciteit op te vangen. De tijdschaal van de inzet van de batterijen is enkele uren<sup>2</sup>. Batterijen zijn niet geschikt voor het opvangen van langetermijnnonbalans tussen vraag en aanbod. Hier worden elektrolyzers (bij aanbodoverschot) en regelbare centrales (bij aanbodtekort) voor ingezet.

### 2.1.3 Elektriciteitscentrales

Om de leveringszekerheid in het toekomstige, klimaatneutrale energiesysteem te garanderen is een grote hoeveelheid regelbaar vermogen nodig. Deze regelbare elektriciteitscentrales moeten elektriciteit leveren op momenten dat er te weinig productie is van windturbines en zonnepanelen. Door elektrificatie van de vraag neemt het vermogen dat nodig is aan regelbare centrales in de toekomst zelfs toe, van ongeveer 20 GW nu naar 33 tot 36 GW in 2050. Deze centrales zullen echter wel fors minder draaiuren maken dan de huidige centrales, waardoor de totale productie lager ligt.

De regelbare centrales draaien in de scenario's op waterstof of groengas. Er zijn verschillende soorten regelbare centrales nodig. Er zijn grootschalige CCGT4F-centrales<sup>3</sup> nodig die relatief veel draaiuren maken en een hogere efficiëntie hebben. Daarnaast zijn piekeenheden nodig (OCGT of GT6F<sup>4</sup>) die bijspringen op momenten van forse tekorten en daarmee minder draaiuren maken. Dit type regelbare centrale heeft een lagere efficiëntie.

<sup>1</sup> Het [Energietransitiemodel van Quintel](#) kan gebruikt worden om mogelijke toekomstige energiescenario's te modelleren.

<sup>2</sup> Hiermee wordt bedoeld dat een batterij enkele uren achter elkaar kan opladen of ontladen en daarmee alleen overschotten of tekorten binnen een dag kan opvangen.

<sup>3</sup> Combined Cycle Gas Turbine.

<sup>4</sup> Open Cycle Gas Turbine of Gasturbine.

De benodigde hoeveelheid elektriciteitscentrales is bepaald op basis van de 'tekorten' aan elektriciteit. Deze tekorten komen overeen met het gedeelte van de elektriciteitsvraag dat niet ingevuld kan worden met wind en zon (na toepassing van batterijen). Per uur wordt de benodigde inzet van elektriciteitscentrales bepaald. Het benodigde vermogen aan elektriciteitscentrales komt overeen met het uur in het jaar met de grootste benodigde inzet. Dit komt overeen met een moment met veel elektriciteitsvraag en amper hernieuwbare productie, oftewel een bewolkte, windluwe winterdag.

#### 2.1.4 Elektrolyzers

Elektrolyzers hebben in de modellering een systeemfunctie doordat ze overschotten van elektriciteit omzetten in waterstof. De elektrolyzers zetten alle overschotten van elektriciteit (na inzet van batterijen en curtailment<sup>5</sup>) om in waterstof.

##### **Inzet elektrolyzers**

In de scenario's wordt aangenomen dat elektrolyzers op land ingezet worden op momenten dat er overschotten zijn van elektriciteit (als hernieuwbaar aanbod groter is dan de vraag). In sommige trajecten, zoals CES'sen, wordt uitgegaan van continue productie van elektrolyzers. Dit wordt niet meegenomen in de modellering. Continue productie van elektrolyzers op zee, die direct gekoppeld zijn aan windparken, worden wel meegenomen.

#### 2.1.5 Opslag waterstof en methaan

Om vraag en aanbod van waterstof en methaan te balanceren is opslag noodzakelijk. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen kortetermijn- en langetermijnopslag. Overschotten van waterstof of methaan worden opgeslagen op geschikte ondergrondse locaties, zoals zoutcavernes of huidige gasopslagen. Bij tekorten wordt de benodigde waterstof of methaan uit opslagen gehaald.

##### **Optimaal gebruik opslagcapaciteit voor balancering**

De gehanteerde modellering is niet gericht op het optimaal gebruiken van de opslagcapaciteit, de vraag naar opslag ontstaat door een disbalans in vraag en aanbod. De totale som aan vraag naar opslag wordt ingevuld met een aantal zoutcavernes, en/of lege gasvelden. Bij een optimalisatie rondom opslag (inzet vraag-aanbodsturing; vaker inzetten van elke opslag) kan de vraag naar opslag aanzienlijk minder zijn dan wat uit de modellering volgt (1,5-2,9 TWh) (DNVGL, 2020). Daarmee wordt de benodigde opslagcapaciteit in de gehanteerde scenario's mogelijk overschat.

#### 2.1.6 Import/export elektriciteit

De import en export van elektriciteit wordt gestuurd door prijsverschillen voor elektriciteit tussen landen. Deze prijsverschillen hangen af van de vraag en het hernieuwbare aanbod van elektriciteit in elk land. Een marktmodellering is toegepast om de import en export van elektriciteit te bepalen.

<sup>5</sup> Ten tijde van grote overschotten van elektriciteit wordt een deel van de elektriciteit 'weggegooid'. Het is namelijk niet rendabel om al deze elektriciteit op te slaan of om te zetten in waterstof. Dit wordt curtailment genoemd. De hoeveelheid elektriciteit die weggegooid wordt met curtailment is beperkt. Het gaat om ongeveer 5% van de totale elektriciteitsproductie (Netbeheer Nederland, 2021).

### 2.1.7 Import/export waterstof en methaan

Bij de modellering wordt aangenomen dat het deel van de vraag naar waterstof of methaan, dat niet ingevuld kan worden met binnenlandse productie en opgeslagen methaan/waterstof, geïmporteerd wordt. De import op jaarbasis is dus gelijk aan de vraag minus de binnenlandse productie. In de modellering wordt aangenomen dat het hele jaar door import plaatsvindt.

## 2.2 Hoogspanningsnetten

TenneT maakt voor elk van de zeven scenario's een doorrekening van de effecten op het hoogspanningsnet. De energetische en ruimtelijke invulling van de scenario's, zoals beschreven in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*, is de input voor deze doorrekening. Hieronder wordt de methodiek van de knelpuntenanalyse beschreven.

Voor hoogspanningsinfrastructuur worden zowel verbindingen als stations beschouwd.

Bij de verbindingen wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende spanningsniveaus van het hoogspanningsnet, dus 380, 220, 150 en 110 kV. De oplossingsrichtingen, de kosten en het ruimtebeslag kunnen namelijk verschillen per spanningsniveau.

Hoogspanningsstations kunnen uit verschillende componenten bestaan:

- transformatoren om de elektriciteit om te zetten naar een ander spanningsniveau (bijv. 380 naar 150 kV);
- velden om afnemers of producenten aan te sluiten of om verbindingen aan te sluiten;
- overige elektrotechnische componenten, zoals rails.

### 2.2.1 Netmodel

Voor deze doorrekening gebruikt TenneT een netmodel met de voorziene netwerktopologie in 2030. Deze netwerktopologie bevat het huidige hoogspanningsnet plus de investeringen uit het investeringsplan uit 2020, het IP2020<sup>6</sup>. Dit betekent dat er doorrekeningen gedaan worden met het hoogspanningsnet dat er naar verwachting ligt in 2030. De knelpunten die tot 2030 optreden, komen dus ook niet naar voren in de doorrekening.

Tabel 2-1 geeft een overzicht van de geplande uitbreidingen van het hoogspanningsnet tot 2030 die meegenomen zijn in het netmodel (maar nu nog niet gerealiseerd zijn). In het overzicht zijn alle uitbreidingen voor 380 en 220 kV en de belangrijkste uitbreidingen voor 150 en 110 kV meegenomen.

Tabel 2-1 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Tilburg	Nieuw station
380kV-station	Ter Apelkanaal	Nieuw station
380kV-station	Veenoord Boerdijk	Nieuw station
380kV-station	Verzwarende kop van Noord-Holland	Nieuw station

<sup>6</sup> Ondertussen zijn nieuwe investeringsplannen van de netbeheerders uitgebracht, het IP2022 (TenneT, 2022). Nieuwe projecten uit deze investeringsplannen zijn geen onderdeel van het netmodel. Het wordt aangegeven als deze investeringen terugkomen in de analyses naar de benodigde energie-infrastructuur richting 2050 in de IEA.

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Graetheide	Nieuw station
380kV-station	Wijchen	Nieuw station
380kV-station	Almere	Nieuw station
380kV-station	Kijkuit	Nieuw station
380kV-station	Europoort	Nieuw station
380kV-station	Maasvlakte Amaliahaven	Nieuw station
380kV-station	Eemshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Geertruidenberg	Uitbreiding station
380kV-station	Rilland	Uitbreiding station
380kV-station	Boxmeer	Uitbreiding station
380kV-station	Meeden	Uitbreiding station
380kV-station	Maasbracht	Uitbreiding station
220kV-station	Meeden	Uitbreiding station
380kV-verbinding	Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Rilland – Tilburg	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Vierverlaten – Ens	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Verzwarende kop van Noord-Holland	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Maasbracht – Graetheide	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Zuid-Beveland - Terneuzen	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Lelystad – Diemen	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding
380kV-verbinding	Ens – Lelystad	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding
380kV-verbinding	Krimpen ad IJssel – Geertruidenberg	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding
380kV-verbinding	Borssele/Sloegebied – Rilland	Verzwarende
380kV-verbinding	Hengelo – Zwolle	Verzwarende
380kV-verbinding	Ens – Zwolle	Verzwarende
380kV-verbinding	Eindhoven - Tilburg – Geertruidenberg	Verzwarende
380kV-verbinding	Eindhoven – Maasbracht	Verzwarende
380kV-verbinding	Geertruidenberg – Krimpen	Verzwarende
380kV-verbinding	Krimpen-Breukelen-Diemen-Oostzaan-Beverwijk	Verzwarende
380kV-verbinding	Lelystad – Ens	Verzwarende
380kV-verbinding	Diemen – Lelystad	Verzwarende
380kV-verbinding	Doetinchem - Hengelo	Verzwarende
380kV-verbinding	Dodewaard – Doetinchem	Verzwarende
380kV-verbinding	Maasbracht – Boxmeer – Dodewaard	Verzwarende
150/110kV-verbinding		Implementatie pocketstructuur



Tabel 2-1 maakt onderscheid naar de volgende types investeringen:

- **Nieuw station.** Er wordt een compleet nieuw station ontwikkeld op een locatie waar nu nog geen station aanwezig is.
- **Uitbreiding station.** Een bestaand station wordt uitgebreid.
- **Nieuwe verbinding.** Er wordt een nieuwe hoogspanningsverbinding aangelegd op een tracé waar nu nog geen hoogspanningsverbinding loopt. Bij 380 en 220 kV gaat dit om een bovengrondse verbinding.
- **Extra circuit(s) bij bestaande verbinding.** Er worden één of meerdere nieuwe circuits aangelegd op een traject waar nu al een verbinding loopt. Hiervoor zijn nieuwe masten nodig. Dit parallel aan de verbinding of via een nieuw tracé.
- **Verzwarend.** De geleiders van bestaande verbindingen worden opgewaardeerd naar 4kA-geleiders<sup>7</sup>, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties.
- **Implementatie pocketstructuur.** In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Dit wordt een pocketstructuur genoemd. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

In het netmodel is de pocketstructuur voor het gehele 150kV- en 110kV-net meegenomen, behalve in de Kop van Noord-Holland en de regio Rotterdam<sup>8</sup>.

Voor de invoering van de pocketstructuur zijn nieuwe 380kV-stations en uitbreidingen van bestaande 380kV-stations nodig. Deze zijn al opgenomen in bovenstaande lijst (onder nieuwe stations en uitbreiding stations). Daarnaast moeten 150kV- en 110kV-verbindingen 'opgeknippt' worden. Dit heeft geen significante ruimtelijke impact.

## 2.2.2 Doorrekening TenneT

TenneT heeft in zijn doorrekening bepaald op welke plekken in het hoogspanningsnet knelpunten plaatsvinden doordat niet alle energie getransporteerd kan worden van de productielocatie naar de afnemer. Hier wordt de inzet van verschillende flexibiliteitsmechanismen al in meegenomen.

In het netmodel is voor alle componenten van het hoogspanningsnet een maximale belastbaarheid gespecificeerd. Hier wordt onderscheid gemaakt tussen de maximale belastbaarheid in de zomer en de maximale belastbaarheid in de winter. Uit de doorrekening volgt hoeveel elektrisch transport nodig is over elke component. Er is sprake van een capaciteitsknelpunt indien de maximale belasting groter is dan de maximale belastbaarheid. De ernst van capaciteitsknelpunten wordt bepaald door middel van een jaarrondrekening. Voor elk uur van het jaar wordt de belasting op alle componenten bepaald door de gelijktijdige combinatie van vraag, aanbod en flexibiliteit. De ernst van het knelpunt wordt bepaald op basis van de totale hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (Energy Not Transported, ENT).

<sup>7</sup> Kilo-Ampère.

<sup>8</sup> Het is nog onduidelijk hoe de pocketstructuur in die regio's eruit moet gaan zien.

Voor elk knelpunt is een oplossing noodzakelijk. Het is echter niet zo dat elke oplossing van knelpunten een (aanzienlijke) ruimtelijke impact heeft. Het is mogelijk om een deel van deze knelpunten op te lossen met (relatief) geringe ruimtelijke impact door middel van redispatch<sup>9</sup> of door verzwaring<sup>10</sup>.

Alleen als een grote hoeveelheid energie op jaarbasis niet getransporteerd kan worden zijn infrastructuur-aanpassingen met aanzienlijke ruimtelijke impact noodzakelijk, zoals het aanleggen van een nieuwe hoogspanningsverbinding, het plaatsen van een nieuwe transformator of het implementeren van een nieuwe of kleinere loadpockets. Een uitgebreide omschrijving van de oplossingsrichtingen is te vinden in bijlage A van deze bijlage.

Elk knelpunt krijgt een classificatie om te bepalen hoe groot de kans op een ruimtelijke ingreep is. Deze classificatie is gebaseerd op de hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (ENT)<sup>11</sup>. De verschillende classificaties worden in de figuren aangegeven met kleuren.

De onderstaande classificaties worden gehanteerd:

- **Geen knelpunt (groen).** Op elk moment van het jaar kan alle elektriciteit getransporteerd worden. Er is dus geen oplossing nodig.
- **Licht knelpunt (geel).** Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan hoogstwaarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Middelgroot knelpunt (oranje).** Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan waarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Zwaar knelpunt (rood).** Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is waarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.
- **Zeer zwaar knelpunt (paars).** Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is hoogstwaarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.

Deze classificaties worden gehanteerd voor elk spanningsniveau en zowel voor verbindingen als voor transformatoren (bij stations). De grenzen zijn vastgesteld in samenwerking met TenneT en zijn te vinden in bijlage B van deze bijlage. Deze kunnen verschillen per spanningsniveau en type infrastructuur.

### 2.2.3 Additionele analyse nieuwe velden

In de doorrekening kijkt TenneT naar de hoogspanningsverbindingen en transformatoren op de hoogspanningsstations. Er worden geen berekeningen gedaan voor de nieuwe velden die nodig zijn op hoogspanningsstations voor het aansluiten van grote afnemers of producenten. Hier wordt een afzonderlijke analyse voor gedaan. Hierbij wordt alleen gekeken naar de nieuwe velden die nodig zijn op 220kV- en 380kV-stations.

<sup>9</sup> Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.

<sup>10</sup> Bij verzwaring worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar 4kA-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties. Er wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzwakt worden richting 2050. Dit is conform de plannen van TenneT.

<sup>11</sup> Hierbij wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen uitgerust zijn met 4kA-geleiders (zie vorige voetnoot). Dit heeft effect op de capaciteit van de verbindingen en op die manier op de hoeveelheid energie die niet getransporteerd kan worden.

De volgende categorieën worden potentieel aangesloten op 380kV- of 220kV-stations:

- windenergie op zee;
- elektrolyzers;
- batterijen;
- regelbare centrales;
- grootschalige wind op land/zonnevelden;
- power-to-heat/elektrificatie industrie.

Om te bepalen hoeveel extra velden nodig zijn, is er per locatie gekeken hoeveel vermogen erbij komt voor deze bovenstaande categorieën. Op basis van het additionele vermogen dat per locatie aangesloten moet worden, is bepaald hoeveel extra velden noodzakelijk zijn.

De investeringen in het IP2020 zijn voldoende zijn om de hoeveelheid windenergie op zee uit het meest ambitieuze scenario voor 2030 van het investeringsplan aan te sluiten. Het gaat daarin om 14,6 GW. Hiervoor zijn geen nieuwe velden meer nodig bovenop de uitgangssituatie voor 2030.

In de scenario's van het investeringsplan worden ook aannames gedaan dat er forse hoeveelheden elektrolyzers en batterijen komen richting 2030. De nieuwe velden die nodig zijn om dit aan te sluiten zijn nog niet meegenomen in het investeringsplan, aangezien hiervoor pas een investeringsbeslissing wordt genomen bij een concrete klantaanvraag. Hiervoor zijn dus nog wel extra velden meer nodig bovenop de uitgangssituatie voor 2030.

## 2.3 Gastransportnetten

Gasunie maakt voor elk van de zeven scenario's een doorrekening van de effecten op het hoofdtransportnet voor methaan en voor waterstof. De energetische en ruimtelijke invulling van de scenario's, zoals beschreven in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*, is de input voor deze doorrekening. Hieronder wordt de methodiek van de knelpuntenanalyse voor gassen beschreven.

### 2.3.1 Gasnetmodel

Voor de berekeningen van de knelpunten gebruikt Gasunie een model waarin vraag en aanbod op dichtstbijzijnde aansluitingen op het net worden geprojecteerd.

Het net waarop de knelpunten zijn berekend is het voorziene gasnet in 2030: het huidige gasnetwerk in 2020, inclusief goedgekeurde investeringen volgens het Investeringsplan 2020 en de ontwikkeling van het Nationaal Waterstofnetwerk. Het gaat om het hogedruktransportnet, met een onderverdeling in een H-gas net voor hoogcalorisch gas, en een L-gas net voor laagcalorisch gas. Het H-gasnet, waar veel industrie aan is verbonden, wordt in het model ingezet voor transport van waterstof, terwijl het L-gasnet wordt ingezet voor methaan.

### 2.3.2 Doorrekening Gasunie

De doorrekening van Gasunie waarop de knelpunten in PEH zijn gebaseerd, projecteert een in het scenario geplaatste vraag naar waterstof of methaan op het dichtstbijzijnde leidingstuk van het gasnetwerk (H-gasnetwerk en L-gasnetwerk respectievelijk). Hetzelfde geldt voor aanbod en opslag.

Bij de projectie van de capaciteiten wordt geen rekening gehouden met de capaciteit van nabijgelegen leidingen. Daardoor kunnen er situaties ontstaan waarbij een grote vraag naar waterstof geprojecteerd

wordt op een nabije leiding met een te kleine diameter, terwijl mogelijk iets verderop een leiding met voldoende capaciteit ligt.

Het waterstoftransport door het H-gasnetwerk en methaantransport door het L-gasnetwerk worden afzonderlijk gemodelleerd. Een aantal elektriciteitscentrales is in 2020 aangesloten op het L-gasnetwerk, en volgens het model in 2050 op waterstof. Hierdoor ontstaat een aantal schijnknelpunten in het H-gasnetwerk: er is een grote leiding aanwezig, maar die 'ziet' het model niet als beschikbaar voor waterstof (alleen voor methaantransport). In werkelijkheid kan in dergelijk geval de configuratie aangepast worden zodat een deel van het L-gasnetwerk voor waterstof wordt gebruikt. Daarmee worden de knelpunten op de gastransportnetten vermoedelijk overschat.

Bij de doorrekening van de gastransportnetten wordt de maximale overbelasting van de capaciteit in het jaar berekend, als percentage van de beschikbare capaciteit. Het model geeft een overzicht van knelpunten per scenario met de mate van overschrijding:

- geen overschrijding;
- minder dan 10% overschrijding;
- meer dan 10% overschrijding.

De mate van overschrijding verschilt per knelpunt. De modellering is verkennend van aard. Overschrijdingen van minder dan 10% vallen mogelijk onder de gevoeligheid van de modellering. Daarom is gekozen om alleen overschrijdingen van meer dan 10% mee te nemen in de knelpuntenanalyse.

## 2.4 Regionale netten

Voor de doorrekening van de regionale elektriciteitsnetten is een gelijksoortige doorrekening gedaan als voor de hoogspanningsnetten. Ook hier is in de netmodellen van de regionale netbeheerders voor alle componenten een maximale belastbaarheid gespecificeerd en vervolgens een inschatting gemaakt van het elektrische transport dat nodig is over elk component.

De doorrekeningen van de regionale elektriciteitsnetten zijn wel een stuk minder uitgebreid dan de doorrekeningen van de hoogspanningsnetten. De regionale netbeheerders hebben alleen de koppelpunten tussen het regionale net en het hoogspanningsnet doorgerekend. Dit zijn de 150kV- en 110kV-stations. Er worden geen resultaten gegeven voor individuele stations vanwege het grote aantal van dit type stations (honderden). In plaats daarvan maken de regionale netbeheerders een inschatting van de totale hoeveelheid ruimte die nodig is voor nieuwe 150kV- en 110kV-stations. Per voorzieningsgebied van 380kV- en 220kV-stations wordt aangegeven hoeveel ruimte nodig is voor nieuwe 150kV- en 110kV-stations.

Er zijn geen doorrekeningen gedaan van regionale gasnetten.

## 3 Resultaten flexdoorrekeningen

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de vermogens en capaciteiten van de verschillende elementen uit de flexdoorrekeningen. Deze volgen uit de flexdoorrekening van de netbeheerders, die omschreven is in paragraaf 2.1.

Tabel 3-1 - Resultaten flexdoorrekeningen

	Nederland EnergieLand Regionale Sturing	Nederland EnergieLand Nationale Sturing	Nederland EnergieLand Europese Sturing	Nederland EnergieLand Internationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing	Zeer Sterke Knopen Kernenergie	Eenheid
Grootschalige regelbare centrales	15	17	17	16	17	18	12	GW
Grootschalige regelbare centrales	33	36	71	70	37	73	42	TWh
Regelbare centrales	18	18	19	18	19	19	16	GW
Regelbare centrales	7	7	15	15	8	14	11	TWh
Elektrolyzers	42	51	19	16	52	19	18	GWe
Elektrolyzers	48	69	9	6	72	9	13	TWh H <sub>2</sub>
Opslag elektriciteit	54	53	33	29	55	33	27	GW
Opslag waterstof	36	37	10	47	37	10	13	TWh
Opslag methaan	24	14	55	15	14	55	63	TWh
Capaciteit import/export elektriciteit	15	15	15	15	15	15	15	GW
Import elektriciteit	12	10	20	22	10	20	16	TWh
Export elektriciteit	19	22	7	6	22	7	12	TWh
Capaciteit import/export waterstof	5	8	7	33	9	7	7	GW
Import waterstof	47	75	62	291	76	62	57	TWh
Export waterstof	0	0	0	0	0	0	0	TWh
Capaciteit import/export methaan	2	0,1	21	0,2	0,1	21	14	GW
Import methaan	16	1	185	5	1	184	126	TWh
Export methaan	0	0	0	0	0	0	0	TWh

De ruimtelijke invulling van de bovenstaande elementen wordt beschreven in de Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*.

## 4 Resultaten hoogspanningsnetten

### 4.1 Hoogspanningsverbindingen

TenneT heeft de verbindingen van het hoogspanningsnet berekend in de netdoorrekening. Hieronder worden de resultaten besproken. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het Extra Hoogspanningsnet (380 en 220 kV) en het Hoogspanningsnet (150 en 110 kV).

#### 4.1.1 380/220kV-verbindingen

Figuur 4-1 geeft een overzicht van de resultaten van de doorrekening van het 220kV- en 380kV-net, voor elk van de scenario's. De kleuren geven de ernst van het knelpunt aan (toegelicht in paragraaf 2.2.1).

De knelpunten op deze hoogste spanningsniveaus worden voornamelijk veroorzaakt door transport van elektriciteit van windparken op zee vanaf de kust naar vraag in het binnenland. Zo zie je in meerdere gevallen knelpunten rondom aanlandingspunten in Noord- en Zuid-Holland en zijn er in elk scenario knelpunten tussen Rotterdam en Maasbracht (vraag vanuit Chemelot en export Duitsland/België). De knelpunten zijn hier het ergst in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing aangezien daar het grootste vermogen windstroom aanlandt. Bij de Sterke Knopen-scenario's ontstaan minder knelpunten door diepe aanlanding van windstroom (Sterke Knopen Nationale Sturing) en een andere, efficiëntere verdeling van de aanlanding van windstroom over de aanlandingspunten (Sterke Knopen Europese Sturing).

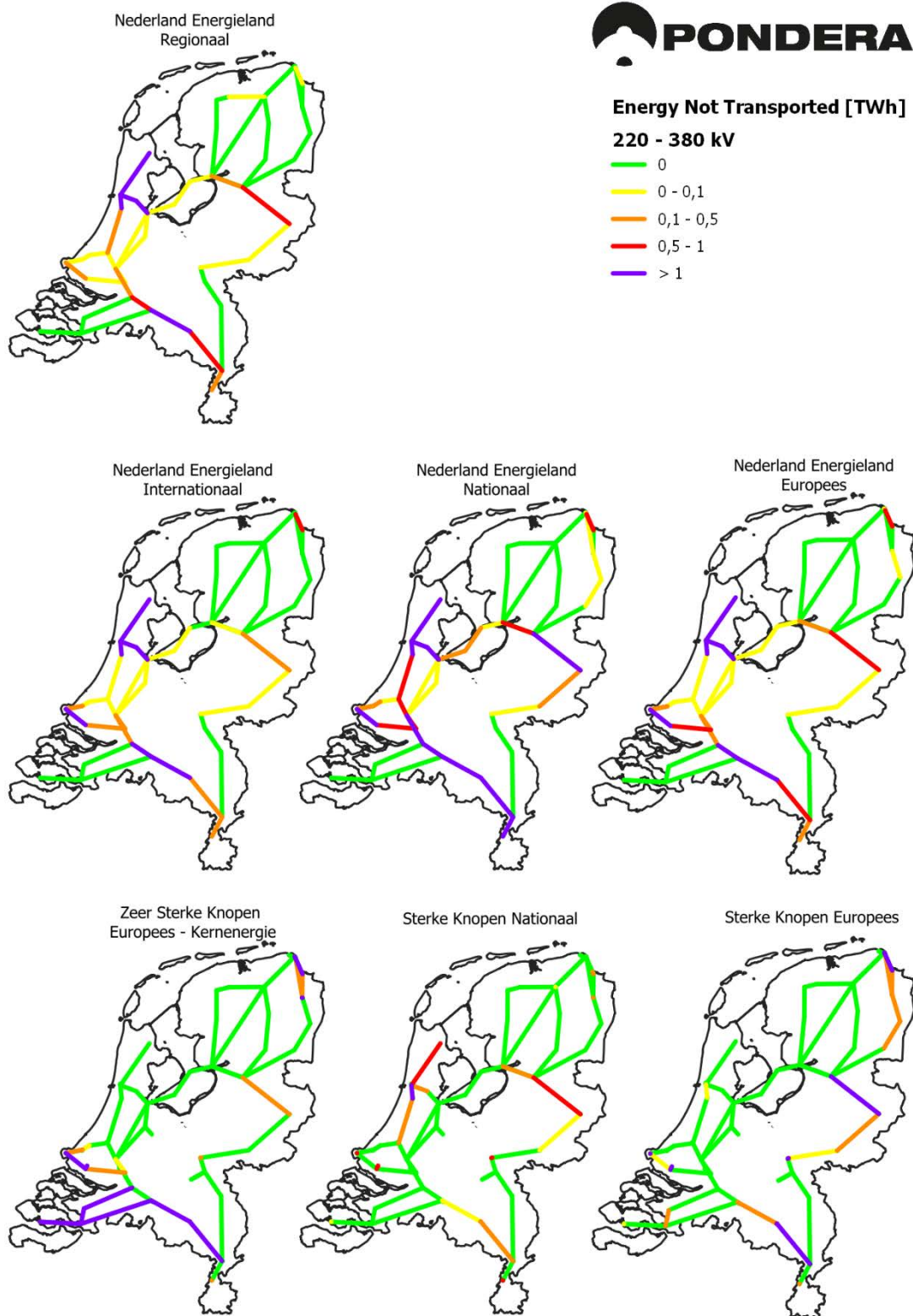
Bij de aanlandingslocaties in Groningen (Eemshaven) en Zeeland (Borssele/Sloegebied/Terneuzen) ontstaan relatief weinig knelpunten door de aanlanding van windenergie op zee. Dat komt enerzijds doordat het hoogspanningsnet hier meer afvoercapaciteit heeft dan bijv. in Noord-Holland. Daarnaast landt hier minder windstroom aan.

Naast de knelpunten in Noord-Holland en tussen Maasvlakte is in alle scenario's een knelpunt tussen Zwolle en Hengelo. Dit knelpunt wordt veroorzaakt door import/export van elektriciteit met Duitsland. Dit knelpunt wordt mogelijk veroorzaakt door beperkte modellering van het buitenland in de doorrekening van TenneT<sup>12</sup>. Daarnaast zijn er in sommige scenario's ernstige knelpunten tussen Zwolle en Ens (Flevoland). Deze worden veroorzaakt door een samenloop van verschillende oorzaken. Ook zijn er in elk scenario knelpunten op het hoogspanningsnet in Noord-Brabant.

In het Kernenergie-scenario ontstaan zeer zware knelpunten van Zeeland naar Noord-Brabant. Dit komt doordat er in dit scenario forse hoeveelheden stroom afgevoerd moeten worden vanuit Zeeland door de combinatie van aanlanding van windenergie op zee en een fors vermogen aan kerncentrales die vollast elektriciteit produceren.

<sup>12</sup> In de modellering is de import/export van elektriciteit over de verschillende interconnectiepunten met bijv. Duitsland verdeeld naar rato van de interconnectiecapaciteit. Dit is versimpeling van de werkelijkheid, aangezien de import of export zich in werkelijkheid niet evenredig over de interconnectiepunten verdeelt. Zo kan er bijvoorbeeld in Noord-Nederland export plaatsvinden terwijl er tegelijkertijd in Zuid-Nederland import van elektriciteit plaatsvindt. Om de import/export per individueel interconnectiepunt goed te bepalen en daarmee zeker te weten of er een knelpunt ontstaat tussen Zwolle en Hengelo is meer gedetailleerde modellering noodzakelijk. Dit was binnen dit project niet mogelijk.

Figuur 4-1 - Resultaten knelpuntendoorrekening 380/220 kV



#### 4.1.2 150/110kV-verbindingen

Figuur 4-2 geeft een overzicht van de doorrekening van de 150kV- en 110kV-netten. In de doorrekening is meegenomen dat deze netten opgeknipt worden in deelnetten die aangesloten zijn op één 380kV- of 220kV-transformatorstation, de zogenaamde pocketstructuur (zie ook paragraaf 2.2.1).

De pocketstructuur is in het huidige gehanteerde netmodel nog niet doorgevoerd in de Kop van Noord-Holland en rondom Rotterdam, aangezien het op het moment van het opstellen van het netmodel nog onduidelijk was hoe deze pockets eruit gaan zien. Het is de verwachting van TenneT dat hier wel pockets gaan komen. Doordat de pocketstructuur in die regio's nog niet meegenomen is zie je daar in de verschillende scenario's veel knelpunten op het 150kV-net. Het is de verwachting dat deze knelpunten opgelost worden door implementatie van de pocketstructuur.

Daarnaast zijn er in enkele scenario's knelpunten rondom Eindhoven. Dit wordt veroorzaakt door een forse toename van de elektriciteitsvraag in deze regio. Daarnaast zijn er in enkele scenario's zware knelpunten in delen van Flevoland, Groningen en Zeeland. Deze worden veroorzaakt door een forse toename van de hernieuwbare elektriciteitsproductie, met name van wind op land.

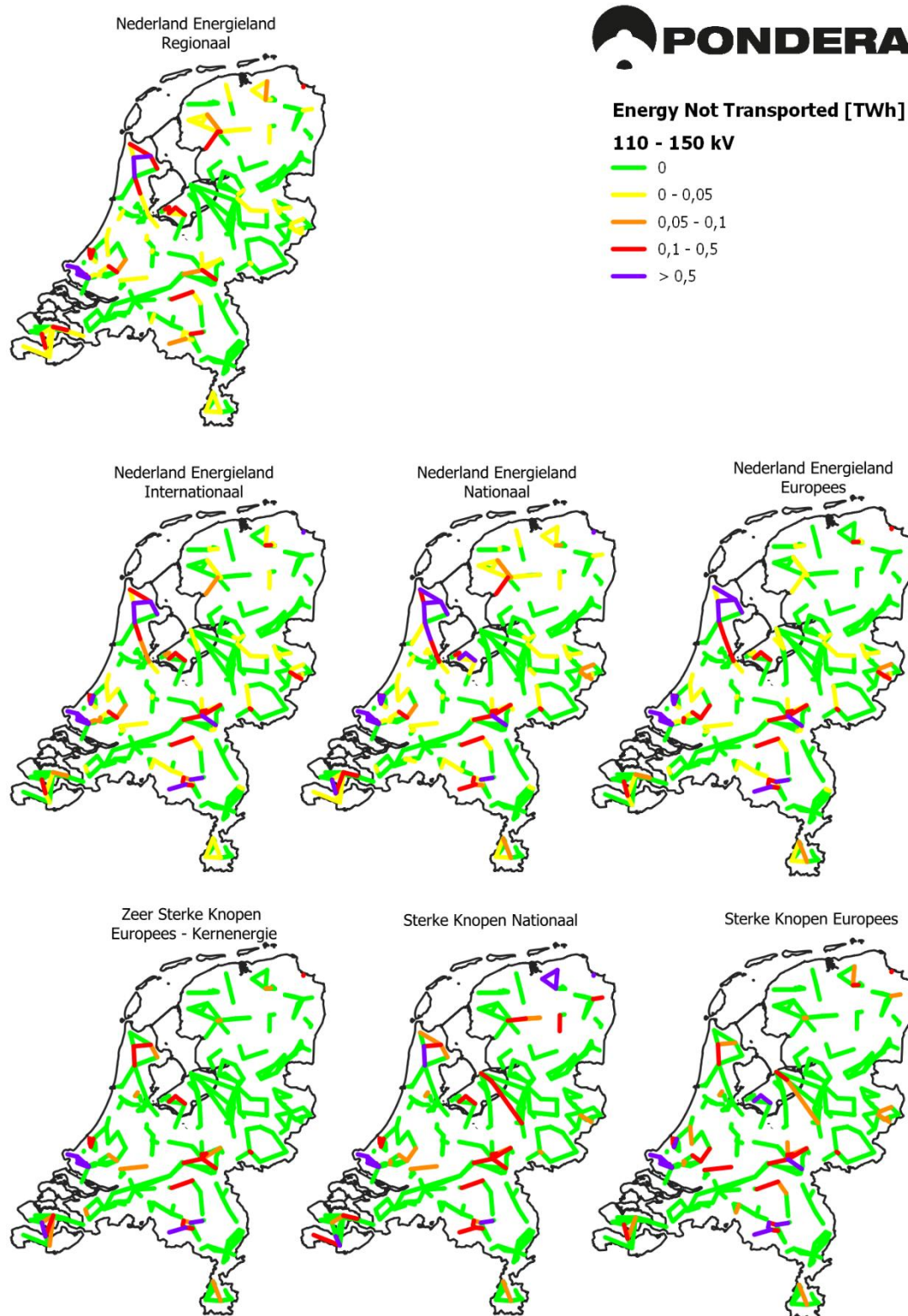
In het algemeen zijn er relatief weinig knelpunten op deze spanningsniveaus. Dit komt onder meer door de pocketstructuur, waardoor overschotten van elektriciteit snel afgevoerd kunnen worden richting het 220kV- of 380kV-net. Daarnaast worden er grote vermogens aan batterijen aangenomen, die ingezet worden om de pieken van de opwek van wind en zon af te vlakken.

##### **Effecten modellering batterijen**

In de doorrekeningen zijn forse hoeveelheden batterijen (tot ruim 50 GW) meegenomen. Deze batterijen vlakken de productiepieken van met name zonnepanelen (en in mindere mate windturbines op land) flink af. Dit is een belangrijke reden dat er amper knelpunten op 110 kV en 150 kV uit de doorrekening komen. Het is echter maar de vraag of deze hoeveelheden batterijen er in de toekomst ook gaan komen en of dit rendabel is. Dit betekent dat het aantal knelpunten op deze spanningsniveaus mogelijk onderschat wordt.



Figuur 4-2 - Resultaten knelpuntendoorrekening 150/110 kV



## 4.2 Hoogspanningsstations

Naast de verbindingen wordt ook gekeken naar knelpunten bij stations. Stations kunnen grofweg twee functies hebben:

- het transformeren van elektriciteit naar een hoger of lager spanningsniveau door middel van transformatoren;
- het aansluiten van grote vragers, grote producenten of verbindingen.

Hieronder worden de knelpunten voor beide functies van stations besproken. De transformatoren zijn doorgerekend door TenneT en worden besproken in paragraaf 4.2.1. Voor de velden voor het aansluiten van grote vragers, grote producenten of verbindingen is een losse analyse. Dit wordt besproken in paragraaf 4.2.2.

### 4.2.1 Transformatoren

TenneT heeft de belasting en de knelpunten bij de 380kV- en 220kV-transformatoren berekend in de netdoorrekening. Figuur 4-3 geeft een overzicht van de resultaten hiervan.

De knelpunten bij de 380kV- en 220kV-transformatoren kunnen verschillende oorzaken hebben. Het kan onder meer komen door een forse toename van de elektriciteitsvraag in de onderliggende pocket waardoor meer elektriciteit van het 380kV- of 220kV-net naar de 150kV- of 110kV-pocket getransformeerd moet worden dan dat mogelijk is met de bestaande capaciteit van de transformatoren. Het kan ook komen door een forse toename van de opwekcapaciteit binnen de onderliggende pockets waardoor meer stroom vanaf de onderliggende pocket naar het 380kV- of 220kV-net getransformeerd moet worden dan mogelijk is met de bestaande capaciteit.

In elk scenario vinden knelpunten plaats bij de 380kV-stations Dodewaard, Eindhoven, Graetheide, Maasvlakte<sup>13</sup> en Simonshaven en bij het 220kV-station Weiwerd. In de meeste gevallen komt deze overbelasting vermoedelijk vooral door een forse toename van de elektriciteitsvraag binnen deze pockets.

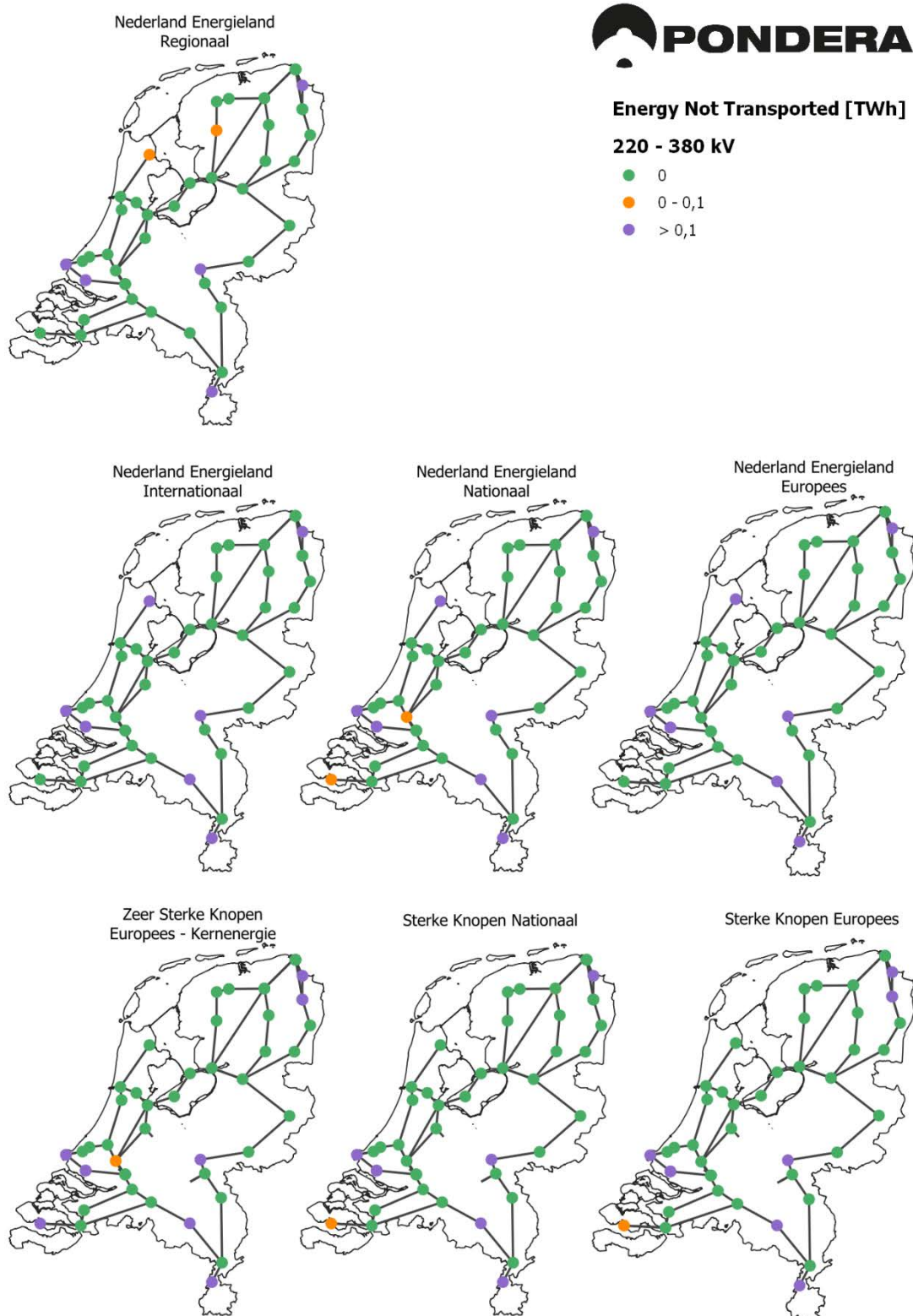
Verder vinden in sommige scenario's knelpunten plaats bij de 380kV-stations Borssele/Sloegebied, Eemshaven, Krimpen aan de IJssel, Meeden en Middenmeer en bij de 220kV-stations Meeden, Oudehaske en Vierverlaten<sup>14</sup>.

In het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing zijn er de meeste knelpunten bij 380kV- en 220kV-transformatoren. Dit komt vermoedelijk door de hoge mate van elektrificatie en de forse hoeveelheid hernieuwbare elektriciteitsproductie in dit scenario.

<sup>13</sup> De overbelasting op het station Maasvlakte wordt vooral veroorzaakt doordat in Rotterdam geen loadpockets meegenomen zijn in het netmodel. Bij gebrek aan pocketvorming vindt parallel transport over de 150kV-infrastructuur plaats en vindt meer transport plaats over de 380/150kV-transformatoren.

<sup>14</sup> De overbelasting op het station Middenmeer wordt vooral veroorzaakt doordat in Rotterdam geen loadpockets meegenomen zijn in het netmodel. Bij gebrek aan pocketvorming vindt parallel transport over de 150kV-infrastructuur plaats en vindt meer transport plaats over de 380/150kV-transformatoren.

Figuur 4-3 - Overzicht knelpunten 380kV- en 220kV-transformatoren



## 4.2.2 Nieuwe velden

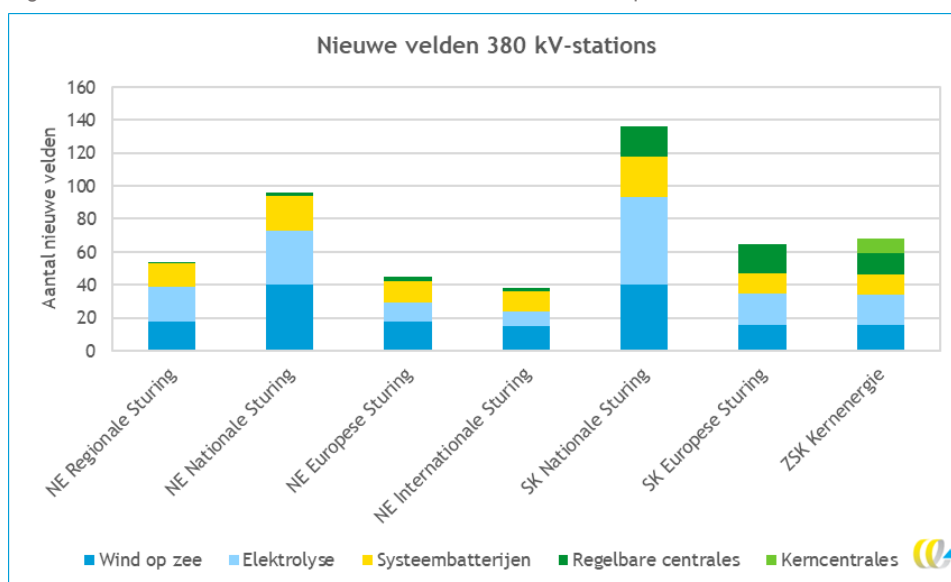
Figuur 4-4 geeft een overzicht van het aantal nieuwe velden dat nodig is bij 380kV- of 220kV-stations voor elk scenario. Hierbij wordt een opsplitsing gemaakt naar type afname of productie dat aangesloten moet worden.

Er zijn tussen de 40 en 140 nieuwe velden bij 380kV- of 220kV-stations nodig bij de scenario's. Een fors aantal van het nieuwe velden is nodig voor het aansluiten voor nieuwe windparken op zee na 2030<sup>15</sup>. Daarnaast zijn er bij de aanlandingspunten van windenergie op zee veel nieuwe velden nodig voor het aansluiten van grootschalige elektrolyzers en batterijen<sup>16</sup>.

In de scenario's Nationale Sturing zijn de meeste nieuwe velden nodig aangezien dat scenario de grootste vermogens aan windparken op zee, elektrolyzers en batterijen heeft. Bij het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing zijn de minste nieuwe velden nodig.

Bij de Sterke Knopen-scenario's zijn meer nieuwe velden bij 380kV- of 220kV-stations dan bij de Nederland Energieland-scenario's. Dit komt doordat elektrolyzers en regelbare centrales in die scenario's meer geclusterd worden, waardoor je in dit scenario een groter vermogen per locatie hebt. Hierdoor wordt een groter gedeelte van het vermogen direct aangesloten op een 380kV- of 220kV-station, waardoor hier meer velden nodig zijn. Bij de Nederland Energieland-scenario's wordt een groter deel van het vermogen aangesloten op 150kV- of 110kV-stations of op stations op het regionale elektriciteitsnet. Hier is niet naar gekeken.

Figuur 4-4 - Overzicht totaal aantal nieuwe velden 380kV-stations per scenario



<sup>15</sup> Voor het aansluiten van nieuwe windparken op zee zijn nieuwe velden nodig bij 380kV-stations. De investeringen in het IP2020 zijn voldoende om de hoeveelheid windenergie op zee uit het meest ambitieuze scenario voor 2030 van het investeringsplan aan te sluiten. Het gaat daarin om 14,6 GW.

<sup>16</sup> In de scenario's van het investeringsplan worden ook aannames gedaan dat er forse hoeveelheden elektrolyzers en batterijen komen richting 2030. De nieuwe velden die nodig zijn om dit aan te sluiten zijn nog niet meegenomen in het investeringsplan, aangezien hiervoor pas een investeringsbeslissing wordt genomen bij een concrete klantaanvraag.

Tabel 4-1 geeft een overzicht van het aantal nieuwe velden dat nodig is per locatie. Dit is afhankelijk van op welke locaties windenergie op zee aanlandt en elektrolyzers, batterijen en regelbare centrales geplaatst worden. Bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee zijn veel nieuwe velden nodig. Dit is onder meer om de windparken op zee aan te sluiten. Maar op deze locaties worden in de meeste scenario's ook grootschalige elektrolyzers en batterijen geplaatst.

Tabel 4-1 - Aantal nieuwe velden bij 380- en 220kV-stations per scenario, uitgesplitst naar locatie

Locatie <sup>17</sup>	NE <sup>18</sup> Regionale Sturing	NE Nationale Sturing	NE Europese Sturing	NE Internationale Sturing	SK Nationale Sturing	SK Europese Sturing	ZSK Kern- energie
Delfzijl	1	2	0	0	1	7	6
Amsterdam	0	0	0	0	4	4	3
Beverwijk	4	8	3	3	10	2	2
Diemen	0	0	0	0	14	0	0
Den Helder	0	0	0	0	18	2	2
Medemblik	1	0	0	0	0	0	0
Botlek	0	2	0	1	1	6	6
Maasvlakte	17	31	14	11	26	9	12
Borsele	2	3	2	2	10	8	12
Terneuzen	3	4	2	1	0	2	2
Geertruidenberg	0	0	0	0	5	0	0
Lelystad	1	1	0	0	0	0	0
Leudal	0	0	0	0	1	1	1
Maasbracht	0	0	0	0	17	2	2
Eemshaven	7	13	7	5	24	16	14
Chemelot	0	0	0	0	1	5	5
Middenmeer	18	31	16	14	4	1	1
Geervliet	0	1	1	1	0	0	0

<sup>17</sup> Bij sommige van deze locaties is momenteel nog geen 380kV- of 220kV-station en is dat ook nog niet gepland. Op die locaties moet dan mogelijk een nieuw station ontwikkeld worden. In sommige gevallen kan het mogelijk zijn om de vermogens aan te sluiten op een lokaal 150- of 110kV-station of op een nabijgelegen 380kV-station (bijv. bij Middenmeer in het geval van Medemblik).

<sup>18</sup> NE staat voor Nederland Energieland, SK voor Sterke Knopen en ZSK voor Zeer Sterke Knopen.

## 5 Resultaten gastransportnetten

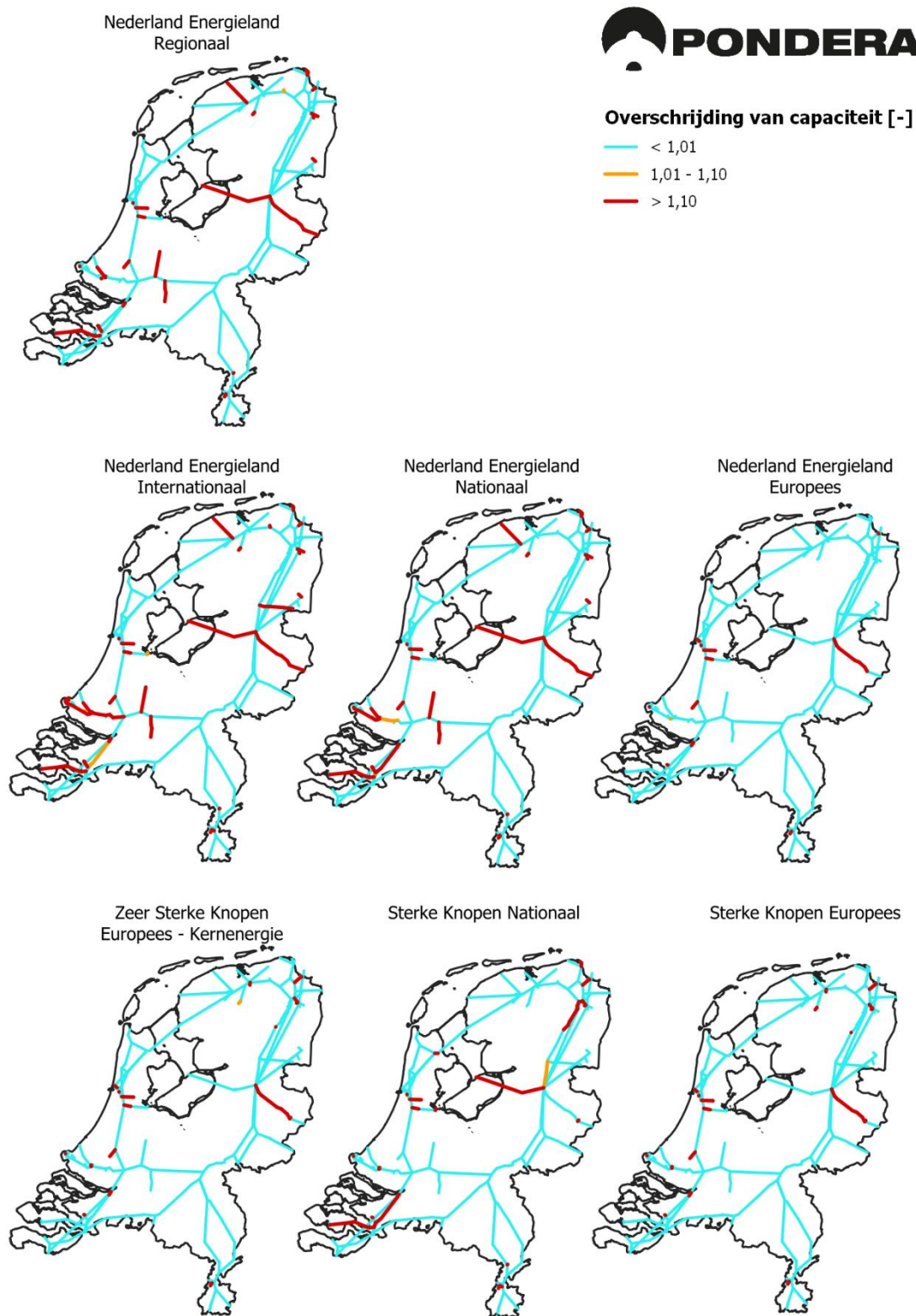
De resultaten voor de knelpunten in de gastransportnetten zijn verdeeld in knelpunten in het waterstofnet (H-gasnetwerk) en het methaannet (L-gasnetwerk). De modellering is niet gedetailleerd genoeg om input te geven voor een ruimtelijke analyse voor de regionale netten, meet- en regelstations of boosterstations. Deze worden hier dus buiten beschouwing gelaten. Eerst volgt een overzicht van de uit de doorrekening volgende knelpunten. Daarna volgt een shortlist van knelpunten die mogelijk een ruimtelijke reservering vragen.

### 5.1 Waterstofnet

Figuur 5-1 geeft een overzicht van alle knelpunten in het waterstofnetwerk uit de modeldoorrekening van de netbeheerders. In het model wordt het huidige H-gasnetwerk ingezet voor waterstof. De kleuren geven de ernst van een knelpunt aan. Bij de rode verbindingen is de overschrijding meer dan 10% en is het knelpunt significant (knelpunten tot 10% vallen binnen de onzekerheidsmarge van de modellering, zie paragraaf 2.3.2). Er zijn alleen knelpunten te zien bij aftakkingen van het Nationaal Waterstofnetwerk. Het waterstofnetwerk zelf heeft voldoende transportcapaciteit in elk van de scenario's.

De meeste knelpunten bij aftakkingen komen door elektriciteitscentrales die op waterstof draaien in 2050. In het Europese scenario zijn minder knelpunten zichtbaar in het waterstofnet. Dit komt doordat hier methaan een grote rol speelt in plaats van waterstof, onder andere in elektriciteitscentrales, en in opslag van gas. Hierdoor is minder waterstoftransport nodig. Daarnaast ontstaan knelpunten door het transport vanaf waterstopslaglocaties naar het Nationaal Waterstofnetwerk, transport vanaf elektrolyzers naar het Nationaal Waterstofnetwerk en door waterstofvraag van de industrie.

Figuur 5-1 - Knelpunten in het waterstofnet in 2050 voor alle scenario's. Rood is een overschrijding van meer dan 10%



## 5.2 Methaannet

In de doorrekening van het model wordt het L-gasnetwerk ingezet voor methaan in alle scenario's voor 2050. In de meeste scenario's is door een afname in vraag naar methaan dit netwerk van voldoende capaciteit in 2050, met de uitzondering van enkele aftakkingen.

In het Europese scenario ontstaan knelpunten op de Maasvlakte, tussen Borssele/Sloegebied en Bergen op Zoom en bij de aansluiting van de Flevocentrale. In het Europese scenario is een groei van de industrie voorzien en wordt zowel methaan als waterstof ingezet om in die vraag te voorzien. Het is onzeker of de knelpunten op de Maasvlakte en tussen Borssele/Sloegebied en Bergen op Zoom ontstaan als er geen groei van de industrie plaatsvindt. Daarnaast wordt zowel methaan als waterstof ingezet in de gebouwde omgeving in dit scenario. Omdat het huidige net een grotere capaciteit aankan dan in 2050 aan methaaninzet is voorzien, wordt er geen aanvullend ruimtebeslag in de methaaninfrastructuur verwacht.

## 5.3 Shortlist van knelpunten in het waterstofnet

Omdat een groot aantal van de knelpunten die volgen uit de doorrekening een direct gevolg zijn van de modelaannames, hebben we, samen met Gasunie, de knelpunten die volgen uit de doorrekening nader bekeken. Deze analyse had als doel uit de totaalijst aan knelpunten de knelpunten te selecteren die niet onder de modelgevoeligheid vallen, en mogelijk een knelpunt geven in de toekomst. De shortlist die hieruit volgt is input voor o.a. de effectbeoordeling en de welvaartsanalyse.

Voor de knelpunten die een overschrijding hebben van meer dan 10% is een analyse uitgevoerd waarbij, samen met Gasunie, per locatie is bekeken wat de mogelijke oorzaken van het knelpunt kunnen zijn (aan de vraag- en/of aanbodkant). Hiervoor is de nabijheid van locaties van opslagen, elektrolyzers en energiecentrales per knelpunt geanalyseerd.

De resultaten van de knelpunten volgen dus uit een handmatige analyse per knelpunt met een overschrijding van meer dan 10%. Tijdens meerdere werksessies samen met Gasunie zijn de knelpunten ingedeeld naar:

- knelpunten als gevolg van modelmatige aannames die naar verwachting verdwijnen bij een optimalisatie;
- mogelijk werkelijke knelpunten die waarschijnlijk met een andere configuratie opgelost kunnen worden;
- mogelijk werkelijke knelpunten die een verzwaring vereisen.

De resterende knelpunten zijn ingedeeld naar de verschillende structuurkeuzes, op basis van de waarschijnlijke oorzaken en door de verschillen in mate van overschrijding per scenario te vergelijken.

Tabel 5-1 - Shortlist van knelpunten in het waterstofnet

Van	Naar	Scenario <sup>19</sup>	Oorzaak
<b>Delfzijl</b>	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	SK Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Maasvlakte</b>	Aansluiting op Waterstofnetwerk Rotterdam	NE Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Geertruidenberg</b>	GOS Amercentrale; voedingsstation Waalwijk; industrie GOS bij Klundert	NE Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers bij diepe aanlanding

<sup>19</sup> NE staat voor Nederland Energieland, SK voor Sterke Knopen en ZSK voor Zeer Sterke Knopen.



Van	Naar	Scenario <sup>19</sup>	Oorzaak
Hemweg-centrale	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	Alle scenario's	Aansluiting energiecentrale
Emmen	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	NE Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
Maasbracht	GOS Clauscentrale	SK Nationale Sturing, NE Nationale Sturing, NE Regionale Sturing, NE Internationale Sturing.	Aansluiting energiecentrale
Diemen	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	Alle scenario's	Aansluiting energiecentrale
Rotterdam/Maasvlakte	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	SK Nationale Sturing	Aansluiting energiecentrale
Eemshaven	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	SK Nationale Sturing, NE Nationale Sturing	Aansluiting energiecentrale
Borssele/Sloegebied	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	SK Europese Sturing, NE Europese Sturing	Aansluiting energiecentrale
Utrecht-centrale	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	NE Nationale Sturing	Aansluiting energiecentrale
Schinnen	Doorgaande leiding	SK Europese Sturing, NE Europese Sturing.	Aansluiting energiecentrale
Lelystad	Ommen	SK Europese Sturing, NE Europese Sturing	Aansluiting energiecentrale
Verskillende locaties in Groningen/Drenthe/Friesland	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	SK Europese Sturing, SK Nationale Sturing	Aansluiting opslag in zoutcavernes
Grijpskerk	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk	SK Europese Sturing	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen
Zuidwending	Aansluiting op Nationaal Waterstofnetwerk (vanaf SVB strook Groningen Ommen)	NE Europese Sturing, NE Nationale Sturing	Aansluiting opslag in zoutcavernes
Grijpskerk	Nationaal Waterstofnetwerk	SK Nationale Sturing	Aansluiting opslag in zoutcavernes
Ommen	Twente	SK Europese Sturing, NE Europese Sturing, NE Nationale Sturing	Opslag in Epe, Duitsland
Rotterdam	Chemelot/Ruhr 1 <sup>e</sup> leiding	Delta Rhine Corridor NE Nationale Sturing	Import voor wederexport
Rotterdam	Chemelot/Ruhr 2 <sup>e</sup> leiding	Delta Rhine Corridor na 2030	Import voor wederexport

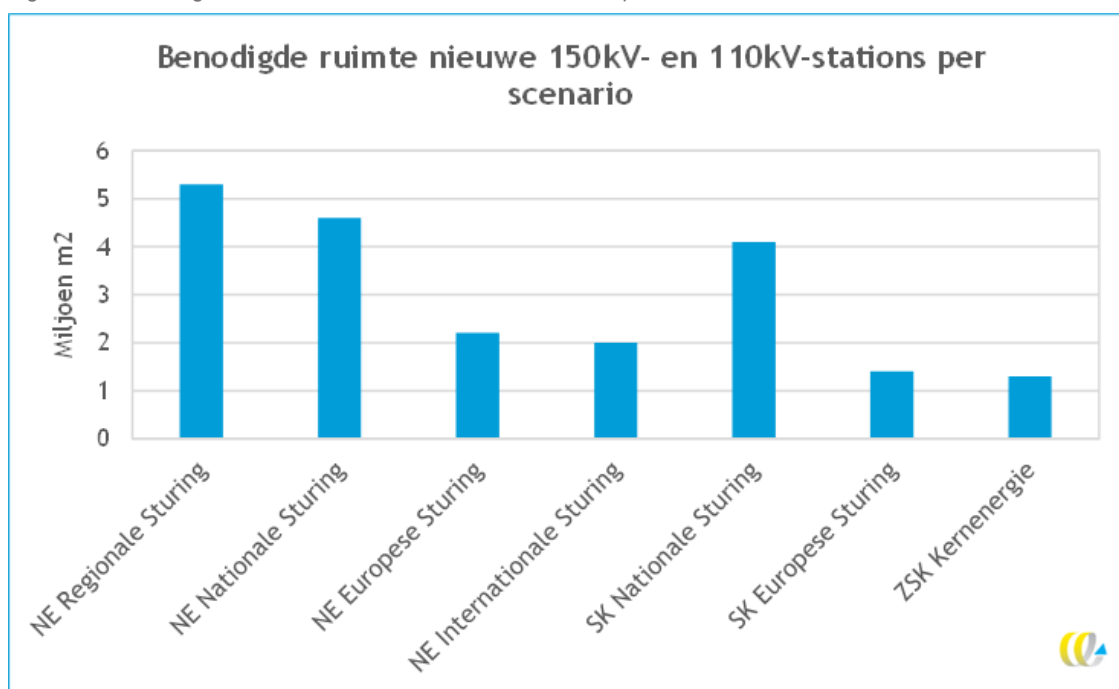
## 6 Resultaten regionale netten

### 6.1 Elektriciteitsnetten

De doorrekeningen van de regionale elektriciteitsnetten zijn wel een stuk minder uitgebreid dan de doorrekeningen van de hoogspanningsnetten. De regionale netbeheerders hebben alleen de koppelpunten tussen het regionale net en het hoogspanningsnet doorgerekend. Zit zijn de 150kV- en 110kV-stations. Hierbij wordt niet gekeken niet naar individuele stations. Wel wordt een inschatting gemaakt van de totale ruimte die noodzakelijk is voor nieuwe stations. Er is hierbij gekeken naar ruimte voor nieuwe transformatoren en nieuwe velden.

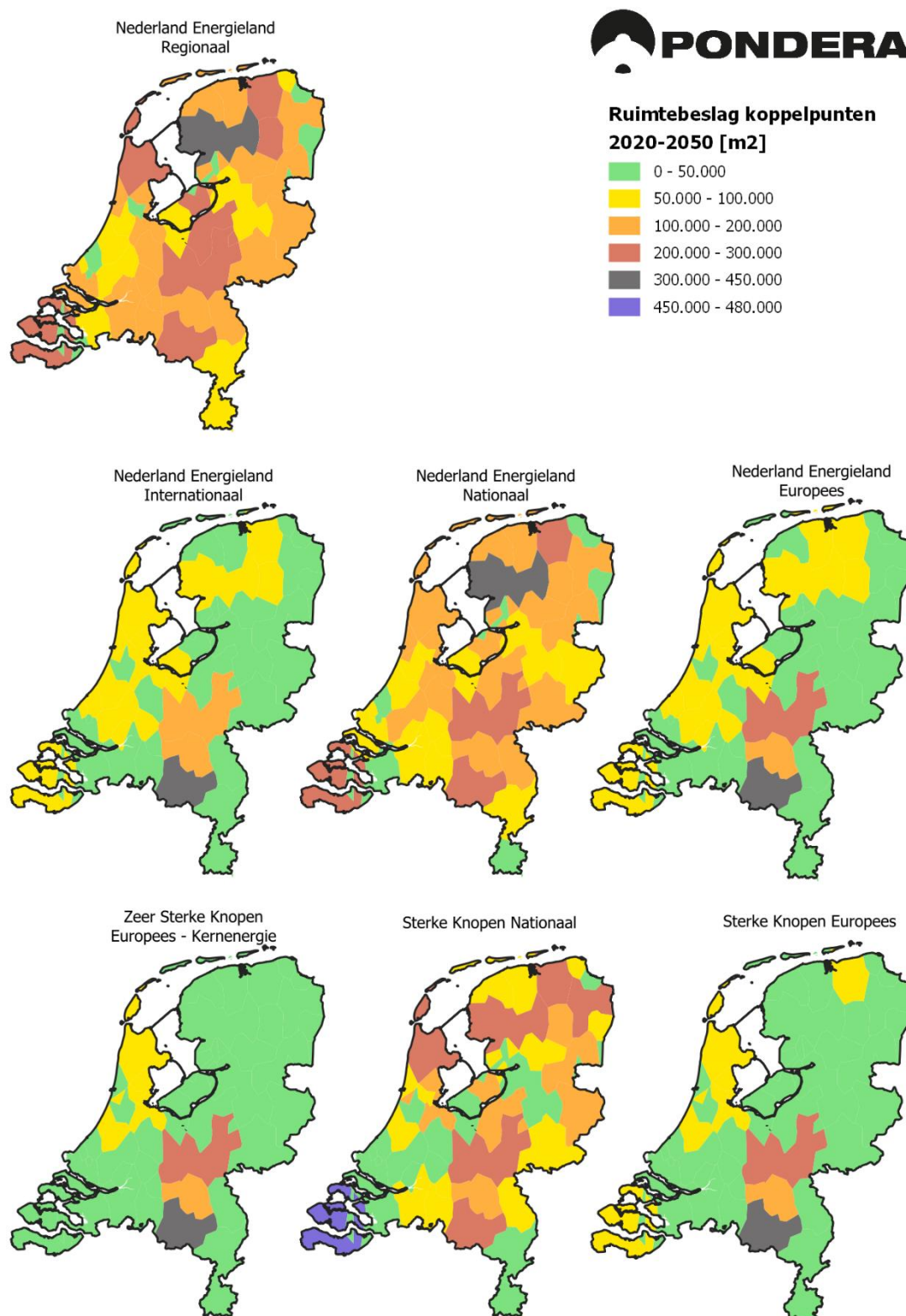
Figuur 6-1 geeft een overzicht van de benodigde ruimte voor nieuwe 150kV- en 110kV-stations per scenario. In de scenario's met de meeste hernieuwbare opwek (Regionale Sturing, Nationale Sturing) is de meeste ruimte nodig voor nieuwe stations. In de Sterke Knopen- en Zeer Sterke Knopen- scenario's is minder ruimte nodig voor nieuwe stations door clustering van hernieuwbare opwek op land en toepassing van kernenergie.

Figuur 6-1 - Benodigde ruimte nieuwe 150kV- en 110kV-stations per scenario



Figuur 6-2 geeft een geografische uitsplitsing van de benodigde ruimte voor nieuwe 150kV- en 110kV-stations. Per voorzieningsgebied van 380kV- en 220kV-stations wordt aangegeven hoeveel ruimte nodig is voor nieuwe 150kV- en 110kV-stations.

Figuur 6-2 - Geografische uitsplitsing benodigde ruimte nieuwe 150kV- en 110kV-stations per scenario



## 6.2 Gasnetten

Er zijn geen doorrekeningen gemaakt van regionale gasnetten.

## A. Oplossingsrichtingen elektriciteit

Binnen de IEA voor het PEH moeten er oplossingsrichtingen bepaald worden voor knelpunten in de infrastructuur, zowel voor robuuste knelpunten als voor knelpunten die voortkomen uit bepaalde structuurkeuzes.

Het bepalen van oplossingsrichtingen voor knelpunten op het hoogspanningsnet is een complex en casusafhankelijk proces. Het is voor het PEH echter niet mogelijk om elk afzonderlijk knelpunt uitgebreid te analyseren. Om toch een grove inschatting te kunnen maken van de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur zijn er in samenspraak met TenneT versimpelde stelregels opgesteld voor de oplossingsrichtingen voor knelpunten.

In de analyse worden non-infra-oplossingen niet meegenomen, zoals andere marktordening of andere inzet van flex. Deze kunnen in de toekomst ook mogelijk een deel van de geïdentificeerde knelpunten oplossen, waardoor een deel van de ruimte die wij noodzakelijk achten voor nieuwe hoogspanningsinfrastructuur toch niet gebruikt hoeft te worden.

De ruimtelijke impact van de oplossingsrichtingen wordt behandeld in de Bijlagen *Beoordeling Milieu & Ruimte (Robuuste) ontwikkelingen* en *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes en systeemontwikkelingen*.

### A.1. Scope

Voor hoogspanningsinfrastructuur worden zowel verbindingen als stations beschouwd.

Bij de verbindingen wordt onderscheid gemaakt naar de verschillende spanningsniveaus van het hoogspanningsnet, dus 380, 220, 150 en 110 kV. De oplossingsrichtingen, de kosten en het ruimtebeslag kunnen namelijk verschillen per spanningsniveau.

Hoogspanningsstations kunnen uit verschillende componenten bestaan:

- transformatoren om de elektriciteit om te zetten naar een ander spanningsniveau (bijv. 380 kV naar 150 kV);
- velden om afnemers of producenten aan te sluiten of om verbindingen aan te sluiten;
- overige elektrotechnische componenten, zoals rails.

Er wordt geanalyseerd hoeveel nieuwe transformatoren nodig zijn en hoeveel extra nieuwe velden geplaatst moeten worden voor het aansluiten van nieuwe afnemers, producenten of verbindingen. Hierbij wordt ook weer onderscheid gemaakt naar spanningsniveau. Bij 380kV- en 220kV-stations worden individuele stations geanalyseerd. Bij 150kV- en 110kV- stations wordt alleen geanalyseerd hoeveel ruimte in totaal nodig is voor nieuwe componenten.

## A.2. Verbindingen en transformatoren

De netbeheerders hebben in hun doorrekening bepaald op welke plekken in het hoogspanningsnet knelpunten plaatsvinden doordat niet alle energie getransporteerd kan worden van de productielocatie naar de afnemer. Voor elk knelpunt is een oplossing noodzakelijk. Het is echter niet zo dat elke oplossing van knelpunten een (aanzienlijke) ruimtelijke impact heeft.

Grofweg zijn er de volgende oplossingen:

- **Redispatch.** Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.
- **Verzwarend.** Bij verzwarend worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar 4kA-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties. Er wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzwaard worden door inzet van 4kA-geleiders richting 2050. Dit is conform de plannen van TenneT.
- **Nieuwe infrastructuur.** Alleen als een forse hoeveelheid energie op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (en de ENT dus hoog is) zijn infrastructuraanpassingen met aanzienlijke ruimtelijke impact noodzakelijk. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende vormen van nieuwe infrastructuur:
  - **Nieuwe verbinding.** Als er een ernstig knelpunt optreedt op 380kV-verbindingen kan een nieuwe verbinding worden aangelegd. Dit kan parallel aan de bestaande verbinding, maar ook via een nieuw tracé.
  - **Opwaarderen verbinding.** Indien er een ernstig knelpunt optreedt bij 220kV-verbindingen kan het een optie zijn om deze te vervangen door 380kV-verbindingen.
  - **Nieuwe trafo.** Indien er een ernstig knelpunt optreedt op transformatoren moet een nieuwe trafo geplaatst worden. Nieuwe trafo's kunnen op bestaande stations geplaatst worden indien hier ruimte voor is. Anders moet een nieuw station ontwikkeld worden. Er kunnen maximaal vier trafo's op één station geplaatst worden. Bij 380kV-stations zijn dit 500 MW-trafo's, bij 220kV-stations 380 MW.
  - **Implementeren (kleinere) loadpockets<sup>20</sup>.** Indien er knelpunten op 150kV- of 110kV-verbindingen optreden kunnen loadpockets ingesteld worden<sup>21</sup>. Als er al loadpockets zijn kunnen de bestaande pockets 'opgeknippt' worden in kleinere pockets. Er kan ongeveer 1 GW vraag en 1,5 GW opwek binnen een loadpocket aangesloten worden.

<sup>20</sup> In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

<sup>21</sup> In het netmodel is de pocketstructuur voor het gehele 150kV- en 110kV-net meegenomen, behalve in de kop van Noord-Holland en de regio Rotterdam.

### Categorisatie knelpunten

Elk knelpunt krijgt een classificatie om te bepalen hoe groot het risico op een ruimtelijke ingreep is. Deze classificatie is gebaseerd op de hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (ENT)<sup>22</sup>. De verschillende classificaties worden in de figuren aangegeven met kleuren.

Onderstaande classificaties worden gehanteerd:

- **Geen knelpunt (groen)**. Op elk moment van het jaar kan alle elektriciteit getransporteerd worden. Er is dus geen oplossing nodig.
- **Licht knelpunt (geel)**. Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan hoogstwaarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Middelgroot knelpunt (oranje)**. Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan waarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Zwaar knelpunt (rood)**. Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is waarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.
- **Zeer zwaar knelpunt (paars)**. Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is hoogstwaarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.

Hieronder staat een overzicht van de oplossingsrichtingen per type knelpunt. Er wordt dus aangenomen dat er bij 'Zware' en 'Zeer zware' knelpunten altijd nieuwe infrastructuur nodig is. Bij 'lichte' en 'middelgrote' knelpunten wordt aangenomen dat dit altijd met redispatch opgelost kan worden. In de praktijk is dit minder zwart-wit en kan er bijvoorbeeld in sommige gevallen bij 'middelgrote' knelpunten wel nieuwe infra nodig zijn en in andere gevallen bij 'zware' knelpunten niet. Zoals eerder gemeld wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzawaard worden met 4kA-geleiders.

Tabel 6-1 - Oplossing knelpunten hoogspanning

Ernst van knelpunt	Oplossingsrichtingen	
	Redispatch	Nieuwe infrastructuur
Geen	-	-
Licht	X	
Middelgroot	X	
Zwaar		X
Zeer Zwaar		X

### Grenzen categorieën

Hieronder staat een overzicht van de grenzen die gehanteerd zijn voor de categorieën. Bij stations worden drie categorieën (geen, licht, zwaar) gehanteerd.

Tabel 6-2 - Grenzen categorieën

Ernst van knelpunt	Verbindingen		Stations		Eenheid
	380/220 kV	150/110 kV	380/220 kV	150/110 kV	
Geen	0	0	0		TWh ENT
Licht	0-0,1	0-0,05	Tussen 0 en 0,1	Niet individueel bekeken	
Middelgroot	0,1-0,5	0,05-0,1			
Zwaar	0,5-1	0,1-0,5	>0,1		
Zeer Zwaar	>1	>0,5			

<sup>22</sup> Hierbij wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen uitgerust zijn met 4kA geleiders (zie vorige voetnoot). Dit heeft effect op de capaciteit van de verbindingen en op die manier op de hoeveelheid energie die niet getransporteerd kan worden.

### A.3. Nieuwe velden

Naast nieuwe trafo's zijn er ook extra velden nodig voor het aansluiten van grote opwek of vraag. De volgende categorieën worden potentieel aangesloten op 380kV- of 220kV-stations:

- windenergie op zee;
- elektrolyzers;
- batterijen;
- regelbare centrales;
- grootschalige wind op land/zonnevelden;
- power-to-heat/elektrificatie industrie.

Om te bepalen hoeveel extra velden nodig zijn, is er per locatie gekeken hoeveel vermogen erbij komt voor deze bovenstaande categorieën. Op basis van het additionele vermogen dat per locatie aangesloten moet worden, is bepaald hoeveel extra velden noodzakelijk zijn. Er kan maximaal 1 GW vraag óf aanbod aangesloten worden per veld. Per station kan maximaal 6 GW opwek en 3 GW vraag aangesloten worden.

## B. Oplossingsrichtingen waterstof

Voor knelpunten in aansluitleidingen gelden de volgende oplossingsrichtingen:

- In enkele gevallen gaat het om een kort stuk leiding met een kleine diameter, dat onderdeel is van een doorgaande leiding. In dat geval kan, afhankelijk van de specifieke setting, operationeel een oplossing gezocht worden. Dit geldt als de overschrijding niet groot is.
- (Andere) keuzes maken tussen methaan of waterstof in onderdelen van het H-gas- of L-gasnetwerk. In sommige tracés zijn meerdere leidingen aanwezig, die afzonderlijk ingezet kunnen worden voor waterstof of methaan. Op dit moment is in het model de verdeling als volgt: H-gasleidingen worden ingezet voor waterstof, L-gasleidingen voor methaan. Een herverdeling op basis van capaciteit en transportvraag kan knelpunten verhelpen.
- Wanneer het gaat om een grote centrale die een kleinere centrale vervangt met een enkele aansluiting, is in de meeste gevallen een verzwaring van de aansluitleiding nodig.



# BIJLAGE VII Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

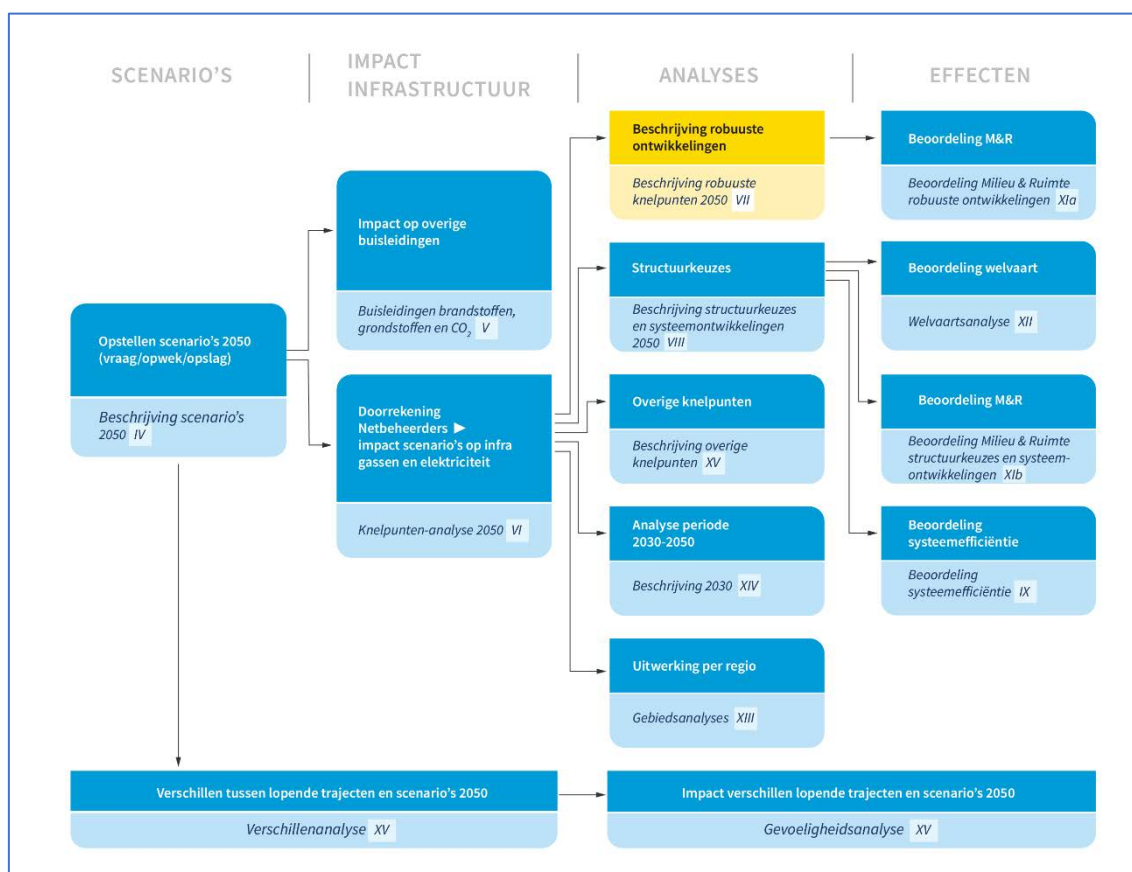
## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage VII, *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*, worden de ontwikkelingen besproken die plaatsvinden in elk van de scenario's voor 2050. Het is zeer waarschijnlijk dat in de toekomst ruimte nodig is om deze ontwikkelingen te faciliteren, aangezien deze ontwikkelingen in elk van de scenario's plaatsvinden. Voor het bepalen van de robuuste ontwikkelingen worden de invulling van de scenario's (Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*) en de resultaten van de doorrekeningen van de netbeheerders (Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*) gebruikt. De beschrijving van de robuuste ontwikkelingen valt onder de fase Analyse in Figuur 0.1 met de samenhang van de bijlagen. De robuuste ontwikkelingen worden beoordeeld op het thema Milieu & Ruimte in Bijlage XIa *Beoordeling Milieu & Ruimte (Robuuste) ontwikkelingen*.

Figuur 0.1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Introductie	3
1.2	Scope	3
<b>2</b>	<b>Elektriciteit</b>	<b>4</b>
2.1	Productie	4
2.2	Opslag	5
2.3	Infrastructuur	7
<b>3</b>	<b>Gassen (waterstof en methaan)</b>	<b>23</b>
3.1	Productie waterstof en methaan	23
3.2	Opslag	24
3.3	Infrastructuur	25
<b>4</b>	<b>Overige buisleidingen</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Bovenregionaal warmtetransport</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Totaaloverzicht</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>Bronnen</b>	<b>35</b>
<b>A.</b>	<b>Oplossingsrichtingen elektriciteit</b>	<b>36</b>
<b>B.</b>	<b>Oplossingsrichtingen waterstof</b>	<b>39</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

Om te bepalen hoe het energiesysteem er in 2050 uitziet en welke (ruimtelijke) keuzes hierin gemaakt kunnen worden zijn er zeven scenario's opgesteld voor de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur. Vier scenario's, de Nederland Energieland-scenario's, zijn direct overgenomen vanuit de integrale infrastructuurverkenning I13050 (Netbeheer Nederland, 2021). Daarnaast zijn er twee ruimtelijke varianten toegevoegd op de I13050-scenario's, dit zijn de Sterke Knopen-scenario's. Tot slot is er één scenario met kernenergie toegevoegd. Dit wordt het Zeer Sterke Knopen-scenario genoemd. De scenario's worden uitgebreid omschreven in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*.

In de zeven scenario's die gehanteerd worden, zijn er aannames gemaakt over de ontwikkeling van vraag en hernieuwbaar aanbod van energie in 2050, opgesplitst naar sector, energiedrager en locatie (zie Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*). Vervolgens hebben de netbeheerders berekend hoeveel regelbare centrales, opslag en conversie noodzakelijk is voor een robuust energiesysteem en waar knelpunten optreden in de nationale energie-infrastructure die een oplossing behoeven (zie Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*). Hierin is de methodologie die door de netbeheerders is ontwikkeld voor I13050 gebruikt (Netbeheer Nederland, 2021).

De doorrekening van de netbeheerders leidt tot een overzicht van verwachte ontwikkelingen in het hoogspanningsnet en het landelijke gastransportnet in elk van de scenario's voor 2050, maar ook van grootschalige productie- en opslaglocaties die nodig zijn in 2050.

## 1.2 Scope

In de analyses worden twee soorten ontwikkelingen geïdentificeerd:

- **Robuuste ontwikkelingen** die in alle scenario's optreden<sup>1</sup>. Het is dus zeer waarschijnlijk dat hier in de toekomst ruimte voor moet worden gevonden. Voor elk van de robuuste ontwikkelingen zal er een beoordeling op hoofdlijnen gemaakt worden van de benodigde ruimte en effecten op milieu en ruimte.
- **Specifieke ontwikkelingen**. Deze ontwikkelingen vinden alleen plaats als bepaalde keuzes (structuurkeuzes) gemaakt worden. Deze worden behandeld in Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*.

Deze bijlage bevat een beschrijving van het eerste soort ontwikkelingen, de robuuste ontwikkelingen. In deze bijlage zijn robuuste ontwikkelingen geïdentificeerd tot en met 2050. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar productie (regelbaar/niet-regelbaar, elektriciteit/gas/warmte), opslag en energie-infrastructure (elektriciteit, gassen, overige buisleidingen en warmte).

Deze bijlage richt zich op het technische en energetische aspect. De ruimtelijke analyse van de robuuste ontwikkelingen volgt in Bijlage XIa *Beoordeling Milieu & Ruimte (Robuuste) ontwikkelingen*. Voorziene ontwikkelingen voor overige ondergrondse buisleidingen (naast de gasleidingen) worden toegelicht in Bijlage V *Buisleidingen brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub>*.

<sup>1</sup> Deze scenario's zijn op basis van 1 weerprofiel (het jaar 1987). Het variëren van het weerprofiel kan leiden tot andere vraag-, aanbod- en opslagprofielen.

## 2 Elektriciteit

### 2.1 Productie

In het toekomstige energiesysteem wordt het grootste gedeelte van de elektriciteit geproduceerd met hernieuwbare bronnen zoals wind op land, windenergie op zee en zon-pv. Daarnaast zijn er regelbare energiecentrales nodig om elektriciteit te produceren op momenten met weinig wind en zon.

In de analyses wordt alleen ingegaan op locaties voor regelbare energiecentrales. Het PEH gaat namelijk niet over de aanwijzing van hernieuwbare opwek op land. Daarnaast kijkt het PEH alleen naar benodigde ruimte op land, dus opweklocaties van windenergie op zee vallen ook buiten de scope. Er wordt gekeken naar benodigde opslag en energie-infrastructuur op land veroorzaakt door hernieuwbare opwek op land en aanlanding van windenergie op zee (in paragrafen 2.2 en 2.3).

#### Regelbare centrales

Om de leveringszekerheid in het toekomstige, klimaatneutrale energiesysteem te garanderen is een forse hoeveelheid regelbaar vermogen nodig. Deze regelbare centrales moeten elektriciteit leveren op momenten dat er te weinig productie is van windturbines en zonnepanelen. Door elektrificatie van de vraag neemt het vermogen dat nodig is aan regelbare centrales in de toekomst zelfs toe, van ongeveer 20 GW nu naar 33 tot 36 GW in 2050. Deze centrales zullen echter wel fors minder draaiuren maken dan de huidige centrales, waardoor de totale productie lager ligt.

De regelbare centrales draaien in de scenario's op waterstof of groengas. Er zijn verschillende soorten regelbare centrales nodig. Er zijn grootschalige CCGT<sup>2</sup>-centrales nodig die relatief veel draaiuren maken en een hogere efficiëntie hebben. Het is de verwachting dat deze centrales op de bestaande Barro-locaties komen<sup>3</sup>. Daarnaast zijn piekeenheden nodig (OCGT of GT<sup>4</sup>) die bijspringen op momenten van forse tekorten en daarmee minder draaiuren maken. Dit type regelbare centrale heeft een lagere efficiëntie. Deze centrales kunnen geplaatst worden op de Barro-locaties, maar het is ook een optie dat dit kleinschalige eenheden worden die verspreid over het land komen te staan.

De benodigde hoeveelheid regelbare centrales is bepaald op basis van de 'tekorten' aan elektriciteit. Deze tekorten komen overeen met het gedeelte van de elektriciteitsvraag dat niet ingevuld kan worden met wind en zon (na toepassing van batterijen). Per uur wordt de benodigde inzet van regelbare centrales bepaald. Het benodigde vermogen aan regelbare centrales komt overeen met het uur in het jaar met de grootste benodigde inzet. Dit komt overeen met een moment met veel elektriciteitsvraag en amper hernieuwbare productie, oftewel een bewolkte, windluwe winterdag.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van het robuust minimum aan regelbaar vermogen dat nodig is per Barro-locatie. Dit komt overeen met het minimum van alle zeven scenario's per locatie. Dus met de situatie dat er alleen grote regelbare centrales op deze locaties komen en dat het benodigde piekvermogen ingevuld wordt met kleinschalige eenheden verspreid over het land. Daarnaast geeft de tabel per Barro-locatie het

<sup>2</sup> Combined Cycle Gas Turbine.

<sup>3</sup> Er zijn specifieke criteria waaraan locaties voor grote regelbare centrales moeten voldoen. Zo moet er onder meer voldoende koelwater beschikbaar zijn en moet er een aansluiting zijn op het hoogspanningsnet. Door deze criteria is het de verwachting dat er geen nieuwe locaties voor grote regelbare centrales bijkomen, maar dat hiervoor de bestaande Barro-locaties gebruikt worden. Dit zijn locaties die vanuit het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening aangewezen zijn voor grootschalige elektriciteitscentrales.

<sup>4</sup> Open Cycle Gas Turbine of Gasturbine.

maximale vermogen van alle scenario's, dit komt overeen met de situatie dat ook piekeenheden op de Barro-locaties geplaatst worden (bovenstaande keuze wordt verder uitgewerkt in structuurkeuze 4, zie Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*).

De tabel geeft ook het huidige vermogen op de locaties ter referentie.

#### Locaties regelbare centrales

De verdeling van totale vermogen aan regelbare centrales over de verschillende Barro-locaties in de scenario's gebaseerd is gebaseerd op aannames (zie Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*). Deze verdeling hoeft ruimtelijk en energetisch gezien niet optimaal te zijn, aangezien er geen optimalisaties uitgevoerd zijn. Er kan geschoven worden in de verdeling over de locaties, maar de totale opgave moet wel ingevuld worden binnen deze locaties.

Tabel 2.1 - Robuust vermogen regelbare centrales

Gebied	Robuust minimum	Maximum scenario's	Huidig	Eenheid
Amsterdam (Hemweg)	450	4.550	450	MW
Borssele/Sloegebied	1.050	1.700	850	MW
Buggenum	100	650	0	MW
Burgum	650	1.100	650	MW
Delfzijl	550	950	550	MW
Diemen	550	750	700	MW
Eemshaven	4.200	8.750	3300	MW
Flevoland/Lelystad	550	900	850	MW
Geertruidenberg (Amercentrale)	400	900	650	MW
Geleen (Graetheide)	300	1350	250	MW
Maasbracht	1.100	3.650	1300	MW
Moerdijk	550	900	750	MW
Rotterdam Botlek	550	1.250	450	MW
Rotterdam Maasvlakte	2.050	7.050	2650	MW
Rotterdam RoCa	150	300	250	MW
Rotterdam Vondelingenplaat	500	800	800	MW
Terneuzen, Sas van Gent	400	700	350	MW
Utrecht Lage Weide	300	550	550	MW
Velsen	550	900	950	MW

## 2.2 Opslag

Om vraag en aanbod te balanceren is opslag van elektriciteit met batterijen noodzakelijk. Deze batterijen worden ingezet om kortetermijnnonbalans tussen vraag en aanbod van elektriciteit op te vangen. De tijdschaal van de inzet van de batterijen is enkele uren<sup>5</sup>. Batterijen zijn niet geschikt voor het opvangen van langetermijnnonbalans tussen vraag en aanbod. Hier worden elektrolyzers (bij aanbodoverschot, wordt behandeld in paragraaf 3.1) en regelbare centrales (bij aanbodtekort, wordt behandeld in paragraaf 2.1) voor ingezet.

#### Locatie batterijen in net

In de modellering (voor de berekeningen) zijn de batterijen geplaatst bij hoogspanningsstations en koppelpunten tussen het hoogspanningsnet en regionale netten. In de praktijk kunnen batterijen ook lager in het net geplaatst worden. Dit maakt voor de belasting op het hoogspanningsnet niet uit, indien het vermogen aan batterijen per voorzieningsgebied van een station gelijk blijft. Maar dit is wel relevant voor de ruimte die noodzakelijk is bij de hoogspanningsstations. In de analyse wordt de maximale ruimte bepaald die nodig is voor batterijen bij hoogspanningsstations, aangezien er in de analyses wordt aangenomen dat alle batterijen op dat niveau geplaatst worden.

<sup>5</sup> Hiermee wordt bedoeld dat een batterij enkele uren achter elkaar kan opladen of ontladen en daarmee alleen overschotten of tekorten van enkele uren achter elkaar kan opvangen.

In de modellering worden de batterijen geplaatst bij hoogspanningsstations (zie bovenstaand kader). Per hoogspanningsstation wordt bepaald hoeveel vermogen aan batterijen noodzakelijk is om de lokale kortetermijnnonbalans tussen vraag en aanbod op te vangen. Uit deze analyse volgt dat er vooral veel batterijen nodig zijn op locaties met veel hernieuwbare opwek, vanwege de grote variabiliteit in de productie van deze bronnen. Dus bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij hernieuwbare opwek op land.

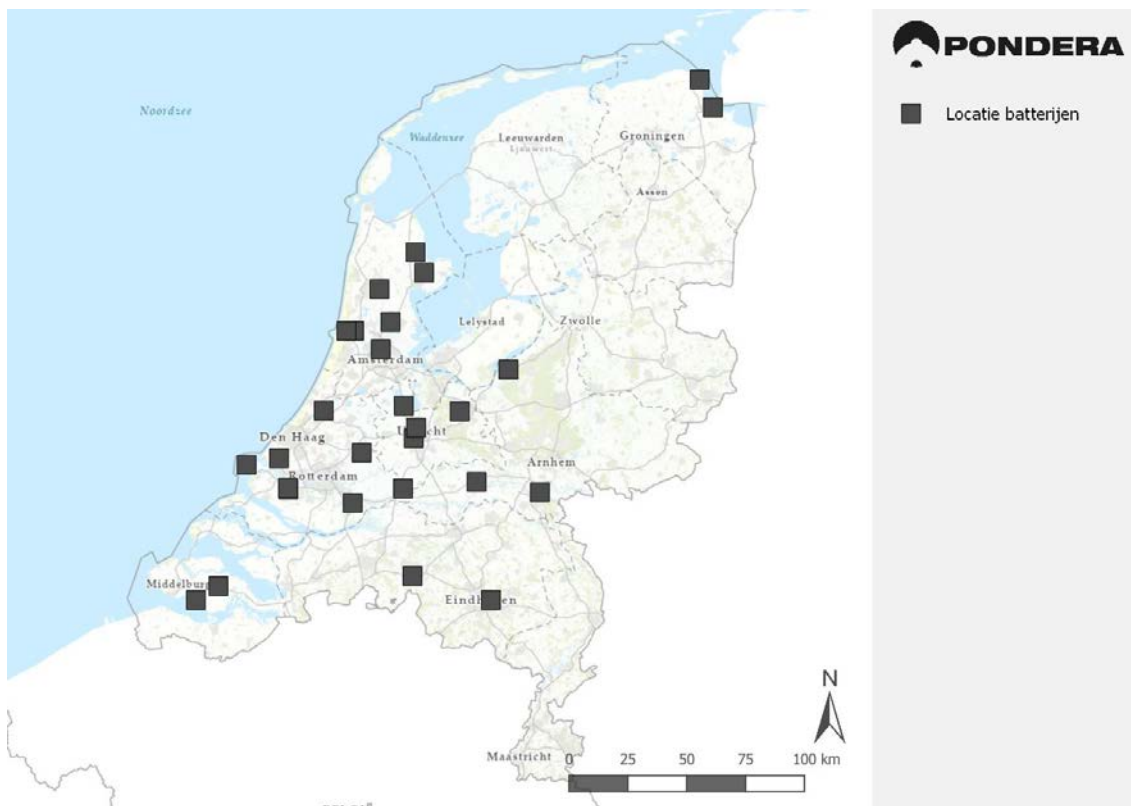
Tabel 2.2 geeft een overzicht van het robuuste minimum aan batterijen dat nodig is per hoogspanningsstation. Dit komt per locatie overeen met het scenario met het laagste benodigde vermogen. Daarnaast geeft de tabel het maximale vermogen van alle scenario's. In deze tabel worden alleen hoogspanningsstation meegenomen met een robuust minimum aan batterijen van minimaal 100 MW.

Tabel 2.2 - Robuust vermogen batterijen

Station	Robuust minimum	Maximum scenario's	Eenheid
Delfzijl Oosterhorn 220	150	750	MW
Station Harderwijk 150	150	400	MW
Station Nijmegen 150	100	300	MW
Station Tiel 150	100	300	MW
Station Soest 150	150	400	MW
Station Utrecht Lage Weide 150	150	450	MW
Station Oudenrijn 150	100	300	MW
Station Oterleek 150	150	550	MW
Station Amsterdam Hemweg 150	150	350	MW
Station Beverwijk 380	1.100	2.100	MW
Station Westwoud 150	200	950	MW
Station Velsen 150	150	450	MW
Station Dordrecht Noordendijk 150	150	300	MW
Station Gouda 150	150	400	MW
Station Leiden 150	100	300	MW
Station Botlek 150	300	600	MW
Maasvlakte-Amaliahaven 380	2.850	7.350	MW
Station Borssele/Sloegebied 380	650	3.250	MW
Station Goes de Poel 150	100	600	MW
Station Arkel 150	100	300	MW
Station Eindhoven 380	100	200	MW
Station Tilburg Zuid 150	150	400	MW
Station Wijdewormer 150	200	450	MW
Eemshaven 380 kV	1.800	4.300	MW
Station Westerlee 150	150	200	MW
Station Breukelen 150	100	300	MW
Station Agriport 150 (Middenmeer)	750	6.300	MW
Station Geervliet Noorddijk 150	150	400	MW



Figuur 2.1 - Locaties van robuust vermogen batterijen



### 2.3 Infrastructuur

De robuuste ontwikkelingen worden bepaald bij de hoogspanningsinfrastructuur op basis van doorrekeningen van de zeven scenario's door TenneT. In deze doorrekeningen wordt bepaald of de huidige infrastructuur voldoende capaciteit heeft om alle elektriciteit van producent naar afnemer te transporteren, op elk moment van het jaar. Indien dit niet zo is dan is sprake van een knelpunt. De ernst van de knelpunten is afhankelijk van de hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden door een bepaald onderdeel van het hoogspanningsnet. Deze parameter heet ENT<sup>6</sup> en omvat zowel de omvang als de duur van een overschrijding. Bij zware knelpunten moeten nieuwe hoogspanningsinfrastructuur aangelegd worden (later in deze paragraaf volgt meer informatie over wanneer dit noodzakelijk is).

Bij de knelpuntenanalyse wordt er aangenomen dat de huidige investeringsplannen gerealiseerd worden. De voorgestelde investeringen uit het Investeringsplan van 2020 zijn reeds meegenomen in het netmodel en komen dus ook niet naar voren uit de knelpuntenanalyse<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Energy Not Transported.

<sup>7</sup> Ondertussen is al een nieuw investeringsplan van TenneT uitgekomen, het IP2022. Hier zijn nieuwe investeringen en plannen in opgenomen. Een deel van de knelpunten die volgen uit de analyses zijn ook al signaleerd in het nieuwe investeringsplan. Indien dit het geval is, wordt dit benoemd.

### Welke componenten worden meegenomen?

Voor hoogspanningsinfrastructuur worden zowel verbindingen als stations beschouwd.

Bij de verbindingen wordt onderscheid gemaakt naar de verschillende spanningsniveaus van het hoogspanningsnet; 380 kV, 220 kV, 150 kV en 110 kV. De oplossingsrichtingen, de kosten en het ruimtebeslag kunnen namelijk verschillen per spanningsniveau.

Hoogspanningsstations kunnen uit verschillende componenten bestaan:

- transformatoren om de elektriciteit om te zetten naar een ander spanningsniveau (bijvoorbeeld 380 kV naar 150 kV);
- velden om afnemers of producenten aan te sluiten of om verbindingen aan te sluiten;
- overige elektrotechnische componenten, zoals rails.

Er wordt geanalyseerd hoeveel nieuwe transformatoren nodig zijn en hoeveel extra nieuwe velden geplaatst moeten worden voor het aansluiten van nieuwe afnemers, producenten of verbindingen. Hierbij wordt ook weer onderscheid gemaakt naar spanningsniveau. Bij 380kV- en 220kV-stations worden individuele stations geanalyseerd. Bij 150kV- en 110kV- stations wordt alleen geanalyseerd hoeveel ruimte in totaal nodig is voor nieuwe componenten, aangezien het aantal stations hier te groot is voor individuele analyses.

### Welke uitbreidingen zijn gepland tot 2030?

In de analyses wordt gekeken naar de nieuwe infrastructuur die nodig is tot 2050. Maar tot 2030 staan al een flink aantal nieuwe investeringen op de planning. Deze zijn opgenomen in de investeringsplannen van TenneT. In de analyses wordt aangenomen dat de geplande projecten uit de investeringsplannen gerealiseerd gaan worden. Deze zijn dus in principe ook 'robust'. Voor de doorrekeningen zijn de investeringen tot 2030 uit het investeringsplan IP2020 meegenomen in het netmodel<sup>8</sup>. Dit betekent dat er doorrekeningen gedaan worden met het hoogspanningsnet dat er naar verwachting ligt in 2030<sup>9</sup>. De knelpunten die tot 2030 optreden komen dus ook niet naar voren in de doorrekening van 2050.

In Tabel 2.3 staat een overzicht van de geplande uitbreidingen van het hoogspanningsnet tot 2030 die meegenomen zijn in het netmodel (maar nu nog niet gerealiseerd zijn). In onderstaand overzicht zijn alle uitbreidingen voor 380 kV en 220 kV en de belangrijkste uitbreidingen voor 150 kV en 110 kV meegenomen. In de aparte bijlage over 2030 wordt in meer detail ingegaan op de ontwikkelingen tot 2030 in, onder meer op de ruimtelijke gevolgen.

<sup>8</sup> Zoals eerder benoemd is er ondertussen al een nieuw investeringsplan uitgekomen, het IP2022. De additionele investeringen en plannen die hierin staan zijn niet meegenomen in het netmodel en komen dus wel naar voren in de knelpuntenanalyse. Indien dit het geval is, wordt dit benoemd.

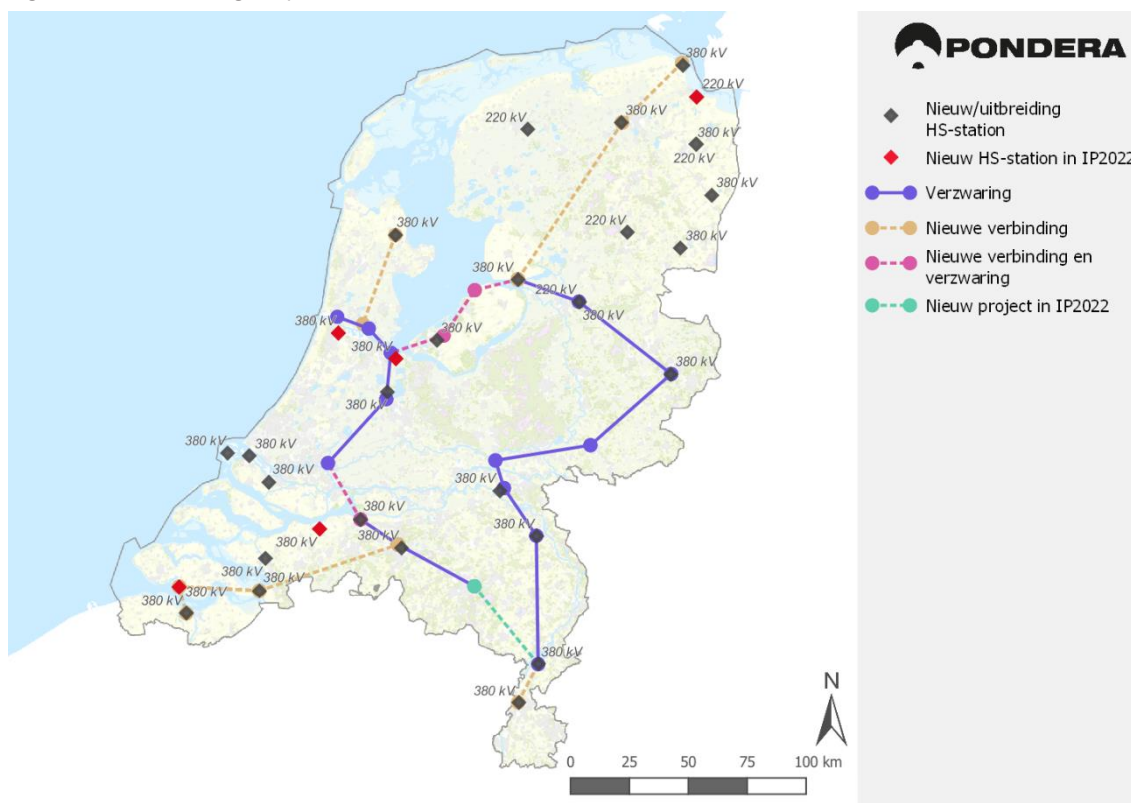
<sup>9</sup> Voor een aantal projecten is de verwachte inbedrijfname verlaat tot vlak na 2030 in het laatst gepubliceerde investeringsplan, het IP2022.

Tabel 2.3 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Tilburg	Nieuw station
380kV-station	Ter Apelkanaal	Nieuw station
380kV-station	Veenoord Boerdijk	Nieuw station
380kV-station	Verzwarend kop van Noord-Holland	Nieuw station
380kV-station	Graetheide	Nieuw station
380kV-station	Wijchen	Nieuw station
380kV-station	Almere	Nieuw station
380kV-station	Kijkuit	Nieuw station
380kV-station	Europoort	Nieuw station
380kV-station	Maasvlakte Amaliahaven	Nieuw station
380kV-station	Eemshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Geertruidenberg	Uitbreiding station
380kV-station	Rilland	Uitbreiding station
380kV-station	Boxmeer	Uitbreiding station
380kV-station	Meeden	Uitbreiding station
380kV-station	Maasbracht	Uitbreiding station
220kV-station	Meeden	Uitbreiding station
380kV-verbinding	Eemshaven Oudeschip-Vierverlaten	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Rilland-Tilburg	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Vierverlaten-Ens	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Verzwarend kop van Noord-Holland	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Maasbracht-Graetheide	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Zuid-Beveland - Terneuzen	Nieuwe verbinding
380kV-verbinding	Lelystad-Diemen	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding
380kV-verbinding	Ens-Lelystad	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding
380kV-verbinding	Krimpen ad IJssel-Geertruidenberg	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding
380kV-verbinding	Borssele/Sloegebied-Rilland	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding
380kV-verbinding	Hengelo-Zwolle	Verzwarend
380kV-verbinding	Ens-Zwolle	Verzwarend
380kV-verbinding	Eindhoven-Tilburg-Geertruidenberg	Verzwarend
380kV-verbinding	Eindhoven-Maasbracht	Verzwarend
380kV-verbinding	Geertruidenberg-Krimpen	Verzwarend
380kV-verbinding	Krimpen-Breukelen-Diemen-Oostzaan-Beverwijk	Verzwarend
380kV-verbinding	Lelystad-Ens	Verzwarend
380kV-verbinding	Diemen-Lelystad	Verzwarend
380kV-verbinding	Doetinchem-Hengelo	Verzwarend
380kV-verbinding	Dodewaard-Doetinchem	Verzwarend
380kV-verbinding	Maasbracht-Boxmeer-Dodewaard	Verzwarend
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur
Interconnectie		Uitbreiding interconnectiecapaciteit naar 15 GW <sup>10</sup>

<sup>10</sup> Op enkele van deze locaties wordt de interconnectiecapaciteit verhoogd conform bestaande plannen. Daarnaast wordt aangenomen dat er extra interconnectiecapaciteit komt met het Britse hoogspanningsnet via windparken op de Noordzee.

Figuur 2.2 - Ontwikkelingen op het elektriciteitsnetwerk tot 2030



In Tabel 2.3 wordt er onderscheid gemaakt naar de volgende types investeringen:

- **Nieuw station.** Er wordt een compleet nieuw station ontwikkeld op een locatie waar nu nog geen station aanwezig is.
- **Uitbreiding station.** Een bestaand station wordt uitgebreid, bijvoorbeeld met nieuwe velden, transformatoren of rails.
- **Nieuwe verbinding.** Er wordt een nieuwe hoogspanningsverbinding aangelegd op een tracé waar nu nog geen hoogspanningsverbinding loopt. Bij 380 kV en 220 kV gaat dit om een bovengrondse verbinding.
- **Extra circuit(s) bij bestaande verbinding.** Er worden één of meerdere nieuwe circuits aangelegd op een traject waar nu al een verbinding loopt. Hiervoor zijn nieuwe masten nodig. Dit parallel aan de verbinding of via een nieuw tracé.
- **Verzwarend.** De geleiders van bestaande verbindingen worden opgewaardeerd naar 4kA<sup>11</sup>-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties.
- **Implementatie pocketstructuur.** In haar visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net. In het

<sup>11</sup> Kilo-Ampère.

netmodel is de pocketstructuur voor het gehele 150kV- en 110kV-net meegenomen, behalve in de kop van Noord-Holland en de regio Rotterdam<sup>12</sup>.

Voor de invoering van de pocketstructuur zijn nieuwe 380kV-stations en uitbreidingen van bestaande 380kV-stations nodig. Deze zijn al opgenomen in bovenstaande lijst (onder nieuwe stations en uitbreiding stations). Daarnaast moeten 150kV- en 110kV-verbindingen 'opgeknijpt' worden. Dit heeft geen significante ruimtelijke impact.

Voor het aansluiten van nieuwe windparken op zee zijn nieuwe velden nodig bij 380kV-stations. Er wordt aangenomen dat de investeringen in het IP2020 voldoende zijn om de hoeveelheid windenergie op zee uit het meest ambitieuze scenario van het investeringsplan aan te sluiten. Het gaat daarin om 14,6 GW.

In de scenario's van het investeringsplan worden ook aannames gedaan dat er forse hoeveelheden elektrolysers en batterijen komen richting 2030. De nieuwe velden die nodig zijn om dit aan te sluiten zijn nog niet meegenomen in het investeringsplan, aangezien hiervoor pas een investeringsbeslissing wordt genomen bij een concrete klantaanvraag.

Wat zijn robuuste knelpunten na 2030?

*Welke knelpunten zijn er voor de verschillende scenario's?*

#### **Energy not transported (ENT)**

Om de ernst van de knelpunten te bepalen wordt de graadmeter Energy Not Transported (ENT) gehanteerd. Dat is de totale hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden door een bepaalde asset. Deze graadmeter is een combinatie van de ernst (MW overschrijding) en de duur (aantal uur) van knelpunten. TenneT gebruikt deze graadmeter om een afweging te maken tussen redispatch<sup>13</sup> en investeren in nieuwe infrastructuur. In bijlage A worden stelregels hiervoor gegeven.

Er wordt aangenomen dat de geleiders van alle 380kV-verbindingen opgewaardeerd zijn naar 4kA. Hierdoor hebben de verbindingen meer transportcapaciteit. Bij het oplossen van een knelpunt is het opwaarderen van de geleider de eerste stap aangezien dit geen ruimtelijke implicaties heeft. TenneT verwacht dat ze op den duur de geleiders van bijna het complete 380kV-net opwaarderen naar 4kA.

De netbeheerders hebben in hun doorrekening bepaald op welke plekken in het hoogspanningsnet knelpunten plaatsvinden na 2030 doordat niet alle energie getransporteerd kan worden van de productielocatie naar de afnemer. Voor elk knelpunt is een oplossing noodzakelijk. Het is echter niet zo dat elke oplossing van knelpunten een (aanzienlijke) ruimtelijke impact heeft. Het is mogelijk om een deel van deze knelpunten op te lossen met (relatief) geringe ruimtelijke impact door middel van redispatch of door verzwaring<sup>14</sup>. Alleen als een forse hoeveelheid energie op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (en de ENT dus hoog is) zijn infrastructuuraanpassingen met aanzienlijke ruimtelijke impact noodzakelijk, zoals

<sup>12</sup> Ten tijde van het opstellen van het netmodel was het nog onduidelijk hoe de pocketstructuur in die regio's eruit moest gaan zien.

<sup>13</sup> Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.

<sup>14</sup> Bij verzwaring worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar 4kA-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties. Er wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzwared worden richting 2050. Dit is conform de plannen van TenneT.

het aanleggen van een nieuwe hoogspanningsverbinding, het plaatsen van een nieuwe transformator of het implementeren van een nieuwe of kleinere pockets. Een uitgebreide omschrijving van de oplossingsrichtingen is te vinden in bijlage A.

Elk knelpunt krijgt een classificatie om te bepalen hoe groot het risico op een ruimtelijke ingreep is. Deze classificatie is gebaseerd op de hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (ENT)<sup>15</sup>. De verschillende classificaties zijn in de figuren aangegeven met kleuren.

De onderstaande classificaties worden gehanteerd:

- **Geen knelpunt (groen)**. Op elk moment van het jaar kan alle elektriciteit getransporteerd worden. Er is dus geen oplossing nodig.
- **Licht knelpunt (geel)**. Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan hoogstwaarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Middelgroot knelpunt (oranje)**. Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan waarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Zwaar knelpunt (rood)**. Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is waarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.
- **Zeer zwaar knelpunt (paars)**. Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is hoogstwaarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.

Deze classificaties worden voor elk spanningsniveau gehanteerd en zowel voor verbindingen als voor transformatoren (bij stations). De grenzen in termen van TWh ENT zijn vastgesteld in samenwerking met TenneT en zijn te vinden in bijlage A en in de figuren die volgen. Deze grenzen verschillen per spanningsniveau en type infrastructuur.

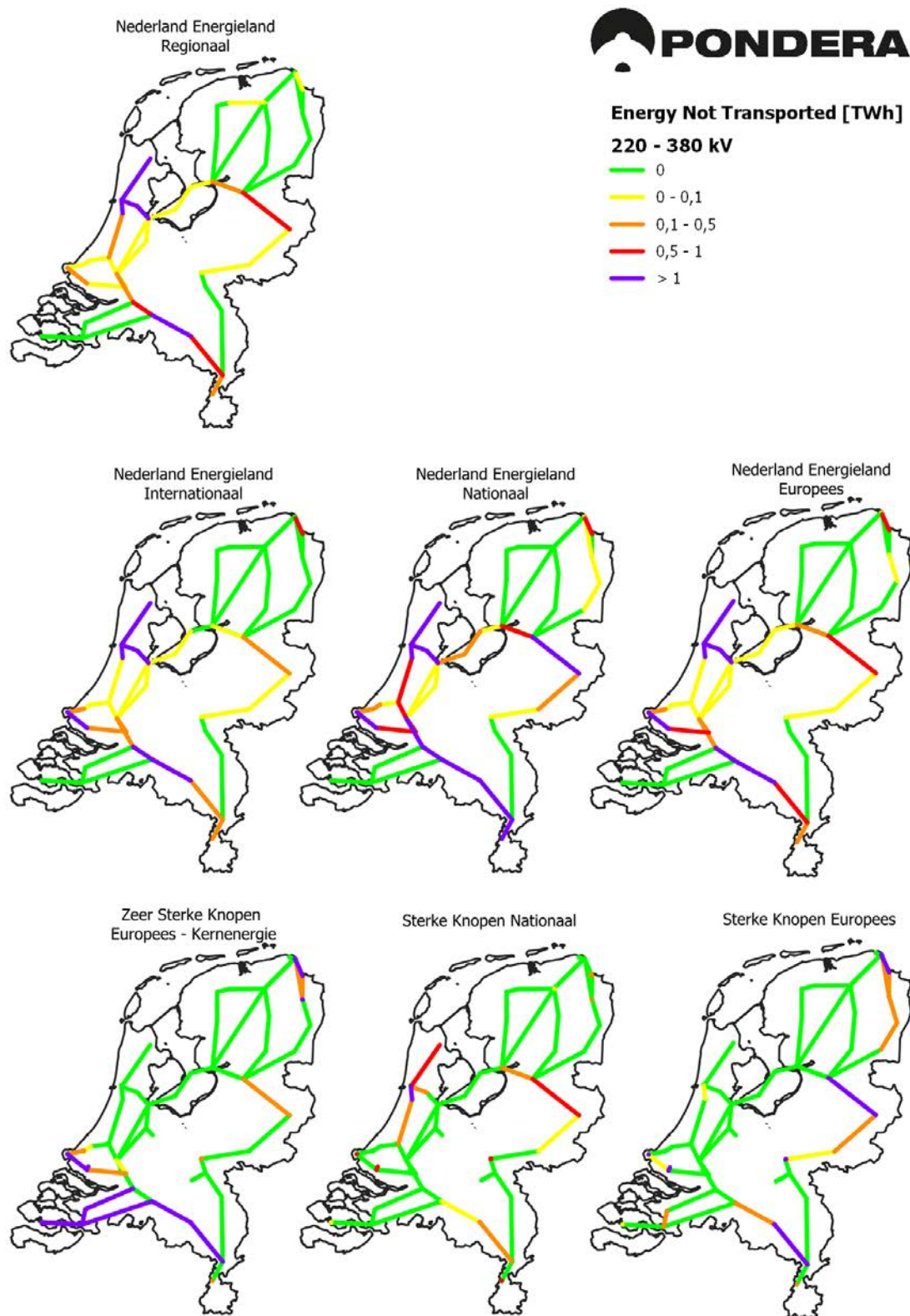
Hieronder volgt een korte samenvatting van de resultaten van de knelpuntenanalyse. In Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050* wordt uitgebreider ingegaan op de doorrekeningen van TenneT en de knelpunten die er voor 2050 verwacht worden bij de hoogspanningsinfrastructuur.

### **380/220kV-verbindingen**

Figuur 2.3 geeft een overzicht van de resultaten van de doorrekening van het 220kV- en 380kV-net, voor elk van de scenario's. De knelpunten op deze hoogste spanningsniveaus worden voornamelijk veroorzaakt door transport van elektriciteit van windparken op zee vanaf de kust naar vraag in het binnenland. Zo zie je in meerdere gevallen knelpunten rondom aanlandingspunten in Noord- en Zuid-Holland en zijn er in elk scenario knelpunten tussen Rotterdam en Maasbracht (vraag vanuit Chemelot en export Duitsland/België). Daarnaast zijn er in alle scenario's knelpunten rondom het interconnectiepunt bij Hengelo.

<sup>15</sup> Hierbij wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen uitgerust zijn met 4kA-geleiders (zie vorige voetnoot). Dit heeft effect op de capaciteit van de verbindingen en op de hoeveelheid energie die niet getransporteerd kan worden.

Figuur 2.3 - Resultaten knelpuntendoorrekening 380/220 kV voor het jaar 2050



### 150/110kV-verbindingen

Figuur 2.4 geeft een overzicht van de doorrekening van de 150kV- en 110kV-netten. In de doorrekening is meegenomen dat deze netten opgeknipt worden in deelnetten die aangesloten zijn op één 380kV- of 220kV-transformatorstation, de zogenaamde pocketstructuur (zie uitleg bij *Welke uitbreidingen zijn gepland tot 2030?*).

De pocketstructuur is in het huidige gehanteerde netmodel nog niet doorgevoerd in de kop van Noord-Holland en rondom Rotterdam. Ten tijde van het opstellen van het netmodel was het nog onduidelijk hoe de pocketstructuur in die regio's eruit moest gaan zien. Doordat de pocketstructuur in die regio's nog niet meegenomen is zie je daar in de verschillende scenario's veel knelpunten op het 150kV-net. Het is de verwachting van TenneT dat hier wel pockets gaan komen

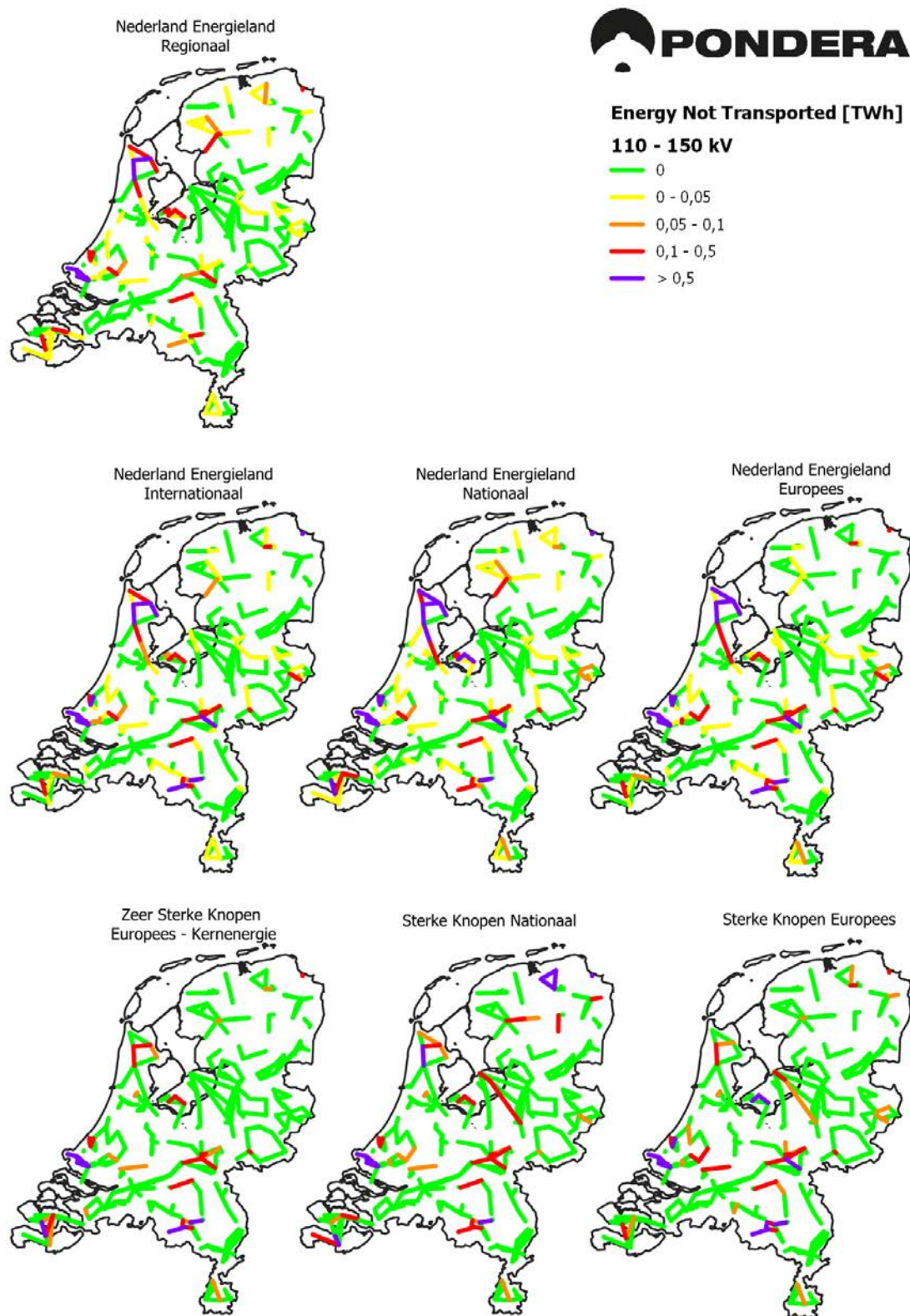
In het algemeen zijn er relatief weinig knelpunten op deze spanningsniveaus. Dit komt onder meer door de pocketstructuur, waardoor overschotten van elektriciteit snel afgevoerd kunnen worden richting het 220kV- of 380kV-net. Daarnaast worden er grote vermogens aan batterijen aangenomen, die ingezet worden om de pieken van de opwek van wind en zon af te vlakken.

#### Effecten modellering batterijen

In de doorrekeningen zijn forse hoeveelheden batterijen (tot ruim 50 GW) meegenomen. Deze batterijen vangen een groot deel van de piekproductie van met name zonnepanelen (en in mindere mate windturbines op land) flink af. Dit is een belangrijke oorzaak voor het feit dat er amper knelpunten op het 110 kV en 150 kV uit de doorrekening komen. Het is echter maar de vraag of deze hoeveelheden batterijen er in de toekomst ook gaan komen en of dit rendabel is. Dit betekent dat het aantal knelpunten op deze spanningsniveaus mogelijk onderschat worden.



Figuur 2.4 - Resultaten knelpuntendoorrekening 150/110 kV voor het jaar 2050



### **Stations**

Naast de verbindingen wordt er ook gekeken naar knelpunten bij stations. Stations hebben grofweg twee functies:

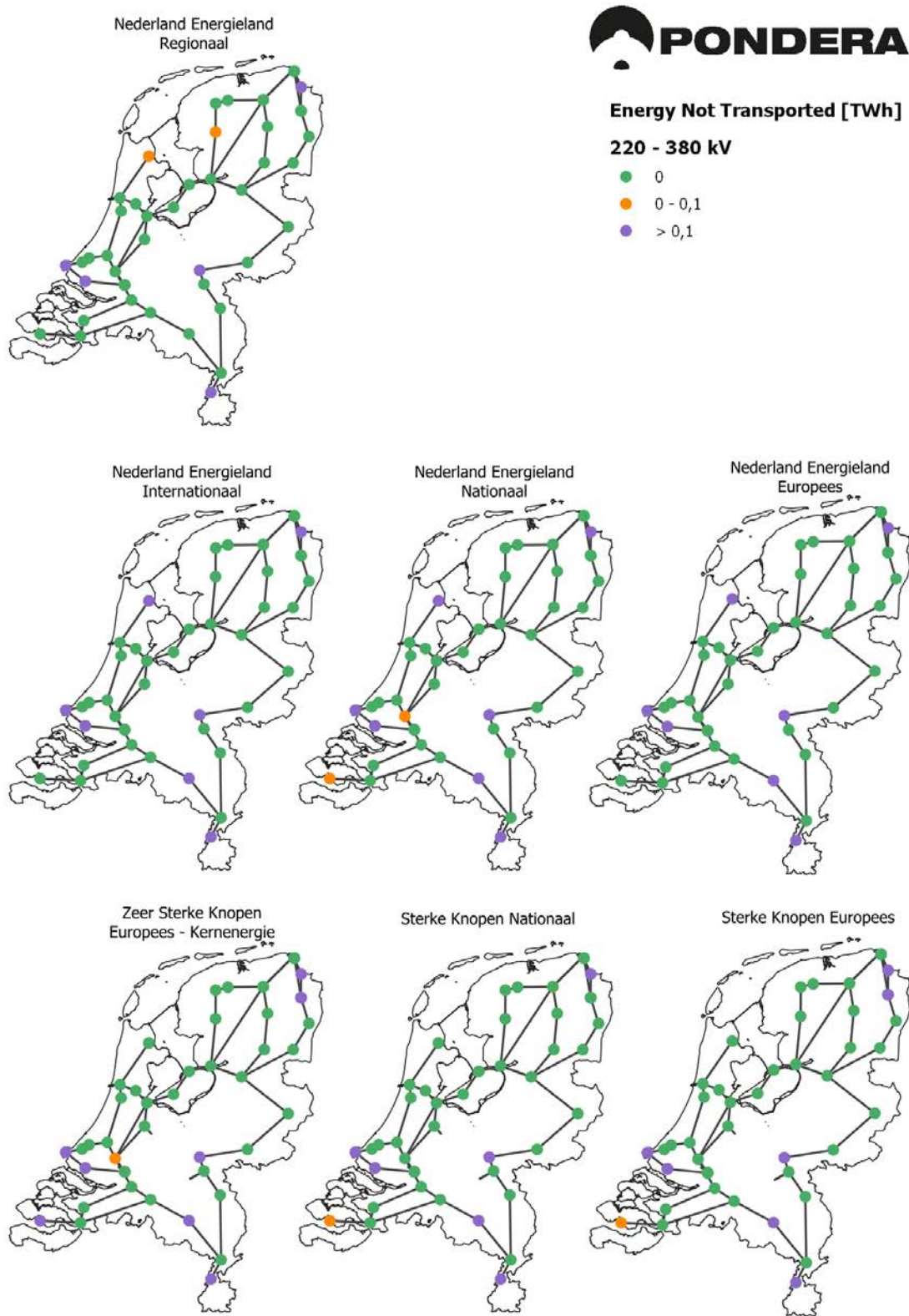
- het transformeren van elektriciteit naar een hoger of lager spanningsniveau door middel van transformatoren;
- het aansluiten van grote vragers, grote producenten of verbindingen.

Stations kunnen één van deze functies, maar ook beide functies hebben. Voor transformatoren en het aansluiten van grote vragers, grote producenten of verbindingen zijn velden nodig. Daarnaast zijn er op stations nog andere componenten noodzakelijk zoals rails. De beschikbare fysieke ruimte bij bestaande stations is beperkt, dus op een bepaald punt kan een station niet meer uitgebreid worden en moet een nieuw station gerealiseerd worden.

### **380/220kV-transformatoren**

TenneT heeft de belasting en de knelpunten bij de 380kV- en 220kV-transformatoren berekend in de netdoorrekening. Figuur 2.5 geeft een overzicht van de resultaten hiervan.

Figuur 2.5 - Overzicht knelpunten stations

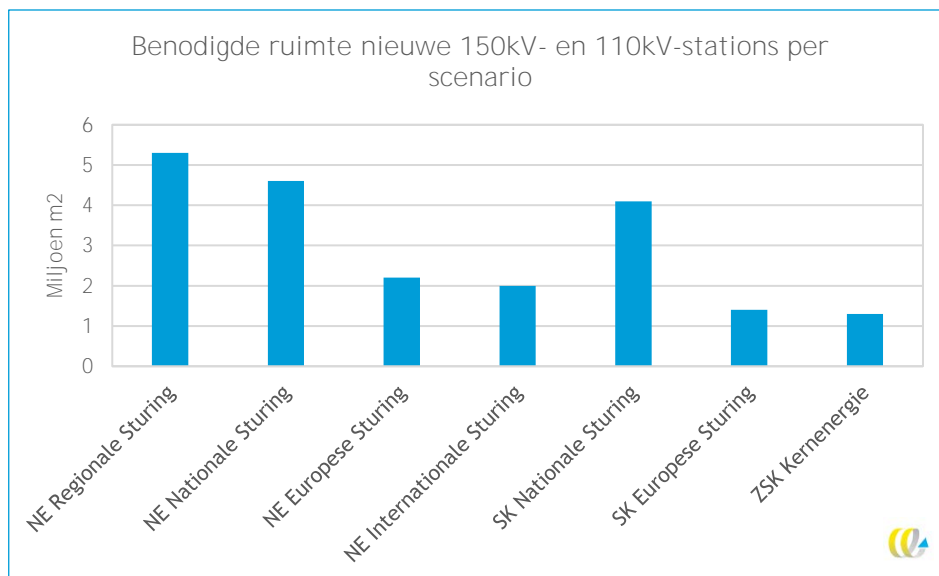


Er is geen doorrekening gemaakt van de velden die nodig zijn voor het aansluiten van grote vragers, producenten of voor verbindingen. Hiervoor is een afzonderlijke analyse gedaan. Het aantal velden dat noodzakelijk is hiervoor is bepaald op basis van de stelregels in bijlage A. De resultaten hiervan komen naar voren bij de volgende paragrafen over robuuste knelpunten en de uitwerking van de structuurkeuzes.

### 150/110kV-stations

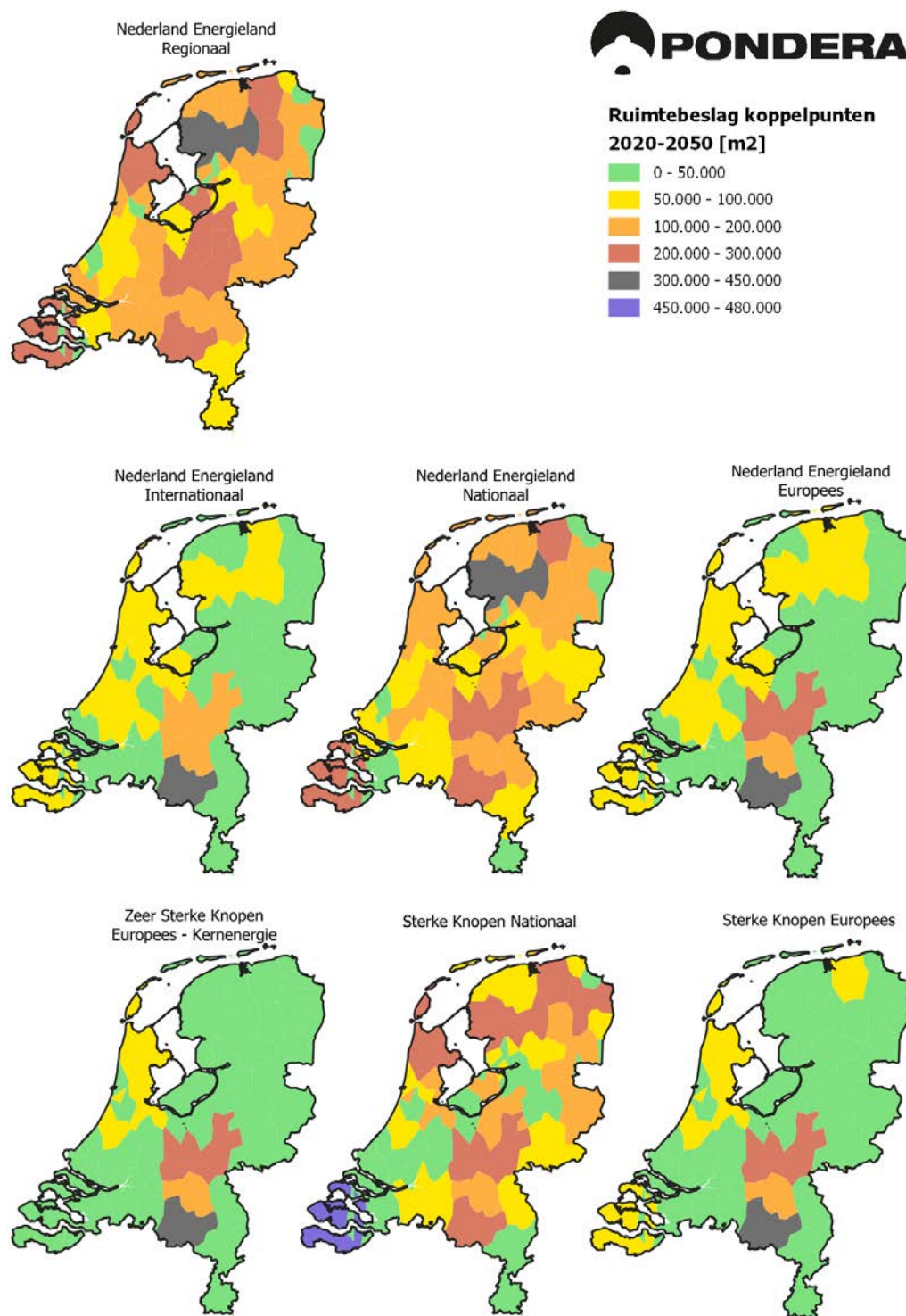
Voor 150kV- en 110kV-stations wordt niet gekeken naar individuele stations. Wel wordt een inschatting gemaakt van de totale ruimte die noodzakelijk is voor nieuwe stations. Hiervoor hebben de regionale netbeheerders een doorrekening gemaakt. Figuur 2.6 geeft een overzicht van de benodigde ruimte voor nieuwe 150kV- en 110kV-stations per scenario. In de scenario's met de meeste hernieuwbare opwek (Nederland Energieland Regionale Sturing, en beide scenario's Nationale Sturing) is de meeste ruimte nodig voor nieuwe stations. In de Sterke Knopen- en Zeer Sterke Knopen-scenario's is minder ruimte nodig voor nieuwe stations door clustering van hernieuwbare opwek op land en toepassing van kernenergie.

Figuur 2.6 - Benodigde ruimte nieuwe 150kV- en 110kV-stations per scenario



Figuur 2.7 geeft een geografische uitsplitsing van de benodigde ruimte voor nieuwe 150kV- en 110kV-stations.

Figuur 2.7 - Geografische uitsplitsing benodigde ruimte nieuwe 150kV- en 110kV-stations per scenario



### Wanneer is een knelpunt robuust?

Een knelpunt wordt gedefinieerd robuust als deze in alle scenario's optreedt. Voor de effectanalyse in het thema Milieu & Ruimte wordt gezocht naar de ruimtelijk relevante ingrepen. Daarom wordt een knelpunt alleen robuust genoemd als er een grote kans is op een (aanzienlijke) ruimtelijke ingreep in alle scenario's.

Bij de 380/220kV-verbindingen wordt een knelpunt als robuust beschouwd als deze in alle scenario's optreedt en het knelpunt in elk scenario minimaal de classificatie 'middelgroot' heeft. Daarnaast moet het knelpunt minimaal vijf keer de classificatie 'zwaar' of 'zeer zwaar' hebben, wat betekent dat de kans op een ruimtelijke ingreep aanzienlijk is (zie toelichting classificatie bij *Welke knelpunten zijn er voor de verschillende scenario's?*). Voor de verbindingen in het 150/110kV-netwerk geldt dezelfde definitie, maar hier zijn de grenzen van de classificaties anders.

Bij de transformatoren van station wordt een knelpunt robuust genoemd als deze in alle scenario's optreedt en als er in minimaal vijf van de zeven scenario's sprake is van een knelpunt dat 'zwaar' of 'zeer zwaar' is (zie toelichting classificatie bij *Welke knelpunten zijn er voor de verschillende scenario's?*).

### Wat zijn de robuuste ontwikkelingen bij verbindingen richting 2050?

Hieronder volgt een overzicht van de robuuste knelpunten bij de verbindingen van het hoogspanningsnet. Voor elk van deze knelpunten zijn uitbreidingen noodzakelijk, dit zijn robuuste ontwikkelingen. Bij de 220kV- en 110kV-verbindingen zijn geen robuuste ontwikkelingen.

Tabel 2.4 - Robuuste knelpunten verbindingen

Spanningsniveau	Verbinding	Toelichting
<b>380 kV</b>	Eindhoven-Maasbracht	Opgenomen in het nieuwe IP2022, maar nog niet in netmodel. Verbinding wordt gerealiseerd na 2030.
	Zwolle-Hengelo	Mogelijk veroorzaakt door beperkte modellering interconnectiepunten <sup>16</sup>
<b>150 kV</b>	Eindhoven-Helmond Zuid	
	Botlek-Geervliet Noord	Pocketstructuur in Rotterdamse Haven nog niet meegenomen in doorrekening. Deze gaat er echter wel komen. In dat geval worden deze knelpunten naar verwachting (gedeeltelijk) opgelost.
	Botlek-Theemsweg	
	Botlek-Geervliet	
	Europoort-Maasvlakte	
	Geervliet-Geervliet Noord	
	Merseyweg-Theemsweg	
	Tinte-Europoort	
	Tinte-Geervliet Noord	
	Theemsweg-Europoort	
Oterleek-De Weel	Pocketstructuur in kop Noord-Holland nog niet meegenomen in doorrekening. Deze gaat er echter wel komen. In dat geval wordt dit knelpunt naar verwachting opgelost.	

<sup>16</sup> In de modellering is de import/export van elektriciteit over de verschillende interconnectiepunten met bijvoorbeeld Duitsland verdeeld naar rato van de interconnectiecapaciteit. Dit is versimpeling van de werkelijkheid, aangezien de import of export zich in werkelijkheid niet evenredig over de interconnectiepunten verdeelt. Zo kan er bijvoorbeeld in Noord-Nederland export plaatsvinden terwijl er tegelijkertijd in Zuid-Nederland import van elektriciteit plaatsvindt. Om de import/export per individueel interconnectiepunt goed te bepalen en daarmee zeker te weten of er een knelpunt ontstaat tussen Zwolle en Hengelo is meer gedetailleerde modellering noodzakelijk. Dit was binnen dit project niet mogelijk.

Wat zijn de robuuste ontwikkelingen bij stations richting 2050?

380/220 kV

Tabel 2.5 geeft een overzicht van de robuuste knelpunten bij de 380/150kV- en 220/110kV-transformatoren. Voor elk van deze stations zijn uitbreidingen nodig.

Tabel 2.5 - Robuuste knelpunten transformatoren

Stationsnaam	Type station
Dodewaard	380 kV
Eindhoven	380 kV
Graetheide	380 kV
Maasvlakte	380 kV
Simonshaven <sup>17</sup>	380 kV
Weierd <sup>18</sup>	220 kV

Naast nieuwe trafo's zijn er ook extra velden nodig voor het aansluiten van grote opwek of vraag. De volgende producenten en afnemers worden potentieel aangesloten op 380kV- of 220kV-stations:

- windenergie op zee;
- elektrolyzers;
- batterijen;
- regelbare centrales;
- grootschalige wind op land/zonnevelden;
- power-to-heat/elektrificatie industrie.

In de doorrekeningen van TenneT is niet gekeken hoeveel nieuwe velden noodzakelijk zijn. Daarom is hier een aparte analyse voor gedaan. Om te bepalen hoeveel extra velden nodig zijn, is per locatie gekeken hoeveel vermogen er bij komt voor deze bovenstaande categorieën. Hieronder wordt naar de additionele velden gekeken die nodig zijn bovenop de huidige situatie en de investeringsplannen TenneT uit 2020, aangezien er wordt aangenomen dat die investeringen sowieso gerealiseerd gaan worden. Deze methodologie wordt ook gehanteerd bij de verbindingen en de transformatoren. Op basis van het additionele vermogen dat per locatie aangesloten moet worden, wordt bepaald hoeveel extra velden noodzakelijk zijn. Er wordt aangenomen dat er maximaal 1 GW vraag óf aanbod aangesloten kan worden per veld.

Er wordt aangenomen dat de investeringen uit het IP2020 voldoende zijn om de 14,6 GW windenergie op zee van het scenario Fundament voor Systeemintegratie uit het IP aan te sluiten. Voor elektrolyse en batterijen worden pas investeringsbeslissingen gemaakt als er een specifieke klantvraag binnenkomt. Er wordt aangenomen dat dat op dit moment nog niet gebeurd is en dat er nog geen nieuwe velden voor het aansluiten van elektrolyzers en batterijen opgenomen zijn in het investeringsplan.

Uit de analyse volgt dat er enkele locaties zijn waar in elk geval nieuwe velden noodzakelijk zijn. Dit gaat om de locaties Beverwijk, Maasvlakte, Borssele/Sloegebied, Eemshaven en Middenmeer. Het plaatsen van nieuwe velden (en mogelijk nieuwe stations als bestaande stations vol zijn) zijn robuuste ontwikkelingen. Elk van deze locaties zijn aanlandingspunten voor windenergie op zee.

<sup>17</sup> Uitbreiding van het station Simonshaven is al opgenomen in het nieuwe investeringsplan van TenneT, het IP2022. Dit is een additionele uitbreiding ten opzichte van de uitbreiding die al opgenomen was in het IP2020 (zie Tabel 2.3)

<sup>18</sup> De aanleg van een nieuw 220kV-station bij Delfzijl/Weierd wordt al benoemd in het nieuwe IP2022 van TenneT, maar is daarin nog niet opgenomen als project

Tabel 2.6 geeft het minimum aantal extra velden dat nodig is op deze locaties, het robuuste minimum.

Tabel 2.6 - Robuust minimum extra velden aansluiten opwek/vraag in 2050

Locatie	Totaal	Windenergie op zee	Elektrolyse	Batterijen	Regelbare centrales
Beverwijk	2	1	0	1	0
Rotterdam	9	2	4	3	0
Borssele/Sloegebied <sup>19,20</sup>	1	0	0	1	0
Eemshaven	4	1	0	2	1
Middenmeer	1	0	0	1	0

De tabel toont dat er op sommige locaties extra velden nodig zijn voor het aansluiten van windparken op zee. Op alle vijf de locaties zijn nieuwe velden nodig voor het aansluiten van batterijen.

Er zijn ook velden nodig voor het aansluiten van elektrolyzers. Alleen in Rotterdam komen in alle scenario's een aanzienlijk vermogen aan elektrolyzers (zie ook paragraaf 3.1), dus alleen daar zijn in elk scenario nieuwe velden noodzakelijk. Verder volgt dat alleen bij de Eemshaven in alle gevallen een nieuw veld nodig is voor het aansluiten van regelbare centrales. Op andere locaties is de huidige infrastructuur voldoende om het minimale benodigde vermogen aan centrales aan te sluiten.

In de doorrekeningen is grootschalige opwek op land aangesloten op 110kV- en 150kV-stations. Daarom zijn er in dat geval geen velden nodig bij 380kV- en 220kV-stations. Maar het is bij clustering ook een optie om deze grootschalige opwek op land direct aan te sluiten op een 380kV- of 220kV-station. In dat geval zijn er wel extra velden nodig, één per GW hernieuwbare opwek die aangesloten wordt. Deze optie is niet bekeken.

Indien grote energie-intensieve industriële bedrijven gaan elektrificeren, bijvoorbeeld met power-to-heat, kunnen deze een directe aansluiting op het 380 kV nodig hebben en zijn hiervoor extra velden noodzakelijk. Dit is het geval indien bedrijven een aansluiting van meer dan 500 MW nodig hebben. Aangezien er geen gegevens van individuele bedrijven zijn is het niet mogelijk om in te schatten hoeveel velden hiervoor nodig zijn. Daarom wordt dit niet meegenomen. Het is de verwachting dat een aantal grote industrieën een aansluiting op het 380kV-net zullen aanvragen. Dit betekent dat het aantal nieuwe velden dat noodzakelijk is wordt onderschat. Maar de verwachting is dat het aantal velden dat hierdoor niet in beeld zijn, beperkt is, aangezien de maximale elektriciteitsvraag in de gehanteerde scenario's rond de 1,5-2 GW per industriecluster ligt.

Tot slot zijn er ook nog nieuwe velden nodig om nieuwe verbindingen aan te sluiten. Deze velden worden meegenomen bij het ruimtebeslag voor de oplossingsrichtingen van de robuuste knelpunten.

### Stations 150/110 kV

Zoals eerder vermeld wordt er bij dit spanningsniveau niet gekeken naar individuele stations. Er wordt enkel een inschatting gegeven van de totale ruimte die noodzakelijk is voor deze stations. Daarom zijn er ook geen robuuste knelpunten.

<sup>19</sup> In sommige scenario's is uitgegaan van minder aanlanding van windenergie op zee dan de 5,4 GW die nu voorzien wordt, aangezien de scenario's opgesteld zijn voordat deze plannen bekend waren. Daarom ligt het robuust minimum eigenlijk hoger dan in deze tabel aangegeven wordt.

<sup>20</sup> De aanleg van een nieuw station in Borssele/Sloegebied is al opgenomen in het nieuwe investeringsplan van TenneT, het IP2022.



Welke oplossingsrichtingen zijn er voor knelpunten?

Het bepalen van oplossingsrichtingen voor knelpunten op het hoogspanningsnet is een ingewikkeld en casusafhankelijk proces. Het is binnen het PEH echter niet mogelijk om elk afzonderlijk knelpunt uitgebreid te analyseren. Om toch een grove inschatting te kunnen maken van de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur zijn er in samenspraak met TenneT versimpelde stelregels opgesteld voor de oplossingsrichtingen voor knelpunten. Deze stelregels staan in bijlage A.

Voor alle robuuste knelpunten die bij de verbindingen en stations zijn geïdentificeerd is een ruimtelijke oplossing noodzakelijk. Bij de verbindingen gaat dit om een nieuwe verbinding (bij 380 kV/220 kV) of het instellen van een (kleinere) pocketstructuur (bij 150 kV/110 kV). Bij stations gaat het om het plaatsen van nieuwe transformatoren of het plaatsen van nieuwe velden om grote producenten of afnemers aan te sluiten. In sommige gevallen zijn hier nieuwe stations voor nodig. In Bijlage XIa *Beoordeling Milieu & Ruimte robuuste ontwikkelingen* wordt ingegaan op de ruimtelijke consequenties.

### 3 Gassen (waterstof en methaan)

De infrastructuur van de gassen die hier beschreven wordt, beperkt zich tot die van waterstof en methaan via publieke leidingen. Het gaat hier om het Hoofd Transport Leidingennet (HTL) van Gasunie, waarin H-gas en L-gas getransporteerd wordt. Het Nationaal Waterstofnetwerk zoals beschreven in HyWay 27 en aansluitleidingen vanaf het HTL naar directe afnemers zijn hier onderdeel van. Waterstoftransport door private buisleidingen is onderdeel van PEH maar wordt toegelicht in de Bijlage V *Buisleidingen brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub>*.

#### 3.1 Productie waterstof en methaan

Waterstof kan onder meer geproduceerd worden uit elektriciteit en water, middels elektrolyse, en uit aardgas, bijvoorbeeld middels Steam Methane Reforming (SMR) en Auto Thermal Reforming (ATR) i.c.m. Carbon Capture en Storage (CCS). Waterstofproductie uit elektrolyse wordt in 2050 onderdeel van de energie-infrastructuur. Er is namelijk een connectie met zowel de elektriciteits- als gasinfrastructuur omdat elektrolyse wordt ingezet om elektriciteit op te slaan en zo flexibiliteit te leveren.

SMR wordt in sommige scenario's ingezet om een continue stroom waterstof te produceren voor de industrie, maar dit heeft geen significante impact op de energiehoofdstructuur. Er wordt alleen gekeken naar de productie die onderdeel is van, of impact heeft op de nationale infrastructuur. Dat betekent dat alleen productie van waterstof uit elektrolyse meegenomen wordt. Groengasproductie wordt niet meegenomen aangezien dit lokaal plaatsvindt en het PEH geen productielocaties voor groengas aanwijst.

##### Elektrolyzers

Elektrolyzers hebben een systeemfunctie doordat ze overschotten van elektriciteit omzetten in waterstof. Vanuit deze functie kunnen elektrolyzers geplaatst worden bij locaties waar veel overschotten van elektriciteit ontstaan in piekuren (bij aanlandingspunten windenergie op zee of opweklocaties van wind of zonnepanelen op land) of bij locaties waar veel vraag is naar waterstof (in industrieclusters)<sup>21</sup>. In de gebruikte scenario's is er gevarieerd in deze locaties en de mate van spreiding of clustering (dit wordt ook uitgewerkt in structuurkeuze 4 in de Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*).

<sup>21</sup> Elektrolyzers kunnen ook ingezet worden om alle geproduceerde elektriciteit uit wind of zonnepanelen om te zetten in waterstof. Deze vorm van inzetten van elektrolyzers is buiten beschouwing gelaten in de scenario's.

De aannames rondom locaties van elektrolyzers staan uitgebreid beschreven in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*.

In de Rotterdamse Haven, op de Maasvlakte en Botlek, zijn in alle scenario's elektrolyzers geplaatst in 2050, aangezien daar in elk scenario zowel vraag naar waterstof als overschotten van elektriciteit zijn. Daarnaast staan in alle scenario's elektrolyzers gepland in Borssele/Sloegebied. Dit zijn de enige locaties waar in elk scenario elektrolyzers geplaatst worden. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de omvang elektrolyzers op deze scenario's. Het robuuste minimum komt overeen met het minimum van alle zeven scenario's per locatie.

Tabel 3.1 - Robuuste locaties elektrolyse (alle scenario's)

Gebied	Robuust minimum	Maximum scenario's	Eenheid
Rotterdam Haven	4.000	11.700	MW
Borssele/Sloegebied	50	5.300	MW

Naast de Rotterdamse Haven en Borssele/Sloegebied is er nog een aantal gebieden waar in bijna alle scenario's elektrolyzers voorkomen. Tabel 3.2 geeft een overzicht van deze locaties. In Alkmaar, Terneuzen en Geleen zijn in het Sterke Knopen Nationale Sturing scenario geen elektrolyzers geprojecteerd, omdat hier geen aanlandingslocatie van windenergie op zee komt in de scenario's. In de overige scenario's staan daar wel elektrolyzers doordat er vraag is naar waterstof op die locaties en doordat er hernieuwbare opwek op land is. In Beverwijk, Maasbracht en Eemshaven zijn geen elektrolyzers geplaatst in het Sterke Knopen Europese Sturing scenario en het Zeer Sterke Knopen Kernenergie scenario. Dit is omdat de industrie in dit scenario weinig of geen groene waterstof gebruikt op deze locaties. Maar in de overige scenario's komen hier wel elektrolyzers doordat het aanlandingslocaties zijn van windenergie op zee.

Tabel 3.2 - Bijna-robuste locaties voor elektrolyse

Gebied	Niet in scenario	Reden
Alkmaar	Sterke Knopen Nationale Sturing	Geen aanlandingslocatie WoZ in scenario
Terneuzen		
Geleen (Graetheide)		
Beverwijk	Sterke Knopen Europese sturing Zeer Sterke Knopen Kernenergie	Geen/nauwelijks groene H <sub>2</sub> -vraag industrie in scenario's
Maasbracht		
Eemshaven		

## 3.2 Opslag

In alle scenario's in 2050 vindt productie van waterstof uit elektriciteitsoverschotten plaats. De vraag naar waterstof kan op een ander moment zijn. Hierdoor ontstaat een behoefte aan opslag. Waterstof wordt in alle scenario's ingezet als brandstof voor regelbare centrales om elektriciteit op te wekken. In sommige scenario's zijn er daarnaast ook nog regelbare centrales die draaien op methaan. Daarnaast wordt waterstof, in sommige scenario's, ingezet als brandstof voor warmte of voor mobiliteit. De omvang van waterstofopslag verschilt per scenario, omdat de productie van en vraag naar waterstof verschilt. Er is gekeken naar verschillende locaties voor de opslag van waterstof. De opslaglocaties zijn in alle Nederland Energie-land-scenario's gelijk, namelijk bij Zuidwending en Epe, Duitsland (net over de grens bij Twente). In de Sterke Knopen-scenario's worden twee varianten onderzocht voor waterstofopslag (dit wordt uitgewerkt in structuurkeuze 6 in de Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*).

In de Sterke Knopen-scenario's wordt een aanpassing onderzocht van de locatie in de zoutcavernes in Epe, Duitsland (over de grens bij Twente) omdat dit buiten de invloed van Nederland ligt.

Tabel 3.3 geeft weer welke opslagen in (bijna) alle scenario's voorkomen. Er is één locatie voor waterstofopslag die in alle scenario's terugkomt: de opslag in zoutcavernes nabij Zuidwending. De omvang van de opslag verschilt per scenario. In zes van de scenario's wordt een fors deel van de opslag van waterstof in zoutcavernes in Epe, Duitsland gerealiseerd.

Tabel 3.3 - Robuuste (Zuidwending) en bijna-robuste (Epe, Duitsland) opslaglocaties voor waterstof

	Nederland Energieland				Sterke Knopen		Zeer Sterke Knopen
	Regionale Sturing	Nationale Sturing	Europese Sturing	Internationale Sturing	Nationale Sturing	Europese Sturing	Kernenergie
<b>Locatie</b>	<b>Zuidwending</b>						
<b>Omvang opslag [TWh]</b>	24	25	7	31	2	2	2
<b>Locatie</b>	<b>Epe, Duitsland</b>						
<b>Omvang opslag [TWh]</b>	12	12	3	16	0	2	2

Naast waterstof wordt in elk scenario (in meer of mindere mate) gebruikgemaakt van methaan. Dit betekent dat er ook in alle scenario's opslag van methaan nodig is. De locaties voor methaanopslag zijn gelijk in alle scenario's<sup>22</sup>. Methaan kan worden opgeslagen in de gasopslagen in Grijpskerk, Bergermeer en bij Zuidwending. Deze kunnen daarmee niet voor waterstof gebruikt worden, met uitzondering van Zuidwending omdat het daar om meerdere cavernes gaat. Voor methaanopslag worden huidige opslaglocaties gebruikt in lagere volumes dan in het huidige energiesysteem. Er ontstaan daarom geen knelpunten.

### 3.3 Infrastructuur

De robuust knelpunten bij de gasnetten zijn bepaald op basis van doorrekeningen van de zeven scenario's door Gasunie. In deze doorrekeningen wordt bepaald of de huidige infrastructuur, verdeeld over waterstof en methaan, voldoende capaciteit heeft om alle waterstof en methaan vanuit opwek-, import- of opslaglocaties richting eindgebruikers te transporteren. Indien dit niet zo is dan is er sprake van een knelpunt dat opgelost moet worden.

#### Welke componenten worden meegenomen?

Voor de gasinfrastructuur worden alleen de benodigde infrastructuur beschouwd voor het transport van waterstof. Hiervoor nemen de volgende componenten mee:

- het Hoofd Transport Leidingennet (HTL): de huidige hoog calorisch gasleidingen verbinden de industrieclusters en worden in het gehanteerde transportmodel in 2050 ingezet voor waterstoftransport<sup>23</sup>;
- aansluitleidingen en aftakkingen van en naar het HTL.

<sup>22</sup> Er is wel een gevoeligheidsanalyse op de regionalisatie van opslag gedaan door Gasunie, maar deze worden hier buiten beschouwing gelaten.

<sup>23</sup> De daadwerkelijke verdeling van het huidige transportnet tussen waterstof en methaan ligt nog niet vast en zal zich conform de transportbehoefte van beide gassen ontwikkelen.

Transport van groengas wordt niet meegenomen omdat bij groengasproductie naar verwachting geen bovenregionale knelpunten ontstaan. Groengas wordt geproduceerd uit biomassa reststromen, op locaties waar hiervan een overschot is. De capaciteit van het gasnet van Gasunie is, ook na aftrek van het deel dat gebruikt wordt voor waterstoftransport, groter dan de productie volumes van groengas in 2050. Lokaal kan, met name in de zomer, de productie groter zijn dan de vraag in dezelfde regio. Er ontstaat dan mogelijk congestie in regionale netten, wat opgelost kan worden door in te voeden op hogere druk netten m.b.v. een booster. Dit gebeurt in eerste instantie vanuit het RNB (regionale netbeheerders)-netwerk naar het regionale transport leidingennet (RTL). Het RTL bevindt zich binnen de regio en wordt daarom niet meegenomen voor landelijke ruimtelijke reserveringen. Maar wanneer vanuit het RTL gecompriëerd moet worden naar het Hoofd Transport Leidingennet (HTL) zal ruimte gereserveerd moeten worden voor de compressie-units. Het is onduidelijk of en waar deze compressoren nodig zijn. Voor nu wordt aangenomen dat er voor groengas geen bovenregionale knelpunten ontstaan.<sup>24</sup>

#### Welke uitbreidingen zijn gepland tot 2030?

Tot 2030 staat de voorbereiding van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, gepland. De voorbereiding bestaat onder meer uit reinigen en gereed maken van leidingen van het HTL met een lengte van ongeveer 980 km en het vervangen van de afsluiters. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden.

Het HTL bestaat uit leidingen, waaronder H-gas- en L-gasleidingen, die deels parallel liggen.<sup>25</sup> Het H- en L-gasnetwerk zijn met elkaar verbonden via mengstations. Bij mengstations kan H-gas gemengd worden met stikstof en bij het L-gas gemengd worden. Tussen 2013 en 2020 is het volume aan aardgastransport met 21% afgenomen, met name door een afname in Groninger gasproductie. Een verdere afname van 41% is verwacht tussen 2020 en 2030 door afbouw van levering aan buurlanden. Door deze forse afname in vraag naar aardgastransport, kan mogelijk een deel van de aardgasleidingen voor 2030 vrijgemaakt worden. De recente ontwikkeling van import van lng en transport van aardgas via het leidingennetwerk naar buurlanden is hierin niet meegenomen. Het niet-beschikbaar komen van sommige transportleidingen voor waterstof, omdat deze gebruikt worden voor doorvoer van aardgas, kan op de korte termijn niet worden uitgesloten.

De leidingen die voor hergebruik beschikbaar komen hebben doorgaans een diameter van 36-inch en een theoretische capaciteit van 10-15 GW (Strategy&, 2021). Dit is meer dan de capaciteit van het Klimaat-akkoord-scenario uit IP2022, en biedt mogelijk voldoende capaciteit tot 2040 op basis van de scenario's van HyWay 27.

<sup>24</sup> Wanneer elektriciteitscentrales gevoed worden met groengas en met een groter vermogen dan het huidige vermogen of op een andere locatie dan de huidige locaties, ontstaan ook knelpunten, analoog aan knelpunten in het waterstofnetwerk als gevolg van centrales. Dit zijn geen robuuste knelpunten en komen aan bod in de structuurkeuzes.

<sup>25</sup> H-gas is hoogcalorisch aardgas, L-gas is laagcalorisch aardgas.

Tabel 3.4 - Een overzicht van benodigde aanpassing in leidingen voor het Nationaal Waterstofnetwerk zoals beschreven in HyWay 27

Hoofdtrajecten waterstoftransportring	Totale trajectlengte [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Jaar van verwachte aanpassing
Cluster Noord-Nederland	171	140	31	2024-2025
Cluster Rotterdam/Moerdijk	75	n.v.t.	75	2024-2025
Cluster NZKG	30	15	15	2026
Cluster Zeeland	34	n.v.t.	34	2027
Cluster Chemelot	25	25	n.v.t.	2026
Verbinding Noord-Nederland-NZKG	206	175	31	2026
Verbinding NZKG-Rotterdam/Moerdijk	79	79	n.v.t.	2026
Verbinding Rotterdam/Moerdijk-Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding Noord-Nederland-Chemelot	216	200	16	2027
Verbinding Zeeland-Chemelot	122	122	n.v.t.	2030
Exportverbindingen Duitsland	134	134	n.v.t.	2027-2030
Exportverbinding België	8	8	n.v.t.	2030
<b>Totaal [km]</b>	<b>1.183</b>	<b>981</b>	<b>202</b>	

Welke knelpunten volgen uit de doorrekening?

Figuur 3.1 geeft de resultaten van de doorrekening weer in mate van capaciteitsoverschrijding per scenario. Een overschrijding ontstaat waar de transportbehoefte groter is dan de capaciteit van de leiding op een bepaald uur (of meerdere uren) binnen een jaar. De ernst van de capaciteitsoverschrijding wordt bepaald aan de hand van de piekbelasting door vraag of aanbod ten opzichte van de transportcapaciteit.

De overschrijdingen zijn opgedeeld in drie categorieën:

1. Geen overschrijding (grijs). De overschrijding is lager dan 1%.
2. Lichte overschrijding (geel). De overschrijding ligt tussen de 1% en 10%.
3. Significante overschrijding (rood). De overschrijding is meer dan 10%.

Een capaciteitsoverschrijding van minder dan 10% leidt niet per definitie tot een knelpunt. Deze vallen binnen de gevoeligheid van het model<sup>26</sup>. Er wordt gesproken van een knelpunt waar de overschrijding meer dan 10% is.

De knelpunten ontstaan met name op aansluitleidingen en/of aftakkingen naar het Nationaal Waterstofnetwerk. De oorzaken zijn meestal de aanwezigheid van grote energiecentrales, opslaglocaties en elektrolyzers. Wanneer de energievraag van een centrale groter is dan de capaciteit van de buisleiding richting die centrale, zal er een knelpunt ontstaan in de aansluitleiding. Opslag van waterstof in huidige gasopslagen kunnen om dezelfde reden knelpunten geven. Wanneer bestaande energiecentrales die nu van G-gas<sup>27</sup> voorzien worden in de situatie in 2050 voorzien worden van waterstof, is er in het model nog geen aansluitleiding aanwezig omdat in het model het waterstofnetwerk het huidige H-gasnetwerk is. Ook de aanneme van opslag van waterstof in huidige gasopslagen betekent dat er nog geen passende aansluitleiding beschikbaar is. Daarnaast is er in enkele scenario's waterstofopslag op nieuwe locaties geprojecteerd, waar nu geen opslag en daarmee ook geen aansluitleiding is. De waterstof uit elektrolyse

<sup>26</sup> Onder andere omdat er één specifiek (weer)jaar gebruikt wordt en er geen onderscheid wordt gemaakt tussen de vraagprofielen per locatie.

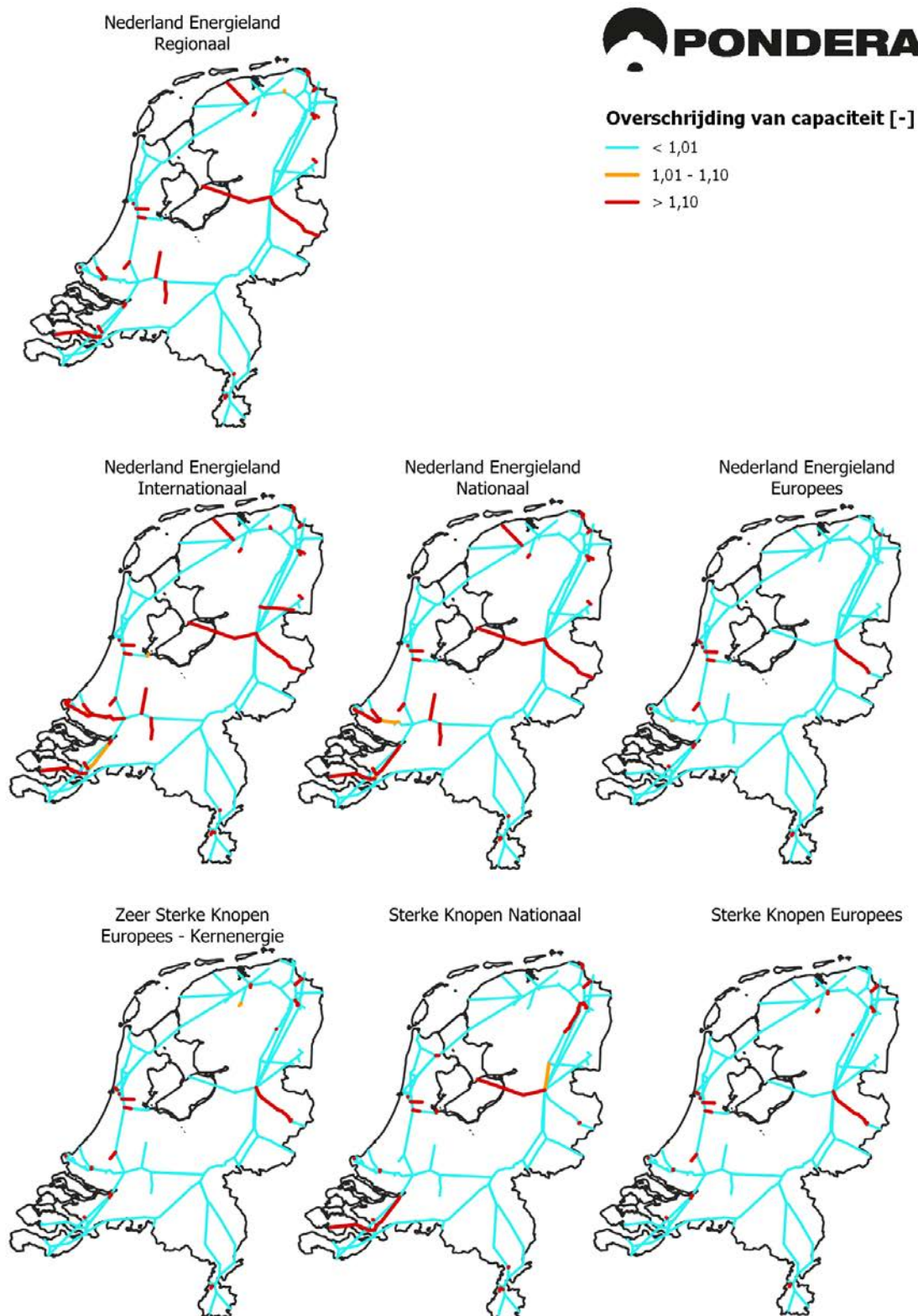
<sup>27</sup> G-gas staat voor Groningen-gas. Dit is laagcalorisch gas (L-gas)

wordt geprojecteerd op aftakkingen of aansluitleidingen die onvoldoende capaciteit hebben omdat daar nu geen of veel minder gaslevering is.

De knelpunten in aansluitleidingen en aftakkingen, die nu volgen uit de doorrekening, kunnen in de toekomst nog wijzigen. De exacte locatie, omvang en lengte van de knelpunten wordt in werkelijkheid bepaald door de uiteindelijke locatie gebonden vraag, opslag en productie van waterstof. Een oplossing zal dan per knelpunt bekeken moeten worden. In deze studie gaat het nadrukkelijk om een eerste inschatting vanuit een modelmatige benadering, er is nog veel onzekerheid.

In de Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050* wordt uitgebreider ingegaan op de doorrekeningen van Gasunie, de aannames in de modellering en de knelpunten die er voor 2050 verwacht worden bij het HTL.

Figuur 3.1 - Resultaten doorrekening waterstofknelpunten in het HTL



### Wanneer is een knelpunt robuust?

Een knelpunt is robuust als de leiding in alle scenario's een overschrijding heeft van meer dan 10%. De knelpunten ontstaan dan ondanks een ruime variatie in vraag, opwek en opslag. De robuustheid van de knelpunten gaat dus over de mate van overschrijding, en de locatie. De oplossingsrichtingen zijn afhankelijk van de oorzaak en de aanwezige overige leidingen bij de locatie of binnen het tracé van het knelpunt. Een aantal van de knelpunten treedt op in de Nederland Energieland-scenario's, maar niet in de Sterke Knopen-scenario's. Deze worden bijna-robuste knelpunten genoemd.

### Welke robuuste ontwikkelingen zijn er?

Er zijn zeven trajecten die in alle scenario's een capaciteitsoverschrijding van minimaal 10% opleveren en waarbij een robuust knelpunt optreedt. Tabel 3.5 geeft een overzicht van de robuuste knelpunten. Voor elk van deze knelpunten is een oplossing nodig, dit zijn robuuste ontwikkelingen.

#### *Vraag gerelateerde knelpunten*

De trajecten bij Chemelot, Moerdijk, Bergen op Zoom, Delfzijl en Noordzeekanaalgebied verbinden de industrie met het Nationaal Waterstofnetwerk. Dit is om de industrie van waterstof te voorzien. Deze trajecten kunnen deels op het industrieterrein zelf liggen. Voor die delen is geen ruimtelijke reservering nodig.

#### *Opslag gerelateerde knelpunten*

Het traject in Overijssel (Ommen-Twente) geeft in zes van de zeven scenario's een knelpunt vanwege de import en export van waterstof vanuit de opslag in Epe, Duitsland.

#### *Productie gerelateerde knelpunten*

De trajecten IJmond-Beverwijk in Noord-Holland; Delfzijl en Maasvlakte-Wijngaarden zijn aansluitroutes op het Nationaal Waterstofnetwerk vanaf productielocaties.

Tabel 3.5 - Waterstofinfrastructuur robuuste en bijna-robuste knelpunten. De omvang van de knelpunten zijn gegeven als factor t.o.v. de huidige capaciteit

Traject	Nederland Energieland				Sterke Knopen		Zeer Sterke Knopen
	Regionale Sturing	Nationale Sturing	Europese Sturing	Internationale Sturing	Nationale Sturing	Europese Sturing	Kernenergie
<b>Delfzijl</b>	x	x	x	x	x	x	X
<b>Chemelot</b>	X	x	x	x	x	x	x
<b>IJmuiden</b>	x	x	x	x	x	x	X
<b>Westelijk havengebied Amsterdam</b>	x	x	x	x	x	x	x
<b>Schiphol</b>	x	x	x	x	x	x	x
<b>Moerdijk</b>	x	x	x	x	x	x	x
<b>Bergen op Zoom</b>	x	x	x	x	x	x	x
<b>Ommen-Twente</b>	x	x	x	x	0	x	x
<b>Rotterdam-Alexander - Gouda</b>	x	x	x	x	0	x	x
<b>Maasvlakte Rotterdam</b>	x	x	x	x	0	0	0



### Welke oplossingsrichtingen zijn er voor de knelpunten?

De leidingen die robuuste knelpunten geven variëren in specificaties, zoals lengte, doorsnede, tracé en oorzaak. Afhankelijk van deze specificaties is een aantal globale oplossingsrichtingen mogelijk:

- In enkele gevallen gaat het om een kort stuk leiding met een kleine diameter, dat onderdeel is van een doorgaande leiding. In dat geval kan, afhankelijk van de specifieke setting, operationeel een oplossing gezocht worden.
- Soms is er in het tracé een andere, bijvoorbeeld G-gasleiding (L-gasleiding) beschikbaar met een grotere diameter. De configuratie kan dan aangepast worden zodat deze leiding gebruikt wordt en het knelpunt verdwijnt.
- Wanneer het gaat om een grote centrale die een kleinere centrale vervangt met een enkele aansluiting, is in de meeste gevallen een verzwaring van de aansluitleiding nodig.

Het bepalen van oplossingsrichtingen voor knelpunten in het gastransportnet is een complex en casusafhankelijk proces. Hieronder wordt per knelpunt aangegeven welke globale oplossingsrichtingen mogelijk zijn:

Traject	Delfzijl
Specificaties	Lengte van 500 m, toevoerleiding. Enkele leiding in tracé.
Oorzaak	Plaatsing van elektrolyzers en invoeding op het H-net.
Oplossingsrichting 1	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt.
Oplossingsrichting 2	Een aansluitleiding aanleggen naar de huidige importleiding van methaan. Deze importleiding moet dan wel overschakelen naar waterstof.

Traject	Chemelot
Specificaties	Lengte van 6 km, aansluitleiding.
Oorzaak	Grote elektriciteitscentrale op waterstof.
Oplossingsrichting 1	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt.
Oplossingsrichting 2	-

Traject	IJmuiden
Specificaties	Lengte van 150 m, aansluitleiding.
Oorzaak	Plaatsing van elektrolyzers en invoeding op het H-net.
Oplossingsrichting 1	Mogelijk anders schakelen tussen het H-net en het G-net in hetzelfde tracé.
Oplossingsrichting 2	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt of in een nieuw tracé naar een ander koppelpunt.

Traject	Westelijk Havengebied Amsterdam
Specificaties	Lengte van 13 km, aansluitleiding.
Oorzaak	Grote centrale op de locatie van de Hemweg-centrale.
Oplossingsrichting 1	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt.
Oplossingsrichting 2	-

Traject	Schiphol
Specificaties	Lengte van 8 km, aansluitleiding.
Oorzaak	Grote centrale op de locatie van de centrale in Diemen.
Oplossingsrichting 1	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt.
Oplossingsrichting 2	-

Traject	Moerdijk
Specificaties	Lengte van 3 km, aansluitleiding.
Oorzaak	Grote centrale op de locatie van WKC Moerdijk.
Oplossingsrichting 1	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt.
Oplossingsrichting 2	-

Traject	Bergen op Zoom
Specificaties	Lengte van 3 km.
Oorzaak	Vraag naar waterstof van de industrie.
Oplossingsrichting 1	Koppeling maken tussen twee leidingen.
Oplossingsrichting 2	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt.

Naast de robuuste knelpunten zijn er ook de bijna robuuste knelpunten. Deze komen in alle Nederland Energieland-scenario's voor, maar niet in alle Sterke Knopen-scenario's.

Traject	Doorgaande leiding Ommen-Twente
Specificaties	Lengte van 50 km
Oorzaak	Opslag van waterstof in Duitsland. Transport vindt plaats via de H-gasleiding, die een lagere capaciteit heeft dan de G-gasleiding.
Oplossingsrichting 1	Passende verdeling tussen waterstof en methaan over het leidingtraject.
Oplossingsrichting 2	Verzwaren van het traject.

Traject	Maasvlakte Rotterdam
Specificaties	Lengte van 0,5 km (aansluiting) tot 25 km (doorvoer tot Rotterdam)
Oorzaak	Plaatsing van elektrolyzers en invoeding op het H-net
Oplossingsrichting 1	Verzwaring.
Oplossingsrichting 2	TenneT en Gasunie hebben de optie van verplaatsen van elektrolyzers naar Krimpen aan de IJssel in combinatie met het elektriciteitsnet verzwaren verkend (dit is duurder).

Traject	Rotterdam Alexander - Gouda
Specificaties	Lengte van 9 km
Oorzaak	Elektriciteitscentrale
Oplossingsrichting 1	Passende aansluitleiding aanleggen in het tracé van het knelpunt.
Oplossingsrichting 2	-

## 4 Overige buisleidingen

De analyses voor buisleidingen zijn opgenomen in de separate Bijlage V *Buisleidingen brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub>*.

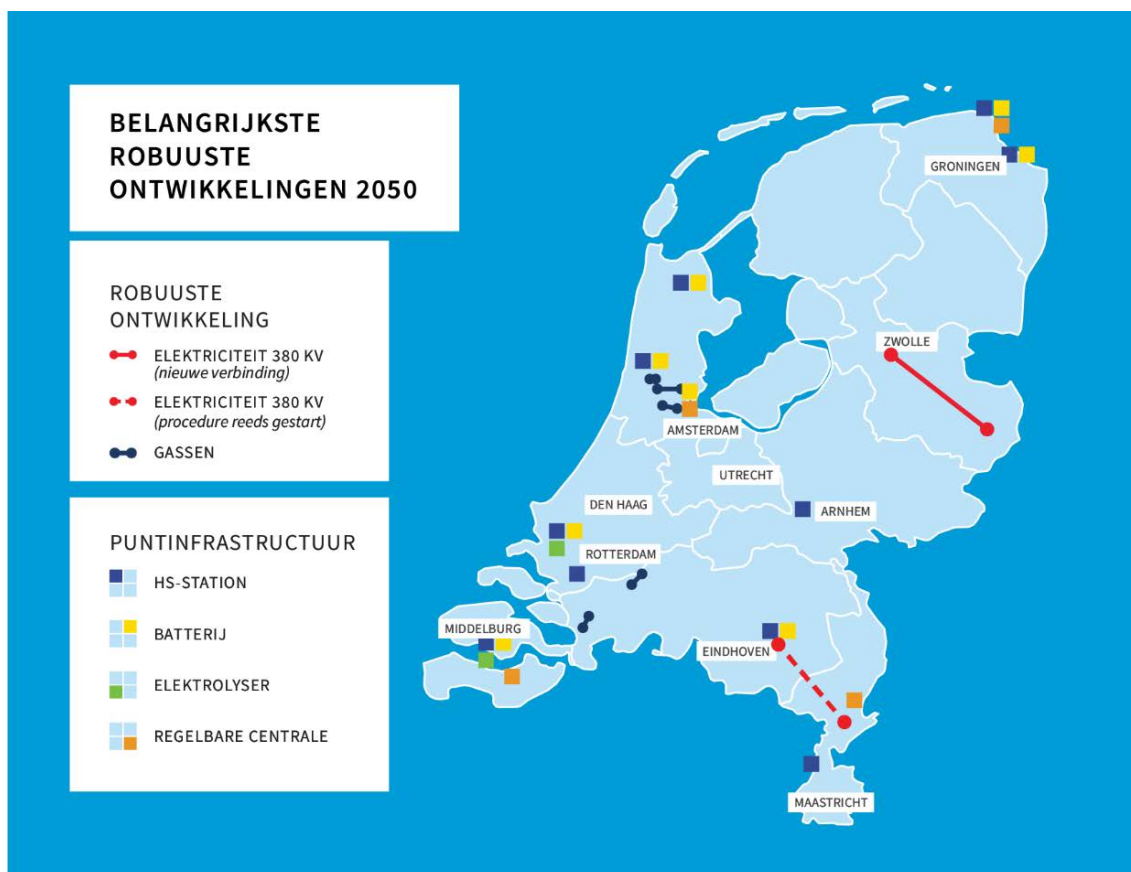
## 5 Bovenregionaal warmtetransport

Bij bovenregionale warmte-infrastructuur is er geen sprake van robuuste knelpunten. In de toekomst is er wel behoefte aan transport, vaak in de buurt van grootstedelijke gebieden om voldoende warmte op een duurzame manier te voorzien. Maar hiervoor kunnen verschillende warmtebronnen gebruikt worden (restwarmte of geothermie), welke verbonden zijn met verschillende verbindingen. Daardoor zijn er geen verbindingen die in elk scenario terugkomen en dus robuust zijn. Bovenregionaal warmtetransport komt wel terug bij structuurkeuze 10 in Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*.

## 6 Totaaloverzicht

De robuuste knelpunten zijn gevisualiseerd in Figuur 6.1. Deze figuur bevat naast de robuuste knelpunten bij hoogspanningsverbindingen, gasverbindingen en ook de zoekgebieden voor stations (volgende paragraaf), nieuwe regelbare centrales (paragraaf 2.1) en elektrolyzers (paragraaf 3.1).

Figuur 6.1 - Overzicht robuuste ontwikkelingen



## 7 Bronnen

- BCI. (2020). *Haalbaarheidsstudie Buisleidingen R'dam – Chemelot – NRW, Bijlage 1 Trace Alternatieven en Afwegingen*. Nijmegen: Buck Consultants International.
- Berenschot, Kalavasta. (2020). *Klimaatneutrale energiestenario's 2050*. Utrecht: Berenschot.
- CE Delft. (2021). *Groeiprojecties energie-intensieve industrie*. Delft: CE Delft.
- CIEP. (2017). *The European Refining sector - a diversity of markets*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- EBN, Gasunie. (2017). *Transport en Opslag van CO2 in Nederland*. Den Haag: Energiebeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*. Den Haag: Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*.
- Nieuwland GEO-Informatie. (2008). *Ruimtelijke Analyse Buisleidingstroken en -tracés - Deel A: Hoofdrapport*. Wageningen: Nieuwland GEO-Informatie.
- PBL. (2017). *Negatieve emissies*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2020). *Decarbonisation options for Large Volume Organic Chemical production, Shell Pernis*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rebel. (2021). *Actualisatie toekomstscenario's voor afvalverbranding in Nederland*. Rotterdam: Rebel.
- Royal HaskoningDHV. (2021). *Nationale CO2-opslagbehoefte tot 2035*. Nijmegen: Royal HaskoningDHV.
- Strategy&. (2021). *HyWay 27: waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk? Eindrapport voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat*. Amsterdam.

## A. Oplossingsrichtingen elektriciteit

Binnen de IEA voor het PEH moeten oplossingsrichtingen bepaald worden voor knelpunten in de infrastructuur, zowel voor robuuste knelpunten als voor knelpunten die voortkomen uit bepaalde structuurkeuzes.

Het bepalen van oplossingsrichtingen voor knelpunten op het hoogspanningsnet is een complex en casusafhankelijk proces. Het is voor het PEH niet mogelijk om elk afzonderlijk knelpunt uitgebreid te analyseren. Om toch een grove inschatting te kunnen maken van de benodigde ruimte voor energieinfrastructuur zijn er in samenspraak met TenneT versimpelde stelregels opgesteld voor de oplossingsrichtingen voor knelpunten.

In de analyse worden geen non-infra-oplossingen genomen, zoals andere marktordening of andere inzet van flex. Deze kunnen in de toekomst ook mogelijk een deel van de geïdentificeerde knelpunten oplossen, waardoor een deel van de ruimte die wij noodzakelijk achten voor nieuwe hoogspanningsinfrastructuur toch niet gebruikt hoeft te worden.

De ruimtelijke impact van de oplossingsrichtingen worden behandeld in de Bijlagen XIa *Beoordeling Milieu & Ruimte robuuste knelpunten 2050* en XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes 2050*.

### Scope

Voor hoogspanningsinfrastructuur worden zowel verbindingen als stations beschouwd.

Bij de verbindingen wordt onderscheid gemaakt naar de verschillende spanningsniveaus van het hoogspanningsnet, dus 380 kV, 220 kV, 150 kV en 110 kV. De oplossingsrichtingen, de kosten en het ruimtebeslag kunnen namelijk verschillen per spanningsniveau.

Hoogspanningsstations kunnen uit verschillende componenten bestaan:

- transformatoren om de elektriciteit om te zetten naar een ander spanningsniveau (bijvoorbeeld ;
- belden om afnemers of producenten aan te sluiten of om verbindingen aan te sluiten;
- overige elektrotechnische componenten, zoals rails.

Er wordt geanalyseerd hoeveel nieuwe transformatoren nodig zijn en hoeveel extra nieuwe velden geplaatst moeten worden voor het aansluiten van nieuwe afnemers, producenten of verbindingen. Hierbij wordt ook weer onderscheid gemaakt naar spanningsniveau. Bij 380kV- en 220kV-stations worden individuele stations geanalyseerd. Bij 150kV- en 110kV- stations wordt alleen geanalyseerd hoeveel ruimte in totaal nodig is voor nieuwe componenten, aangezien het aantal stations hier te groot is voor individuele analyses.

### Verbindingen en transformatoren

De netbeheerders hebben in hun doorrekening bepaald op welke plekken in het hoogspanningsnet knelpunten plaatsvinden doordat niet alle energie getransporteerd kan worden van de productielocatie naar de afnemer. Voor elk knelpunt is een oplossing noodzakelijk. Het is echter niet zo dat elke oplossing van knelpunten een (aanzienlijke) ruimtelijke impact heeft.

Grofweg zijn er de volgende oplossingen:

- **Redispatch.** Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.
- **Verzwarend.** Bij verzwarend worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar 4kA-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties. Er wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzwaard worden door inzet van 4kA-geleiders richting 2050. Dit is conform de plannen van TenneT.
- **Nieuwe infrastructuur.** Alleen als een forse hoeveelheid energie op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (en de ENT dus hoog is) zijn infrastructuraanpassingen met aanzienlijke ruimtelijke impact noodzakelijk. De volgende vormen van nieuwe infrastructuur worden onderscheiden:
  - **Nieuwe verbinding.** Als er een ernstig knelpunt optreedt op 380kV-verbindingen kan een nieuwe verbinding worden aangelegd. Dit kan parallel aan de bestaande verbinding, maar ook via een nieuw tracé.
  - **Opwaarderen verbinding.** Indien er een ernstig knelpunt optreedt bij 220kV-verbindingen kan het een optie zijn om deze te vervangen door 380kV-verbindingen.
  - **Nieuwe trafo.** Indien er een ernstig knelpunt optreedt op transformatoren moet een nieuwe trafo geplaatst worden. Nieuwe trafo's kunnen op bestaande stations geplaatst worden indien hier ruimte voor is. Anders moet een nieuw station ontwikkeld worden. Er kunnen maximaal vier trafo's op één station geplaatst worden. Bij 380kV-stations zijn dit 500 MW trafo's, bij 220kV-stations 380 MW.
  - **Implementeren (kleinere) pockets<sup>28</sup>.** Indien er knelpunten op 150kV- of 110kV-verbindingen optreden kunnen pockets ingesteld worden<sup>29</sup>. Indien er al pockets zijn kunnen de bestaande pockets 'opgeknip' worden in kleinere pockets. Er kan ongeveer 1 GW vraag en 1,5 GW opwek binnen een pocket aangesloten worden.

### Categorisatie knelpunten

Elk knelpunt krijgt een classificatie om te bepalen hoe groot het risico op een ruimtelijke ingreep is. Deze classificatie wordt gebaseerd op de hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (ENT)<sup>30</sup>. De verschillende classificaties worden in de figuren aangegeven met kleuren.

<sup>28</sup> In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

<sup>29</sup> Dit is alleen het geval in de kop van Noord-Holland en rondom Rotterdam. Ten tijde van het opstellen van het netmodel was het nog onduidelijk hoe de pocketstructuur in die regio's eruit moest gaan zien. Doordat de pocketstructuur in die regio's nog niet meegenomen is zie je daar in de verschillende scenario's veel knelpunten op het 150kV-net. Het is de verwachting van TenneT dat hier wel pockets gaan komen.

<sup>30</sup> Hierbij wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen uitgerust zijn met 4kA-geleiders (zie vorige voetnoot). Dit heeft effect op de capaciteit van de verbindingen en op die manier op de hoeveelheid energie die niet getransporteerd kan worden.

De volgende classificaties worden gehanteerd:

- **Geen knelpunt (groen).** Op elk moment van het jaar kan alle elektriciteit getransporteerd worden. Er is dus geen oplossing nodig.
- **Licht knelpunt (geel).** Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan hoogstwaarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Middelgroot knelpunt (oranje).** Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan waarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Zwaar knelpunt (rood).** Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is waarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.
- **Zeer zwaar knelpunt (paars).** Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is hoogstwaarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de oplossingsrichtingen per type knelpunt dat wordt aangenomen. Er wordt aangenomen dat er bij 'Zware' en 'Zeer zware' knelpunten altijd nieuwe infrastructuur nodig is. Bij 'lichte' en 'middelgrote' knelpunten wordt aangenomen dat dit altijd met redispatch opgelost kan worden. In de praktijk is dit minder zwart-wit en kan er bijvoorbeeld in sommige gevallen bij 'middelgrote' knelpunten wel nieuwe infra nodig zijn en in andere gevallen bij 'zware' knelpunten niet. Zoals eerder gemeld wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzwaaard worden met 4kA-geleiders.

Tabel 0.1 - Oplossing knelpunten hoogspanning

Ernst van knelpunt	Oplossingsrichtingen	
	Redispatch	Nieuwe infrastructuur
Geen	-	-
Licht	X	
Middelgroot	X	
Zwaar		X
Zeer Zwaar		X

### Grenzen categorieën

Hieronder staat een overzicht van de grenzen die gehanteerd worden voor de categorieën. Bij stations worden drie categorieën (geen, licht, zwaar) gehanteerd.

Tabel 0.2 - Grenzen categorieën

Ernst van knelpunt	Verbindingen		Stations		Eenheid
	380/220 kV	150/110 kV	380/220 kV	150/110 kV	
Geen	0	0	0	Niet individueel bekeken	TWh ENT
Licht	0-0,1	0-0,05	Tussen 0 en 0,1		
Middelgroot	0,1-0,5	0,05-0,1	>0,1		
Zwaar	0,5-1	0,1-0,5			
Zeer Zwaar	>1	>0,5			

### Nieuwe velden

Naast nieuwe trafo's zijn er ook extra velden nodig voor het aansluiten van grote opwek of vraag.

De volgende categorieën worden potentieel aangesloten op 380kV- of 220kV-stations:

- windenergie op zee;
- elektrolyzers;
- batterijen;
- regelbare centrales;
- grootschalige wind op land/zonnevelden;
- power-to-heat/elektrificatie industrie.



Om te bepalen hoeveel extra velden nodig zijn, is er per locatie gekeken hoeveel vermogen er bij komt voor deze bovenstaande categorieën. Op basis van het additionele vermogen dat per locatie aangesloten moet worden, wordt bepaald hoeveel extra velden noodzakelijk zijn. Er kan maximaal 1 GW vraag óf aanbod aangesloten worden per veld. Per station kan maximaal 6 GW opwek en 3 GW vraag aangesloten worden.

## B. Oplossingsrichtingen waterstof

Voor knelpunten in aansluitleidingen gelden de volgende globale oplossingsrichtingen:

1. In enkele gevallen gaat het om een kort stuk leiding met een kleine diameter, dat onderdeel is van een doorgaande leiding. In dat geval kan, afhankelijk van de specifieke setting, operationeel een oplossing gezocht worden. Dit geldt als de overschrijding niet groot is.
2. (Andere) keuzes maken tussen methaan of waterstof in onderdelen van het H-gas- of L-gasnetwerk. In sommige tracés zijn meerdere leidingen aanwezig, die afzonderlijk ingezet kunnen worden voor waterstof of methaan. Op dit moment is in het model de verdeling als volgt: H-gasleidingen worden ingezet voor waterstof, L-gasleidingen voor methaan. Een herverdeling op basis van capaciteit en transportvraag kan knelpunten verhelpen.
3. Wanneer het gaat om een grote centrale die een kleinere centrale vervangt met een enkele aansluiting, is in de meeste gevallen een verzwaring van de aansluitleiding nodig.

# BIJLAGE VIII Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

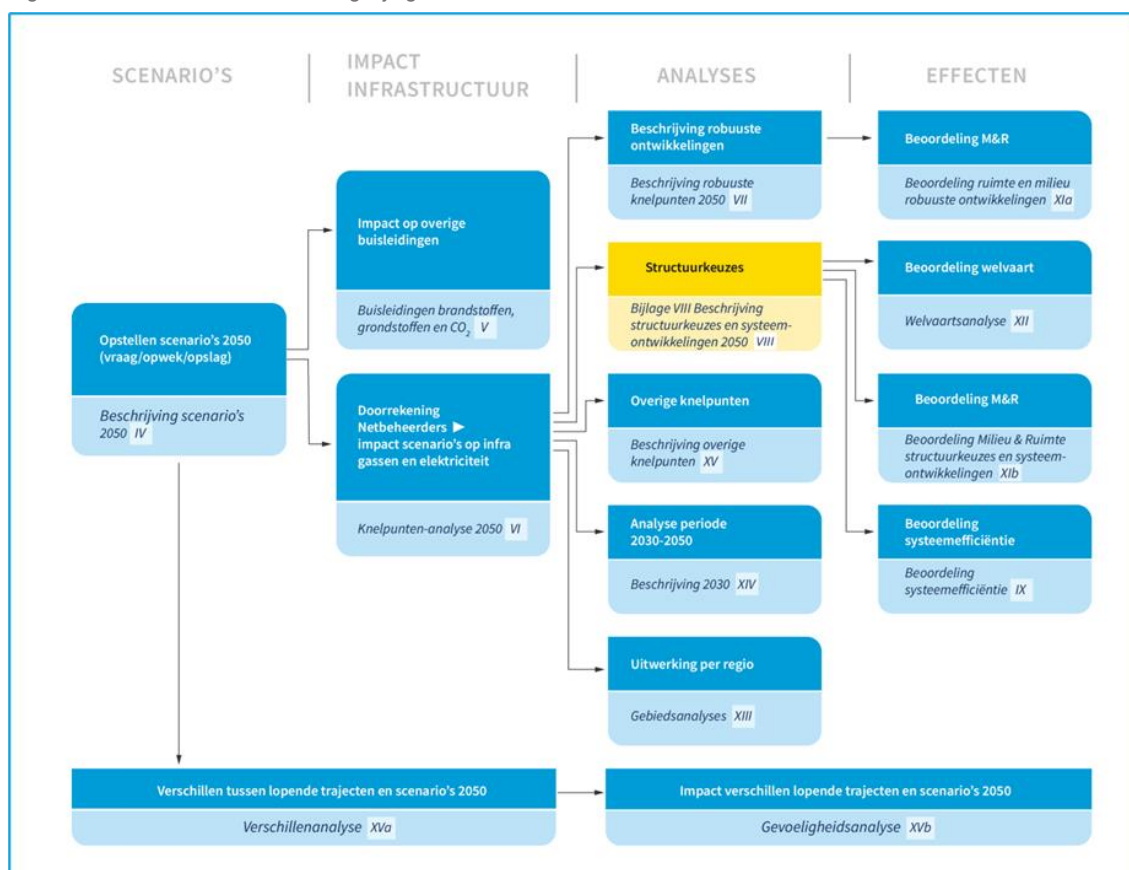
## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage VIII, *Beschrijving structuur- en systeemkeuzes 2050*, worden de keuzes besproken die gemaakt kunnen worden voor het energiesysteem in de periode tot 2050 (structuurkeuzes) en de mogelijke ontwikkelingen in die periode (systeemontwikkelingen). Voor elk van de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen wordt de impact op de benodigde energie-infrastructuur beschreven. Hiervoor wordt de invulling van de scenario's (Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*) en de resultaten van de doorrekeningen van de netbeheerders (Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*) gebruikt. Deze bijlage valt onder Analyse in Figuur 0.1 met de samenhang van de bijlagen. De structuurkeuzes en systeemontwikkelingen worden beoordeeld op de thema's Milieu & Ruimte (Bijlage XIb), Welvaart (Bijlage XII) en Systeemefficiëntie (Bijlage IX)

Figuur 0.1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Introductie	3
1.2	Scope	3
1.3	Methodologie	4
<b>2</b>	<b>Welke structuurkeuzes en systeemontwikkelingen worden uitgewerkt?</b>	<b>5</b>
2.1	Verantwoording	5
2.2	Overzicht structuurkeuzes en systeemontwikkelingen	6
<b>3</b>	<b>Overzicht structuurkeuzes en systeemontwikkelingen</b>	<b>8</b>
3.1	Aanlanding windenergie op zee, kust of diep	8
3.2	Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid	9
3.3	Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering	11
3.4	Locaties clusters van elektrolyzers	12
3.5	Spreiding of clustering regelbare centrales	13
3.6	Waterstofopslag	14
3.7	Toepassing kernenergie	15
3.8	Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import	17
3.9	Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland	18
3.10	Geothermie of restwarmte?	19
3.11	Maximale elektrificatie	20
3.12	Maximaal gebruik waterstof	21
3.13	Gebruik groengas/methaan	21
<b>4</b>	<b>Effecten structuurkeuzes en systeemontwikkelingen op energie-infrastructuur</b>	<b>22</b>
4.1	Diepe aanlanding windenergie op zee	22
4.2	Aanlanding windenergie op zee aan de kust	27
4.3	Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering	32
4.4	Locaties clusters van elektrolyzers	37
4.5	Spreiding of clustering regelbare centrales	45
4.6	Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden	50
4.7	Toepassing kernenergie	55
4.8	Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import	61
4.9	Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland	64
4.10	Geothermie of restwarmte?	66
4.11	Maximale elektrificatie	68
4.12	Maximaal gebruik waterstof	70
4.13	Gebruik groengas/methaan	71
<b>A.</b>	<b>Oplossingsrichtingen elektriciteit</b>	<b>74</b>
<b>B.</b>	<b>Oplossingsrichtingen waterstof</b>	<b>77</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

Om te bepalen hoe het energiesysteem er in 2050 uitziet en welke (ruimtelijke) keuzes hierin gemaakt kunnen worden, zijn er zeven scenario's opgesteld voor de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur. Vier scenario's, de Nederland Energieland-scenario's, zijn direct overgenomen vanuit de integrale infrastructuurverkenning I13050 (Netbeheer Nederland, 2021). Daarnaast zijn er twee ruimtelijke varianten toegevoegd aan de I13050-scenario's, dit zijn de Sterke Knopen-scenario's. Tot slot is er één scenario met kernenergie toegevoegd. Dit wordt het Zeer Sterke Knopen-scenario genoemd. De scenario's worden uitgebreid omschreven in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*.

In de zeven scenario's die gehanteerd worden, zijn er aannames gemaakt over de ontwikkeling van vraag en hernieuwbaar aanbod van energie in 2050, opgesplitst naar sector, energiedrager en locatie (zie Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*). Vervolgens hebben de netbeheerders berekend hoeveel regelbare centrales, opslag en conversie noodzakelijk is voor een robuust energiesysteem en waar knelpunten optreden in de nationale energie-infrastructuur die een oplossing behoeven (zie Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*). Hierin is de methodologie die door de netbeheerders is ontwikkeld voor I13050 gebruikt (Netbeheer Nederland, 2021).

De doorrekening van de netbeheerders leidt tot een overzicht van verwachte ontwikkelingen in het hoogspanningsnet en het landelijke gastransportnet in elk van de scenario's voor 2050, maar ook van groot-schalige productie- en opslaglocaties die nodig zijn in 2050.

## 1.2 Scope

In de analyses worden twee soorten ontwikkelingen geïdentificeerd:

- **Robuuste ontwikkelingen** die in alle scenario's optreden. Het is dus zeer waarschijnlijk dat hier in de toekomst ruimte voor moet worden gevonden. Voor elk van de robuuste ontwikkelingen zal een beoordeling op hoofdlijnen gemaakt worden van de benodigde ruimte en effecten op milieu en ruimte. Deze zijn uitgewerkt in Bijlage VII *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*.
- **Specifieke ontwikkelingen**. Deze ontwikkelingen vinden plaats alleen voor als bepaalde keuzes (structuurkeuzes) gemaakt worden.

Deze bijlage richt zich op de tweede soort ontwikkelingen. Deze specifieke ontwikkelingen worden uitgewerkt aan de hand van structuurkeuzes. Deze dienen niet direct om een enkel knelpunt op te lossen, maar kunnen gezien worden als een veralgemeniseerde aanpak om het aantal specifieke knelpunten te minimaliseren. De structuurkeuzes zijn ruimtelijke of energetische keuzes die gemaakt kunnen worden in de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Er is een lijst opgesteld van de meest relevante structuurkeuzes (volgt in hoofdstuk 2.2).

Per structuurkeuze zijn er twee of meer opties om het doel van de structuurkeuze (bijvoorbeeld het plaatsen van nieuwe centrales) in te vullen. Elke optie heeft zijn eigen knelpunten, die worden uitgewerkt in deze bijlage. Hiermee wordt inzichtelijk welke mogelijke knelpunten opgelost moeten worden om de opties mogelijk te maken.

De uitwerkingen van de structuurkeuzes dienen als input voor de ontwikkelrichtingen voor 2050 die vastgesteld worden in het PEH. De uitwerking van de structuurkeuzes levert input op voor de volgende aspecten:

- **Inzicht technische gevolgen opties binnen structuurkeuzes.** Dit kan afgeleid worden uit de doorrekening van de netbeheerders. Op basis hiervan kan geanalyseerd welke ruimte nodig is om bepaalde structuurkeuzes te faciliteren.
- **Inzicht effecten opties binnen structuurkeuzes.** In de effectbeoordelingen worden de opties binnen de structuurkeuzes tegen elkaar afgezet en beoordeeld op verschillende thema's. Dit biedt inzicht voor beleidsmakers voor de keuze of ze een bepaalde structuurkeuze wel of niet willen faciliteren.

#### **Onzekerheden uitkomsten structuurkeuzes**

De uitwerking van de structuurkeuzes biedt een eerste inzicht in de afwegingen die spelen bij bepaalde keuzes. Maar de analyses zijn niet gedetailleerd genoeg om definitieve keuzes te maken en om de precieze effecten in te schatten. In veel gevallen is hier nog extra onderzoek voor nodig. Zo zijn er slechts enkele configuraties doorgerekend en is slechts een beperkte knelpuntenanalyse uitgevoerd door TenneT en Gasunie.

Naast de structuurkeuzes die gemaakt kunnen worden in het energiesysteem zijn er ook enkele mogelijke systeemontwikkelingen. Dit zijn geen keuzes, maar ontwikkelingen die afhankelijk zijn van externe factoren zoals de ontwikkeling van energieprijzen. In deze bijlage worden de drie belangrijkste mogelijke systeemontwikkelingen behandeld. Deze hebben betrekking op welke energiedragers gebruikt gaan worden. In het toekomstige energiesysteem zullen alle belangrijke hernieuwbare energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, warmte) een rol krijgen, maar de verhouding tussen deze energiedragers is nog niet uitgekristalliseerd. De systeemontwikkelingen schetsen drie mogelijke invullingen van de energiemix. Deze systeemontwikkelingen vallen binnen de hoeken van het speelveld van de zeven scenario's. Ze vallen echter niet precies samen met een van de scenario's en er zijn binnen de systeemontwikkelingen nog enkele onzekerheden, waardoor niet voldoende gegevens beschikbaar zijn voor een volledige kwantitatieve uitwerking.

Door de gekozen aanpak, zijn er knelpunten die niet gezien worden als robuust en tevens niet binnen de tien structuurkeuzes en drie systeemontwikkelingen vallen. Daarvoor is een 'vangnet' ingebouwd om te zorgen dat alle knelpunten die naar voren komen uit de doorrekeningen van de netbeheerders een plek krijgen. Deze komen terug bij de Overige knelpunten (zie Bijlage XVI *Overige Knelpunten 2050*), en worden in dit document dus niet beschreven.

Deze bijlage gaat in op de technische gevolgen van de opties binnen de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen. De effectbeoordelingen volgen in de Bijlagen IX *Beoordeling Systeemefficiëntie*, XII *Welvaartsanalyse* en XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes en systeemontwikkelingen*. Voorziene ontwikkelingen voor overige ondergrondse buisleidingen (naast de gasleidingen) worden toegelicht in Bijlage V *Buisleidingen brandstoffen, grondstoffen en CO<sub>2</sub>*.

### 1.3 Methodologie

Er wordt per optie van de structuurkeuzes helder gemaakt welke opties er zijn om die structuurkeuze in te vullen en welke knelpunten ontstaan bij deze opties. Om de impact van een structuurkeuze te bepalen zijn er drie nieuwe scenario's opgesteld, die ruimtelijk en energetisch gezien variëren van de Nederland Energieland-scenario's en die met de Nederland Energieland-scenario's vergeleken zijn. Dit zijn de eerder

benoemde Sterke Knopen- en Zeer Sterke Knopen-scenario's. Deze aangepaste scenario's zijn voor dit onderzoek doorgerekend door de netbeheerders. Daarnaast wordt voor de uitwerking gebruikgemaakt van de doorrekening van de Nederland Energieland-scenario's bij I13050 (Netbeheer Nederland, 2021). Door de uitkomsten van de Sterke Knopen- en Zeer Sterke Knopen-scenario's te vergelijken met de uitkomsten van de Nederland Energieland-scenario's wordt de impact van bepaalde keuzes inzichtelijk.

De nieuwe scenario's hebben de volgende karakteristieken:

- **Sterke Knopen Nationale Sturing.** Energetisch identiek aan Nederland Energieland Nationale Sturing met enkele ruimtelijke wijzigingen voor uitwerking structuurkeuzes.
- **Sterke Knopen Europese Sturing.** Energetisch identiek aan Nederland Energieland Europese Sturing met enkele ruimtelijke wijzigingen voor uitwerking structuurkeuzes.
- **Zeer Sterke Knopen Kernenergie.** Gebaseerd op Sterke Knopen Europese Sturing, maar met kerncentrales in plaats van wind op land en gascentrales. Toegevoegd voor uitwerking structuurkeuze kernenergie.

In paragraaf 2.2 staat een overzicht van in welke scenario's de structuurkeuzes uitgewerkt zijn.

De technische gevolgen van beide opties worden per structuurkeuze bepaald. Er wordt hierbij gekeken naar de effecten van de opties op de elementen vraag, opwek, opslag en infrastructuur. Hierbij worden alleen elementen beschouwd waarbij verschillen optreden tussen de opties. Er wordt alleen gekeken naar de effecten na 2030, aangezien de geplande ontwikkelingen tot 2030 als gegeven worden beschouwd en hier dus geen verschillen kunnen zitten tussen de opties binnen een structuurkeuze.

## 2 Welke structuurkeuzes en systeemontwikkelingen worden uitgewerkt?

### 2.1 Verantwoording

Structuurkeuzes zijn ruimtelijke of energetische keuzes die gemaakt kunnen worden in de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Binnen het PEH worden tien structuurkeuzes uitgewerkt. De structuurkeuzes zijn gekozen op basis van de volgende criteria:

- Er kan een keuze gemaakt worden door bevoegd gezag. Een deel van de ontwikkelingen verloopt autonoom (bijvoorbeeld door prijsontwikkelingen), deze worden dus niet meegenomen bij de structuurkeuzes.
- De structuurkeuze heeft significante impact op de landelijke infrastructuur. Een deel van de keuzes die gemaakt kunnen worden binnen het energiesysteem hebben alleen impact op regionaal niveau. Deze worden niet meegenomen.
- De keuzes zijn (in zekere mate) realistisch en sluiten aan bij de bestaande visie op hoe het energiesysteem er in 2050 uit kan gaan zien. Dit betekent dat er geen opties bekeken worden waarvan op voorhand al gezegd kan worden dat ze niet haalbaar zijn of dat deze er nooit gaan komen.

De lijst aan structuurkeuzes is niet alomvattend. Er vallen vermoedelijk nog meer structuurkeuzes te bedenken die voldoen aan de bovenstaande criteria. De belangrijkste structuurkeuzes met naar verwachting de grootste impact op de energie-infrastructuur en de benodigde ruimte zijn meegenomen.

Naast de structuurkeuzes die gemaakt kunnen worden in het energiesysteem zijn er ook drie systeemontwikkelingen die uitgewerkt worden. Deze systeemontwikkelingen verschillen ten opzichte van de



structuurkeuzes doordat deze niet voldoen aan het eerste criterium. Dit zijn dus geen zaken waar een keuze gemaakt kan worden, maar waarbij de ontwikkeling onzeker is.

## 2.2 Overzicht structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

De volgende structuurkeuzes worden uitgewerkt:

1. Aanlanding windenergie op zee, kust of diep;
2. Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of gespreid aan de kust;
3. Locaties hernieuwbare opwek op land;
4. Locatie clusters van elektrolyzers;
5. Spreiding of clustering regelbare centrales;
6. Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden;
7. Toepassing van kernenergie;
8. Binnenlandse productie synthetische brandstoffen;
9. Faciliteren doorvoer grondstoffen buitenland;
10. Geothermie of restwarmte?

De structuurkeuzes zijn in de meeste gevallen voor één combinatie van een Nederland Energieland- en een Sterke Knopen-scenario uitgewerkt, bijvoorbeeld voor Nederland Energieland Nationale Sturing en Sterke Knopen Nationale Sturing. Dit betekent dat de kwantitatieve bevindingen in principe alleen geldig zijn binnen de context van dat energetische scenario. Maar er worden hieruit ook kwalitatieve conclusies geabstraheerd die in algemene zin geldig zijn en niet alleen binnen de context van het scenario.

Daarnaast worden meerdere structuurkeuzes uitgewerkt in één scenario, waardoor toewijzing van de effecten aan een individuele structuurkeuze lastig kan zijn (zie volgend kader).

### **Toewijzing effecten aan structuurkeuzes**

Het effect van structuurkeuzes is niet afzonderlijk onderzocht, maar gezamenlijk met andere structuurkeuzes doorgerekend in een nieuw scenario. Dit maakt het lastig om aan te wijzen welke wijzigingen veroorzaakt worden door welke structuurkeuze. Op basis van expert-judgment is in samenwerking met de netbeheerders gepoogd om te bepalen welke wijzigingen tussen scenario's veroorzaakt worden door welke structuurkeuze. In sommige gevallen kan een knelpunt door samenspel van meerdere structuurkeuzes veroorzaakt worden. Indien dit het geval is dit aangegeven.

Daarnaast worden de volgende systeemontwikkelingen uitgewerkt:

11. Maximale elektrificatie;
12. Maximaal gebruik waterstof;
13. Gebruik groengas/methaan.

De systeemontwikkelingen worden niet uitgewerkt voor een specifiek scenario. In plaats daarvan wordt bij de systeemontwikkelingen een kwalitatieve inschatting gemaakt van de mogelijke effecten.

Tabel 2.1 geeft een overzicht voor welke scenario's de structuurkeuzes en de systeemontwikkelingen uitgewerkt worden<sup>1</sup>.

Tabel 2.1 - Overzicht scenario's gebruikt voor uitwerking structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

Structuurkeuze	Scenario optie 1	Scenario optie 2
1. Aanlanding windenergie op zee, kust of diep	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
2. Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of gespreid aan de kust	Nederland Energieland Europese Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
3. Locaties hernieuwbare opwek op land	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
4. Locatie clusters van elektrolyzers <sup>2</sup>	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
5. Spreiding of clustering regelbare centrales	Nederland Energieland Europese Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
6. Waterstofopslag in zoutcavernes of lege <sup>3</sup> gasvelden	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
7. Toepassing kernenergie	Sterke Knopen Europese Sturing	Zeer Sterke Knopen Kernenergie
8. Binnenlandse productie synthetische brandstoffen	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
9. Faciliteren doorvoer grondstoffen buitenland <sup>4</sup>	Nederland Energieland Internationale Sturing, alleen import/export voor Nederlands belang	Nederland Energieland Internationale Sturing, extra import/export voor doorvoer van/naar buitenland
10. Geothermie of restwarmte?	Nederland Energieland Nationale Sturing	Nederland Energieland Europese Sturing
11. Maximale elektrificatie	Niet gebaseerd op scenario's. Kwalitatieve uitwerking.	
12. Maximaal gebruik waterstof	Niet gebaseerd op scenario's. Kwalitatieve uitwerking.	
13. Gebruik groengas/methaan	Niet gebaseerd op scenario's. Kwalitatieve uitwerking.	

<sup>1</sup> De tabel laat zien dat er meerdere structuurkeuzes uitgewerkt worden per scenario. Dit betekent dat de scenario's ook op meerdere punten gewijzigd zijn ten opzichte van de Nederland Energieland-scenario's. Zie ook het kader *Toewijzing effecten aan structuurkeuzes*.

<sup>2</sup> Bij deze structuurkeuze verschilt het energetische scenario van de twee opties. Dit betekent dat het lastiger is om deze te vergelijken. Hiervoor worden de effecten van beide opties genormaliseerd (meer hierover in paragraaf 4.4)

<sup>3</sup> Bij deze structuurkeuze verschilt het energetische scenario van de twee opties. Dit betekent dat het lastiger is om deze te vergelijken. Hiervoor worden de effecten van beide opties genormaliseerd (meer hierover in paragraaf 4.6)

<sup>4</sup> Deze structuurkeuze heeft alleen effect op overige buisleidingen en is daarom niet gebaseerd op een netdoorrekening.

## 3 Overzicht structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

### 3.1 Aanlanding windenergie op zee, kust of diep

#### Toelichting

In de toekomst wordt een groot deel van de elektriciteit opgewekt door windparken op de Noordzee. Al deze windstroom moet van de aanlandingslocaties naar de vraaglocaties getransporteerd worden, wat een grote impact heeft op het hoogspanningsnet aangezien er daardoor veel elektriciteit van de kust naar het binnenland getransporteerd moet worden. Deze elektriciteit kan getransporteerd worden via het reguliere hoogspanningsnet, maar het is ook mogelijk om een directe HVDC-verbinding<sup>5</sup> naar een hoogspanningsstation in het binnenland te trekken. Dit wordt diepe aanlanding genoemd. Bij deze structuurkeuze wordt aanlanding aan de kust vergeleken met diepe aanlanding. Hierbij wordt alleen gekeken naar het gedeelte van de windenergie die aanlandt in de vorm van elektriciteit.

Hiervoor wordt ook gekeken naar het scenario Nationale Sturing, waarbij optie 1 uitgewerkt is in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing en optie 2 in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing. In het scenario Nationale Sturing landt 52 GW windenergie op zee elektrisch aan. Dit is het scenario met de grootste hoeveelheid windenergie op zee, wat betekent dat dit scenario de grootste transportbehoefte van elektriciteit vanaf de kust naar het binnenland heeft.

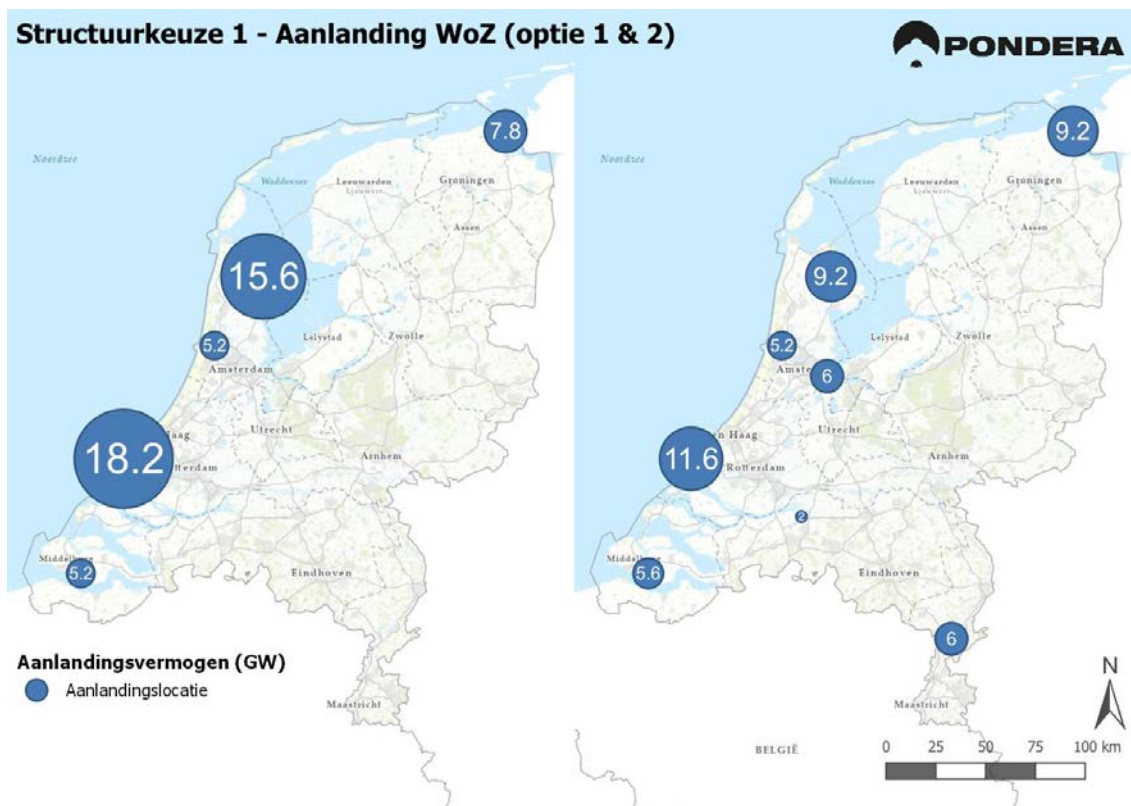
#### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

1. Alle (elektrische) aanlanding van windenergie op zee vindt plaats aan de kust. De verdeling over de kustlocaties is gebaseerd op de aannames van IJ3050 (Netbeheer Nederland, 2021).
2. Een deel van de windstroom van de Noordzee landt aan in het binnenland via een HVDC-kabel, bij Diemen (6 GW, in plaats van Middenmeer of Den Helder) en bij Maasbracht (6 GW, in plaats van Maasvlakte). De rest van de windstroom landt nog steeds aan bij de kust.

<sup>5</sup> HVDC staat voor High Voltage Direct Current; het betreft hier een gelijkstroom hoogspanningsverbinding.

Figuur 3.1 - Vermogen elektrische aanlanding windenergie op zee per locatie bij beide opties structuurkeuze 1



### 3.2 Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid

#### Toelichting

In II3050 zijn zes locaties aan de kust meegenomen voor de aanlanding van windenergie op zee. In elk scenario is dezelfde relatieve verdeling meegenomen over deze aanlandingslocaties. Bij deze verdeling landt het grootste gedeelte van de energie aan in Noord- en Zuid-Holland, aangezien de elektriciteitsvraag daar het hoogste is. Zo kan een groter gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt worden en is er in totaal minder transport van elektriciteit nodig .

Dit is echter niet de enige denkbare verdeling. Een andere mogelijkheid is om de verdeling te baseren op de beschikbare transportcapaciteit op het 380kV-net. Bij deze verdeling wordt nog steeds een groot gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt, maar worden de overschotten van elektriciteit anders verdeeld over de aanlandingslocaties zodat deze beter aansluiten bij de beschikbare afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet. Bij deze verdeling zal een groter gedeelte van de windstroom aanlanden in Zeeland en bij de Eemshaven in Groningen. Deze verdeling is gebaseerd op het 32 GW-scenario van de studie *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040* (Guidehouse & Berenschot, 2021).

Bij deze structuurkeuze wordt het scenario Europese Sturing als basis gebruikt, waarbij optie 1 uitgewerkt is in het scenario Nederland Energieland Europese Sturing en optie 2 in het scenario Sterke Knopen Europese Sturing. In dit scenario landt 30 GW windenergie op zee elektrisch aan.

### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

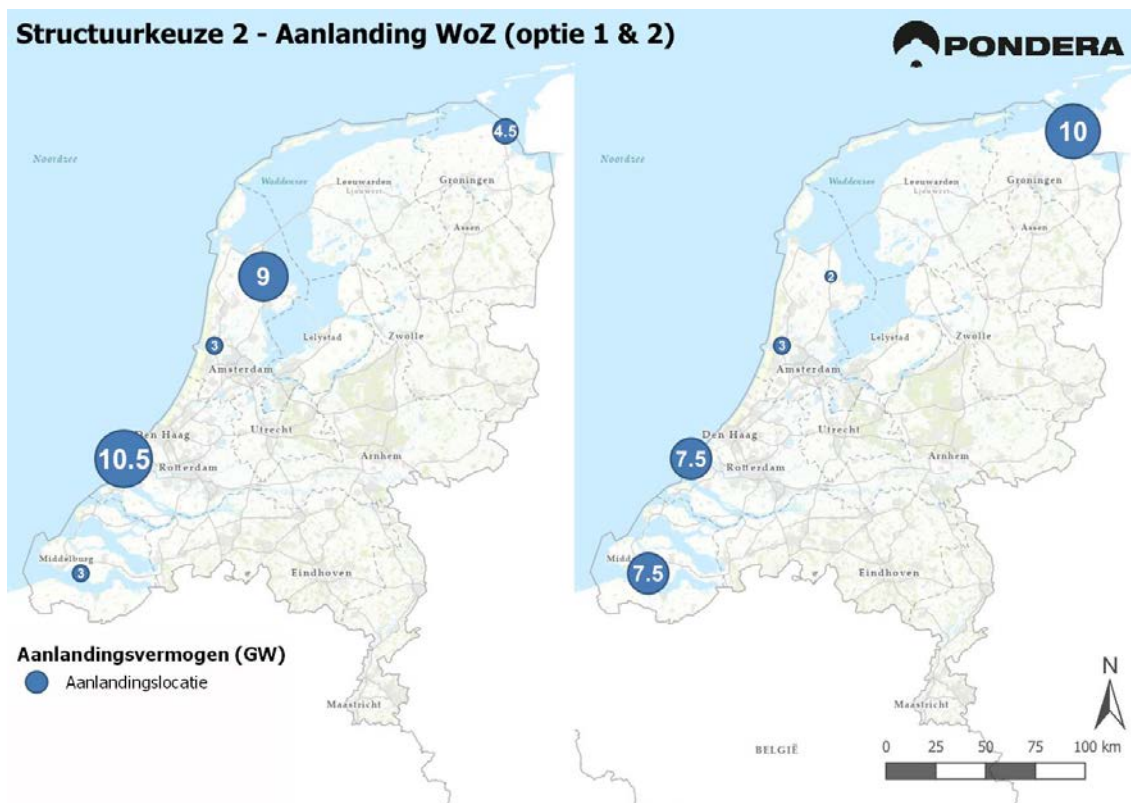
1. Aanlanding dichtbij vraag, conform de verdeling van I13050. Bij deze verdeling landt een groot deel van de energie aan op de Maasvlakte en in Noord-Holland. De aanlanding in Groningen en Zeeland is relatief beperkt.
2. Aanlanding van 30 GW op basis van beschikbare transportcapaciteit. Dit is gebaseerd op de verdeling van het 32 GW-scenario van de studie *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*. Bij deze verdeling is gezocht naar een optimale verdeling over de aanlandingspunten aan de kust vanuit netperspectief. Hier landt een stuk minder aan in Noord-Holland en fors meer in Groningen en Zeeland.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de verdeling over de aanlandingslocaties bij beide opties.

Tabel 3.1 - Verdeling totaalvermogen aanlandingslocaties opties structuurkeuze

Aanlandingslocatie	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis van beschikbare capaciteit
Middenmeer/Den Helder	9 GW	2 GW
Beverwijk	3 GW	3 GW
Maasvlakte	10,5 GW	7,5 GW
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	3 GW	7,5 GW
Eemshaven	4,5 GW	10 GW

Figuur 3.2 - Vermogen elektrische aanlanding windenergie op zee per locatie bij beide opties structuurkeuze 2



### 3.3 Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering

#### Toelichting

Tot 2030 worden de locaties van hernieuwbare opwek op land bepaald in de RES'en (Regionale Energie Strategieën). Na 2030 is er voor sommige scenario's nog een aanzienlijke additionele opgave voor hernieuwbare opwek op land. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar verschillende manieren om deze extra opgave voor hernieuwbare opwek op land te plaatsen, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties.

Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing, waarbij optie 1 uitgewerkt is in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing en optie 2 in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing.

In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing is clustering van hernieuwbare opwek op land meegenomen op de volgende vijf locaties:

1. Kop van Noord-Holland;
2. Zeeland;
3. Noordoost Nederland;
4. Flevoland;
5. De Peel.

De vijf clusters zijn gekozen op basis van verschillende criteria zoals ondergrond, windsnelheid en nabijheid elektriciteitsvraag (meer hierover in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*).

De volledige opgave na 2030, voor zowel wind op land als zon op veld, wordt in deze clusters geplaatst. Bij het scenario Nationale Sturing gaat dit om een opgave van 11 GW tussen 2030 en 2050 voor wind op land, 9 GW is reeds verdeeld in de RES (20 GW in totaal). Voor zon op veld gaat het om 48 GW in totaal in 2050, waarvan 18 GW die reeds verdeeld is in de RES.

#### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

1. Verspreiding van de additionele opgave over het hele land op basis van beschikbare ruimte. Dit komt overeen met de ruimtelijke invulling van II3050.
2. Clustering van de additionele opgave in vijf clusters. De volledige opgave na 2030 komt in deze clusters terecht, zowel voor zon op veld als voor wind op land. De verdeling van de opgave over deze vijf clusters is afhankelijk van de beschikbare ruimte.

### 3.4 Locaties clusters van elektrolyzers

#### Toelichting

In deze structuurkeuze wordt gekeken naar locaties voor clusters van elektrolyzers op land<sup>6</sup>. In de modellering die gehanteerd wordt (conform II3050), wordt waterstof met elektrolyzers die gekoppeld zijn aan het elektriciteitssysteem geproduceerd uit overschotten van elektriciteit, dus wanneer het totale aanbod van elektriciteit groter is dan de vraag<sup>7</sup>. Elektrolyzers worden dus ingezet als flexibiliteitsmiddelen om het elektriciteitsnet te ontzien en om waterstof te produceren, onder andere voor de industrie.

Voor een efficiënt energiesysteem kan het nuttig zijn om elektrolyzers te plaatsen op locaties waar veel elektriciteitsoverschotten plaatsvinden, dus bijvoorbeeld bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Op deze manier worden de overschotten gelijk omgezet in waterstof en hoeven ze niet getransporteerd te worden via het hoogspanningsnet. Wel heb je dan transport van waterstof nodig van de aanlandingslocaties richting afnemers. Het kan daarom ook efficiënt zijn om de elektrolyzers bij grote industriële afnemers van waterstof te plaatsen. In dat geval is er meer transport van elektriciteit nodig, maar is geen waterstoftransport noodzakelijk.

Deze twee potentiële interessante locaties voor waterstof worden tegen elkaar afgezet in deze structuurkeuze. Er wordt voor beide opties gekeken naar grote clusters van elektrolyzers. Beide opties zijn uitgewerkt voor een ander scenario. Clustering bij aanlandingslocaties is uitgewerkt voor het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing, met 37 GW aan elektrolyzers. Clustering bij grote industriële afnemers is uitgewerkt voor het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, met 14 GW aan elektrolyzers. De effecten van beide opties zijn daarom direct vergelijkbaar, omdat het totale vermogen verschilt bij beide opties. Daarom worden de resultaten genormaliseerd.

#### Opties

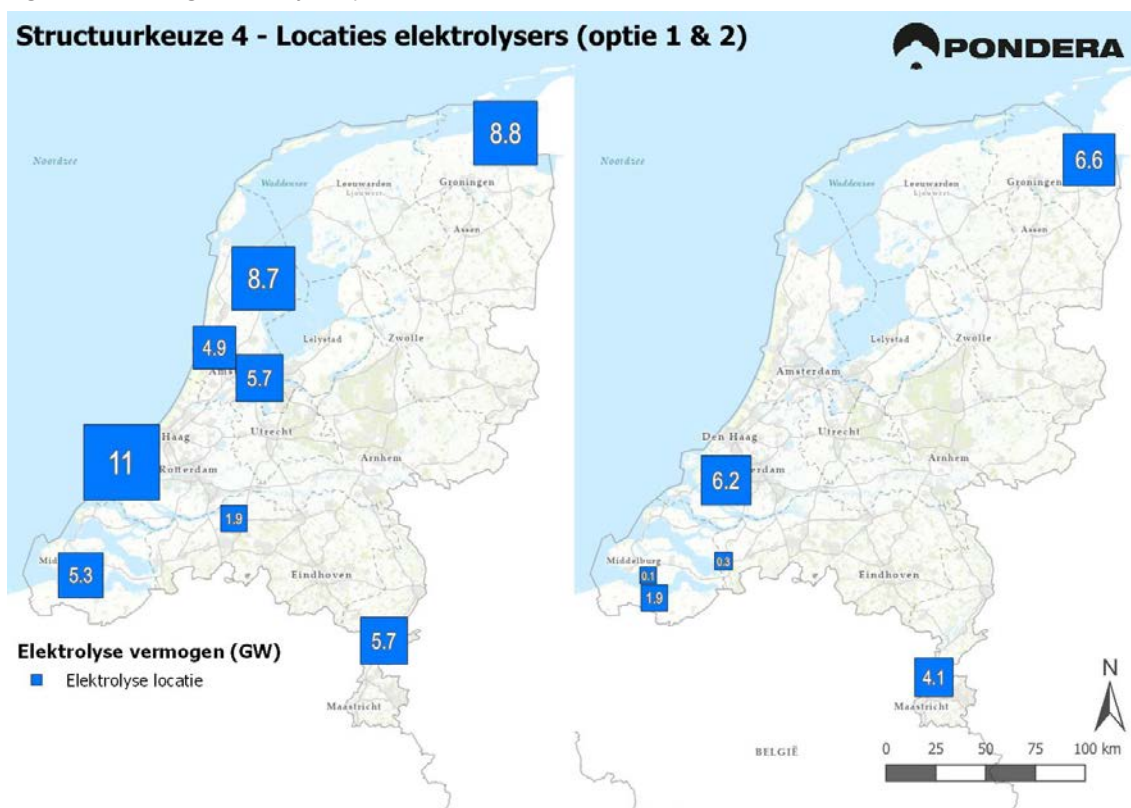
Bij deze structuurkeuze (Figuur 3.3) worden twee opties bekeken:

1. Clustering van elektrolyzers bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee. De verdeling van de elektrolyzers over de aanlandingslocaties is evenredig met het vermogen aan windenergie op zee dat elektrisch aanlandt.
2. Clustering van elektrolyzers bij grote industriële afnemers. De verdeling van de elektrolyzers over de industriële locaties is evenredig met de waterstofvraag per locatie (conform gevoeligheidsanalyse 6 van II3050 (Netbeheer Nederland, 2021)).

<sup>6</sup> Bij de uitwerking van de structuurkeuze wordt ook kort het effect besproken van spreiding van elektrolyzers over het hele land in plaats van clustering op enkele geschikte locaties, maar deze optie wordt niet expliciet bekeken binnen deze structuurkeuze.

<sup>7</sup> Er zijn ook andere configuraties denkbaar. Bijvoorbeeld een directe koppeling van elektrolyser met een windpark op zee, waarbij de volledige productie van dat windpark gebruikt wordt voor de productie van waterstof. Bij een dergelijke configuratie zijn elektrolyzers niet gekoppeld aan het elektriciteitssysteem. Het is de verwachting dat in 2050 elektrolyzers die gekoppeld zijn aan het elektriciteitsnet vooral zullen draaien op momenten van overschotten. Anders moeten extra waterstofcentrales gaan draaien om de additionele vraag van elektrolyzers op te vangen, wat vanuit zowel een economisch als een systeemperspectief inefficiënt is.

Figuur 3.3 - Vermogen elektrolyzers per locatie



### 3.5 Spreiding of clustering regelbare centrales

#### Toelichting

In 2050 is er fors meer vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit komt doordat de vraag naar elektriciteit fors toeneemt en omdat de opwek variabel is. Een groot deel van het jaar kan deze vraag ingevuld worden door productie van hernieuwbare bronnen (zon, wind), maar ook op de momenten dat het niet waait en de zon niet schijnt moet er voldoende geproduceerd worden om aan de vraag te voldoen.

Hiervoor is (naast flexibele vraag, opslag en import/export van elektriciteit) regelbaar vermogen in de vorm van regelbare centrales noodzakelijk. Gedeeltelijk zijn dit grootschalige centrales die een aanzienlijk gedeelte van het jaar draaien. Deze komen naar verwachting op dezelfde locaties als waar de centrales nu staan. Daarnaast zijn er regelbare centrales nodig die alleen ingezet worden om de absolute pieken op te vangen en die dus slechts enkele honderden uren per jaar draaien.

Er is tot maximaal 20 GW aan regelbare centrales nodig in de verschillende scenario's voor 2050. Deze regelbare centrales kunnen op verschillende locaties terecht komen. Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar verschillende manieren om ze te plaatsen. Ofwel verspreid over het land met veel kleine productie-eenheden ofwel gecentraliseerd met enkele grote eenheden.

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar het scenario Europese Sturing, waarbij optie 1 uitgewerkt is in het scenario Nederland Energieland Europese Sturing en optie 2 in het scenario Sterke Knopen Europese Sturing. In dit scenario is in totaal 36 GW aan regelbaar vermogen nodig: 18 GW aan grootschalige elektriciteitscentrales en 18 GW aan regelbare centrales. Dit zijn overwegend centrales die in dit scenario



draaien op groengas, maar er wordt ook ingegaan op de effecten als deze centrales op waterstof zouden draaien.

#### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

1. Verspreiding van kleinschalige regelbare centrales (<100 MW) over het hele land op basis van de lokale tekorten. Op deze manier wordt het transport van elektriciteit geminimaliseerd. Dit komt overeen met de verdeling in I13050.
2. Clustering van regelbare centrales op Barro-locaties<sup>8</sup>. De centrales worden zo dicht mogelijk bij de lokale tekorten geplaatst met inachtneming van de beschikbare fysieke ruimte op de Barro-locaties.

### 3.6 Waterstofopslag

#### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem wordt een belangrijke rol voorzien voor waterstof. Deze waterstof kan worden geproduceerd met overschotten van elektriciteit, dedicated elektrolyzers bij windparken op zee, blauwe waterstoffabrieken en kan daarnaast geïmporteerd worden. Deze waterstof wordt onder meer gebruikt voor elektriciteitscentrales, in de industrie en in sommige scenario's ook in de gebouwde omgeving en mobiliteitssector. Vraag en aanbod van waterstof zijn niet op elk moment van het jaar gelijk aan elkaar, aangezien zowel de vraag als het aanbod volatiel is. Daarom is waterstofopslag noodzakelijk. Er is naar verwachting in 2050 een fors volume vereist (tussen de 10 en 47 TWh) voor ondergrondse opslag van waterstof, die veel ruimte in beslag neemt. De opslag wordt gevuld op momenten van overschot aan waterstof als gevolg van productie van groene of blauwe waterstof of vanuit import van waterstof en vervolgens wordt op het moment van tekorten waterstof uit deze opslagen gebruikt.

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar twee mogelijke opties voor locaties voor opslag van waterstof: in zoutcavernes of in de huidige gasopslagen en lege gasvelden<sup>9,10</sup>. Beide opties zijn uitgewerkt voor een ander scenario. Opslag in zoutcavernes is uitgewerkt voor het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, met 10 TWh aan waterstofopslag. Opslag in bestaande gasopslagen en lege gasvelden is uitgewerkt voor het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing met 47 TWh aan waterstofopslag. De effecten van beide opties zijn daarom niet direct vergelijkbaar. Daarom worden de resultaten genormaliseerd.

#### Opties

Bij deze structuurkeuze worden de twee opties vergeleken:

1. Een geografische spreiding van opslag in zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe. Voor 10 TWh gaat dit om ongeveer 36 cavernes, verdeeld over ongeveer 5 clusters.
2. Opslag in beschikbare huidige gasopslagen en in lege gasvelden. Aangenomen is dat 45% van de benodigde opslagcapaciteit in de bestaande gasopslag Norg is, 40% in de bestaande gasopslagen in Noord-Holland, 5% in een leeg gasveld in Zuid-Holland en 5% in cavernes bij Zuidwending.

<sup>8</sup> Dit zijn locaties die vanuit het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening aangewezen zijn voor grootschalige elektriciteitscentrales.

<sup>9</sup> Bij I13050, en dus ook bij deze Nederland Energieland-scenario's, is aangenomen dat waterstofopslag plaatsvindt in zoutcavernes, regionaal verdeeld volgens de verdeelsleutel: 2/3e Veendam, 1/3e over de grens in Duitsland bij Enschede. Het PEH gaat over ontwikkelrichtingen op Nederlands grondgebied. Hierdoor kan het PEH niet uitgaan van opslag in Duitsland in 2050. Deze optie worden daarom niet expliciet uitgewerkt bij deze structuurkeuze.

<sup>10</sup> Of opslag van waterstof in huidige gasopslagen en lege gasvelden mogelijk is moet nog onderzocht worden.

Huidige gasopslagen zijn op dit moment gevuld met aardgas. In de toekomst is dat mogelijk anders. In alle scenario's wordt onderscheid gemaakt tussen locaties voor opslag van waterstof en opslaglocaties voor methaan. De locaties die voor opslag van waterstof ingezet worden, zijn niet meer beschikbaar voor opslag van methaan. Opslag van methaan vindt plaats in de overige bestaande gasopslaglocaties. Het totale opslagvolume is hiervoor toereikend.

### 3.7 Toepassing kernenergie

#### Toelichting

Het scenario 'Zeer sterke knopen' is een additioneel PEH-scenario waarbij kernenergie een significant onderdeel uit maakt van de energiemix. Uit een eerste ruimtelijke analyse is gebleken dat er in de aangegeven gebieden, zijnde Borssele/Sloegebied en de Maasvlakte, in totaliteit naar verwachting ruimte is voor vijf kerncentrales. In de analyse is uitgegaan van EPR-centrales van 1,65 GW, oftewel een totaal vermogen van 8,25 GW. Twee centrales worden geplaatst op de Maasvlakte en drie in Borssele/Sloegebied. De Eemshaven is niet onderzocht als locatie, omdat de minister van EZK heeft aangegeven dat hier geen kerncentrales gerealiseerd zullen worden.

De kerncentrales worden must-run<sup>11</sup> ingezet, aangezien uit verschillende analyses van verschillende partijen en onszelf gebleken is dat dit (voor de investeerders) economisch de meest voordelige inzet is. De centrales leveren elektriciteit en worden niet ingezet voor waterstof- of warmteproductie. Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de optie dat kerncentrales in de plaats komen van alle wind op land (inclusief bestaande windturbines) en een deel van de gascentrales<sup>12</sup>. Deze opties worden uitgewerkt voor de scenario's Sterke Knopen Europese Sturing en Zeer Sterke Knopen Kernenergie. Beide scenario's zijn gebaseerd op het energetische scenario Europese Sturing.

#### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties vergeleken (Figuur 3.4):

1. Energiesysteem zonder kernenergie, waarbij alle elektriciteit geproduceerd wordt door hernieuwbare bronnen (wind, zon) en gascentrales. Deze optie komt overeen met het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.
2. Energiesysteem waar naast hernieuwbare bronnen (wind, zon) en gascentrales ook een deel van de stroom wordt geproduceerd met kerncentrales. Er wordt 8,25 GW aan kerncentrales geplaatst. Deze kerncentrales komen in de plaats van een deel van de gascentrales en wind op land. Deze optie komt overeen met het scenario Zeer Sterke Knopen Kernenergie.

#### Relatie tot scenario

De toepassing van kernenergie wordt onderzocht bij het energetische scenario Europese Sturing. Op basis van gesprekken met experts is vastgesteld dat dit het meest logische scenario is voor toepassing van kernenergie vanwege het internationale karakter en vormgeving van de energiemix. Indien kernenergie toegepast wordt bij een scenario met meer hernieuwbare opwek, bijvoorbeeld van

<sup>11</sup> Dit betekent dat de centrale het hele jaar draait, ook wel base-load genoemd.

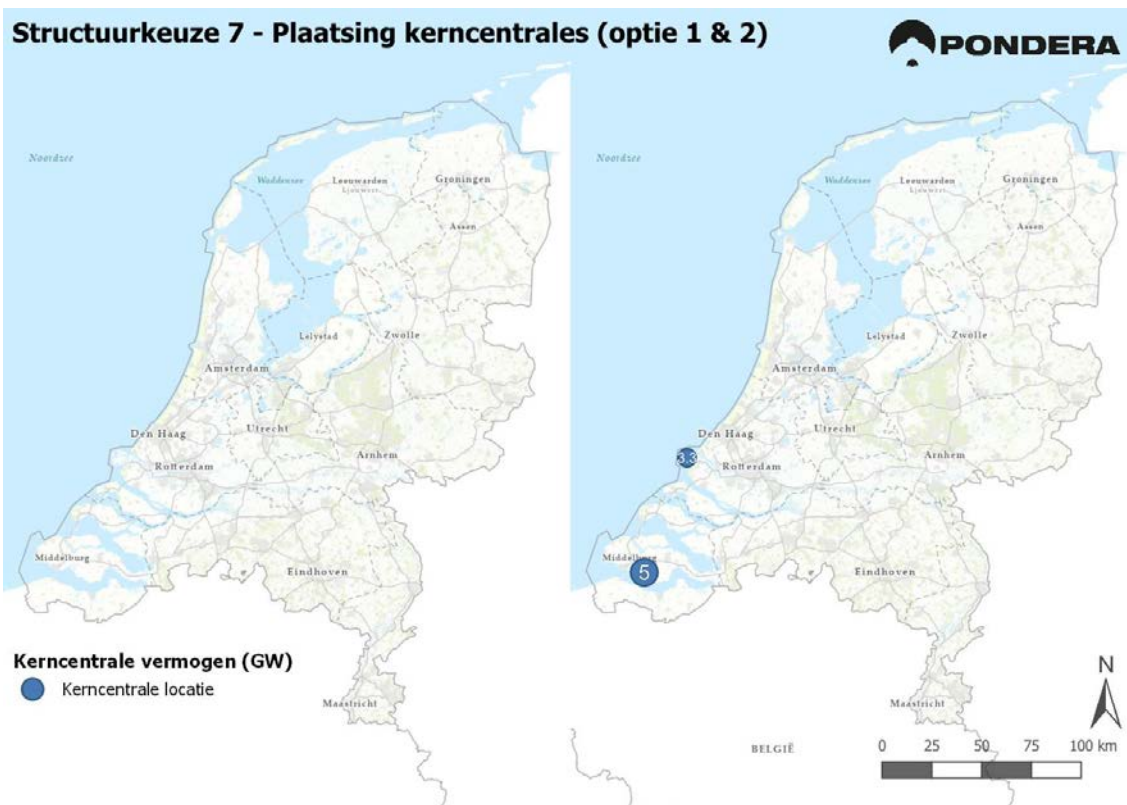
<sup>12</sup> Bij deze structuurkeuze wordt een extreme optie onderzocht waarbij kernenergie alle hernieuwbare opwek op land vervangt om zo de ruimtelijke effecten goed inzichtelijk te maken. Doel van deze exercitie is niet om de ideale rol van kernenergie in het energiesysteem te bepalen. Er zijn andere configuraties denkbaar, bijvoorbeeld waarbij kernenergie slechts een deel van de wind op land vervangt of waar kernenergie in de plaats komt van verdere toename van windenergie op zee. Voor het bepalen van de ideale configuratie (vanuit kosten, systeemefficiëntie, ruimtelijke impact) is verder onderzoek nodig.

windenergie op zee, kan minder van de geproduceerde elektriciteit van de kerncentrales direct gebruikt worden. In dat geval is kernenergie een financieel minder interessante optie.

In het scenario wordt aangenomen dat de kerncentrales vollast draaien. Op basis van gesprekken met experts is vastgesteld dat dit het meest aannemelijk is, aangezien het niet financieel rendabel is om kerncentrales in te zetten als regelbare eenheid. Als kerncentrales op een andere manier ingezet worden heeft dit ook effect op de resultaten. Als het als regelbare eenheid ingezet wordt, vervangt het alleen gascentrales en geen hernieuwbare opwek op land. Daarnaast hebben de kerncentrales dan een andere impact op de elektriciteitsinfrastructuur.

Voor de plaatsing van kerncentrales zijn nu alleen de locaties meegenomen die ruimtelijk zijn aangewezen door de Nederlandse overheid, namelijk in Borssele/Sloegebied en op de Maasvlakte. Vanuit netperspectief kan het interessant zijn om kerncentrales juist meer landinwaarts te plaatsen in bijvoorbeeld Limburg, aangezien bij Borssele/Sloegebied en de Maasvlakte ook al forse hoeveelheden windenergie op zee aanlanden. Hier is verder onderzoek voor nodig.

Figuur 3.4 - Vermogen kerncentrales per locatie



### 3.8 Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import

#### Toelichting

In 2050 is er naar verwachting een grote behoefte aan synthetische brandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart. Nederland kan ervoor kiezen om deze brandstoffen zelf te produceren of om ze te importeren. In de huidige situatie worden brandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart in Nederlandse raffinaderijen geproduceerd uit geïmporteerde aardolie. Bij productie in Nederland wordt er uitgegaan van extra windenergie op zee om waterstof te produceren en om CO<sub>2</sub> af te vangen uit de lucht (DAC – Direct Air Capture).

#### **Productie van synthetische brandstoffen in I13050: publieke keten vs. private keten**

In I13050 zijn per scenario aannames gemaakt van de extra windenergie op zee die nodig is voor waterstofproductie en DAC. In de netdoorrekening is in eerste instantie de benodigde infrastructuur voor de productie van synthetische brandstoffen niet meegenomen, omdat uitgegaan wordt van volledig private infrastructuur. De aanname hierachter was dat een volledig private keten geen invloed zou hebben op de publieke infrastructuur en dus niet beschouwd hoeft te worden in de netdoorrekening.

Deze aanname lijkt onjuist. Windenergie op zee en de daaraan gekoppelde productie van waterstof en CO<sub>2</sub> kunnen volledig in private handen zijn, maar toch is een verbinding met de publieke infrastructuur nodig. De fabriek om de brandstof te produceren draait namelijk 24/7. Voor een constante toevoer van elektriciteit, waterstof en CO<sub>2</sub> is verbinding nodig met opslag- en back-up-voorzieningen.

De meest voor de hand liggende oplossing is om verbonden te zijn met de publieke netten, die deze functies verzorgen. In deze paragraaf wordt er dan ook uitgegaan van een (semi)publieke productieketen.

In geen van de scenario's is het mogelijk om het gehele nationale verbruik aan synthetische brandstoffen te produceren. In alle gevallen is het dus nodig om tenminste een gedeelte van het verbruik te importeren.

#### Opties

Om de Nederlandse behoefte aan brandstoffen voor internationaal transport te dekken, worden twee opties beschouwd:

1. 100% import uit het buitenland. Import van hernieuwbare kerosine en bunkerbrandstoffen voor scheepvaart uit het buitenland:
  - Import van kerosine in Rotterdam (1/3) en Amsterdam (2/3)<sup>13</sup>.
  - Import van bunkerbrandstoffen voor scheepvaart in Rotterdam.
  - Transport naar afnemers via bestaande infra (buisleiding, schip).
2. Zo veel mogelijk productie in Nederland, aangevuld met import. De productie in Nederland gebruikt groene waterstof en CO<sub>2</sub> geproduceerd met elektriciteit uit windenergie op zee (WoZ). De resterende behoefte wordt geïmporteerd:
  - 50/50-verdeling van DAC en productie synthetische brandstoffen tussen Maasvlakte en Eemshaven.
  - 80% van de elektriciteit uit WoZ wordt ingezet voor offshore waterstofproductie.
  - Aanlanding van waterstof in Eemshaven en Den Helder.
  - 20% van de elektriciteit uit WoZ wordt ingezet voor DAC.
  - Transport van synthetische brandstoffen naar vraagcentra:
    - vanaf Maasvlakte met bestaande buisleidingen voor kerosine en bunkerbrandstoffen;

<sup>13</sup> Gebaseerd op de huidige buisleidingcapaciteit vanuit Rotterdam respectievelijk Amsterdam naar Schiphol.

- vanaf Eemshaven per schip naar Amsterdam (kerosine) en Rotterdam (bunkerbrandstoffen).
- Import van kerosine in Rotterdam (1/3) en Amsterdam (2/3).
- Import van bunkerbrandstoffen voor scheepvaart in Rotterdam.
- Transport naar afnemers via bestaande infra (buisleiding, schip).

Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing, omdat de binnenlandse energieproductie en daarmee de potentiële binnenlandse productie van synthetische brandstoffen in dat scenario het grootst is. Hierbij optie 1 uitgewerkt is in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing en optie 2 in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing.

### 3.9 Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

#### Toelichting

Nederland is een belangrijk doorvoerland voor energie en grondstoffen naar Duitsland en in mindere mate naar België. Nederland heeft een goede bereikbaarheid via zee en sterke infrastructuur. Er wordt ervan uitgegaan dat België zijn eigen energie en grondstoffen kan importeren via de havens van Antwerpen en Zeebrugge. Export van CO<sub>2</sub> naar Nederland is wel voorzien. De zeehavens van Duitsland liggen ongunstiger voor aanvoer vanuit het zuiden van de wereld. Duitsland heeft grote duurzaamheidsambities en kijkt voor een deel van haar energie- en grondstoffenvraag **naar** import. Nederland zou bovenop haar eigen behoefte extra energie en grondstoffen kunnen importeren om ze vervolgens door te voeren naar Duitsland.

#### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

1. Nederland importeert alleen grondstoffen die nodig zijn voor de binnenlandse productie.
2. Naast import voor eigen productie ook import en export die enkel bedoeld is voor doorvoer van en naar buitenland. Het gaat dan om import van hernieuwbare brandstoffen voor doorvoer naar het buitenland en import van buitenlandse CO<sub>2</sub> voor opslag onder de Noordzee.

Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing, aangezien de doorvoer van grondstoffen naar het buitenland hier het beste bij past.

Voor de precieze invulling van doorvoer naar het buitenland (optie 2) is een eigen analyse gedaan op basis van openbare data met de volgende uitgangspunten:

- De ontwikkelingen bij de industrie in Duitsland lopen gelijk met de ontwikkelingen in Nederland (zelfde verhouding elektrificatie/CCS/waterstof).
- De energievraag in Duitsland is geschaald met relevante parameters, bijv. aantal auto's, aantal woningen, raffinagecapaciteit en vermogen aan gasgestookte centrales.
- Er wordt gekeken naar de regio's van Duitsland die vlakbij Nederland liggen en waarvoor import vanuit Nederland aannemelijk is:
  - Nordrhein-Westfalen;
  - Rheinland-Pfalz;
  - Saarland;
  - Hessen.
- Er wordt aangenomen dat 50% van de Duitse behoefte aan waterstof(dragers) in deze regio's aangevoerd wordt vanuit Nederland.

- Naast waterstofleidingen worden ook de leidingen van de Delta Rhine Corridor meegenomen:
  - export van lpg en propeen;
  - import van CO<sub>2</sub> voor opslag onder de Noordzee;
  - de volumes van lpg en propeen zijn gebaseerd op de analyse van de Delta Rhine Corridor (Buck Consultants International, 2020), de volumes voor CO<sub>2</sub> op de verkenning van Royal Haskoning DHV (bron niet openbaar).
- Alle moleculen die worden geïmporteerd in Rotterdam en via buisleidingen doorgevoerd naar Duitsland langs het tracé van de Delta Rhine Corridor.
- Import van CO<sub>2</sub> uit België wordt meegenomen. Hiervoor wordt een leiding aangelegd tussen Antwerpen en Rotterdam door de leidingstraat van LSned.
- Er wordt aangenomen dat de waterstof wordt geïmporteerd als ammoniak en in Rotterdam wordt omgezet in waterstof.

Tabel 3.2 - Overzicht import/exportvolumes

Molecuul	Volume		Oorsprong/bestemming	Bron
	2030 (kton/j)	2050 (kton/j)		
Waterstof	410	2.300	Export naar Duitsland	Analyse CE
Ammoniak	800	970		Analyse CE <sup>14</sup>
Methanol	540	660		Analyse CE
Kerosine	120	2.300		Analyse CE
LPG	2.600	2.600		Delta Rhine Corridor
Propeen	1.400	1.400		Delta Rhine Corridor
CO <sub>2</sub>	13.000	19.500	Totale import	
-Vanuit Duitsland	3.500	4.000	Import vanuit Duitsland	Delta Rhine Corridor
	0	10.000		RHDHV
-Vanuit België	9.500	9.500	Import vanuit België	RHDHV

### 3.10 Geothermie of restwarmte?

#### Toelichting

Warmtenetten zullen een groot deel van de Nederlandse gebouwvoorraad verwarmen. In de scenario's die gehanteerd worden zal in 2050 15 tot 45% van de huishoudens en gebouwen aansluiten op een warmtenet. Vergelijkbare cijfers komen terug in het Klimaatakkoord: van de extra 1,5 miljoen woningen die voor 2030 van het aardgas afgaan, wordt de helft ingevuld met warmtenetten. Hedendaagse warmtenetten worden gevoed door warmte afkomstig uit fossiele energie. De zoektocht naar duurzamere warmtebronnen voor grote zowel bestaande als nieuwe warmtenetten leidt tot interesse in grootschalige nationale warmtebronnen zoals geothermie en restwarmte uit havens en industrieclusters<sup>15</sup>. Om deze grootschalige warmtebronnen te ontsluiten is warmtetransport naar de stedelijke omgeving nodig.

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar verschillende type warmtebronnen die gebruikt kunnen worden voor het voeden van de warmtenetten. De belangrijkste opties voor grootschalige warmtebronnen zijn restwarmte en geothermie. Voor het transport van warmte van de bron naar afnemers is bovenregionaal warmtetransport nodig.

<sup>14</sup> Excl. levering aan Chemelot. Vervanging van de gehele productie van Chemelot zou maximaal 1,5 Mton/j aan de vraag toevoegen, maar zou het aantal buisleidingen niet verhogen.

<sup>15</sup> Het is de verwachting dat de beschikbaarheid van restwarmte in havens en industrieclusters afneemt door verduurzaming, maar ook in een klimaatneutraal energiesysteem is naar verwachting restwarmte beschikbaar.

### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

1. Focus op geothermie. De concentratie van vraag naar warmte (in steden) en het aanbod van warmte uit geothermie liggen niet altijd bij elkaar in de buurt, waardoor transportbehoefte ontstaat. Deze optie is uitgewerkt in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.
2. Focus op restwarmte. De belangrijkste warmtebron hier is restwarmte van de industrie. Het gaat nadrukkelijk om het ontsluiten van grote bronnen, van waaruit warmte getransporteerd wordt naar een geconcentreerde warmtevraag. Waar de restwarmte en de vraag naar warmte niet dicht bij elkaar liggen, ontstaat een transportbehoefte. Deze optie is uitgewerkt in het scenario Nederland Energieland Europese Sturing en aangevuld met recente ontwikkelingen met bestaande plannen en ideeën voor bovenregionaal warmtetransport. De aanvulling van bestaande plannen en ideeën bestaat uit:
  - o Een warmteleiding tussen Moerdijk en Breda. Deze sluit een restwarmtebron aan op het bestaande Amernet. Moerdijk kan een belangrijke bron van restwarmte leveren.<sup>16</sup>
  - o Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht. Chemelot kan een belangrijke bron van restwarmte leveren om in de vraag naar warmte van Maastricht te voorzien. Het gaat om een uitbreiding van het bestaande warmtenet in Maastricht.

## 3.11 Maximale elektrificatie

### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem zullen alle belangrijke hernieuwbare energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, verscheidene warmtebronnen) een rol krijgen, maar de verhouding tussen deze energiedragers is nog niet uitgekristalliseerd. Bij deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de situatie waar ingezet wordt op maximale elektrificatie.

Deze situatie komt overeen met het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing. In dit scenario vindt sterke elektrificatie plaats in alle verbruikssectoren, meer dan in de andere scenario's. Dit scenario kun je vergelijken met scenario's waar ingezet wordt op andere energiedragers om de effecten van de verschillende keuzes te kunnen afwegen. De totale energievraag is in het scenario Nationale Sturing echter een stuk lager dan de scenario's waarin minder ingezet wordt op elektrificatie (Europese Sturing en Internationale Sturing), aangezien in die scenario's groei van de industrie aangenomen wordt (36% groei tegenover gelijke grootte industrie bij Nationale Sturing). Dit heeft als consequentie dat de totale elektriciteitsvraag in deze scenario's hoger ligt dan in het scenario Nationale Sturing, waar de focus ligt op maximale elektrificatie. Daarnaast verschillen de scenario's veel in opwek van elektriciteit; bij Nationale Sturing is er meer opwek van wind en zon, bij Europese Sturing en Internationale Sturing is er meer opwek van regelbare centrales.

### Opties

Omdat de verschillende scenario's niet direct vergelijkbaar zijn (verschil totale energievraag, verschil in opwek) is het niet mogelijk om de effecten van maximale elektrificatie kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden de mogelijke effecten kwalitatief besproken.

<sup>16</sup> Plannen en ambities voor regionale netten, zoals bijvoorbeeld Heusden – Hedikhuizen; Bergen op Zoom of Roosendaal zijn geen onderdeel van PEH.

### 3.12 Maximaal gebruik waterstof

#### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem zullen alle belangrijke hernieuwbare energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, verscheidene warmtebronnen) een rol krijgen, maar de verhouding tussen deze energiedragers is nog niet uitgekristalliseerd. Bij deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de situatie waar ingezet wordt op maximaal gebruik van waterstof.

Deze situatie komt overeen met het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing. In dit scenario wordt veel gebruikgemaakt van waterstof in de verschillende verbruikssectoren, meer dan in de andere scenario's. Dit scenario kun je vergelijken met scenario's waar ingezet wordt op andere energiedragers om de effecten van de verschillende keuzes te kunnen afwegen. De totale energievraag is in het scenario Internationale Sturing echter een stuk hoger dan in de scenario's waarin meer wordt ingezet op elektrificatie (Regionale Sturing en Nationale Sturing). Dit komt doordat de scenario's ook verschillen op andere punten. Het belangrijkste verschil is dat in het scenario Internationale Sturing 36% groei van de industrie aangenomen wordt en in de scenario's Nationale Sturing en Regionale Sturing niet. Het is daardoor niet te achterhalen welke effecten veroorzaakt worden door de keuze voor waterstof en welke effecten komen door de algehele hoge energievraag ten opzichte van de andere scenario's.

#### Opties

Omdat de verschillende scenario's niet direct vergelijkbaar zijn (met name verschil totale energievraag), is het niet mogelijk om de effecten van maximaal gebruik van waterstof kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden de mogelijke effecten kwalitatief besproken.

### 3.13 Gebruik groengas/methaan

#### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem zullen alle belangrijke hernieuwbare energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, verscheidene warmtebronnen) een rol krijgen, maar de verhouding tussen deze energiedragers is nog niet uitgekristalliseerd. Bij deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de situatie waar inzet van groengas/methaan een grote rol speelt.

Het scenario Nederland Energieland Europese sturing zet maximaal in op het gebruik van groengas/methaan, samen met een forse groei van de industrie (36% groei ten opzichte van de huidige omvang). De insteek van dit scenario is een inzet op hernieuwbare gassen, en een laag aanbod van hernieuwbare elektriciteit. Hierbij wordt uitgegaan van een flinke inzet van groengas in de gebouwde omgeving (38 TWh), en in de industrie (80 TWh). Tegelijkertijd is in dit scenario een grote rol voor waterstof, middels import van waterstof (61 TWh), maar voor de invulling van de energievraag in overige sectoren hadden ook andere keuzes gemaakt kunnen worden. Het is dan ook niet mogelijk om het effect van inzet op groengas/methaan afzonderlijk te analyseren aan de hand van dit scenario.

#### Opties

Omdat de verschillende scenario's niet direct vergelijkbaar zijn (met name verschil totale energievraag), is het niet mogelijk om de effecten van het gebruik van groengas kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden de mogelijke effecten kwalitatief besproken.



## 4 Effecten structuurkeuzes en systeemontwikkelingen op energie-infrastructuur

In dit hoofdstuk worden de effecten beschreven die een optie binnen een structuurkeuze en systeemontwikkeling heeft op de voor die structuurkeuze of systeemontwikkeling relevante infrastructuur.

De effecten op energie-infrastructuur voor productie, transport en opslag van energie worden beschouwd. Dit wordt gedaan voor elektriciteit, gassen, overige buisleidingen en warmte. Er wordt alleen gekeken naar technische effecten. Deze resultaten worden gebruikt voor de beoordelingen op de thema's Systeem-efficiëntie (Bijlage IX), Milieu & Ruimte (Bijlage XI) en Welvaart (Bijlage XII).

Voor de knelpunten die optreden in de infrastructuur worden oplossingsrichtingen bepaald. Deze worden gebaseerd op stelregels die in samenspraak met de netbeheerders bepaald zijn. Deze zijn te vinden zijn in bijlage A en B.

### 4.1 Diepe aanlanding windenergie op zee

In deze paragraaf wordt gekeken naar de effecten van diepe aanlanding van windenergie op zee op locaties van productie en opslag en op elektriciteitsinfrastructuur. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing.

#### Productie (+ import)

De twee opties binnen deze structuurkeuze verschillen alleen in de aanlandingslocaties van windenergie op zee, niet in omvang van de productie. Mogelijk heeft het wijzigen wel effect op de locaties van windparken op zee, maar aangezien het PEH alleen kijkt naar opweklocaties op land valt dit buiten de scope van het onderzoek.

Daarnaast veranderen de productielocaties van waterstof middels elektrolyse, aangezien deze in dit scenario gekoppeld zijn aan de locaties waar overschotten van elektriciteit plaatsvinden<sup>17</sup>. Dit zijn bij uitstek de aanlandingslocaties van windenergie op zee, aangezien hier grote hoeveelheden elektriciteit aanlanden. Het totale opgestelde vermogen aan elektrolyzers wijzigt niet aangezien beide opties energetisch identiek zijn.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de opgestelde vermogens aan elektrolyzers op relevante locaties voor beide opties. Er wordt met een range gewerkt aangezien er verschillende mogelijkheden zijn om elektrolyzers te plaatsen.

Tabel 4.1 - Effecten op productielocaties

Type opwek	Locatie	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: diepe aanlanding	Eenheid
<b>Elektrolyse</b>	Middenmeer/ Den Helder	9.000-14.600	5.600-9.000	MW
	Diemen	0-0	3.500-5.600	MW
	Maasvlakte	10.500-17.000	7.100-11.400	MW
	Maasbracht	0-0	3.500-5.600	MW

<sup>17</sup> Het is ook mogelijk om elektrolyzers te plaatsen nabij de locaties met waterstofvraag in plaats van locaties met grote beschikbaarheid van elektriciteit (meer hierover in paragraaf 4.4). In dat geval heeft het wijzigen van de aanlandingslocatie geen effect op de locaties van de elektrolyzers.

Tabel 4.2 geldt alleen als elektrolyzers bij productielocaties van elektriciteit geplaatst worden. Indien elektrolyzers op vraaglocaties van waterstof geplaatst worden krijg je een andere verdeling, die voor beide opties gelijk is aangezien er niets verandert aan de vraagzijde.

### Opslag

De structuurkeuze heeft geen impact op de totale behoefte aan elektriciteitsopslag aangezien de opties energetisch niet verschillen. Wel zit er verschil in de locaties waar elektriciteitsopslag noodzakelijk is. Er zijn forse hoeveelheden batterijen nodig bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Doordat deze aanlandingslocaties verschillen tussen de opties, zijn er ook verschillen tussen de locaties van de batterijen. Tabel 4.2 geeft een overzicht van de benodigde hoeveelheid batterijen voor de relevante aanlandingslocaties.

Tabel 4.2 - Effecten op opslag, uitgesplitst naar locatie

Type conversie/opslag	Locatie	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: diepe aanlanding	Eenheid
<b>Batterijen</b>	Middenmeer/Den Helder	6.000	4.000	MW
	Diemen	0	2.000	MW
	Maasvlakte	7.000	5.000	MW
	Maasbracht	0	3.000	MW

Deze structuurkeuze heeft geen effect op de opslag van waterstof, aangezien de omvang van de productie van waterstof niet verandert. Deze structuurkeuze heeft ook geen effect op de locaties van opslag, deze keuzes worden los van elkaar gemaakt.

### Elektriciteitsinfrastructuur

In het kort gaat het bij deze structuurkeuze om de afweging tussen twee opties om windstroom vanaf de kust naar het binnenland te transporteren, enerzijds via het reguliere hoogspanningsnet of anderzijds via dedicated HVDC-kabels die direct naar een hoogspanningsstation in het binnenland lopen. Bij de eerste optie zal de belasting op het reguliere hoogspanningsnet zwaarder zijn en zullen hier meer uitbreidingen nodig zijn. Bij de tweede optie zijn minder verzwaren in het reguliere hoogspanningsnet nodig, maar zijn compleet nieuwe componenten nodig.

Tabel 4.3 geeft een overzicht van de effecten op individuele componenten van de elektriciteitsinfrastructuur. Er worden alleen componenten meegenomen die beïnvloed worden door de twee opties binnen deze structuurkeuze en waar bij minimaal één van de twee opties een knelpunt plaatsvindt. In de kolom classificatie wordt de oplossingsrichting aangegeven, gebaseerd op de stelregels die opgesteld zijn in samenspraak met de netbeheerders (zie bijlage A).

#### Energy not transported (ENT)

Om de ernst van de knelpunten te bepalen wordt de graadmeter Energy Not Transported (ENT) gehanteerd. Dat is de totale hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden door een bepaalde asset. Deze graadmeter is een combinatie van de ernst (MW overschrijding) en de duur (aantal uur) van knelpunten. TenneT gebruikt deze graadmeter om een afweging te maken tussen redispatch<sup>18</sup> en investeren in nieuwe infrastructuur. In bijlage A staan de stelregels hiervoor.

<sup>18</sup> Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.

Er wordt aangenomen dat de geleiders van alle 380kV-verbindingen opgewaardeerd zijn naar 4kA. Hierdoor hebben de verbindingen meer transportcapaciteit. Bij het oplossen van een knelpunt is het opwaarderen van de geleider de eerste stap aangezien dit geen ruimtelijke implicaties heeft. TenneT verwacht dat ze op den duur de geleiders van bijna het complete 380kV-net opwaarderen naar 4kA.

Tabel 4.3 - Effecten op individuele componenten energie-infra

Component	Type	Optie 1: aanlanding aan kust		Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland	
		ENT	Oplossing	ENT	Oplossing
		TWh		TWh	
Middenmeer-Beverwijk	380kV-tracé	10,4	Nieuwe infra	0,6	Nieuwe infra
Beverwijk-Oostzaan		5,4	Nieuwe infra	0,2	Redispatch
Beverwijk-Vijfhuizen		1,8	Nieuwe infra	2,1	Nieuwe infra
Oostzaan-Diemen		4,5	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
Diemen-Breukelen Kortrijk		0,0	Redispatch	0,0	Redispatch
Maasvlakte-Simonshaven		3,0	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
Simonshaven-Crayestein		0,9	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
Crayestein-Krimpen		0,8	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
Krimpen-Bleiswijk		0,9	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
Krimpen-Geertruidenberg		1,9	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
Geertruidenberg-Tilburg		0,8	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
Tilburg-Eindhoven		1,5	Nieuwe infra	0,1	Redispatch
Eindhoven-Maasbracht <sup>19</sup>		2,9	Nieuwe infra	0,4	Redispatch
HVDC-kabel Middenmeer-Diemen	HVDC	n.v.t.	Niet nodig	n.v.t.	Nieuw 3 x 2 GW-kabel
HVDC-kabel Maasvlakte-Maasbracht			Niet nodig		Nieuw 3 x 2 GW-kabel
Converterstation Diemen			Niet nodig		Nieuw converterstation
Converterstation Maasbracht			Niet nodig		Nieuw converterstation

De tabel laat zien dat veel knelpunten op het 380kV-net in Noord-Holland en tussen de Maasvlakte en Maasbracht verminderd worden door diepe aanlanding. Voor de meeste tracés geldt dat door diepe aanlanding geen verzwaaring meer noodzakelijk is en dat deze opgelost kunnen worden met redispatch. Hiertegenover staat uiteraard wel dat er nieuwe HVDC-infrastructuur noodzakelijk is voor het faciliteren van diepe aanlanding.

#### Relatie tot scenario

Diepe aanlanding wordt met name een interessante optie als gekozen wordt voor het aanlanden van grote hoeveelheden windenergie op zee. Daarom is besloten om deze structuurkeuze te bekijken bij het scenario Nationale Sturing, waarin 52 GW elektrisch aanlandt.

Bij elektrische aanlanding van rond de 30 GW aan windstroom, zoals in de andere scenario's, ligt diepe aanlanding minder voor de hand. In dat geval is de transportcapaciteit van het 380kV-net grotendeels

<sup>19</sup> De nieuwe 380kV-verbinding Eindhoven-Maasbracht bij optie 1 is ondertussen al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT, het IP2022.

voldoende om de windstroom af te voeren naar het binnenland, indien slimme keuzes worden gemaakt met betrekking tot de aanlandingslocaties (meer hierover bij structuurkeuze 2). In dat geval ligt het aanleggen van extra infrastructuur voor diepe aanlanding, in de vorm van HVDC-kabels, dus niet voor de hand. Dit betekent dat de structuurkeuze diepe aanlanding in beeld komt wanneer gekozen wordt voor ruim meer dan 30 GW elektrische aanlanding.

Een kanttekening dient geplaatst te worden bij de keuze voor het scenario Nationale Sturing. In dit scenario is namelijk aangenomen is dat het grootste volume aan windstroom aanlandt in Noord- en Zuid-Holland, terwijl dit vanuit netperspectief vermoedelijk niet het meest efficiënt (meer hierover bij structuurkeuze 2). Dit betekent dat een deel van de knelpunten die optreden bij optie 1 vermoedelijk voorkomen kunnen worden door een slimmere verdeling over de aanlandingspunten en dat diepe aanlanding er daardoor in de analyse gunstiger uitkomt. Het is bij dusdanig grote volumes aan windstroom die aanlanden aannemelijk dat er ook bij een slimmere verdeling over de aanlandingspunten knelpunten op het 380kV-net ontstaan door het transport van windstroom naar het binnenland. En dat diepe aanlanding in deze gevallen alsnog een interessante optie kan zijn en dat de rode lijnen in de analyses nog steeds geldig zijn. Maar om hier definitief uitsluitsel over te geven is het noodzakelijk om ook diepe aanlanding te onderzoeken in combinatie met een andere verdeling over aanlandingslocaties.

De aanlanding van windenergie op zee heeft geen effect op de belasting op de 150kV- infrastructuur en de 380/150kV-transformatoren. Dit komt door de pocketstructuur die voorzien wordt voor het 150kV-net<sup>20, 21</sup>. Bij een pocketstructuur wordt de belasting van de 150kV-tracés binnen de pockets alleen bepaald door vraag en aanbod binnen de pockets zelf. Hetzelfde geldt voor de transformatoren waarmee deze transformatoren verbonden zijn met het 380kV-net. Vraag en aanbod binnen de pockets veranderen niet door andere aanlandingslocaties van windenergie op zee, dus ook de belasting op het 150kV-net en de transformatoren niet.

#### **Onzekerheden effecten elektriciteitsinfrastructuur**

Voor deze studie heeft TenneT een beperkte knelpuntenanalyse gedaan, waarin alleen het Nederlandse hoogspanningsnetwerk is gemodelleerd. Import en export met de omliggende landen (bijvoorbeeld Duitsland) is in deze studie naar rato verdeeld over de capaciteit van de interconnectoren met het desbetreffende land, terwijl in realiteit de elektriciteit (enigszins gechargeerd) de weg kiest van de minste weerstand tussen opwek en vraag. Een diepere aanlanding richting Maasbracht (en hiermee een grote verandering in de locatie van de opwek), dat met interconnectoren zowel met België als Duitsland is verbonden, heeft daarom een grote invloed op de stroomrichting van het Europese elektriciteitsnetwerk. De impact van significante hoeveelheden diepere aanlanding kan daarom slecht worden ingeschat met het gebruikte Nederlandse model en zou in meer detail verder moeten worden onderzocht.

<sup>20</sup> In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net. Dit noemen ze een pocketstructuur.

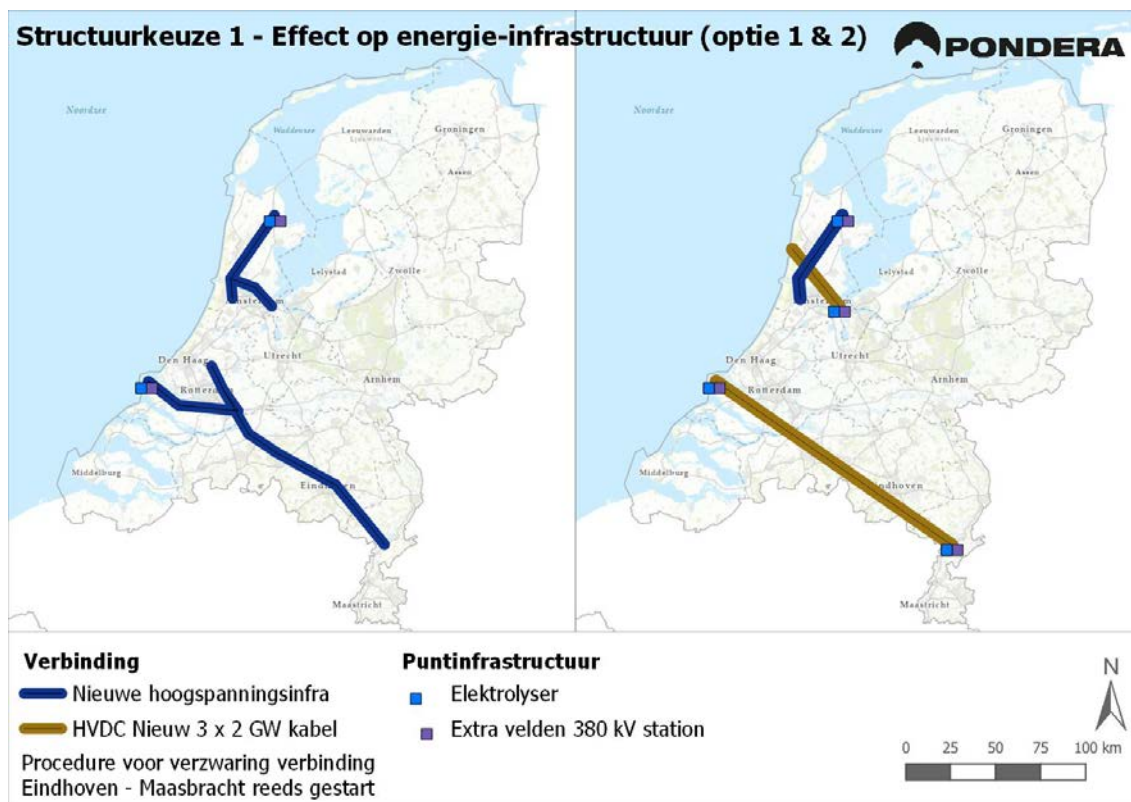
<sup>21</sup> In de kop van Noord-Holland en de regio Rotterdam zijn nog geen pockets meegenomen in de modellering omdat het nog onduidelijk is hoe deze pockets eruit gaan zien. Maar het is wel de verwachting dat er een pocketstructuur komt.

Naast bovenstaande infrastructuurcomponenten zijn er ook extra velden nodig voor het aansluiten van windenergie op zee op het 380kV-net. Daarnaast zijn er velden nodig voor het aansluiten van de elektrolyzers en batterijen bij de aanlandingslocaties. De locaties voor de benodigde velden verschillen aangezien de locaties van aanlanding ook verschillen. Er is geen significant verschil tussen het totaal aantal velden dat nodig is voor het aansluiten van vraag en productie op het 380kV-net. Tabel 4.4 geeft een overzicht van de benodigde velden per relevante aanlandingslocatie.

Tabel 4.4 - Extra velden 380kV-stations

Locatie	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland
<b>Maasbracht</b>	Geen	6 voor WoZ, 3 voor batterijen, 4 tot 6 voor elektrolyzers
<b>Maasvlakte</b>	13 voor WoZ, 7 voor batterijen, 11 tot 17 voor elektrolyzers	6 voor WoZ, 5 voor batterijen, 7 tot 12 voor elektrolyzers
<b>Diemen</b>	Geen	6 voor WoZ, 2 voor batterijen, 4 tot 6 voor elektrolyzers
<b>Middenmeer/Den Helder</b>	16 voor WoZ, 6 voor batterijen, 9 tot 15 voor elektrolyzers	10 voor WoZ, 9 voor batterijen, 6 tot 9 voor elektrolyzers

Figuur 4.1 - Overzicht effecten alternatieven op energie-infrastructuur<sup>22</sup>



Tabel 4.3 en Figuur 4.3 tonen het effect van de twee opties binnen deze structuurkeuze op individuele componenten van de energie-infrastructuur. Tabel 4.5 geeft het totaaloverzicht aan verzwaringen van

<sup>22</sup> De nieuwe 380kV-verbinding Eindhoven-Maasbracht bij optie 1 is ondertussen al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT, het IP2022.

infrastructuur voor beide opties. Bij nieuwe verbindingen, zowel bij 380kV-tracés als bij HVDC-kabels, is er voor het bepalen van de lengte aan nieuwe verbindingen uitgegaan van nieuwe tracés naast de bestaande tracés.

Tabel 4.5 - Totaaloverzicht verzwaring infra

Component	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland	Eenheid	Opmerking
380kV-verbindingstracé <sup>23</sup>	338	59	Km	
380kV-verbindingencircuits	676	118	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
HVDC-kabeltracé	0	259	Km	Aanname parallel aan huidige 380 kV infra
HVDC-kabels	0	777	Km	Per tracé 3 kabels
Redispatch	0,01	0,70	TWh	
380kV-velden	62-74	63-75	Aantal velden	Inclusief velden voor elektrolyzers en opslag

#### *Regionale netten (middenspanning en laagspanning)*

Deze structuurkeuze heeft geen significante impact op de regionale elektriciteitsnetten.

#### Waterstofinfrastructuur

De locatie van aanlanding van windenergie op zee kan effect hebben op de waterstofinfrastructuur indien elektrolyzers geplaatst worden bij aanlandingslocaties. Bij de structuurkeuze *Locaties clusters van elektrolyzers* (paragraaf 4.4) wordt ingegaan op de effecten van elektrolyzers bij aanlandingslocaties op de waterstofinfrastructuur.

## 4.2 Aanlanding windenergie op zee aan de kust

In deze paragraaf wordt gekeken naar de effecten van verschillende verdeling van aanlanding van windenergie op zee over locaties aan de kust op locaties van productie en opslag en op elektriciteitsinfrastructuur. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing.

#### Productie (+ import)

De opties binnen deze structuurkeuze verschillen alleen in de aanlandingslocaties van windenergie op zee, niet in omvang van de productie. Mogelijk leiden de andere aanlandingslocaties wel tot andere opweklocaties op zee, maar aangezien het PEH alleen kijkt naar opweklocaties op land valt dit buiten de scope van het onderzoek.

Daarnaast veranderen de productielocaties van waterstof middels elektrolyse als de locaties van elektrolyzers gekoppeld zijn aan de aanlandingslocaties van windenergie op zee<sup>24</sup>. Dit zijn bij uitstek de aan-

<sup>23</sup> Gebaseerd op nieuwe tracés parallel aan bestaande tracés.

<sup>24</sup> Het is ook mogelijk om elektrolyzers te plaatsen nabij de locaties met waterstofvraag in plaats van locaties met grote beschikbaarheid van elektriciteit. In dat geval heeft het wijzigen van de aanlandingslocatie geen effect op de locaties van de elektrolyzers.

landingslocaties van windenergie op zee, aangezien hier grote hoeveelheden elektriciteit aanlanden. Het totale opgestelde vermogen aan elektrolyzers wijzigt niet aangezien beide opties energetisch identiek zijn.

Tabel 4.6 geeft een overzicht van de opgestelde vermogens aan elektrolyzers op relevante locaties voor beide opties. Er wordt met een range gewerkt aangezien er verschillende mogelijkheden zijn om elektrolyzers te plaatsen.

De onderstaande tabel geldt alleen als elektrolyzers bij productielocaties van elektriciteit geplaatst worden. Indien elektrolyzers op vraaglocaties van waterstof geplaatst worden krijg je een andere verdeling, die voor beide opties gelijk is aangezien er niets verandert aan de vraagzijde.

Tabel 4.6 - Effecten op productielocaties

Type opwek	Locatie	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit	Eenheid
<b>Elektrolyse</b>	Middenmeer/ Den Helder	3.300-5.800	700-1.300	MW
	Maasvlakte	3.900-6.700	2.800-4.800	MW
	Eemshaven	1.700-2.900	3.700-6.400	MW
	Borssele/Sloegebied/ Terneuzen	1.100-1.900	2.800-4.800	MW
	Beverwijk	1.100-1.900	1.100-1.900	MW

### Opslag

De structuurkeuze heeft geen impact op de totale behoefte aan elektriciteitsopslag aangezien de opties energetisch niet verschillen. Wel zit er verschil in de locaties waar elektriciteitsopslag noodzakelijk is. Er zijn forse hoeveelheden batterijen nodig bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Doordat deze aanlandingslocaties verschillen tussen de opties, zijn er ook verschillen tussen de locaties van de batterijen. Tabel 4.7 geeft een overzicht van de benodigde hoeveelheid batterijen voor de relevante aanlandingslocaties.

Tabel 4.7 - Effecten op opslag, uitgesplitst naar locatie

Type opslag	Locatie	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit infra	Eenheid
<b>Batterijen</b>	Middenmeer/ Den Helder	4.000	1.000	MW
	Maasvlakte	5.000	3.000	MW
	Eemshaven	2.000	4.000	
	Borssele/Sloegebied/ Terneuzen	1.000	3.000	MW
	Beverwijk	1.000	1.000	MW

Deze structuurkeuze heeft geen effect op de opslag van waterstof, aangezien de omvang van de productie van waterstof niet verandert. Deze structuurkeuze heeft ook geen effect op de locaties van opslag, deze keuzes worden los van elkaar gemaakt.

### Elektriciteitsinfrastructuur

Tabel 4.8 geeft een overzicht van de effecten op individuele componenten van de energie-infrastructuur. De effecten op de elektriciteitsinfrastructuur worden uitgedrukt in ENT, wat overeenkomt met de totale

hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (zie bijlage A voor verdere toelichting). Er worden alleen componenten meegenomen die beïnvloed worden door de twee opties binnen deze structuurkeuze en waar bij minimaal één van de twee opties een knelpunt plaatsvindt. In de kolom classificatie wordt de oplossingsrichting aangegeven, gebaseerd op de stelregels die zijn opgesteld in samenspraak met de netbeheerders (zie bijlage A).

Tabel 4.8 - Effecten individuele componenten infrastructuur

Component	Type	Optie 1: aanlanding bij vraag		Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit infra	
		ENT	Oplossing	ENT	Oplossing
		TWh		TWh	
<b>Eemshaven-Eemshaven Oudeschip</b> <sup>25</sup>	380kV-tracé	0,0	Redispatch	2,8	Nieuwe infra
<b>Middenmeer-Beverwijk</b>		6,2	Nieuwe infra	0,0	Geen knelpunt
<b>Beverwijk-Oostzaan</b>		2,5	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
<b>Beverwijk-Vijfhuizen</b>		0,6	Nieuwe infra	0,1	Redispatch
<b>Oostzaan-Diemen</b>		1,7	Nieuwe infra	0,0	Geen knelpunt
<b>Maasvlakte-Simonshaven</b>		2,0	Nieuwe infra	0,1	Redispatch
<b>Simonshaven-Crayestein</b>		0,5	Nieuwe infra	0,0	Redispatch
<b>Maasvlakte-Westerlee</b>		0,2	Redispatch	0,0	Redispatch
<b>Westerlee-Wateringen</b>		0,1	Redispatch	0,0	Redispatch
<b>Wateringen-Bleiswijk</b>		0,0	Redispatch	0,0	Redispatch
<b>Bleiswijk-Krimpen aan den IJssel</b>		0,1	Redispatch	0,0	Geen knelpunt
<b>Geertruidenberg-Krimpen aan den IJssel</b>		0,2	Redispatch	0,0	Geen knelpunt
<b>Crayestein-Krimpen aan den IJssel</b>		0,3	Redispatch	0,0	Redispatch
<b>Kijkuit-Geertruidenberg</b>		0,0	Geen knelpunt	0,0	Redispatch
<b>Eemshaven-Robbenplaat</b> <sup>26</sup>	220kV-tracé	0,0	Geen knelpunt	1,5	Nieuwe infra
<b>Robbenplaat-Weiwerd</b>		0,0	Geen knelpunt	1,5	Nieuwe infra

De tabel laat zien dat bij optie 2, waarbij de aanlanding gebaseerd is op de aanwezige transportcapaciteit, veel minder knelpunten oplevert op het 380kV-net. De vermindering van de hoeveelheid windstroom die aanlandt in Noord-Holland zorgt ervoor dat daar veel minder knelpunten voorkomen en naar verwachting geen extra infrastructuur nodig is. Ook bij Rotterdam komen minder knelpunten voor en is naar verwachting geen extra infrastructuur nodig bij optie 2. De toename van de hoeveelheid windstroom die aanlandt bij de Eemshaven bij optie 2 zorgt er wel voor dat er vermoedelijk extra infrastructuur nodig is tussen Eemshaven en Eemshaven Oudeschip, maar hiervoor is al een oplossing voorgesteld in het IP2022 van TenneT. Ook is er nieuwe infra nodig tussen Eemshaven en Robbenplaat (220 kV) in dit scenario, maar dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de elektrolyzers niet bij de aanlandingslocatie zijn geplaatst in het

<sup>25</sup> Deze uitbreiding is al meegenomen in het nieuwe investeringsplan van 2022 van TenneT.

<sup>26</sup> Toename belasting komt voornamelijk door elektrolyse bij Delfzijl in plaats van Eemshaven in scenario Sterke Knopen Europese Sturing (zie paragraaf 4.4). Geldt ook voor verbinding Robbenplaat – Weiwerd.



scenario Sterke Knopen Europese Sturing (zie paragraaf 4.4). De toename van de aanlanding in Zeeland bij optie 2 leidt niet tot ernstige knelpunten.

#### Relatie tot scenario

Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing. In dit scenario is er in totaal aanlanding van 30 GW en de bevindingen van deze structuurkeuze zijn daarom ook alleen van toepassing tot deze grens. Indien een groter vermogen aan windenergie op zee aanlandt, zoals bijvoorbeeld de 52 GW van het scenario Nationale Sturing, dan is een additionele analyse nodig voor de efficiënte aanlanding van het gedeelte boven de 30 GW.

De aanlanding van windenergie op zee heeft geen effect op de belasting op de 150kV-infrastructuur en de 380kV/150kV-transformatoren. Dit komt door de pocketstructuur die voorzien wordt voor het 150kV-net<sup>27</sup>. Bij een pocketstructuur wordt de belasting van de 150kV-tracés binnen de pockets alleen bepaald door vraag en aanbod binnen de pockets zelf. Hetzelfde geldt voor de transformatoren waarmee het 150kV-net verbonden is met het 380kV-net. Vraag en aanbod binnen de pockets veranderen niet door andere aanlandingslocaties van windenergie op zee, aangezien windenergie op zee direct aangesloten wordt op het 380kV-net. Daardoor heeft deze structuurkeuze geen impact op de belasting op het 150kV-net en de 380/150kV-transformatoren.

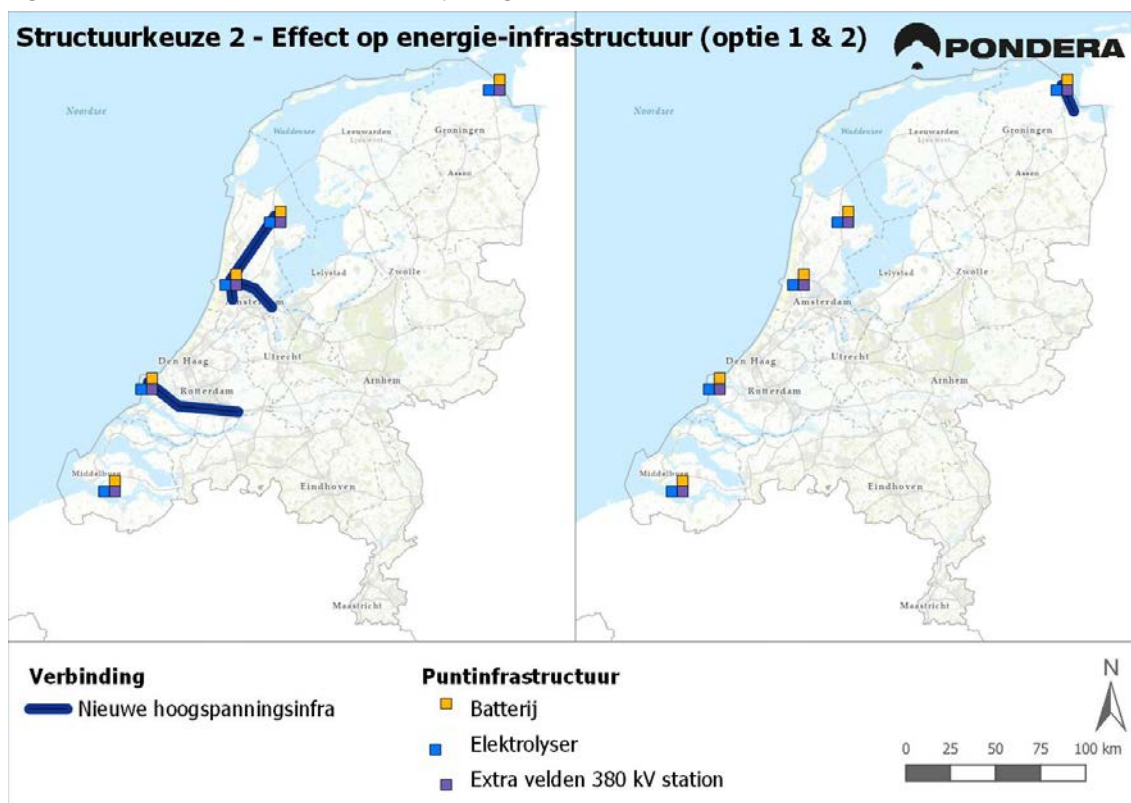
Naast bovenstaande infrastructuurcomponenten zijn er ook extra velden voor het aansluiten van windenergie op zee op het 380kV-net. Daarnaast zijn er velden nodig voor het aansluiten van de elektrolyzers en batterijen bij de aanlandingslocaties. De locaties voor de benodigde velden verschillen aangezien de locaties van aanlanding ook verschillen. Er is geen significant verschil tussen het totaal aantal velden dat nodig is voor het aansluiten van vraag en productie op het 380kV-net. Tabel 4.9 geeft een overzicht van de benodigde velden per relevante aanlandingslocatie.

Tabel 4.9 - Extra velden 380kV-stations

Locatie	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit infra
<b>Den Helder/ Middenmeer</b>	9 voor WoZ, 4 voor batterijen, 4 tot 6 voor elektrolyzers	2 voor WoZ, 1 voor batterijen, 1 tot 2 voor elektrolyzers
<b>Maasvlakte</b>	5 voor WoZ, 5 voor batterijen, 4 tot 7 voor elektrolyzers	2 voor WoZ, 3 voor batterijen, 3 tot 5 voor elektrolyzers
<b>Borssele/ Sloegebied/ Terneuzen</b>	2 voor WoZ, 1 voor batterijen, 1 tot 2 voor elektrolyzers	4 voor WoZ, 3 voor batterijen, 3 tot 5 voor elektrolyzers
<b>Beverwijk</b>	1 voor WoZ, 1 voor batterijen, 1 tot 2 voor elektrolyzers	1 voor WoZ, 1 voor batterijen, 1 tot 2 voor elektrolyzers
<b>Eemshaven</b>	1 voor WoZ, 2 voor batterijen, 2 tot 3 voor elektrolyzers	7 voor WoZ, 4 voor batterijen, 4 tot 7 voor elektrolyzers

<sup>27</sup> In de kop van Noord-Holland en de regio Rotterdam zijn nog geen pockets meegenomen in de modellering omdat het nog onduidelijk is hoe deze pockets eruit gaan zien. Maar het is wel de verwachting dat er een pocketstructuur komt.

Figuur 4.2 - Overzicht effecten alternatieven op energie-infrastructuur



Tabel 4.8 geeft het effect weer van de twee opties binnen deze structuurkeuze op individuele componenten van de energie-infrastructuur. In Tabel 4.10 wordt het totaaloverzicht aan verzwaren van infrastructuur voor beide opties gegeven. Hiervoor worden alleen de componenten meegenomen waarbij er verschil is tussen beide opties. Bij de lengte van nieuwe verbindingen is er uitgegaan van nieuwe tracés naast de bestaande tracés.

Tabel 4.10 - Totaaloverzicht verzwarende infra

Component	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit infra	Eenheid	Opmerking
380kV-verbindingstracé <sup>28</sup>	158	1,5	Km	
380kV-verbindingencircuits	316	3	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
220kV-verbindingstracé	0	24	Km	
220kV-verbindingencircuits	0	48	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
Redispatch	0,95	0,20	TWh	
380kV-velden	43-51	40-49	Aantal velden	Inclusief velden voor elektrolyzers en batterijen

<sup>28</sup> Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee stations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

#### *Regionale netten (middenspanning en laagspanning)*

Deze structuurkeuze heeft geen significante impact op de regionale elektriciteitsnetten.

#### Waterstofinfrastructuur

De locatie van aanlanding van windenergie op zee kan effect hebben op de waterstofinfrastructuur indien elektrolyzers geplaatst worden bij aanlandingslocaties. Bij de structuurkeuze *Locaties clusters van elektrolyzers* (paragraaf 4.4) wordt ingegaan op de effecten van elektrolyzers bij aanlandingslocaties op de waterstofinfrastructuur.

### 4.3 Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering

In deze paragraaf wordt gekeken naar de effecten van clustering van hernieuwbare opwek op land op locaties van productie en opslag en op elektriciteitsinfrastructuur. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing.

#### Productie (+ import)

De twee opties variëren niet in totale productie. Bij beide opties wordt uitgegaan van eenzelfde opgave voor hernieuwbare productie op land na 2030. Er zit wel evident verschil in de opweklocaties, aangezien bij optie 1 gekozen wordt voor spreiding van de additionele opgave na 2030 en bij optie 2 gekozen wordt voor clustering. Voor hernieuwbare opwek die tot 2030 geplaatst wordt is er bij beide opties van uitgegaan dat de plannen van de RES 1.0 gerealiseerd worden. Hier zit geen onderscheid tussen beide opties.

In de scenario's Nationale Sturing is de totale opgave voor wind op land 20 GW. Hiervan wordt 9 GW in de scenario's reeds ingevuld door plannen vanuit de RES. De overige 11 GW moet na 2030 nog verdeeld worden. Dit komt overeen met bijna 2.000 windturbines, uitgaande van windturbines met een gemiddeld vermogen van 5,6 MW. Bij optie 1 wordt dit vermogen verspreid over heel Nederland. Bij optie 2 komt dit vermogen terecht in de eerdergenoemde clusters, wat neerkomt op gemiddeld 400 windturbines of ruim 2 GW per cluster. Inclusief de plannen van de RES 1.0 komt er gemiddeld ruim 3 GW per cluster.

In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing is de totale opgave voor zon op veld 48 GW. Hiervan wordt 18 GW al ingevuld door plannen vanuit de RES. De overige 30 GW moet na 2030 nog verdeeld worden. Bij optie 1 wordt dit vermogen verspreid over heel Nederland, bij optie 2 komen deze zonneparken in de vier aangewezen clusters.

#### Opslag

De structuurkeuze heeft geen impact op de totale behoefte aan elektriciteitsopslag aangezien de opties energetisch niet verschillen. Wel zit er verschil in de locaties waar elektriciteitsopslag noodzakelijk is. Er zijn batterijen nodig bij aanlandingslocaties bij hernieuwbare opweklocaties. Doordat deze opweklocaties verschillen tussen de opties, zijn er ook verschillen tussen de locaties van de batterijen. Tabel 4.11 geeft een overzicht van de benodigde hoeveelheid batterijen voor de meest relevante stations. De tabel laat zien dat er extra batterijen nodig zijn bij de clusters voor hernieuwbare opwek bij optie 2. Daartegenover staat dat op alle andere gebieden buiten de clusters iets minder batterijen nodig zijn (niet opgenomen in tabel).

Tabel 4.11 - Effecten op opslag, uitgesplitst naar locatie

Station	Gemeente	Cluster	Optie 1: spreiding hernieuwbare opwek op land	Optie 2: clustering hernieuwbare opwek op land	Eenheid
<b>Delfzijl Oosterhorn 220kV</b>	Delfzijl	Noordoost Nederland	635	739	MW
<b>Station Winsum Ranum 110kV</b>	Winsum	Noordoost Nederland	389	493	MW
<b>Station Zeewolde 150kV</b>	Zeewolde	Flevoland	180	296	MW
<b>Station Dronten 150kV</b>	Dronten	Flevoland	244	459	MW
<b>Station Vijfhuizen 150kV</b>	Haarlemmermeer	Kop NH	151	319	MW
<b>Station Velsen 150kV</b>	Velsen	Kop NH	317	455	MW
<b>Station Westdorpe 150kV</b>	Terneuzen	Zeeland	290	394	MW
<b>Station Geervliet Noorddijk 150kV</b>	Nissewaard	Zeeland	161	419	MW
<b>Station Meeden 110kV</b>	Midden-Groningen	Noordoost Nederland	192	315	MW

Deze structuurkeuze heeft geen effect op de opslag van waterstof, aangezien de omvang van de productie van waterstof niet verandert. Deze structuurkeuze heeft ook geen effect op de locaties van opslag, deze keuzes worden los van elkaar gemaakt.

## Elektriciteitsinfrastructuur

### *Hoogspanningsnet*

Het clusteren van hernieuwbare opwek op land heeft qua knelpunten vooral impact op de 110kV- en 150kV-infrastructuur en op de transformatoren tussen deze regionale hoogspanningsnetten en de landelijke 220kV- en 380kV-infrastructuur. Het effect op de 220kV- en 380kV-infrastructuur is beperkt, gezien de clustering vooral leidt tot regionale verschillen en gezien de lokale overschotten van hernieuwbare opwek door de grote aangenomen opslagcapaciteit naast deze opwek meestal kan worden afgevoerd op deze spanningsniveaus.

Clustering van hernieuwbare opwek op land kan een positieve impact hebben op de belasting op het hoogspanningsnet indien deze opwek op het juiste spanningsniveau aangesloten wordt. Bij gespreide kleinschalige opwek worden windturbines en zonneparken aangesloten op lagere netvlakken, ofwel op regionale netten of bij grotere parken op 110kV/150kV. Op momenten van lokale overschotten van de hernieuwbare opwek moet deze opwek getransporteerd worden naar het 380kV-net. Dit belast zowel de 110kV/150kV-pockets als de HS-transformatoren. Bij grootschalige clustering kan de opwek direct op het 380kV-net aangesloten worden en heb je minder impact op 110kV/150kV-netten en op de transformatoren.

Anderzijds krijg je wel meer transport naar 'beneden', naar lagere netvlakken, als je hernieuwbare opwek aansluit op een hoger netvlak. Maar TenneT verwacht dat knelpunten bij transformatoren in de toekomst vooral veroorzaakt worden door transport naar hogere netvlakken. Daarnaast is er ook bij clustering nog

een aanzienlijk vermogen aan hernieuwbare opwek op lagere netvlakken door zon op daken en de opwek die gerealiseerd wordt 2030 vanuit de RES. Dit zorgt dat minder transport naar lagere netvlakken nodig is.

In de doorrekeningen van het hoogspanningsnet is de hernieuwbare opwek bij clustering en spreiding op hetzelfde netvlak aangesloten. Daarom is het met de huidige resultaten niet mogelijk om het effect op de transformatoren goed in kaart te krijgen. In de resultaten is dan ook nauwelijks verschil in de belasting van transformatoren te zien door deze structuurkeuze.

Het clusteren van opwek betekent ook dat er grotere regionale overschotten van elektriciteit ontstaan op de clusterlocaties. Zoals eerder benoemd leidt dit vermoedelijk niet tot problemen op de 220kV- en 380kV-infrastructuur. Maar dit kan wel tot problemen leiden op 110kV- en 150kV-infrastructuur doordat er dusdanig veel opwek is dat deze niet meer afgevoerd kan worden via de pockets.

Tabel 4.12 geeft een overzicht van het effect van clustering op de belasting van 110kV en 150kV-tracés in de clustergebieden. De effecten op de elektriciteitsinfrastructuur worden uitgedrukt in ENT, wat overeenkomt met de totale hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (zie bijlage A voor verdere toelichting). Er worden alleen componenten meegenomen die beïnvloed worden door de twee opties binnen deze structuurkeuze en waar bij minimaal één van de twee opties een knelpunt plaatsvindt. In de kolom classificatie wordt de oplossingsrichting aangegeven, gebaseerd op de stelregels die opgesteld zijn in samenspraak met de netbeheerders (zie bijlage A).

Tabel 4.12 - Effecten individuele componenten infrastructuur

Component	Type	Optie 1: spreiding hernieuwbare opwek op land		Optie 2: clustering hernieuwbare opwek op land	
		ENT	Oplossing	ENT	Oplossing
		TWh		TWh	
<b>Zeewolde-Almere Oostvaarders</b>	150kV-tracés	0,6	Nieuwe infra	0,4	Nieuwe infra
<b>Almere Oostvaarders-Almere</b>		0,6	Nieuwe infra	0,4	Nieuwe infra
<b>Almere-Zeewolde</b>		0,0	Redispatch	0,0	Redispatch
<b>Lelystad-Dronten</b>		0,0	Geen knelpunt	0,4	Nieuwe infra
<b>Lelystad-Hattem</b>		0,0	Geen knelpunt	0,0	Redispatch
<b>Lelystad-Kubbetocht</b>		0,0	Geen knelpunt	0,0	Geen knelpunt
<b>Westdorpe-Goes de Poel</b>		0,0	Redispatch	0,0	Redispatch
<b>Westdorpe-Terneuzen</b>		0,0	Redispatch	0,6	Nieuwe infra
<b>Westdorpe-Oostburg</b>		0,0	Redispatch	0,3	Nieuwe infra
<b>Vierverlaten-Winum Ranum</b>		110kV-tracés	0,0	Redispatch	0,9
<b>Winsum Ranum-Grijpskerk</b>	0,0		Redispatch	0,7	Nieuwe infra
<b>Grijpskerk-Vierverlaten</b>	0,0		Redispatch	0,7	Nieuwe infra
<b>Meeden-Winschoten</b>	0,0		Redispatch	0,4	Nieuwe infra
<b>Meeden-Kropswolde</b>	0,0		Geen knelpunt	0,0	Geen knelpunt
<b>Ter Apelkanaal-Stadskanaal</b>	0,0		Geen knelpunt	0,0	Geen knelpunt

De tabel laat zien dat de belasting op de 150kV- en 110kV-netten in Zeeland, Noordoost Nederland en Flevoland toeneemt<sup>29</sup>. Dit kan ertoe leiden dat er nieuwe, kleinere pockets nodig zijn in respectievelijk Flevoland, Zuidoost Groningen en Zeeuws-Vlaanderen. Maar deze knelpunten kunnen ook opgelost worden door de opwek direct aan te sluiten op het 220kV- of 380kV-net.

Hiertegenover staat dat de belasting op de 110kV- en 150kV-netten in de rest van Nederland minder wordt, aangezien in die gebieden minder opwek geplaatst wordt bij clustering. Met de huidige aannames worden hier niet veel knelpunten door voorkomen in de andere regio's van Nederland, ook doordat er in het algemeen door inzet van batterijen weinig knelpunten te zien zijn in de 110kV- en 150kV-netten (zie ook volgend kader).

Op de clusterlocaties lijken dus extra knelpunten te ontstaan bij optie 2, maar die kunnen vermoedelijk opgelost worden door de opwek aan te sluiten op een hoger spanningsniveau. In de gebieden buiten de clusterlocaties wordt de belasting op het net door hernieuwbare opwek op land lager, maar het aantal knelpunten op die locaties was al zeer beperkt (door de inzet van batterijen) dus hier worden nauwelijks knelpunten mee voorkomen.

#### **Invloed batterijen**

In de doorrekeningen van de infrastructuur is aangenomen dat er in het hele land grote hoeveelheden batterijen geplaatst worden die lokale kortetermijnbalans tussen vraag en aanbod oplossen. Deze batterijen zorgen ervoor dat de belasting op de 110kV- en 150kV-netten door hernieuwbare opwek drastisch verminderd wordt.

De batterijen vangen met name de pieken van productie van zonnepanelen op. Hierdoor komen er uit de doorrekeningen bijna geen knelpunten op het 110kV- en 150kV-net door zonnepieken, ondanks de enorme vermogens die bijvoorbeeld in het scenario Regionale Sturing aangenomen zijn. Er ontstaan nog wel pieken door productie van wind op land, maar ook deze worden fors verminderd door de inzet van batterijen.

Het is nog erg onzeker of batterijen er in deze grote hoeveelheden komen en ook of deze daadwerkelijk op deze manier ingezet worden. Daarom is het mogelijk dat de knelpunten op het 110kV- en 150kV-net onderschat worden. Dit zou dan ook de effecten van clustering van hernieuwbare opwek op land op het hoogspanningsnet vertekenen. Het is niet zeker of, bij minder inzet van batterijen, clustering hierdoor juist positiever of minder positief uit de vergelijking met spreiding zou komen. Aangezien de zwaardere belasting aangrijpt op zowel de positieve effecten (minder transport richting hogere netvlakken, minder belasting buiten clustergebieden) als op de negatieve effecten (meer belasting in clustergebieden) van clustering op het hoogspanningsnet.

Concluderend is het op basis van de resultaten lastig te zeggen of clustering van hernieuwbare opwek op land een positieve of negatieve impact heeft op het hoogspanningsnet.

In de doorrekeningen is grootschalige opwek op land aangesloten op 110kV- en 150kV-stations. Daarom zijn er in dat geval geen velden nodig bij 380kV- en 220kV-stations. Maar het is bij clustering ook een optie

<sup>29</sup> Gedeeltelijk komt dit ook doordat elektrolyzers in dit scenario geclusterd worden en daardoor niet bij opweklocaties op land komen, waardoor de lokale overschotten hier niet omgezet worden in waterstof. Het is niet duidelijk welk deel van de toename door de clustering van hernieuwbare opwek komt.

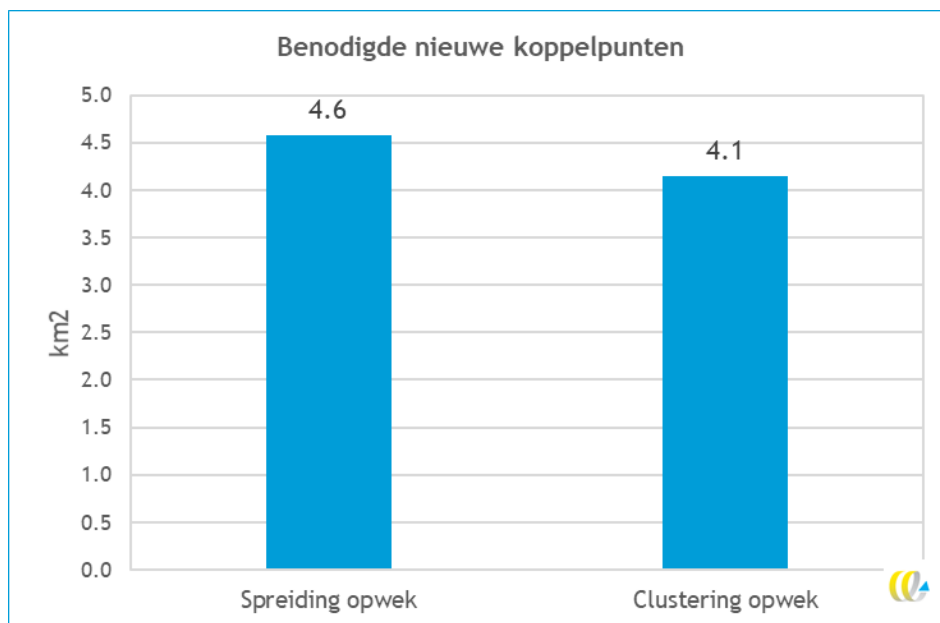
om deze grootschalige opwek op land direct aan te sluiten op een 380kV- of 220kV-station. In dat geval zijn er wel extra velden nodig. Er kan maximaal één per GW hernieuwbare opwek aangesloten worden per veld. Daarom wordt er aangenomen dat er één extra veld nodig is per GW opwek. Als hernieuwbare opwek aangesloten wordt op 380kV- of 220kV-stations zijn minder nieuwe velden nodig op 110kV- en 150kV-stations.

#### Regionale netten

Door clustering van hernieuwbare opwek zijn minder uitbreidingen van de regionale netten nodig op koppelpuntniveau, het hoogste niveau waarbij het regionale net gekoppeld is aan het hoogspanningsnet. Door clustering van wind op land en zon op veld neemt de opwekpiek op slechts enkele locaties toe, terwijl de opwekpiek bij spreiding op veel meer locaties toeneemt. Op de clusterlocaties neemt de opwekpiek wel fors toe, maar uiteindelijk zijn dan alsnog minder uitbreidingen nodig dan bij spreiding, aangezien de uitbreidingen op de clusterlocaties volledig benut worden. Figuur 4.3 toont hoeveel extra ruimte voor nieuwe koppelpunten nodig is bij beide opties. Bij clustering ligt dit 9% lager dan bij spreiding.

Het effect op lagere spanningsniveaus van de regionale elektriciteitsnetten is beperkt, aangezien wind op land en zonnenvelden vaak op koppelpuntniveau aangesloten worden.

Figuur 4.3 - Effecten structuurkeuze op koppelpunten regionale elektriciteitsnetten



#### Waterstofinfrastructuur

Indien de locaties van windparken op land en zonneparken geclusterd geplaatst worden, wijzigen mogelijk ook de locaties van elektrolyzers als deze bij de opweklocaties op land geplaatst worden. Dit kan effect hebben op lokale waterstofinfrastructuur waardoor bijvoorbeeld uitbreidingen van aanvoerleidingen richting het Nationaal Waterstofnetwerk nodig zijn. Dit effect is niet kwantitatief onderzocht.

#### 4.4 Locaties clusters van elektrolyzers

De keuze voor de locaties van de elektrolyzers heeft impact op de energie-infrastructuur van elektriciteit en waterstof. Hier wordt de verdeling van de productielocaties beschreven, en de effecten op de infrastructuur voor elektriciteit en waterstof. Dat wordt gedaan voor de twee opties in de structuurkeuze clustering van elektrolyzers.

##### Productielocaties (+ import)

Het clusteren van elektrolyzers veroorzaakt een gecentraliseerde productie van waterstof op de gekozen locaties. Tabel 4.13 geeft een overzicht van de opgestelde vermogens in de opties 1 en 2. De locaties van productie van waterstof verschillen tussen de twee opties.

Optie 1 gaat uit van clustering van alle elektrolyzers bij de productie, zijnde de aanlandingslocaties van windenergie op zee. Dit alternatief is uitgewerkt voor het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing. Optie 2 gaat uit van een clustering van alle elektrolyzers bij afnemers van waterstof zoals in de gevoeligheidsanalyse 6 uit het rapport van I13050 (industrieclusters) (Netbeheer Nederland, 2021). Deze optie is uitgewerkt voor het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.

Het totale vermogen aan elektrolyzers verschilt tussen beide opties, aangezien de opties uitgewerkt zijn voor verschillende scenario's. Om de opties die voor verschillende energetische scenario's uitgewerkt zijn te kunnen vergelijken in de effectbeoordelingen, worden de hoeveelheden van beide opties genormaliseerd.

Tabel 4.13 - Elektrisch vermogen waterstofproductie

Locatie	Optie 1: clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee	Optie 2: clustering elektrolyzers bij industrieclusters
	GW	GW
Terneuzen	0	1,9
Borsele	5,3	0,1
Maasvlakte	11,0	0
Botlek	0	6,2
Chemelot	0	4,1
Maasbracht	5,7	0
Middenmeer/ Den Helder	8,7	0
Diemen	5,7	0
Beverwijk	4,9	0
Eemshaven	8,8	0
Delfzijl	0	6,6
Bergen op Zoom	0	0,3
Geertruidenberg	1,9	0

##### Elektriciteitsinfrastructuur

Bij optie 1 worden elektrolyzers geclusterd bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Op deze manier kunnen overschotten van elektriciteit direct opgevangen worden op de locaties waar het grootste gedeelte van de elektriciteit aanlandt, waardoor de overschotten van windenergie op zee die worden



opgevangen door elektrolyse niet getransporteerd hoeft te worden via het hoogspanningsnet. Dit betekent dat bij deze vorm van clustering de belasting op het hoogspanningsnet afneemt.

#### **Effect spreiding elektrolyzers in plaats van clustering**

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar verschillende manieren om elektrolyzers te clusteren. Maar het is ook een optie om elektrolyzers te spreiden. Bij de I13050-scenario's worden elektrolyzers ook grotendeels bij de aanlandingslocaties geplaatst, maar worden daarnaast ook elektrolyzers verspreid door het land geplaatst om overschotten van hernieuwbare productie op land op te vangen.

Door het clusteren van elektrolyzers bij de aanlandingslocaties mis je de optie om overschotten op land lokaal op te vangen en krijg je meer belasting op de regionale transportnetten, op 110kV/150kV-niveau. Uit de doorrekening van de scenario's Nederland Energieland Nationale Sturing en Sterke Knopen Nationale Sturing volgt echter dat dit niet direct tot extra knelpunten lijkt te leiden op deze netvlakken, onder meer doordat er ook al batterijen actief zijn. Bij clusterlocaties van hernieuwbare opwek kan het zijn dat elektrolyzers in het binnenland de knelpunten die ontstaan op het 150kV- en het 110kV-net verminderen (zie ook Tabel 4.12, de knelpunten bij de hernieuwbare opwekclusters zijn extra hoog doordat er geen elektrolyzers bij geplaatst zijn). Op het 220kV- en 380kV-netwerk heeft het plaatsen van elektrolyzers bij hernieuwbare opwek op land amper effect ten opzichte van het uitsluitend plaatsen van clusters van elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee, aangezien op die netvlakken überhaupt geen knelpunten ontstaan door hernieuwbare opwek op land. Ook niet als er geen elektrolyzers bij geplaatst worden.

Bij optie 2 worden elektrolyzers geclusterd bij de locaties waar vraag is naar groene waterstof. Dit is gebaseerd op het scenario Europese Sturing. In sommige gevallen, bijvoorbeeld in de Rotterdamse Haven, is dit vlak bij een aanlandingslocatie. Maar dit is niet altijd het geval. Ook als elektrolyzers bij de industrieclusters staan, worden ze ingezet op momenten van overschotten van elektriciteit. Dit betekent dat het plaatsen van elektrolyzers bij de industrie leidt tot extra transport van elektriciteit tussen aanlandingslocaties en de locaties van de elektrolyzers.

Het clusteren van elektrolyzers bij de industrie heeft in de scenario's effect op de volgende delen van het hoogspanningsnet (zie Tabel 4.14 voor achterliggende cijfers<sup>30</sup>):

- **Tilburg – Chemelot.** In Chemelot is in de toekomst naar verwachting vraag naar groene waterstof, waardoor hier bij deze optie ook elektrolyzers geplaatst worden. Er landt hier in dit scenario echter geen windenergie op zee aan. Dit betekent dat er fors meer transport van elektriciteit nodig is tussen de aanlandingslocaties aan de kust (Maasvlakte/Borssele/Sloegebied) en Limburg, waardoor de belasting op deze verbindingen toeneemt. Dit zorgt ervoor dat de knelpunten op de 380kV-tracés Tilburg – Eindhoven en Eindhoven – Maasbracht ernstiger worden<sup>31</sup>. Dit kan ertoe leiden dat uitbreidingen bij 380kV-verbindingen nodig zijn.
- **Eemshaven – Veenoord Boerdijk.** Het opgestelde vermogen aan elektrolyzers in Noord-Nederland (Delfzijl) is beperkt als elektrolyzers verdeeld worden op de vraag naar groene waterstof. Dat terwijl er wel forse hoeveelheden windenergie op zee aanlanden bij de Eemshaven. Hierdoor ontstaan knelpunten door het afvoeren van deze windenergie richting het zuiden via het 380kV-net. Dit leidt tot een

<sup>30</sup> De effecten op de elektriciteitsinfrastructuur worden uitgedrukt in ENT, wat overeenkomt met de totale hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (zie bijlage A voor verdere toelichting).

<sup>31</sup> Het plaatsen van elektrolyzers bij Chemelot heeft ook effect op het 380kV-tracé tussen Maasbracht en Chemelot. Maar door een fout in de modellering zijn de elektrolyzers bij Maasbracht geplaatst. Hierdoor kan het effect op dit tracé niet gekwantificeerd worden.

toename van de belasting op de 380kV-tracés Eemshaven – Meeden, Meeden – Ter Apelkanaal en Ter Apelkanaal – Veenoord Boerdijk. Hierdoor ontstaan nieuwe knelpunten op deze tracés. Deze knelpunten kunnen naar verwachting opgelost worden met redispatch.

- **Kop van Noord-Holland – Ten noorden van Amsterdam.** In de Kop van Noord-Holland landen windparken op zee aan. Er is daar echter geen waterstofvraag waardoor er bij deze optie geen elektrolyzers komen. Dit betekent er meer elektriciteit afgevoerd moet worden. Tabel 4.14 laat zien dat dit in dit scenario niet leidt tot een knelpunt op het 380kV-tracé Kop van Noord-Holland – Ten noorden van Amsterdam. Dat komt doordat er slechts 2 GW windenergie aanlandt in dit scenario. Indien hier grotere vermogens aanlanden leidt het wel tot (ergere) knelpunten als er geen elektrolyzers bij deze aanlandingslocaties geplaatst worden.
- **Eemshaven – Delfzijl.** Windenergie op zee landt aan in Eemshaven en de elektrolyzers worden geplaatst in Delfzijl. Dit leidt tot een toename van de belasting op de 220kV-tracés Robbenplaat – Weiwerd en Meeden – Weiwerd en op deze tracés ontstaan daardoor nieuw knelpunten. In beide gevallen leidt dit ertoe dan nieuwe infrastructuur nodig is.
- **Maasvlakte - Botlek.** Windenergie op zee landt aan op de Maasvlakte en de elektrolyzers worden geplaatst bij de Botlek. Het is de verwachting dat dit leidt tot verergering van de knelpunten op de 150kV-tracés tussen de Maasvlakte en de Botlek. Dit is in de resultaten niet duidelijk te zien doordat er ook andere wijzigingen zijn gemaakt in het scenario. Bijvoorbeeld minder aanlanding windenergie op zee bij de Maasvlakte. Het is niet duidelijk of er extra infrastructuur nodig is door het plaatsen van elektrolyzers bij de Botlek in plaats van op de Maasvlakte aangezien het onduidelijk is in hoeverre de knelpunten opgelost worden door implementeren van een pocketstructuur in de haven.
- **Borssele/Sloegebied – Terneuzen.** Windenergie op zee landt aan in Borssele/Sloegebied en de elektrolyzers worden geplaatst in Terneuzen. Dit leidt tot een verergering van het knelpunt op het 150kV-tracé Borssele/Sloegebied – Terneuzen.

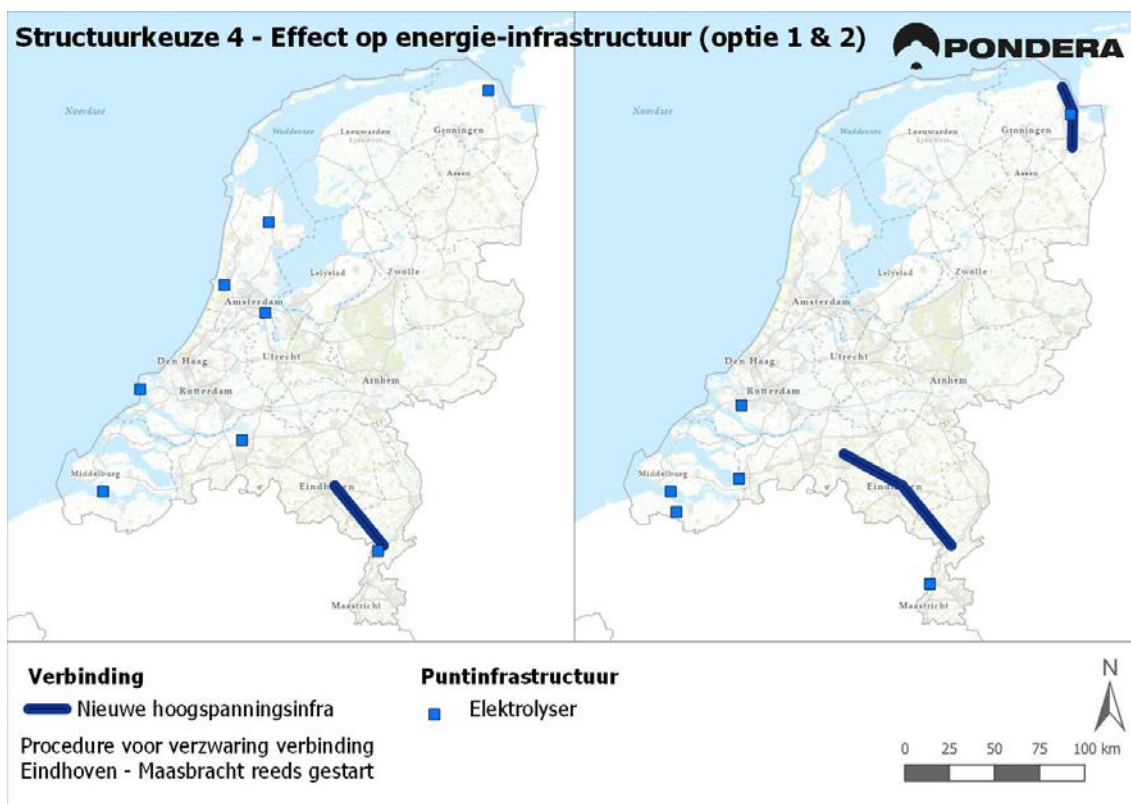
Tabel 4.14 - Effecten individuele componenten infrastructuur

Component	Type	Optie 1: clustering bij aanlanding WoZ		Optie 2: clustering bij industrieclusters	
		ENT	Classificatie	ENT (TWh)	Classificatie
		TWh		TWh	
Eindhoven-Maasbracht <sup>32</sup>	380kV-tracés	0,6	Nieuwe infra	1,4	Nieuwe infra
Tilburg-Eindhoven		0,2	Redispatch	0,5	Nieuwe infra
Eemshaven-Meeden		0,0	Geen knelpunt	0,4	Redispatch
Meeden-Ter Apelkanaal		0,0	Redispatch	0,3	Redispatch
Ter Apelkanaal-Veenoord Boerdijk		0,0	Geen knelpunt	0,2	Redispatch
Middenmeer-Beverwijk <sup>33</sup>				0,0	Geen knelpunt
Weiwerd-Meeden	220kV-tracés	0,0	Geen knelpunt	0,4	Nieuwe infra
Robbenplaat-Weiwerd		0,0	Geen knelpunt	1,5	Nieuwe infra
Maasvlakte-Europoort	150kV-tracés	4,6	Nieuwe infra	4,3	Nieuwe infra
Europoort-Theemsweg		2,3	Nieuwe infra	2,1	Nieuwe infra
Theemsweg-Botlek		1,4	Nieuwe infra	1,4	Nieuwe infra
Borssele/Sloegebied-Terneuzen		0,3	Nieuwe infra	0,4	Nieuwe infra

<sup>32</sup> De nieuwe 380kV-verbinding Eindhoven-Maasbracht bij beide opties is ondertussen al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT, het IP2022.

<sup>33</sup> De waarde bij optie 1 is leeg aangezien de hogere belasting op dit tracé veroorzaakt wordt doordat dit scenario meer windenergie op zee aanlandt in Middenmeer en niet door de locatie van clusters van elektrolyzers.

Figuur 4.4 - Overzicht effecten alternatieven op energie-infrastructuur<sup>34</sup>



Tabel 4.15 geeft een totaaloverzicht van de benodigde infrastructuur voor beide opties. Deze cijfers zijn genormaliseerd. In deze tabel wordt uitgegaan van het scenario Europese Sturing waar optie 2 voor doorgerekend is. In dit scenario is er relatief weinig elektrolysecapaciteit in vergelijking met de andere scenario's, ongeveer 19 GW. In een scenario met meer elektrolysecapaciteit, bijvoorbeeld het scenario Nationale Sturing met ruim 50 GW elektrolysercapaciteit, zal het clusteren van elektrolyzers bij industrieclusters tot fors meer knelpunten leiden. Dit is niet het geval voor clustering bij aanlandingslocaties (optie 1). Het verschil tussen beide opties wordt dan dus groter.

De cijfers van optie 1 zijn gebaseerd op spreiding van elektrolyzers bij alle hernieuwbare opwekklocaties (ook op land) zoals in het scenario Nederland Energieland, aangezien clustering bij aanlandingslocaties niet doorgerekend is voor het scenario Europese Sturing. Er is echter nauwelijks verschil tussen de belasting op de hoogspanningsinfrastructuur tussen spreiding van elektrolyzers en clustering bij aanlandingslocaties (zie ook tekstkade *Effect spreiding elektrolyzers in plaats van clustering*). Daarom wordt aangenomen dat de resultaten voor spreiding ook geldig zijn voor clustering bij aanlandingslocaties (optie 1).

<sup>34</sup> De nieuwe 380kV-verbinding Eindhoven-Maasbracht bij beide opties is ondertussen al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT, het IP2022.

Tabel 4.15 - Totaaloverzicht verzwaring infra

Component	Optie 1: clustering bij aanlanding WoZ	Optie 2: clustering bij industrieclusters	Eenheid	Opmerking
380kV-verbindingentracé <sup>35</sup>	49	92	Km	
380kV-verbindingencircuits	98	184	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
220kV-verbindingentracé	0	54	Km	
220kV-verbindingencircuits	0	107	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
Redispatch	0,24	0,90	TWh	

Bij clustering van elektrolyzers zijn er ook nieuwe velden noodzakelijk bij nabijgelegen 380kV-stations om deze elektrolyzers aan te sluiten. Aangezien de locaties van de elektrolyzers verschillen, verschillen ook de locaties waar deze extra velden noodzakelijk zijn. Tabel 4.16 geeft een overzicht van de extra velden per relevante locatie voor beide opties. De opties zijn wederom gebaseerd op verschillende scenario's met verschillende vermogens aan elektrolyzers. Om de cijfers toch te kunnen vergelijken zijn er ook het aantal benodigde velden toegevoegd als optie 1 toegepast wordt op het scenario Europese Sturing. Het benodigde aantal velden is dan vrijwel gelijk, alleen de locaties verschillen.

Tabel 4.16 - Extra velden 380kV-stations

Locatie	Optie 1: clustering elektrolyser bij aanlandingslocaties windenergie op zee – scenario Nationale Sturing	Optie 1: clustering elektrolyser bij aanlandingslocaties windenergie op zee – scenario Europese Sturing	Optie 2: clustering elektrolyser bij industrieclusters – scenario Europese Sturing
Borssele/Slogebied	5	2	
Middenmeer/Den Helder	9	6	
Beverwijk	5	2	
Maasvlakte	11	7	
Eemshaven	9	3	
Maasbracht	6		
Diemen	6		
Geertruidenberg	2		
Graetheide			4
Terneuzen			2
Botlek			6
Delfzijl			7

#### Regionale netten

De locatie van clustering van elektrolyzers heeft geen significante impact op de regionale elektriciteitsnetten.

Spreiding van elektrolyzers kan wel impact hebben op de regionale netten, maar dit is geen optie die bekeken wordt binnen deze structuurkeuze. Het effect van elektrolyzers op regionale elektriciteitsnetten kan zowel positief als negatief uitvallen, afhankelijk van lokale gelijktijdige vraag en landelijke energieprijzen.

<sup>35</sup> Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee stations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

## Waterstofinfrastructuur

De locatiekeuze van clustering van elektrolyzers heeft effect op de waterstofinfrastructuur. Op sommige plekken hebben bestaande leidingen, die in de doorrekening aan het waterstofnetwerk toegewezen zijn, onvoldoende capaciteit om de geproduceerde hoeveelheid waterstof te transporteren. Het gaat hierbij om aansluitleidingen op het Nationaal Waterstofnetwerk. Bij beide opties is de capaciteit van het Nationaal Waterstofnetwerk zelf wel voldoende.

### Clustering versus spreiding

Bij deze structuurkeuze wordt expliciet gekeken naar de effecten van clustering van elektrolyzers op verschillende type locaties. Een andere optie, die niet expliciet is meegenomen bij deze structuurkeuze, is spreiding van elektrolyzers.

Clustering van elektrolyzers geeft grotere productievolumes van waterstof op een beperkt aantal locaties. De verzwaring die als gevolg nodig is in het waterstofnetwerk is kleiner dan bij verspreide locaties van elektrolyzers. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de keuze van de locaties. Er is in de meeste gevallen al een gasleiding met een voldoende capaciteit bij de aanlandingslocaties en bij de industrieclusters. Bij spreiding volgens overschotten van elektriciteit kunnen knelpunten in het waterstofnet ontstaan omdat de leidingen niet gedimensioneerd zijn op de productievolumes waterstof.

De locatiekeuze van elektrolyzers, opslag van waterstof, locaties van regelbare centrales, aanlanding van windenergie op zee, locatie van eindgebruikers etc. bepalen samen de benodigde transportcapaciteit in de berekening. Hier wordt de omvang van de impact van clustering van elektrolyzers op de waterstofinfrastructuur geschat aan de hand van een interpretatie van de resultaten. Het is zeker niet in alle gevallen mogelijk te achterhalen in welke mate één van de genoemde variabelen effect heeft (zie ook tekstkader *Toewijzen effecten aan structuurkeuzes*). Het gaat dan ook nadrukkelijk om een schatting.

Bij optie 1 worden elektrolyzers geclusterd bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. De elektrolyzers worden ingezet op momenten van landelijk overschot aan elektriciteit. De capaciteit van de aansluitleidingen naar het Nationaal Waterstofnetwerk is niet overal voldoende voor het transport van de geproduceerde waterstof. Daarnaast is niet overal een aansluitleiding aanwezig. In sommige gevallen moet een nieuwe leiding vanaf de elektrolyser naar het Nationaal Waterstofnetwerk, of dichtbij zijnde aansluitleiding, gelegd worden.

Bij optie 2 worden alle elektrolyzers geclusterd bij de afnemers van waterstof (de industrieclusters). De clustering van de elektrolyzers bij de industrie zorgt in sommige gevallen voor een behoefte aan nieuwe aansluitleidingen van de elektrolyzers op de industrieclusters naar het Nationaal Waterstofnetwerk, aangezien de industriële afnemers niet alle geproduceerde waterstof (direct) zelf gebruiken.

Naar verwachting zijn enkele knelpunten een gevolg van het abstractieniveau van de modellering die gebruikt is voor de berekeningen. Hier worden reële knelpunten beschreven die een oplossing vereisen. Tabel 4.17 geeft weer waar de knelpunten ontstaan en verdwijnen door clustering in optie 1 en 2 (uitgevoerd in de Sterke Knopen-scenario) ten opzichte van de Nederland Energieland-scenario's waarbij elektrolyzers verspreid over het land worden geplaatst bij lokale overschotten. De mate van overschrijding verschilt per knelpunt. De modellering is verkennend van aard. Daarom is gekozen om te rapporteren in twee klassen van overschrijding: minder dan 10% (geen knelpunt, 0 in Tabel 4.17) en meer dan 10% (wel knelpunt, x in Tabel 4.17).

### Toewijzing effecten aan structuurkeuzes

Het effect van de locaties van clustering van elektrolyzers is niet afzonderlijk onderzocht, maar gezamenlijk met andere structuurkeuzes doorgerekend in een nieuw scenario. Dit maakt het lastig om aan te wijzen welke wijzigingen veroorzaakt worden door welke structuurkeuze. Wijzigingen in knelpunten toewijzen aan de locatiekeuze van elektrolyzers is daarom slechts beperkt mogelijk. Op het traject Pernis-Wijngaarden, Pernis-Maasvlakte, Emmen en Waalwijk verdwijnen knelpunten in de relevante scenario's. Op basis van de locaties van elektrolyzers is het aannemelijk dat deze knelpunten veroorzaakt worden door de plaatsing van elektrolyzers en worden ze toegeschreven aan deze structuurkeuze.

Tabel 4.17 - Knelpunten die verdwijnen of ontstaan bij clustering van elektrolyzers bij aanlanding windenergie op zee (optie 1) ten opzichte van Nederland Energieland Nationale Sturing en bij de industrieclusters (optie 2) ten opzichte van Nederland Energieland Europese Sturing

	Optie 1: clustering bij aanlanding WoZ	Spreiding elektrolyzers Nationale Sturing	Optie 2: clustering bij industrieclusters	Spreiding elektrolyzers Europese Sturing
Delfzijl (deel)	x	0	0	0
Emmen	0	x	0	0
Waalwijk/ Geertruidenberg	0	x	0	0
Traject Moerdijk/Midden Zeeland	x	x	x	x
Pernis-Wijngaarden	0	x	0	0
Leidingen Pernis-Maasvlakte <sup>36</sup>	0	x	0	0
Maasbracht-Chemelot	x	x	x	0
Eemshaven	x	0	x	0

### Normalisering van knelpunten voor compensatie effect van het onderliggende scenario

Om een vergelijking te kunnen maken tussen het effect van clustering bij de aanlanding van windenergie op zee (optie 1), en clustering bij industrieclusters (optie 2), worden de totale opgestelde vermogens van elektrolyzers in optie 1 genormaliseerd naar het totaal opgesteld vermogen in optie 2, dus conform de vermogens uit het scenario Europese Sturing. Het genormaliseerde vermogen wordt vergeleken op een locatie waar in optie 1 een knelpunt ontstaat met het vermogen op diezelfde locatie in het Nederland Energieland Europese Sturing-scenario. Als de vermogens op een locatie ongeveer gelijk zijn en in het Nederland Energieland Europese Sturing-scenario geen knelpunt ontstaat, wordt aangenomen dat het knelpunt niet door clustering zelf komt, maar door clustering van grote volumes aan elektrolyzers.

Na normalisatie is het opgestelde vermogen in de Eemshaven bij optie 1 nog tweemaal zo groot als in het Nederland Energieland Europese-scenario. Ook voor Maasbracht-Chemelot geldt dat op dit traject bij optie 1 een vele malen grotere capaciteit aan elektrolyzers wordt geprojecteerd dan in het Nederland Energieland Europese Sturing-scenario.

<sup>36</sup> Dit komt ook door de import van waterstof op deze locatie in dit scenario.

De knelpunten bij de Eemshaven en tussen Maasbracht en Chemelot veranderen door normalisatie mogelijk in omvang, maar verdwijnt naar verwachting niet. Daarom worden deze knelpunten, naar een beste inschatting, ook na normalisatie toegerekend aan de clustering van elektrolyzers bij de aanlanding van windenergie op zee.

Elk knelpunt vereist een eigen oplossing, die afhangt van de situatie. Hieronder wordt elk knelpunt toegelicht en wordt voor elk knelpunt een indicatie gegeven van geschikte oplossingen (zie ook Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050* voor oplossingen knelpunten waterstofinfrastructuur). De oplossingsrichtingen zijn geschat op basis van de huidige modellering, en kunnen in de toekomst veranderen.

**Delfzijl:** Hier ontstaat bij optie 1 een knelpunt. Dit is een overschrijding in een aansluitleiding en kan worden opgelost met een nieuwe, passende aansluitleiding.

**Maasbracht-Chemelot:** Hier ontstaat een knelpunt door diepe aanlanding van windenergie op zee en de plaatsing van elektrolyzers in Maasbracht (optie 1) en door het plaatsen van elektrolyzers bij afnemers van waterstof bij Chemelot (optie 2). Hiervoor moet een passende aansluitleiding worden gelegd.

**Traject Moerdijk/Midden Zeeland:** In dit traject ligt een parallelle leiding met een grotere diameter. Mogelijk verdwijnt het knelpunt door een koppeling tussen beide leidingen te maken. Deze koppeling is ook nodig zonder clustering van elektrolyzers en wordt dus niet veroorzaakt door een van beide opties binnen de structuurkeuze.

#### **Onzekerheden modellering**

Er zijn veel factoren van invloed op de omvang van de overschrijding: de locatiekeuze van de clustering, maar ook de manier van modellering en het gekozen onderliggende scenario. De modellering is gelijk aan de modellering I13050 en niet erg nauwkeurig. Deze is niet bedoeld om te beslissen over noodzakelijke investeringen in de infrastructuur, maar om een eerste inschatting te geven van de mogelijke effecten op infrastructuur. De inschatting van de lengte van mogelijke nieuwe leidingen heeft daarmee een lage nauwkeurigheid. Een passende diameter van de eventuele benodigde leidingen is op dit moment nog niet mogelijk.

Tabel 4.18 geeft een totaaloverzicht van de benodigde verzwaringen van bestaande leidingen bij de opties, in termen van lengte. Op dit moment is het niet mogelijk om een waarde te geven voor de benodigde diameter. De keuze voor optie 2, clustering van elektrolyzers bij industrieclusters, heeft als gevolg dat meer infrastructuur nodig is ten opzichte van spreiding (Nederland Energieland Europese Sturing). Bij clustering van elektrolyzers bij de aanlanding van windenergie op zee, volgens de verdeling van optie 1 in Tabel 4.13., is minder verzwaring nodig dan in het Nederland Energieland Nationaal-scenario. Het verdwijnen of ontstaan van de knelpunten in beide opties is niet eenduidig aan de structuurkeuze toe te wijzen, en wordt mogelijk beïnvloed door de andere structuurkeuzes, onder meer door herverdeling van aanlandingslocaties windenergie op zee.

Tabel 4.18 - Benodigde infrastructuur verzorging bestaande leidingen

	Optie 1: clustering bij aanlanding WoZ	Spreiding elektrolyzers Nationale Sturing	Optie 2: clustering bij industrieclusters	Spreiding elektrolyzers Europese Sturing	Eenheid
Aansluitleiding	7	30	7	-	Km
Doorgaande leiding	-	30	-	-	Km

Naast verzorging van bestaande leidingen (bijvoorbeeld een parallelle leiding aanleggen of de bestaande leiding vervangen door een leiding met een grotere diameter) zijn nieuwe leidingen nodig waar de elektrolyzers niet direct naast een bestaande aansluitleiding zijn geplaatst. Tabel 4.19 geeft de locaties van de elektrolyzers en de afstand tot het koppelpunt (of de leiding) waarop deze is geprojecteerd.

Tabel 4.19 - Locatie elektrolyzers en invoedlocaties, met elektrisch vermogen waterstofproductie voor optie 1 en 2

Locatie elektrolyzers	Afstand tot netwerkpunt [km]	Vermogen optie 1	Vermogen optie 2
		GW	GW
Terneuzen	1,4 – 3,6	0	1,9
Borsele	1,6	5,2	0,1
Maasvlakte	0,7	10,8	0
Botlek	0,4	0	6,2
Chemelot (Graetheide)	2,0	0	4,1
Maasbracht (Maasgouw)	0,7	5,5	0
Middenmeer/ Den Helder	1,0	8,5	0
Diemen	1,3	5,5	0
Beverwijk	1,3	4,8	0
Eemshaven	1,4	8,5	0
Delfzijl	0,5	0	6,6
Bergen op Zoom	0,5	0	0,3
Geertruidenberg	18	1,8	0
Nissewaard	1,9	0	0,1
Alkmaar	7,0	0	0,01

## 4.5 Spreiding of clustering regelbare centrales

In deze paragraaf wordt gekeken naar de effecten van clustering van regelbare centrales op locaties van productie en opslag en op elektriciteitsinfrastructuur. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing.

### Productie (+ import)

De totale hoeveelheid regelbare centrales die nodig is, verschilt niet tussen beide opties binnen deze structuurkeuze, alleen de locatie verschilt. Tabel 4.20 geeft een overzicht van de belangrijkste verschillen tussen de twee opties.



Tabel 4.20 - Belangrijkste verschillen productie

	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales	Eenheid
<b>Aantal locaties regelbare centrales</b>	<b>161</b>	<b>12</b>	
<i>Waarvan nieuw</i>	<i>144</i>	<i>2</i>	
<i>Waarvan bij grootschalige centrales</i>	<i>17</i>	<i>10</i>	
<i>Waarvan nieuw buiten Barro</i>	<i>142</i>	<i>0</i>	
Gemiddeld vermogen per locatie	120	1.541	MW

De tabel toont dat het aantal productielocaties bij optie 1 een stuk hoger ligt. In totaal gaat het in dit scenario om 161 opweklocaties met gemiddeld 120 MW regelbare centrales per scenario<sup>37</sup>. Een groot gedeelte van deze opweklocaties valt buiten de huidige reserveringen in het Barro en huidige opweklocaties. Bij optie 2 wordt het volledige vermogen aan regelbare centrales ingevuld binnen de huidige reserveringen en opweklocaties. Het gaat in dit geval dan ook om veel grotere eenheden, gemiddeld ruim 1.500 MW per locatie.

Tabel 4.21 geeft een overzicht van het opgestelde vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie (en het totale vermogen buiten die locaties) voor beide opties. Het gaat hierbij om het totale vermogen, dus inclusief grootschalige regelbare centrales.

Tabel 4.21 - Opgesteld vermogen binnen Barro-locaties

Gebied	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales	Eenheid
Amsterdam (Hemweg)	513	4254	MW
Borssele/Sloegebied	1319	1722	MW
Buggenum	92	604	MW
Burgum	717	1097	MW
Delfzijl	597	947	MW
Diemen	625	769	MW
Eemshaven	4872	8731	MW
Flevoland/Lelystad	909	813	MW
Geertruidenberg (Amercentrale)	660	917	MW
Geleen (Graetheide/Chemelot)	331	1151	MW
Maasbracht	1261	3626	MW
Moerdijk	909	821	MW
Rotterdam Botlek	1264	792	MW
Rotterdam Maasvlakte	2381	7055	MW
Rotterdam RoCa	321	203	MW
Rotterdam Vondelingenplaat	815	749	MW
Terneuzen, Sas van Gent	454	704	MW
Utrecht Lage Weide	547	437	MW

<sup>37</sup> Het precieze aantal opweklocaties is afhankelijk van specifieke aannames van de scenario's. Hier kan ook een andere invulling aan gegeven worden. Maar het algemene punt, dat er veel nieuwe opweklocaties nodig zijn buiten de huidige reserveringen, blijft altijd geldig bij een configuratie met spreiding van regelbare centrales.

Gebied	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales	Eenheid
Velsen	900	803	MW
<b>Verspreid buiten Barro-gebieden</b>	16.713	0	MW
<b>Totaal binnen Barro-gebieden</b>	19.485	36.194	MW
<b>Totaal</b>	36.198	36.194	MW
<b>Totaal buiten Barro-gebieden</b>	16.713	0	MW

Het is te zien dat bij optie 1 bijna 17 GW aan vermogen buiten de Barro-locaties valt, wat betekent dat hier nog geen ruimtelijke reserveringen voor zijn. Bij optie 2 valt alles binnen de Barro-locaties. Dit leidt ertoe dat er op enkele grotere Barro-locaties, zoals de Eemshaven en de Maasvlakte, grote hoeveelheden regelbaar vermogen nodig zijn.

### Opslag

Deze structuurkeuze heeft geen effect op de locaties van opslag (zowel van elektriciteit als van gassen), maar wel een indirect effect op de benodigde capaciteit en wijze van inzet van opslag van gassen. Een aantal kleine centrales kan anders ingezet worden dan één grote centrale met hetzelfde vermogen. Daarmee heeft deze structuurkeuze ook effect op het benodigde transport van waterstof vanuit de opslag naar de centrale.

### Elektriciteitsinfrastructuur

In principe is spreiding van de regelbare centrales het meest gunstig voor de elektriciteitsinfrastructuur. Door spreiding kunnen de regelbare centrales zo dicht mogelijk bij de lokale tekorten aan elektriciteit geplaatst worden waardoor het transport van elektriciteit geminimaliseerd wordt. Bij clustering is er meer afstand tussen de productie en de vraag wat leidt tot meer transport.

Uit de doorrekening van scenario Sterke Knopen Europese Sturing, waarin clustering van regelbare centrales meegenomen is, volgt echter dat het extra transport niet leidt tot nieuwe knelpunten op de hoogspanningsnetten. Er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar hiervoor. Dit komt doordat het hoogspanningsnet in de toekomst grote hoeveelheden hernieuwbare productie van windparken op zee en hernieuwbare opwek op land moet transporteren. Om deze overschotten af te voeren moet dusdanig veel transportcapaciteit aangelegd worden dat de regelbare opwek bij de gekozen mate van clustering geen extra knelpunten veroorzaakt.

Hierbij moet opgemerkt worden dat bij de clustering van regelbare centrales rekening gehouden is met de lokale tekorten aan elektriciteit. Het benodigde regelbare vermogen per regio is in het scenario bij de dichtstbijzijnde Barro-locatie geplaatst, indien daar voldoende fysieke ruimte is. Bij een minder optimale verdeling, of bij nog verdere clustering, kunnen mogelijk wel knelpunten ontstaan op het hoogspanningsnet.

Daarnaast zorgt grotere spreiding van regelbare centrales ervoor dat er meer opties zijn voor redispatch, waardoor het makkelijker is voor TenneT om knelpunten op de hoogspanningsinfrastructuur operationeel op te lossen. Bij clustering van regelbare centrales is dit lastiger, wat tot hogere kosten leidt voor redispatch of in het ergste geval tot afschakeling van belasting.

De clustering van regelbare centrales leidt tot een aanzienlijke groei van het regelbare vermogen op de Barro-locaties. Hierdoor zijn extra velden, en mogelijk nieuwe stations nodig, om deze centrales aan te

sluiten op het 380kV-net. Bij spreiding van de regelbare centrales is er nauwelijks groei van het regelbare vermogen op de Barro-locaties en zijn er amper nieuwe velden nodig voor het aansluiten van de piekeenheden op het 380kV-net. Tabel 4.22 geeft een overzicht van het aantal extra velden dat bij beide opties noodzakelijk is.

Tabel 4.22 - Extra velden 380kV-stations

Locatie	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales
Amsterdam (Hemweg)	0	4
Borssele/Sloegebied	0	1
Eemshaven	2	5
Geleen (Graetheide)	0	1
Maasbracht	0	2
Maasvlakte	0	4
<b>Totaal</b>	<b>2</b>	<b>17</b>

Bij spreiding zijn dus minder nieuwe 380kV-velden noodzakelijk. Dit komt doordat de nieuwe regelbare centrales bij spreiding worden aangesloten op het 110kV- of 150kV-net. In dat geval zijn op die spanning-niveaus nieuwe velden nodig voor het aansluiten van dit vermogen. Dit betekent dat er niet per sé minder ruimte nodig is voor extra velden bij spreiding, maar dat er op andere locaties ruimte noodzakelijk is. Er is niet bekeken hoeveel extra velden noodzakelijk zijn voor het aansluiten van piekeenheden op het 110kV- of 150kV-net.

#### *Regionale netten*

Spreiding of clustering van regelbare centrales kan impact hebben op de regionale elektriciteitsnetten. Spreiding leidt vermoedelijk tot minder belasting op de regionale netten dan clustering, aangezien tekorten lokaal ingevuld kunnen worden. Maar de effecten op de regionale elektriciteitsnetten zijn niet door-gerekend, dus het is niet mogelijk om te bepalen hoe groot dit effect is.

#### Methaan- en waterstofinfrastructuur

De clustering van regelbare centrales zorgt voor een vergrote vraag naar gassen op een aantal locaties. In de scenario's Nederland Energieland Europese Sturing en Sterke Knopen Europese Sturing worden elektriciteitscentrales vooral gevoed door methaan. Van alle scenario's is de impact op het methaannet dan ook het grootst in de scenario's Europese Sturing.

#### **Verdeling tussen waterstof en methaan**

In het model voor de doorrekening van de gasnetten wordt het **H-gasnet ingezet voor waterstof**, en het **G-gasnet voor methaan**. Een aantal elektriciteitscentrales wordt op dit moment met H-gas bediend en een aantal met G-gas. Doordat in de modellering het H-gasnet volledig omgezet wordt in een waterstofnet en het G-gasnet in een methaannet ontstaan knelpunten, die in de realiteit niet hoeven te ontstaan. De regelbare centrales worden in deze structuurkeuze geclusterd op locaties waar nu een centrale staat. Als die centrale nu met H-gas wordt bediend, ontstaat in optie 2 (clustering van regelbare centrales op methaan) automatisch een knelpunt. De vraag van de regelbare centrale wordt dan geprojecteerd op een dichtstbijzijnde G-gasleiding, met een te kleine diameter. Dit is een gevolg van de modellering, en kan mogelijk opgelost worden door de huidige grote aansluitleiding (H-gas of G-gas) in te zetten.

### Methaan

Tabel 4.23 geeft een overzicht van de knelpunten in het methaannet bij beide opties van de structuurkeuze. Een aantal knelpunten is waarschijnlijk een gevolg van het abstractieniveau van de modellering. De reële knelpunten kunnen opgelost worden door een andere verdeling te maken van het bestaande netwerk in methaan en waterstof. Hieronder worden de belangrijkste knelpunten en de specifieke oplossingsrichtingen toegelicht.

**Locatie van de Maxima en Flevozentrale:** De Maximacentrale wordt op dit moment met H-gas bediend. In het model wordt het G-gasnet ingezet voor methaan. De meest dichtbij zijnde G-gasleiding heeft niet een voldoende grote diameter om de centrales te bedienen, waardoor een knelpunt ontstaat. Dit kan mogelijk opgelost worden door een H-gasleiding om te zetten naar een methaanleiding in plaats van een waterstofleiding.

**Centrales aan RTL:** Door clustering van regelbare centrales ontstaan minder knelpunten bij meet- en regelstations in Gelderland.

Tabel 4.23 - Methaannet: knelpunten die ontstaan in het methaannet door clustering van regelbare centrales (optie 2) ten opzichte van spreiding (optie 1). Een x betekent een overschrijding van meer dan 10%, een 0 minder dan 10%

Aansluiting	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales
Locatie Maxima/Flevozentrale	x	x
Locatie Hemwegcentrale	x	x
Locatie Diemencentrale	x	x
RTL-centrales Gelderland	x	0
Doorgaande leiding Schinnen	x	x
Zuid-Kraayert Zeeland (Sloegebied)	x	x

### Waterstof

In de scenario's Nederland Energieland Europese Sturing en Sterke Knopen Europese Sturing, waarvoor deze structuurkeuze uitgewerkt wordt, draaien de meeste elektriciteitscentrales op groengas. Maar het is ook een reële mogelijkheid dat de elektriciteitscentrales gaan draaien op waterstof. Als gekozen wordt om regelbare centrales op waterstof te draaien, heeft de clustering van centrales impact op de waterstofinfrastructuur, in plaats van op de methaaninfrastructuur. De effecten van clustering van regelbare centrales die draaien op waterstof is onderzocht in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing.

In dit scenario ontstaat een aantal knelpunten op het waterstofnet door de clustering van centrales. Dit heeft te maken met de huidige aansluiting: het model projecteert waterstoftransport op de dichtstbijzijnde H-gasleiding. Het kan zijn dat de afnemer op dit moment een G-gasaansluiting heeft, die misschien geschikt zou kunnen worden gemaakt voor waterstof. In dat geval ontstaat er in werkelijkheid geen knelpunt.

Tabel 4.24 - Knelpunten die ontstaan in het waterstofnet door clustering van regelbare centrales (optie 2) ten opzichte van spreiding (optie 1). Een x betekent een overschrijding van meer dan 10%, een 0 minder dan 10%

Aansluiting	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales
Locatie Magnumcentrale	x	x
Locatie Hemwegcentrale	x	x
Locatie Utrechtcentrale	x	0
Locatie Maasvlakte	x	0
Locatie Maximacentrale (Lelystad Ommen)	x	x

De knelpunten bij de locaties Maasvlakte en Utrechtcentrale vinden alleen plaats bij spreiding van regelbare centrales. Door clustering wordt het knelpunt locatie Maximacentrale niet groter, maar verdwijnt het ook niet. In beide gevallen moet de aansluitleiding verzwaard worden.

Er verschijnen geen nieuwe knelpunten door clustering, maar een aantal knelpunten wordt wel groter. De belangrijkste knelpunten, met de grootste overschrijding, en waarbij een verzwaring nodig is, zijn de volgende:

- *Aansluiting locatie Magnumcentrale*: deze krijgt zowel bij spreiding als bij clustering een grotere vraag naar waterstof dan de capaciteit van de huidige aansluitleiding. De mate van overschrijding (% overschrijding piekbelasting) is door clustering van regelbare centrales (optie 2) op deze locatie ongeveer twee keer zo hoog als bij spreiding (optie 1). Dat betekent dat bij clustering een grotere aansluitleiding nodig is. In beide gevallen moet een passende aansluiting worden gemaakt.
- *Aansluiting locatie Hemwegcentrale*: de clustering van regelbare centrales (optie 2) geeft een extra overschrijding ten opzichte van spreiding van regelbare centrales (optie 1). Dat betekent dat bij clustering een grotere aansluitleiding nodig is. In beide gevallen moet een passende aansluiting worden gemaakt.

Tabel 4.25 geeft een totaaloverzicht van de benodigde verzwaringen bij beide opties. Bij spreiding van regelbare centrales (optie 1) is een grotere lengte aan nieuwe aansluitleidingen nodig. Hierbij moet opgemerkt worden dat de nieuwe buisleidingen bij optie 2 in sommige gevallen een grotere diameter moeten hebben.

Tabel 4.25 - Verzwaring van de waterstofinfrastructuur

	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales	Eenheid
Aansluitleiding	53	19	Km

## 4.6 Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden

Hier worden de effecten van de structuurkeuze voor waterstofopslag op de infrastructuur beschouwd. De structuurkeuze kent twee opties: opslag in zoutcavernes in Noord-Nederland en de opslag van waterstof in lege gasvelden in het westen van Nederland. De totale hoeveelheid opslag verschilt tussen de twee opties. Optie 1 is uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing, met een totale waterstofopslag van 10 TWh. Optie 2 is uitgewerkt voor het scenario Nationale sturing, met een totale waterstofopslag van 37 TWh. De verschillen tussen de opties in productie, en het effect op de infrastructuur worden beschreven.

## Opslag

### Relatie tot scenario

De waterstofproductie is groter in optie 2 (scenario Sterke Knopen Nationale Sturing) dan in optie 1 (scenario Sterke Knopen Europese Sturing). Bij het energetische scenario Europese sturing is naast waterstof methaan een belangrijke energiedrager, die ook wordt opgeslagen. Als gevolg hiervan is de vraag naar opslag van waterstof groter in optie 2 dan in optie 1. Lege gasvelden bieden doorgaans grotere volumes berging dan zoutcavernes. Daarom ligt waterstofopslag in lege gasvelden (mits technisch mogelijk) meer voor de hand bij de scenario's Nationale Sturing (met grote hoeveelheid opslag) en ligt waterstofopslag in nieuw aan te leggen zoutcavernes meer voor de hand bij het scenario Europese Sturing (met minder opslag van waterstof).

Als de opslag van waterstof in zoutcavernes toegepast zou worden bij de scenario's Nationale Sturing, waar de vraag naar opslag bijna vier keer zo groot is, zou de ruimtelijke impact vele malen groter zijn (uitgaande van een minimale spreiding tussen cavernes om verzakkingen tegen te gaan). De ruimtelijke impact van huidige gasopslagen en lege gasvelden is mogelijk kleiner.

Voor opslag van waterstof in zoutcavernes (in volumes groter dan de huidige methaanopslag in zoutcavernes) moeten eerst cavernes gemaakt worden door zout te winnen. De productie van zout is dus onderdeel van deze structuurkeuze.

In optie 1 worden nieuwe zoutcavernes aangelegd, boven op de geplande uitbreiding van Zuidwending die in alle scenario's aanwezig is. Zoutcavernes ontstaan in het algemeen door de winning van zout. In Nederland wordt jaarlijks voldoende zout geproduceerd om in 2050 voldoende cavernes te kunnen hebben voor 15 TWh opslag, voldoende voor de vraag naar opslag in optie 1. De winning moet dan wel op de juiste locaties en op de juiste wijze plaatsvinden. Daarom wordt ervan uitgegaan dat er op geschikte locaties een zoutverwerkingsinstallatie zal komen. De huidige zoutwinningslocaties zijn in een aantal gevallen ongeschikt voor de aanleg van zoutcavernes voor waterstofopslag (waaronder Barradeel, Veendam en Twente-Rijn)<sup>38</sup>.

Opslag in zoutcavernes heeft de volgende gevolgen:

- pekerverwerkingslocaties zullen moeten worden aangelegd of een lozingspermissie zal moeten worden afgegeven;
- boringen moeten worden gedaan om pekkel te kunnen winnen en om later waterstof in te voeden en te produceren.

Daarnaast hebben de nieuwe cavernes alle installaties nodig die aanwezig zijn bij huidige gasopslagen in zoutcavernes, namelijk:

- Putten met afsluitbare kleppen.
- Gasstations voor gasinjectie (per cluster van cavernes). Gasstations voor gasproductie (per cluster van cavernes).
- Aansluiting op het gasnet (per cluster van cavernes).

Bij optie 2 worden huidige gasopslagen voor methaan omgebouwd naar opslagen voor waterstof, en worden lege gasvelden gereedgemaakt voor waterstofopslag. De haalbaarheid en veiligheid van opslag van waterstof in lege gasvelden is nog niet voldoende onderzocht. Of dit in de werkelijkheid een optie is

<sup>38</sup> TNO, 2021, Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030-2050.

voor 2050 zal dus nog moeten blijken. Er wordt aangenomen dat er geen aardgas meer gewonnen wordt in 2050. Voor de huidige gasopslagen betekent dit dat (in ieder geval een deel van) de methaanopslagen gefaseerd omgebouwd kunnen worden tussen 2030 en 2050. Bij het inrichten van een leeg gasveld voor opslag van waterstof zijn veel van de installaties nodig zoals genoemd bij nieuwe cavernes.

#### Waterstofinfrastructuur

Optie 1 heeft de volgende effecten op de vraag naar nieuwe infrastructuur:

- **Aanleg van pekelafoer.** Voor de aanleg van nieuwe zoutcavernes moet eerst zout gewonnen worden. Het gewonnen zout moet afgevoerd worden. De vraag naar opslag in zoutcavernes in Nederland is bij deze optie 10 TWh, met 36 nieuwe zoutcavernes als gevolg. Een dergelijk aantal moet over de tijd worden aangelegd, en het gewonnen zout moet daar worden afgevoerd. Infrastructuur is nodig om de grote hoeveelheden zout af te kunnen voeren. Als de zoutcavernes dicht bij elkaar geplaatst worden, bijvoorbeeld in clusters van zes, kan de impact van de infrastructuur beperkt worden. Maar het cumulatieve effect van een cluster van meerdere (tientallen) cavernes kan tot een significante bodemdaling leiden. Bij deze structuurkeuze wordt er daarom uitgegaan van een verdeling van de 36 cavernes over vijf clusters. De mate van bodemdaling is afhankelijk van de exacte locatie; het cavernevolume; de snelheid van winning van zout en injectie en productie van waterstof, en moet nader onderzocht worden.
- **Verbinding (afzonderlijke) opslaglocaties met het Nationaal Waterstofnetwerk.** Aansluitleidingen in (waarschijnlijk nieuwe) tracés verbinden de nieuwe (clusters van) cavernes met het Nationaal Waterstofnetwerk. De lengte en impact van deze leidingen is afhankelijk van de uiteindelijke locaties van de cavernes. Voor deze structuurkeuze zijn de cavernes nu modelmatig in clusters verdeeld over Groningen, Drenthe en het oosten van Friesland. De keuze voor deze provincies is gemaakt vanwege de aanwezige zoutstructuren. Er is niet onderzocht waar in deze regio's de ondergrond, en bovengrond geschikt zouden zijn. De schattingen van lengte en doorsnee van leidingen naar het Nationaal Waterstofnetwerk zijn sterk indicatief.

Optie 2 heeft als mogelijke effecten op de infrastructuur:

- **Verbinding afzonderlijke opslaglocaties met het Nationaal Waterstofnetwerk.** De huidige gasopslagen en lege gasvelden zijn al verbonden met het gasnetwerk. Er kunnen knelpunten ontstaan wanneer onderdelen van de huidige gasopslag voor methaan een lagere capaciteit heeft dan de gewenste capaciteit voor waterstofopslag. Of dit het geval is, is afhankelijk van meerdere factoren zoals bijvoorbeeld de snelheid waarmee waterstof geïnjecteerd en geproduceerd wordt en de druk waarmee waterstof wordt opgeslagen. Er wordt voor nu de aanname gemaakt dat de dimensionering van de aansluitleidingen van de gasopslagen en lege gasvelden voldoende is voor de opslag van waterstof.

Naast nieuwe infrastructuur specifiek voor het inrichten van de waterstofopslagen, ontstaat mogelijk een aantal knelpunten in de reguliere waterstofinfrastructuur. Tabel 4.26 geeft weer waar de knelpunten ontstaan en verdwijnen in optie 1 en 2 (uitgewerkt in de Sterke Knopen-scenario) ten opzichte van de Nederland Energieland-scenario's waarbij waterstof opgeslagen wordt in Veendam en in Duitsland, vlak over de grens bij Twente.

Tabel 4.26 - Trajecten met een capaciteitsoverschrijding van meer dan 10% (x), en minder dan 10% (0). Door opslag in verspreide cavernes (optie 1) en gebruik van lege gasvelden (optie 2) in vergelijking Nederland Energieland-scenario's

Traject	Optie 1: zoutcavernes	Opslag Veendam en Duitsland, Europese Sturing	Optie 2: bestaande gasopslagen en lege gasvelden	Opslag Veendam en Duitsland, Nationale Sturing
Windeweer-Vries (Drenthe)	x	0	x	0
Grijpskerk, Groningen	x	0	0	0
Zuidwending	0	x	0	x
Trips-Windeweer (UGS Norg)	0	0	x	0
Ommen-Twente	x	x	0	x

Omdat in optie 1 de opslag verdeeld is over verschillende cavernelocaties ontstaat geen knelpunt bij Zuidwending (terwijl dit in het Nederland Energieland Europese Sturing-scenario wel zo is). Daartegenover staat dat er enkele nieuwe knelpunten ontstaan. Omdat in optie 2 gekozen is om lege gasvelden in te zetten voor opslag van waterstof in plaats van cavernes bij Zuidwending en Epe in Duitsland, ontstaan er geen knelpunten bij Zuidwending en op het tracé Ommen-Twente. Daartegenover staat dat er ook enkele nieuwe knelpunten ontstaan.

De oplossingen voor de knelpunten verschillen per knelpunt (meer hierover in Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*). De oplossingen voor deze knelpunten per traject voor optie 1 en optie 2 zijn als volgt:

**Windeweer-Vries:** de grote capaciteitsoverschrijding op het traject Windeveer-Vries in optie 2 is een gevolg van een fout in de modellering. In dit traject lopen drie parallelle leidingen. In het model is het waterstoftransport geprojecteerd op de leiding met de laagste capaciteit, omdat dit een H-gasleiding is. Een andere verdeling van deze leidingen tussen methaan en waterstof vermindert deze overschrijding naar een niveau dat waarschijnlijk geen investeringen in capaciteit vergt.

Op dit traject is ook een overschrijding bij optie 1 (de inzet van cavernes). Dat komt omdat de cavernes op dit traject geprojecteerd zijn. In werkelijkheid zijn er voor nieuw aan te leggen cavernes nieuwe aansluitleidingen naar het Nationaal Waterstofnetwerk nodig. Mogelijk is die aansluiting niet via dit traject, maar op een andere locatie.

**Grijpskerk:** In Grijpskerk ontstaat een overschrijding bij optie 1 door opslag van waterstof in cavernes. Dat komt doordat cavernes aangesloten worden op dit traject. Ook hier geldt dat de nieuwe aansluiting ook op een andere locatie kan zijn, afhankelijk van de locatie van de cavernes.

**Trips-Windeweer:** Dit traject heeft een overschrijding van meer dan 10% in optie 1 door de projectie van de opslag van waterstof in Norg op dit traject. De dimensionering van de opslag en infrastructuur in Norg is nu op basis van methaan. De omvang van opslag van waterstof in optie 2 is gekozen zodat het binnen deze dimensionering past. Er wordt verwacht dat dit knelpunt in werkelijkheid niet optreedt en naar voren komt door gebrekkige modellering, of dat het operationeel op te lossen is, dus zonder investeringen en ruimtelijke consequenties.

**Ommen-Twente:** Dit traject geeft een overschrijding bij opslag van waterstof in Duitsland, vlak over de grens bij Twente (in beide bekeken Nederland Energieland-scenario's). In optie 1 is hier ook nog een knelpunt aanwezig. Mogelijk kan dit knelpunt opgelost worden door te schakelen tussen de waterstof- en de methaanleiding, die een grotere capaciteit heeft.



Tabel 4.27 geeft een overzicht van de verzwaren van infrastructuur voor beide opties. Veel informatie is nog onbekend. Het gaat hier dan ook om grove inschatting op basis van een theoretische verspreiding van cavernes. Het geschikt maken van gasopslagen in lege gasvelden vraagt nog om veel onderzoek waaruit geschiktheid en de nodige aanpassingen moeten blijken. Voor nu is voor deze optie 2 alleen de verzwaren van een aansluitleiding meegenomen. De verzwaren van de waterstofinfrastructuur voor deze structuurkeuze zit met name in de aanleg van nieuwe infrastructuur in optie 1.

Tabel 4.27 - Totaaloverzicht verzwaren waterstofinfrastructuur voor opslag

	Optie 1: zoutcavernes	Optie 2: bestaande gasopslagen en lege gasvelden	Eenheid	Opmerking
<b>Aansluitleiding in bestaand traject</b>		8	Km	De realisatie van waterstofopslag in een leeg gasveld vraagt nog veel onderzoek naar geschiktheid, risico's en benodigde aanpassingen. Daaruit volgen waarschijnlijk meer aanpassingen dan de nu aangenomen leiding.
<b>Nieuwe gasleidingen</b>	186		Km	36 cavernes verdeeld over 5 clusters. Voor de clusters naar de zoutverwerking wordt gemiddeld 30 kilometer genomen. Voor elke caverne daarbij nog 1 km <sup>39</sup> genomen.
<b>Nieuwe waterleidingen</b>	186		Km	36 cavernes verdeeld over 5 clusters. Voor de clusters naar de zoutverwerking wordt gemiddeld 30 kilometer genomen. Voor elke caverne wordt daarbij nog 1 km genomen.
<b>Putten</b>	72		-	1 injectie, en 1 productie put per caverne.
<b>Gasstation injectie</b>	5		-	Aanname dat 1 gasstation per cluster voldoende is.
<b>Gasstation productie</b>	5			Aanname dat 1 gasstation per cluster voldoende is.
<b>Pekelverwerking fabriek</b>	1		-	Op basis van capaciteit zoutfabriek Delfzijl <sup>40</sup> . Met deze capaciteit kunnen ongeveer 5 cavernes van in totaal 1 TWh per 2 jaar geproduceerd worden.
<b>Waterfabriek</b>	1		-	Op basis van capaciteit waterfabriek Veendam.

#### Normalisering van knelpunten voor compensatie effect van het onderliggende scenario.

De keuze tussen opslag van waterstof in zoutcavernes of in lege gasvelden hangt onder meer samen met de benodigde omvang van opslag. Bij een grote opgave voor opslag is het logisch om te kijken naar opslag in lege gasvelden en bestaande gasopslagen in velden. Terwijl bij een kleinere opgave dit minder voor de hand ligt. Om toch een vergelijking te kunnen maken, wordt de optie 2 naar de totale omvang van opslag van optie 1 genormaliseerd.

<sup>39</sup> De minimumafstand tussen de wanden van twee cavernes voor zoutwinning bedraagt op dit moment ongeveer tussen de 160 tot 210 meter afhankelijk van de diepte (tot 1.500 meter) (NLOG infodoc zoutwinning **Ongeldige bron opgegeven**).

De minimumafstand tussen cavernes voor waterstofopslag moet nog onderzocht worden.

<sup>40</sup> Nobian heeft een productie van 2,6 miljoen ton zout per jaar. <https://www.chemieparkdelfzijl.nl/bedrijven/599097-akzonobel-salt>

Door de normalisering is het mogelijk om in plaats van meerdere gasvelden, slechts één bestaande gasopslag in te zetten. Omdat het gaat om een hoeveelheid van 10 TWh, wordt een opslag van geschikte omvang gebruikt. Daardoor komt de huidige opslag in Alkmaar in aanmerking voor de genormaliseerde analyse. De afstand van leidingen die mogelijk aangepast moeten worden naar de berging toe is ongeveer 2 kilometer. Dit betekent dat de in Tabel 4.27 genoemde verzwaring voor aansluitleidingen, die veroorzaakt wordt door de opslag in Norg, komt te vervallen bij normalisatie.

## 4.7 Toepassing kernenergie

In deze paragraaf wordt gekeken naar de effecten van clusteringtoepassing van kernenergie op locaties van productie en opslag en op elektriciteitsinfrastructuur. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het energetische scenario Europese Sturing.

### **Aannames rondom inzet kernenergie**

In het scenario is er aangenomen dat de kerncentrales must-run draaien. Op basis van gesprekken met experts is vastgesteld dat dit het meest aannemelijk is, aangezien het niet financieel rendabel is om kerncentrales in te zetten als regelbare eenheid. Als kerncentrales op een andere manier ingezet worden heeft dit ook effect op de resultaten. Als het als regelbare eenheid ingezet wordt vervangt het alleen gascentrales en geen hernieuwbare opwek op land. Daarnaast hebben de kerncentrales dan een andere impact op de elektriciteitsinfrastructuur.

Voor de plaatsing van kerncentrales zijn nu alleen de locaties meegenomen die ruimtelijk zijn aangewezen door de Nederlandse overheid, namelijk Borssele/Sloegebied en de Maasvlakte. Vanuit netperspectief kan het interessant zijn om kerncentrales juist meer landinwaarts te plaatsen in bijvoorbeeld Limburg, aangezien bij Borssele/Sloegebied en de Maasvlakte ook al forse hoeveelheden windenergie op zee aanlanden. Hier is verder onderzoek voor nodig.

### Productie

Kernenergie vervangt bij deze structuurkeuze wind op land en gascentrales. In het Kernenergie-scenario, gebaseerd op het scenario Europese Sturing, wordt 8,3 GW aan kerncentrales toegevoegd. Alle windturbines op land, in het scenario Europese Sturing 10 GW, verdwijnen in de optie met kernenergie. Er wordt ervan uitgegaan dat ook bestaande windturbines op land verdwijnen<sup>41</sup>. Dit betekent dat er geen nieuwe windturbines geplaatst worden op bestaande locaties als de huidige windturbines zijn afgeschreven.

De productie van andere energiebronnen, zoals zon-pv en windenergie op zee, blijft gelijk. Er is in dit scenario geen zon op veld in 2050, aangezien er in dit scenario aangenomen wordt dat alle zon-pv op dak komt. Daarom vervangt kernenergie geen zon op veld.

Om te bepalen hoeveel gascentrales (groengas of waterstof) nodig zijn heeft TenneT een jaarrondrekening uitgevoerd. De gascentrales worden ingezet op momenten dat er onvoldoende productie is van

<sup>41</sup> Bij deze structuurkeuze wordt een extreme optie onderzocht waarbij kernenergie alle hernieuwbare opwek op land vervangt om zo de ruimtelijke effecten goed inzichtelijk te maken. Doel van deze exercitie is niet om de ideale rol van kernenergie in het energiesysteem te bepalen. Er zijn andere configuraties denkbaar, bijvoorbeeld waarbij kernenergie slechts een deel van de wind op land vervangt of waar kernenergie in de plaats komt van verdere toename van windenergie op zee. Voor het bepalen van een zo efficiënt mogelijke configuratie is verder onderzoek nodig.

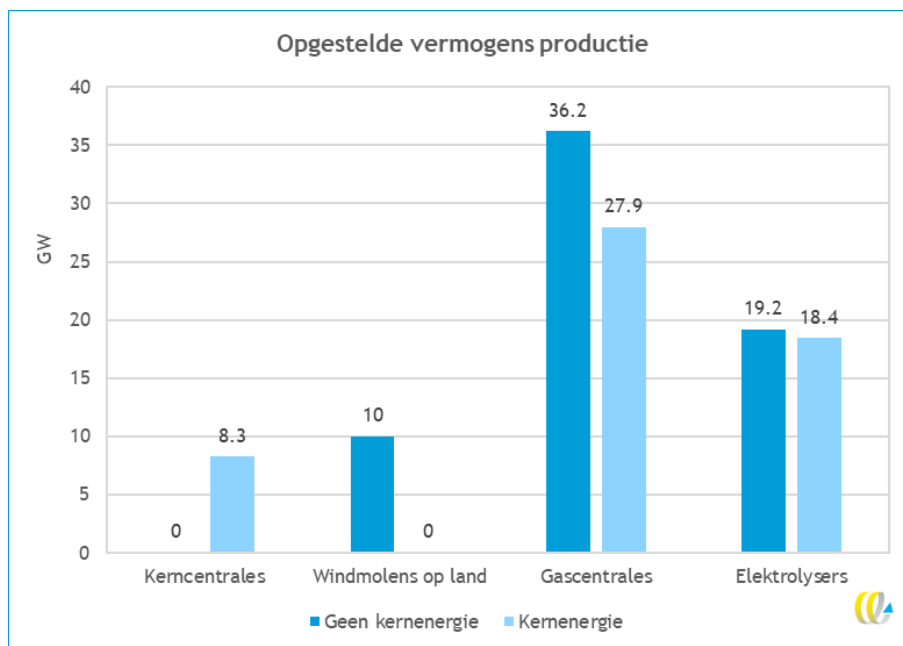
kerncentrales en hernieuwbare opwek. Het benodigde opgestelde vermogen aan gascentrales komt overeen met de benodigde piekproductie van deze centrales, op momenten met vrijwel geen wind en zon in combinatie met hoge elektriciteitsvraag.

Er wordt aangenomen dat kerncentrales must-run draaien, wat betekent dat deze het hele jaar aanstaan. Dit betekent dat de kerncentrales ook draaien op de momenten met vrijwel geen wind en zon in combinatie met hoge elektriciteitsvraag. Op die momenten vullen zij 8,3 GW van de vraag in. Zonder kerncentrales moet de vraag op die momenten ingevuld worden met gascentrales. Dit betekent dat dus, naast 10 GW minder wind op land, ook 8,3 GW minder gascentrales nodig zijn door de toepassing van kernenergie.

### Impact weerjaar

De productie van zonnepanelen en windturbines is afhankelijk van de weersomstandigheden. Deze zijn niet elk jaar hetzelfde. Daarom verschilt de totale productie en het uurlijkse productieprofiel van zon- en windenergie per jaar. Hetzelfde geldt voor de energievraag. In koudere jaren is de vraag naar energie voor verwarming hoger. In de jaarrondrekening van TenneT is gerekend met het weerjaar 1987. Dit is een weerjaar met weinig wind en zon en een koude winter. Daarmee is dit een extreem jaar waarbij de grootste hoeveelheid regelbare centrales nodig is. Er is met dit jaar gerekend omdat de leveringszekerheid ook in extreme weerjaren in orde moet zijn, dus op basis van de extreme weerjaren moet bepaald worden hoeveel regelbare centrales nodig zijn. In andere jaren ligt de productie van windturbines hoger. In een gemiddeld jaar zal 10 GW windturbines op land tussen de 30 en 40 TWh aan elektriciteit produceren. Daardoor is in een gemiddeld jaar minder productie van gascentrales noodzakelijk. Dit geldt voor de optie zonder kernenergie. Maar ook voor de optie met kernenergie aangezien beide opties een forse hoeveelheid, 30 GW, aan windenergie op zee hebben. Het weerjaar heeft daardoor geen significant effect op de hoeveelheid vermogen aan windturbines en gascentrales die vervangen kan worden door kerncentrales.

Figuur 4.5 - Opgestelde vermogens productie energie relevante categorieën, voor scenario Sterke knopen en Extra sterke knopen (oftewel met kernenergie)

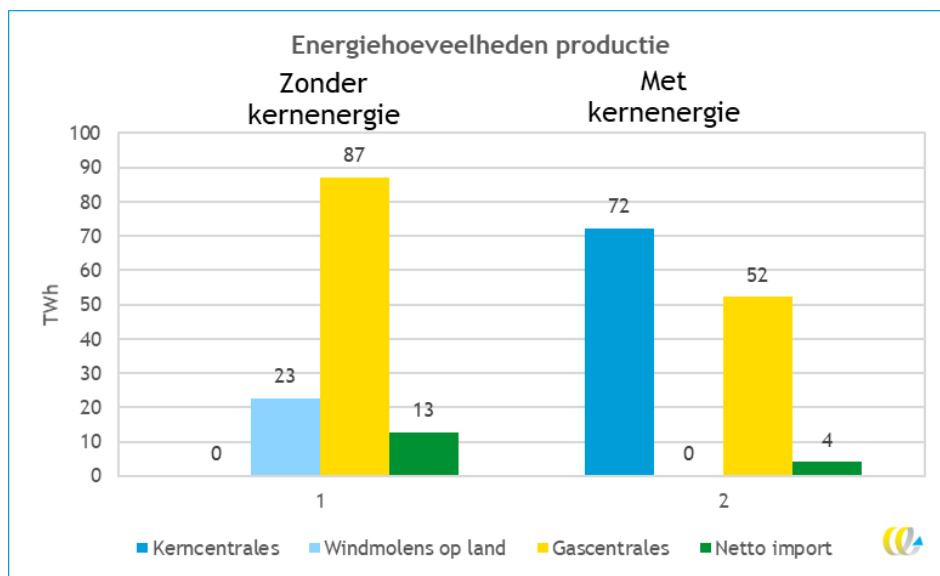


Door de inzet van kerncentrales in plaats van windturbines op land is de piek van overschotten van elektriciteit lager. Hierdoor is het opgestelde vermogen aan elektrolyzers, die ingezet worden om de overschotten van elektriciteit op te vangen, ook lager. Dit komt doordat het opgestelde vermogen aan kerncentrales lager ligt dan het opgestelde vermogen van de wind op land die vervangen wordt.

Naast de opgestelde vermogens is het ook relevant om te kijken naar de energiehoeveelheden van de elektriciteitsproductie. Figuur 4.6 geeft een overzicht van de energiehoeveelheden van de relevante productiecategorieën, met en zonder kernenergie. De 8,3 GW aan kerncentrales produceren 72 TWh elektriciteit per jaar. Dit vervangt de 23 TWh die 10 GW aan wind op land op zou leveren. Daarnaast vervangen de kerncentrales een aanzienlijk deel van de productie van gascentrales. De productie van gascentrales is bij toepassing van kerncentrales 35 TWh lager. Er is niet alleen minder vermogen aan gascentrales, het aantal draaiuren van deze centrales neemt ook af. Tot slot is er minder import van elektriciteit uit het buitenland.

De totale productie van elektriciteit ligt iets hoger bij toepassing van kernenergie. Dit komt doordat er meer overschotten van elektriciteit zijn. Deze overschotten worden omgezet in waterstof. Hierdoor neemt de waterstofproductie van elektrolyzers toe, ondanks dat het opgestelde vermogen van elektrolyzers lager ligt (doordat de overschotpiek lager is).

Figuur 4.6 - Productie elektriciteit voor relevante categorieën, met en zonder kernenergie



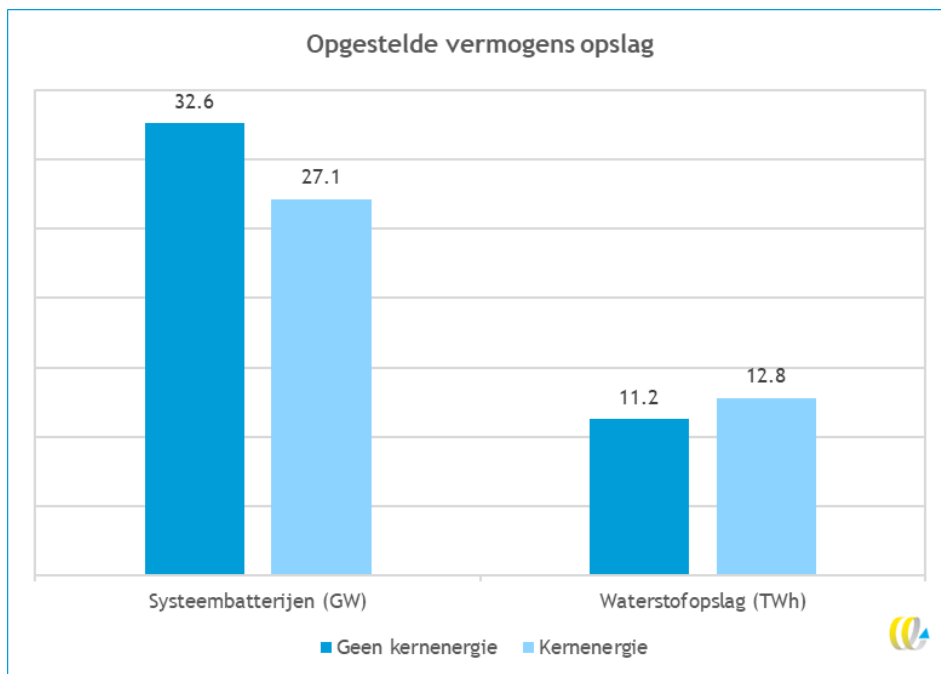
### Opslag en conversie

Figuur 4.7 geeft een overzicht van de verschillen in benodigde opgestelde vermogens aan opslag. Door de inzet van kernenergie is minder vermogen van batterijen nodig. Dit komt doordat de productie van kernenergie stabiel is en daarmee beter aansluit op de vraag dan het volatiele aanbod van windturbines. Deze batterijen maken bij de optie met kernenergie iets meer draaiuren.

De inzet van kernenergie kan indirect ook impact hebben op de opslag van waterstof. Dit komt doordat kerncentrales effect hebben op de productie van waterstof met elektrolyzers en op de vraag van waterstof van gascentrales. Op basis van een eerste inschatting lijkt het effect van de toepassing van kernenergie

op de benodigde opslag van waterstof klein te zijn, maar verder onderzoek is nodig om hier uitsluitsel over te geven.

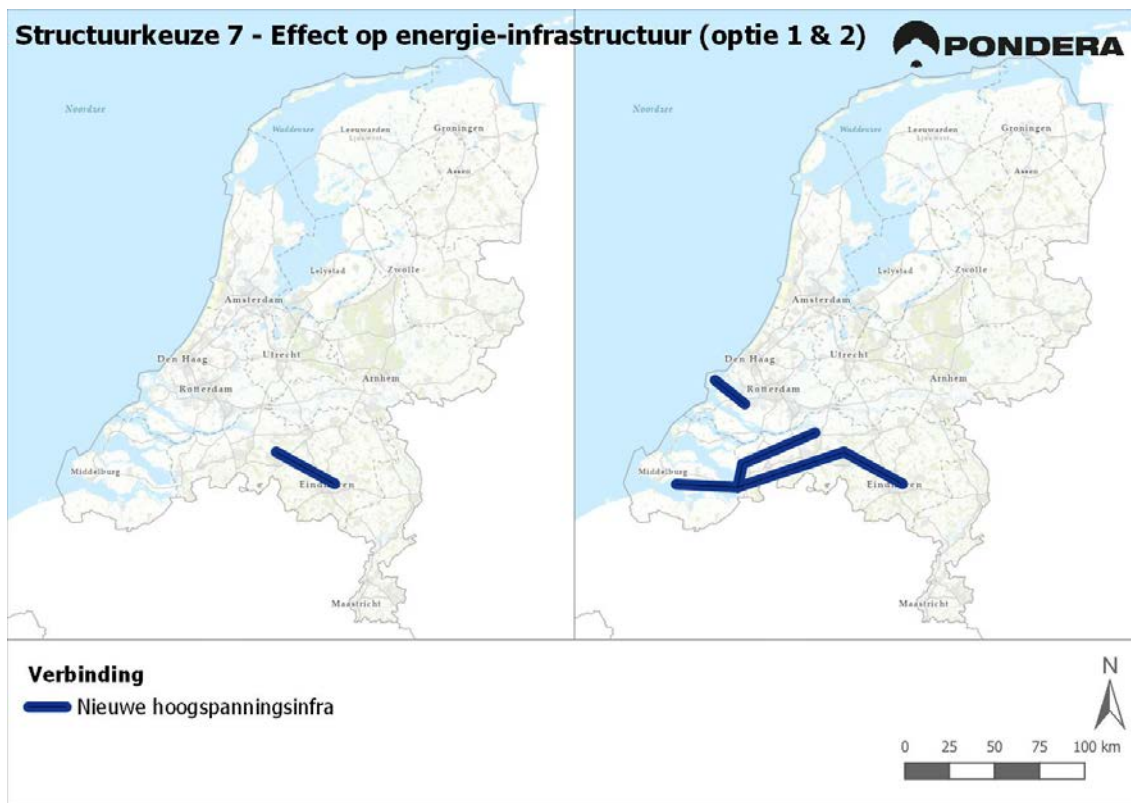
Figuur 4.7 - Opgestelde vermogens opslag energie, met en zonder kernenergie



### Elektriciteitsinfrastructuur

Het vervangen van wind op land en gascentrales door kerncentrales heeft effect op de belasting op het hoogspanningsnet. Figuur 4.8 geeft een overzicht van de belasting op het 220kV- en 380kV-net in het scenario zonder kernenergie (links) en het scenario met kernenergie (rechts). De effecten op de elektriciteitsinfrastructuur worden uitgedrukt in ENT, wat overeenkomt met de totale hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (zie bijlage A voor verdere toelichting).

Figuur 4.8 - Effect kernenergie op 220/380kV-infrastructuur



De figuur laat zien dat de belasting op de 380kV-tracés op enkele punten toeneemt bij toepassing van kernenergie, waardoor hier nieuwe infrastructuur noodzakelijk is:

- **Van de Maasvlakte tot Crayestein.** Dit komt door de combinatie van vollastproductie van de kerncentrales op de Maasvlakte met forse aanlanding van windenergie op zee.
- **Vanaf Zeeland richting Oost-Brabant.** Ook dit komt door de combinatie van vollastproductie van de kerncentrales in Borssele/Slogebied met forse aanlanding van windenergie op zee.

Bij beide knelpunten ontstaan door de combinatie van kerncentrales met aanlanding van windenergie op zee forse regionale overschotten van elektriciteit gedurende lange periodes in het jaar, die afgevoerd moeten worden richting de rest van Nederland en het buitenland. De huidige capaciteit van de 380kV-tracés is onvoldoende om dusdanig grote hoeveelheden elektriciteit af te voeren.

Tabel 4.28 geeft een overzicht van de effecten van toepassing van kernenergie op individuele componenten van de hoogspanningsinfrastructuur. De tabel geeft onder meer weer dat toepassing van kernenergie (zoals in dit scenario) ertoe leidt dat nieuwe 380kV-infrastructuur noodzakelijk is, zoals eerder ook al besproken. Bij realisatie van een pocketstructuur heeft toepassing van kernenergie geen effect op 380kV/150kV-transformatoren en op 150kV- en 110kV-verbindingen. Er is ook geen significant effect op 220kV-infrastructuur aangezien deze alleen in noordoost Nederland aanwezig is (en kerncentrales in de scenario's in zuidwest Nederland geplaatst worden).

Tabel 4.28 - Effecten individuele componenten infrastructuur

Component	Type	Optie 1: zonder kernenergie		Optie 2: met kernenergie	
		ENT	Classificatie	ENT (TWh)	Classificatie
		TWh		TWh	
Borssele/Sloegebied-Rilland	380kV-tracé	0,0	Redispatch	4,4	Nieuwe infra
Rilland-Kijkuit		0,2	Redispatch	5,1	Nieuwe infra
Rilland-Tilburg		0,0	Geen knelpunt	1,4	Nieuwe infra
Tilburg-Eindhoven		0,5	Nieuwe infra	3,6	Nieuwe infra
Kijkuit-Geertruidenberg		0,0	Redispatch	1,5	Nieuwe infra
Maasvlakte-Simonshaven		0,1	Redispatch	1,3	Nieuwe infra

De toepassing van kernenergie heeft geen impact op het aantal velden bij 380kV-stations dat noodzakelijk is om productievermogen aan te sluiten op het 380kV-net. Er zijn wel nieuwe velden bij 380kV-stations nodig voor het aansluiten van de nieuwe kerncentrales. Maar de kerncentrales vervangen gascentrales, waardoor voor het aansluiten van gascentrales weer minder velden nodig zijn. Dit heft elkaar op, aangezien 8,3 GW aan kerncentrales zorgt voor 8,3 GW minder gascentrales.

#### Samenhang met aanlanding windenergie op zee

In het scenario waarin de inzet van kernenergie meegenomen wordt, zijn ook aannames gemaakt over aanlanding van windenergie op zee in Borssele/Sloegebied en op de Maasvlakte. Op beide locaties wordt uitgegaan van 7,5 GW windenergie op zee in het scenario. Bij de Maasvlakte komt dit overeen met de plannen tot 2031, maar in Borssele/Sloegebied staat tot 2031 slechts 5,5 GW windenergie op zee gepland. De resultaten van optie 2 (met kernenergie) laten zien dat extra aanlanding van windenergie op zee in Borssele/Sloegebied na 2031, samen met de ontwikkeling van nieuwe kerncentrales, tot forse knelpunten op het 380kV-net leidt. Daarom moet de keuze voor extra aanlanding van windenergie op zee in Borssele/Sloegebied na 2031 in samenhang met de keuze voor nieuwe kerncentrales in Borssele/Sloegebied gemaakt worden.

Tabel 4.29 geeft een totaaloverzicht van de benodigde hoogspanningsinfrastructuur bij beide structuurkeuzes. Hierin zijn alleen de componenten meegenomen waarvoor er verschil is tussen beide opties (uit Tabel 4.28). Bij de lengte van nieuwe verbindingen is uitgegaan van nieuwe tracés naast de bestaande tracés. Zoals eerder besproken zijn er bij de optie met kernenergie extra 380kV-verbindingen noodzakelijk (alleen indien deze kerncentrales vollast draaien).

Tabel 4.29 - Totaaloverzicht verzwarende infra

Component	Optie 1: zonder kernenergie	Optie 2: met kernenergie	Eenheid	Opmerking
380kV-verbindingentracé <sup>42</sup>	0	191	Km	
380kV-verbindingencircuits	0	382	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
Redispatch	0.40	0.00	TWh redispatch	
380kV-velden	8	8	Aantal velden	8 voor gascentrales bij optie 1, 8 voor kerncentrales bij optie 2

<sup>42</sup> Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee stations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

### Regionale netten

Kerncentrales vervangen binnen deze structuurkeuze gascentrales en windturbines op land. Kern- en gascentrales hebben beide geen impact op de regionale netten, alleen op de hoogspanningsnetten.

Maar doordat kernenergie in de plaats komt van windturbines op land zijn wel minder uitbreidingen van regionale netten nodig. Windturbines op land worden normaal gesproken aangesloten op de koppelstations tussen het hoogspanningsnet en de regionale netten. Daarom zijn bij optie 2 ongeveer 5% minder nieuwe koppelpunten nodig. Daarnaast zijn er bij optie 1 kabels nodig die de windturbines verbinden met de koppelstations. Dit is bij optie 2 ook niet nodig.

### Waterstof- en methaaninfrastructuur

Kernenergie levert basislast en vervangt daarmee een deel van de elektriciteitscentrales als er geen zon en wind is. De toepassing van kernenergie is onderzocht voor het scenario Europese Sturing, waarin de elektriciteitscentrales draaien op groengas. Daarom heeft de inzet van kernenergie in dit geval geen impact op de waterstofinfrastructuur.

De inzet van gascentrales vraagt veel transportcapaciteit in het methaannet vanuit de opslaglocaties naar de centrales, om momenten van weinig zon en wind op te vangen. Wanneer gebruikgemaakt wordt van kernenergie neemt de vraag naar deze centrales af, omdat kernenergie als basislast wordt ingezet. Een aantal knelpunten in het methaannet neemt dan ook iets af in omvang ten opzichte van de situatie zonder kernenergie.

## 4.8 Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import

In deze paragraaf wordt gekeken naar de effecten van binnenlandse productie van synthetische brandstoffen op de locaties van productie en opslag en op elektriciteitsinfrastructuur. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing, waarbij optie 1 uitgewerkt is in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing en optie 2 in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing.

### Productie

Tabel 4.30 geeft de cumulatieve effecten van beide opties op benodigde productie. Hierin zijn alleen de componenten meegenomen die extra nodig zijn voor binnenlandse productie van synthetische brandstoffen.

Tabel 4.30 - Effecten op productie, cumulatief

Parameter	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Windenergie op zee	0	20,5	GW
Direct Air Capture	0	47	PJ/j
Fabriek synfuels	0	188	PJ/j
-waarvan kerosine	0	45	PJ/j
-waarvan scheepsbunkers	0	143	PJ/j

Tabel 4.31 geeft de effecten van beide opties op productie, opgesplitst naar locatie. Wederom zijn alleen de componenten opgenomen waarbij verschillen tussen beide opties optreden.



Tabel 4.31 - Effecten op productie, per locatie

Type installatie	Locatie	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Direct Air Capture	Eemshaven	0	23,5	PJ/j
	Maasvlakte	0	23,5	PJ/j
Productie syn. kerosine	Eemshaven	0	23	PJ/j
	Maasvlakte	0	23	PJ/j
Productie syn. bunkers	Eemshaven	0	72	PJ/j
	Maasvlakte	0	72	PJ/j

Door de productie van synfuels in Nederland is daarnaast extra vermogen aan regelbare centrales noodzakelijk om te kunnen voorzien in de elektriciteitsvraag van direct air capture (DAC) op momenten dat er geen productie is van de windparken op zee. Er is hierdoor 1,2 GW extra regelbaar vermogen nodig (35,7 GW regelbaar vermogen in totaal). Dit extra regelbare vermogen kan ingevuld worden met kleine piekeenheden verspreid door het land of kan geclusterd worden op Barro-locaties. De nieuwe centrales komen bij voorkeur bij de Eemshaven en de Maasvlakte aangezien dat de locaties zijn van de extra vraag. Deze afweging wordt besproken bij structuurkeuze 5, spreiding of clustering regelbare centrales.

#### Opslag en conversie

Tabel 4.32 geeft de cumulatieve effecten van beide opties op benodigde opslag en conversie. Hierin zijn alleen de componenten meegenomen die extra nodig zijn voor binnenlandse productie van synthetische brandstoffen. Onder de tabel volgt een uitgebreide toelichting.

Tabel 4.32 - Effecten op opslag en conversie, cumulatief

Parameter	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
<b>Elektrolyzers</b>	0	19,1	GW
<i>-waarvan voor synfuels</i>	0	17,6	GW
<i>-waarvan voor balancering</i>	0	1,5	GW
<b>Batterij</b>	0	1,05	GW
<b>Opslag waterstof</b>	0	61	PJ
<b>Vermogen regelbare centrales</b>	0	1,24	GW

**Elektrolyzers** – Elektrolyse voor de synfuels zelf vindt offshore plaats. Elektrolyse om de voor balancering vindt niet offshore plaats en kan ruimtelijke impact hebben.

**Batterij** – Doordat de additionele elektriciteitsproductie en -vraag niet gelijktijdig plaatsvinden, is extra opslag met batterijen noodzakelijk. Uit de doorrekening volgt dat er 2 GW extra batterijen nodig zijn (55,4 GW aan batterijen in totaal). Deze batterijen zijn nodig bij de Eemshaven en de Maasvlakte.

**Opslag waterstof** – De totale opslag van waterstof wordt in de modellering berekend op basis van de onbalans tussen vraag en aanbod over een jaar. Overschotten aan elektriciteit worden omgezet in waterstof. Als er op dat moment geen vraag naar waterstof is, wordt dit opgeslagen in een centrale ondergrondse opslag. En indien er te weinig productie is wordt waterstof uit de opslagen gehaald. Met de continue lokale productie van synfuels neemt de vraag naar waterstofopslag toe. Waterstof is een grondstof voor synfuels en er is continue energie nodig voor productie, terwijl er niet continu waterstof geproduceerd wordt.

## Infrastructuur

Tabel 4.33 geeft het overzicht van de cumulatieve effecten van beide opties op infrastructuur. In deze tabel zijn alleen de componenten opgenomen waarbij verschillen tussen beide opties optreden. Onder de tabel volgt een uitgebreide toelichting.

Tabel 4.33 - Effecten op infrastructuur, cumulatief

Type infra	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Pijpleiding voor waterstof	0	Offshore, buiten scope	km
Elektriciteitskabel voor WoZ	0	Offshore, buiten scope	km
Importterminal kerosine	170	125	PJ/j
Importterminal scheepsbunkers	543	400	PJ/j

**Elektriciteit** – Om de additionele elektriciteitsvraag voor direct air capture (DAC) in te vullen, landt extra windenergie op zee aan bij de Maasvlakte en de Eemshaven, op beide locaties ongeveer 1,5 GW. Hiervoor zijn op deze locaties extra convertorstations (omzetting stroom van DC naar AC) en nieuwe velden bij 380kV-stations nodig.

Er wordt aangenomen dat de DAC-installaties op dezelfde locaties geplaatst worden. Dit betekent dat een aanzienlijk deel van de elektriciteit direct gebruikt wordt. Door de ongelijktijdigheid van de vraag en het aanbod is er gedurende delen van het jaar wel een beperkte af- of aanvoer van elektriciteit naar deze locaties.

De grootste belastingen op het hoogspanningsnet ontstaan in 2050 door de afvoer van elektriciteit van windparken op zee naar het binnenland. Door de extra aanlanding voor de productie van synthetische brandstoffen moet meer stroom afgevoerd worden en wordt de belasting op het hoogspanningsnet dus hoger. Maar de omvang van de extra stroom die afgevoerd wordt, maximaal 0,8 GW voor beide locaties, is zeer beperkt ten opzichte van het totale vermogen windenergie op zee dat aanlandt op de Maasvlakte (12 GW) en Eemshaven (9 GW) in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing.

Uit de resultaten van de doorrekening van het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing, waarbij binnenlandse productie van synthetische brandstoffen meegenomen is, blijkt dat er geen ernstige knelpunten voorkomen op het 380kV-net rondom Rotterdam en de Eemshaven, wat betekent dat de extra aanlanding van windstroom niet tot knelpunten leidt. Bij andere aannames, waarin hogere vermogens aanlanden op deze locaties, zijn er wel knelpunten rondom Rotterdam en de Eemshaven. In die gevallen zal de productie van synthetische brandstoffen de knelpunten verergeren, maar vanwege de beperkte vermogens is dit effect beperkt. Daarom kan er geconcludeerd worden dat het effect van de productie van synthetische brandstoffen op het hoogspanningsnet zeer beperkt is. Wel is er op beide aanlandingslocaties een extra veld op een station nodig om de windstroom aan te sluiten op het hoogspanningsnet.

**Waterstof** – Voor de aanlanding van waterstof bij de Eemshaven en Den Helder is een gasmeetinstallatie en een waterstofleiding richting (een aftakking van) het Nationaal Waterstofnetwerk noodzakelijk. Bij beide locaties land ongeveer 6,5 GW waterstof aan.

De impact op de rest van de waterstofinfrastructuur is beperkt. Er is alleen tussen de Maasvlakte en Rotterdam een mogelijk knelpunt in de waterstofinfrastructuur bij het scenario met binnenlandse productie van synthetische brandstoffen. Fluctuerende invoeding van geïmporteerde waterstof vindt plaats in het waterstofnetwerk bij Eemshaven en Den Helder (andere invoedingspunten zijn ook mogelijk, maar worden

in dit scenario niet beschouwd). Het knelpunt tussen de Maasvlakte en Rotterdam wordt veroorzaakt door de doorvoer van waterstof naar het nationaal waterstofnetwerk en wordt juist (iets) verlicht door extra lokale vraag door productie van synthetische brandstoffen.

**Kerosineleidingen** – De synthetische brandstoffen worden deels getransporteerd met kerosineleidingen. De bestaande kerosineleidingen hebben voldoende capaciteit voor beide opties.

Tabel 4.34 geeft de effecten van beide opties op infrastructuur, opgesplitst naar locatie. Wederom zijn alleen de componenten opgenomen waarbij verschillen tussen beide opties optreden. Onder de tabel volgt een uitgebreide toelichting.

Tabel 4.34 - Effecten op infrastructuur, per locatie

Type infra	Locatie	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
<b>Importterminal kerosine</b>	Amsterdam	113	113	PJ/j
	Rotterdam	57	12	PJ/j
<b>Exportterminal kerosine</b>	Eemshaven	0	23	PJ/j
<b>Convertorstation</b>	Maasvlakte	0	1,5	GW
	Eemshaven	0	1,5	GW
<b>Extra velden 380 kV</b>	Maasvlakte	0	2	Aantal velden
	Eemshaven	0	2	Aantal velden
<b>Gasmeetinstallatie</b>	Den Helder	0	6,5	GW
	Eemshaven	0	6,5	GW
<b>Importterminal scheepsbunkers</b>	Rotterdam	543	472	PJ/j
<b>Exportterminal scheepsbunkers</b>	Eemshaven	0	72	PJ/j

Het is de verwachting dat er enkel in de Eemshaven nieuwe infrastructuur voor overslag nodig is. Op dit moment is Nederland netto-exporteur van kerosine en scheepsbunkers. De hoeveelheid geëxporteerde bunkers is ongeveer even groot als de bunkering in Nederland. Voor kerosine is de export zelfs ongeveer twee keer zo groot als de bunkering in Nederland<sup>43</sup>. De huidige terminals voor scheepsbunkers en kerosine in Rotterdam en Amsterdam moeten dan ook voldoende zijn om de toekomstige import te accommoderen. Het huidige niveau van overslag voor wederexport zal echter mogelijk niet gehandhaafd kunnen worden zonder nieuwe infrastructuur.

Er wordt aangenomen dat de infrastructuur voor de binnenlandse distributie van brandstoffen niet significant verschilt tussen de opties.

#### 4.9 Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de effecten van het faciliteren van doorvoer van grondstoffen naar het buitenland. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing.

<sup>43</sup> CBS (2021) - Aardoliegrondstoffen- en aardolieproductenbalans; aanbod en verbruik [link](#)

### Productie (+ import)

De energievraag van de importterminals, compressoren en pompstations is over het algemeen te verwaarlozen ten opzichte van de hoeveelheid geïmporteerde energie. Deze hulpenergie is verder niet becijferd, maar zou aanzienlijk kunnen zijn gezien de enorme omvang van de importstromen.

### Opslag en conversie

Er wordt ervan uitgegaan dat waterstof wordt aangevoerd in de vorm van ammoniak. Deze ammoniak wordt gekraakt tot stikstof en waterstof. De stikstof wordt afgeblazen naar de lucht, de waterstof gaat een pijpleiding in. De geschatte efficiëntie van deze omzetting is 85%. Er wordt aangenomen dat de energie voor de omzetting uit de ammoniak zelf komt. Omgerekend resulteert de waterstofvraag van 2,3 Mton/j in 14 Mton/j import van ammoniak voor waterstof. De import van ammoniak als grondstof van ca. 1 Mton/j komt daar nog bij maar die ammoniak hoeft niet gekraakt te worden.

### Infrastructuur

In Tabel 4.35 is weergegeven welke additionele leidingen er nodig zijn om de benodigde volumes door te voeren voor optie 2 (Nederland importeert zowel grondstoffen die nodig zijn voor de binnenlandse productie alsook import/export die enkel bedoeld is voor doorvoer van/naar buitenland). In totaal zijn er negen extra buisleidingen nodig richting Duitsland en één naar België.

Tabel 4.35 - Overzicht benodigde nieuwe buisleidingen voor doorvoer

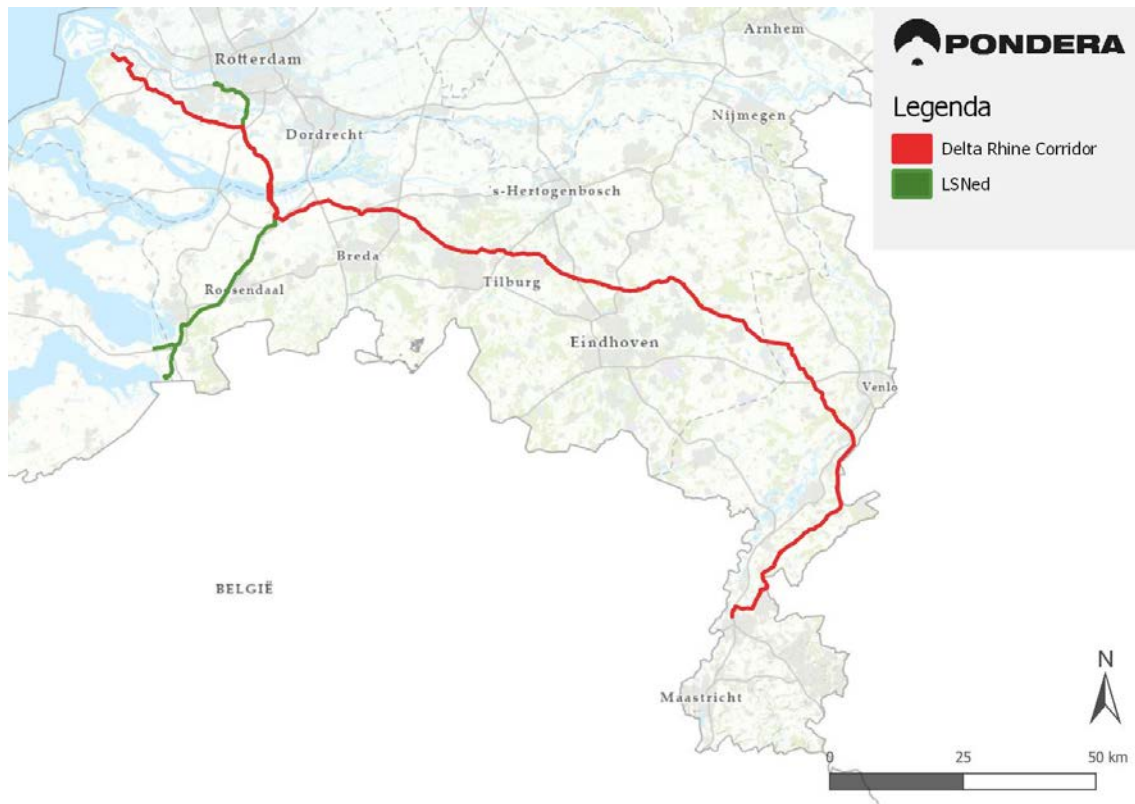
Molecuul	Van	Naar	Diameter	Capaciteit (kton/j)	Inbedrijfname
Waterstof	Rotterdam	Chemelot	36"	2.000	<2030
		Duitsland	36"	2.000	2040
Ammoniak	Rotterdam	Duitsland	n.t.b.	>970	<2030
Methanol			n.t.b.	>660	<2030
Kerosine			16"	3.500	>2030
Lpg			12"	2.900	<2030
Propeen			12"	1.500	<2030
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	24"	15.000 (dense phase)	<2030
	Antwerpen	Rotterdam	n.t.b.	>9.500	<2030

De waterstof kan via het nationale waterstofnetwerk van Gasunie getransporteerd worden en via Zevenaar of Winterswijk naar het Ruhrgebied worden geëxporteerd. Het is echter nog onzeker hoeveel de waterstofvraag precies gaat zijn. Om zeker te weten dat voldoende ruimte beschikbaar is, wordt er voor deze rapportage aangenomen dat de plannen van Delta Rhine Corridor conform de tabel doorgaan (Figuur 4.9).

Naast ruimte voor buisleidingen, is er ruimte nodig voor de importterminals zelf. Dit betreft ruimte voor kades, opslagtanks en pompstations. Voor CO<sub>2</sub> is een exportterminal nodig, bestaande uit een compressorstation en een verbinding met een exportpijpleiding.

NB: De leidingen van de Delta Rhine Corridor (waterstof, lpg, propeen, CO<sub>2</sub> en ammoniak) zijn geen van allen rendabel zonder buitenlandse volumes. Bij optie 1 komt de Delta Rhine Corridor dus niet tot stand.

Figuur 4.9 - Ligging Delta Rhine Corridor en LSned



#### 4.10 Geothermie of restwarmte?

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de effecten van toepassing van restwarmte en geothermie op de benodigde infrastructuur, opslag en productie. Voor het transport van warmte van de bron naar afnemers is bovenregionaal warmtetransport nodig. Deze structuurkeuze is uitgewerkt voor de scenario's. Deze optie is uitgewerkt in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing en Nederland Energieland Europese Sturing.

##### Productie

Voor het boren van geothermieputten (optie 1) is bovengronds voldoende open ruimte nodig, vooral bij de aanleg. Bij de aanleg is de oppervlakte van een voetbalveld<sup>44</sup> gewenst voor de boorwerktuigen. Een aardwarmte-installatie, een doublet van twee geothermieputten, wordt geplaatst op een omheind terrein van 30 bij 30 meter. Hierop komt een gebouw van ca. 20 bij 20 meter voor de installaties zoals pompen en filters, ruimten voor opslag en een kantoor. Ondergronds heeft een geothermieput een veel groter invloedgebied van ca. 2,4 bij 1,2 km. Een geschikte afstand tussen de geothermieputten bedraagt ongeveer 1,2 km. Dit voorkomt doorbraak van grondwater van de koude naar de warme put van het doublet.

Uitkoppeling van restwarmte (optie 2) gebeurt lokaal bij het bedrijf. Voor de uitkoppeling van restwarmte zijn aanpassingen nodig aan de bedrijfsprocessen zodat warmtewisselaars de warmte uit de reststomen, koelsystemen en rookgassen op kunnen nemen. De warmtewisselaars kunnen vaak op het bedrijfsterrein geïntegreerd worden in de bestaande procesinfrastructuur. Restwarmtelevering heeft hierdoor een beperkt

<sup>44</sup> Wanneer ruimte schaars is, zijn ook kleinere oppervlakken mogelijk..

ruimtegebruik. Als de restwarmte op onregelmatige momenten beschikbaar is, is een buffersysteem nodig voor continue warmtelevering.

#### Elektrolyzers als restwarmtebron

Elektrolyzers produceren waterstof met een efficiëntie van ongeveer 60%, bij een temperatuur van ongeveer 70 graden Celsius. Dat betekent dat er 40% restwarmte is. Wanneer elektrolyzers geclusterd zijn in de buurt van een warmtenet en/of een concentratie van warmtevraag kan deze restwarmte benut worden. Deze bron is dan in principe beschikbaar wanneer de elektrolyzers waterstof produceren, dus bij overschotten van wind. Deze restwarmtebron is niet meegenomen bij deze structuurkeuze. Wel wordt de mogelijkheid van het gebruik van restwarmte bij elektrolyzers meegenomen structuurkeuze 4 (locaties clusters elektrolyzers).

#### Infrastructuur

Om warmte te transporteren over lange afstanden zijn transportleidingen nodig en pompstations nodig. Bij de plannen van WarmtelinQ in Zuid-Holland is één pompstation voldoende om een afstand van 35 km te overbruggen. Warmteoverdrachtstations verdelen tenslotte de getransporteerde warmte naar de afnemers. Warmteoverdrachtstations zijn lokaal en vallen buiten de scope van de hoofdstructuren.

Voor de aanleg van warmteleidingen zijn verschillende technieken. Open ontgraving met een 15 meter brede werkstrook is de goedkoopste techniek. Gesloten frontboring en horizontaal gestuurde boring zijn duurder, maar maken het mogelijk om waardevolle gebieden te ondergraven. Warmtetransportleidingen zijn niet recht en beschikken over tracélussen van 10 meter x 10 meter voor iedere 100 meter leidinglengte, in verband met de thermische uitzetting van de transportleidingen. Na de aanleg is er een beschermingszone van 10 meter voor een veilige ongestoorde ligging.

De volgende tabellen geven een overzicht van de benodigde bovenregionale warmtetransportleidingen voor beide opties. De benodigde warmte om naar de steden te transporteren bedraagt ca. 1 GW voor beide opties. Dit komt overeen met veertig 16 MW of negentig 7,5 MW geothermiedoubletten<sup>45</sup>.

Tabel 4.36 - Benodigde warmtetransportleidingen bij toepassing geothermie (optie 1)

Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Lage Zwaluwe	Breda	25-31	400	60
Land van Cuijk	Nijmegen	18-23	400	60
Helmond	Eindhoven	54-68	450	90
<b>Rotterdam regio</b>		92-116	700	240
Rotterdam	Leiden	63-78	700	250
<b>Amsterdam regio</b>		29-36	700	250
Purmerend	Amsterdam	47-59	400	55
Alkmaar	Amsterdam	40-50	350	50
Het Hoge Land	Groningen	32-40	450	80

<sup>45</sup> Het gemiddelde vermogen van een geothermiedoublet bedraagt 7,5 MW (0,3 PJ per jaar). Er is veel variatie mogelijk. De temperatuur en karakteristieken van de ondergrond bepalen hoeveel het vermogen precies bedraagt.

Tabel 4.37 - Benodigde warmtetransportleidingen bij toepassing restwarmte (optie 2)

Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Dordrecht	Breda	23-35	400	60
Rotterdam regio		50-75	700	240
Rotterdam	Den Haag	18-28	700	250
Amsterdam regio		16-23	700	260
Alkmaar	Amsterdam	25-37	500	130
Purmerend	Amsterdam	15-23	500	130
Land van Cuijk	Nijmegen	9-13	400	60
Ede	Arnhem	19-29	350	50
Delfzijl	Groningen	25-37	450	80

### Opslag en conversie

De bovenregionale warmte-infrastructuren bevatten geen thermische opslagsystemen. Thermische opslagsystemen zoals HT-ATES<sup>46</sup> zullen lokaal worden toegepast bij de warmtevoorziening van een warmtenet.

## 4.11 Maximale elektrificatie

Bij deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de effecten van maximale elektrificatie op de productie van energie, benodigde opslag, de totale energievraag en infrastructuur. Het is vanwege de restricties van de scenario's (zie paragraaf 3.11) niet mogelijk om de effecten van maximale elektrificatie kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden de mogelijke effecten kwalitatief besproken.

### Vraag

Bij maximale elektrificatie verandert de finale energievraag niet, deze wordt alleen ingevuld met een andere bron. Het heeft wel effect op de primaire energievraag. Om te bepalen wat de impact van elektrificatie is op de primaire energievraag is de volgende vraag relevant:

*Wat is het verschil in efficiëntie tussen het direct gebruiken en het eerst omzetten naar elektriciteit van geïmporteerd (waterstof)gas?*

#### Primair en finaal energiegebruik

Primair energiegebruik is de energie die nodig is aan de bron om energie bruikbaar in te kunnen zetten. Finaal energiegebruik is eindverbruik van energiedragers waarbij de energie-inhoud wordt benut. Als elektriciteit geproduceerd wordt uit zon en wind is de primaire energie gelijk aan de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit. Als elektriciteit geproduceerd wordt met waterstofcentrales is dit niet het geval, aangezien bij dit proces energieverliezen plaatsvinden. De primaire energie is dan gelijk aan de energie-inhoud van de waterstof (of van wind- of zonne-energie als deze waterstof geproduceerd is met elektrolyse van hernieuwbare elektriciteit).

Doordat elektrische installaties in het algemeen efficiënter zijn dan bijvoorbeeld gasinstallaties ligt de primaire energievraag bij elektrificatie naar verwachting iets lager bij maximale elektrificatie. Ook de bron is bepalend voor de omvang van conversieverliezen. Bij de productie van waterstof uit elektriciteit, wat in regelbare centrales ingezet kan worden als bron, vinden conversieverliezen plaats. Bij productie van elektriciteit met behulp van windturbines en zonnepanelen zijn er geen conversieverliezen. De primaire

<sup>46</sup> High Temperature Aquifer Thermal Energy Storage. Bij deze techniek wordt warmte opgeslagen in de ondergrond.

energievraag is fors hoger dan de te benutten energie in de vorm van elektriciteit bij productie van elektriciteit met behulp van regelbare centrales. Daarom moet een tweede vraag gesteld worden:

*Hoeveel extra vraag wordt ingevuld met duurzame opwek en hoeveel met regelbare centrales?*

#### Productie (+import)

Om aan de extra elektriciteitsvraag bij maximale elektrificatie te voldoen is extra elektriciteitsproductie noodzakelijk. Deze productie kan ingevuld worden met extra windturbines en zonnepanelen, maar ook met extra inzet van regelbare centrales. Doordat bij meer elektrificatie de piekvraag toeneemt, is het aanmerkelijk dat meer vermogen aan regelbare centrales noodzakelijk is, ook indien er extra windturbines en zonnepanelen geplaatst worden. Regelbare centrales vormen de back-up van windturbines en zonnepanelen op momenten met weinig wind en zon.

Door maximale elektrificatie is minder productie of import van andere energiedragers, zoals waterstof en groengas, noodzakelijk als deze extra elektriciteitsvraag wordt ingevuld met extra windturbines en zonnepanelen. Dit is echter niet per sé het geval als de extra elektriciteitsvraag (gedeeltelijk) ingevuld wordt met regelbare centrales (en niet flexibel wordt ingevuld). Dan is extra waterstof en groengas nodig voor de productie van elektriciteit. Het is afhankelijk van de efficiëntie van de toepassing in de industrie (ten opzichte van de efficiëntie van een regelbare centrale) of elektrificatie in dat geval tot een hogere of lagere primaire energievraag leidt.

#### Opslag

Opslag van elektriciteit is noodzakelijk om vraag en aanbod van elektriciteit te balanceren. Alleen extra elektriciteitsvraag leidt niet per sé tot een grotere behoefte aan opslag, dit hangt af van hoe deze vraag ingevuld wordt. Indien de extra vraag ingevuld wordt met wind en zon is er vermoedelijk wel extra opslag door middel van batterijen noodzakelijk. Extra inzet van batterijen leidt tot een grotere benodigde hoeveelheid primaire energie vanwege verliezen bij laden en ontladen. Indien deze extra vraag ingevuld wordt met regelbare centrales vermoedelijk niet. In deze situatie zou wel sprake kunnen zijn van een additionele behoefte aan opslag van waterstof/groengas.

#### Elektriciteitsinfrastructuur

Het is niet eenduidig te zeggen dat grotere vraag naar elektriciteit leidt tot meer belasting op het hoogspanningsnet. Dit is afhankelijk van hoe deze extra vraag wordt ingevuld. Enerzijds van de bron, maar ook van de locatie van de opwek. Indien de extra vraag en extra opwek op dezelfde locatie komen, bijvoorbeeld door extra elektrificatie in een industriecluster aan de kust in combinatie met extra aanlanding van windenergie op zee, leidt dit niet tot extra investeringen in de hoogspanningsinfrastructuur (met uitzondering van de aansluiting van de extra vraag en extra productie). Het kan zelfs zo zijn dat extra vraag knelpunten op het hoogspanningsnet vermindert aangezien er minder lokale overschotten afgevoerd hoeven te worden. Op momenten dat er geen productie is van windenergie op zee moet de additionele vraag ingevuld worden met regelbare centrales. In sommige industrieclusters kan deze additionele vraag ingevuld worden met lokale regelbare centrale. In andere gevallen moet hiervoor extra elektriciteit aangevoerd worden, waardoor knelpunten ook ernstiger kunnen worden.

Indien de additionele vraag en de extra productie geografisch ver uit elkaar liggen, dan leidt dit wel tot extra belasting op het elektriciteitsnet en is mogelijk wel extra infrastructuur noodzakelijk.



Om een goede inschatting te kunnen maken van de impact op de elektriciteitsinfrastructuur zijn specifieke scenario's met en zonder maximale elektrificatie (en geen overige verschillen) en een integrale doorrekening van deze scenario's noodzakelijk.

#### Waterstofinfrastructuur

Maximale elektrificatie leidt vermoedelijk tot minder waterstofvraag bij eindgebruikers, maar mogelijk tot een hogere waterstofvraag bij elektriciteitscentrales. Door een groter aandeel wind en zon kunnen er ook extra overschotten ontstaan, die omgezet kunnen worden in waterstof. Dan ontstaat een hogere transportbehoefte van de elektrolyzers naar het Nationaal Waterstofnetwerk. De grootste belasting van het waterstofnetwerk wordt veroorzaakt door transport vanaf de opslag naar centrales. Het vergroten van de transportbehoefte naar regelbare centrales geeft mogelijk knelpunten in de aansluitleidingen naar de centrales en opslag. Ook ontstaan er mogelijk extra knelpunten op aanvoerleidingen vanaf elektrolyzers. Het is de verwachting dat er geen knelpunten ontstaan op het Nationaal Waterstofnetwerk aangezien deze voldoende capaciteit heeft.

### 4.12 Maximaal gebruik waterstof

Bij deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de effecten van maximaal gebruik van waterstof op de productie van energie, benodigde opslag, de totale energievraag en infrastructuur. Het is vanwege de restricties van de scenario's (zie paragraaf 3.12) niet mogelijk om deze effecten kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden de mogelijke effecten kwalitatief besproken.

#### Vraag

##### **Primair en finaal energiegebruik en waterstof**

Primair energiegebruik is de energie die nodig is aan de bron om energie bruikbaar in te kunnen zetten. Finaal energiegebruik is eindverbruik van energiedragers waarbij de energie-inhoud wordt benut. Waterstof is een energiedrager die, in een klimaatneutraal energiesysteem, voornamelijk gemaakt wordt uit elektriciteit uit wind of zon (primair). Waterstof is dus nooit primair. Wanneer elektriciteit of waterstof ingezet wordt voor eindgebruikers, wordt de effectieve energie finaal genoemd. Wanneer elektriciteit uit waterstof wordt gemaakt op momenten dat het niet waait of de zon niet schijnt, is de primaire energie 'elektriciteit uit zon/wind', waterstof is de vorm waarin die is opgeslagen.

De finale energievraag verandert niet door een maximaal gebruik van waterstof. Wanneer vooral ingezet wordt op waterstof als alternatief voor elektriciteit zal de primaire vraag waarschijnlijk iets groter zijn dan bij maximale elektrificatie. Dit komt omdat de meeste installaties op waterstof minder efficiënt zijn dan vergelijkbare installaties op elektriciteit. Een brandstofcel op waterstof die een elektromotor aandrijft is bijvoorbeeld aanzienlijk minder efficiënt dan de directe inzet van een batterijelektromotor. Hetzelfde geldt voor een hr-ketel ten opzichte van een warmtepomp. Waterstof kan in veel gevallen ingezet worden in bestaande processen ter vervanging van aardgas, met een vergelijkbare efficiëntie. Wanneer waterstof wordt ingezet als alternatief voor methaan, zal de primaire vraag daarom nagenoeg gelijk blijven.

Bij de productie van waterstof uit elektriciteit vinden conversieverliezen plaats. Vanwege deze oorzaken ligt de primaire energievraag bij maximaal gebruik van waterstof naar verwachting hoger dan bij maximale elektrificatie.

#### Productie (+import)

De productie en import van waterstof moet in een grotere primaire vraag voorzien dan in het geval van maximale elektrificatie. Dat betekent dat er in totaal meer energie - in Nederland of elders - nodig is om waterstof te produceren om vervolgens in te zetten voor bruikbare energie dan bij maximale elektrificatie. Waterstof wordt in Nederland naar verwachting voornamelijk geproduceerd middels elektrolyse uit hernieuwbare elektriciteit, met name windenergie. Dan is er meer windenergie nodig om in de vraag naar waterstof te voorzien. Omdat het om grote volumes gaat is het waarschijnlijk dat er een grotere capaciteit windenergie op zee nodig is. Daarnaast zijn er meer elektrolyzers nodig, mogelijk bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. De plaatsing van de elektrolyzers op zee in/bij de windturbines is een alternatief met een kleiner ruimtebeslag op land.

Een andere optie is extra import van waterstof. Als waterstof via havens wordt geïmporteerd is het waarschijnlijk dat hiervoor terminals nodig zijn. Waterstof kan op verschillende manieren via schepen geïmporteerd worden: vastgelegd in een Liquefied Organic Hydrogen Carrier (LOHC); opgenomen in een drager zoals ammoniak of methanol of in pure vorm en gekoeld tot -253 graden Celsius. In de haven zal dan ruimte gereserveerd moeten worden voor opslag; en afhankelijk van de vorm, voor 'dehydrogenation'. Dehydrogenation is het proces om waterstof van de drager te ontdoen. Dat is nodig om waterstof als zodanig in het waterstofnetwerk in te kunnen voeden.

#### Opslag

Bij een groot gebruik van waterstof wordt een deel van de waterstof direct ingezet, en een deel voor de levering van elektriciteit. Bij import van waterstof kan een groot deel van de waterstof direct gebruikt worden (afhankelijk van de flexibiliteit van de opslag in de haven bij de terminal) en is er niet per sé meer waterstofopslag noodzakelijk. Als er meer waterstof geproduceerd wordt uit hernieuwbare bronnen is er wel meer waterstofopslag nodig aangezien de productie dan minder goed gestuurd kan worden zodat deze op de vraag aansluit.

#### Waterstofinfrastructuur

Door een maximaal gebruik van waterstof kunnen er knelpunten ontstaan in de infrastructuur. Deze knelpunten treden met name op bij aanlandingslocaties en aftakkingen van het Nationaal Waterstofnetwerk. Voorbeelden zijn Maasvlakte-Wijngaarden en Vlissingen-Bergen op Zoom. Of verzwaring hier nodig is moet onderzocht worden. Waarschijnlijk is een eventuele verzwaring mogelijk binnen de huidige buisleidingstrook, en is daarom geen ruimtelijke reservering nodig.

#### Elektriciteitsinfrastructuur

Inzet op maximaal gebruik van waterstof zorgt ervoor dat er minder vraag is naar elektriciteit. Dit leidt niet per sé tot minder knelpunten bij de elektriciteitsinfrastructuur, dit is afhankelijk van hoe elektriciteit wordt opgewekt (zie ook paragraaf 4.11).

### 4.13 Gebruik groengas/methaan

Bij deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de effecten van grootschalig gebruik van groengas/methaan op de productie van energie, benodigde opslag, de totale energievraag en infrastructuur. Het is vanwege de restricties van de scenario's (zie paragraaf 3.13) niet mogelijk om deze effecten kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden de mogelijke effecten kwalitatief besproken.

### Vraag

Methaan is een primaire vorm van energie. Bij maximale toepassing van methaan is minder waterstof en elektriciteit nodig. Als er door toepassing van methaan minder waterstof wordt gebruikt leidt dit er mogelijk toe dat de primaire energievraag daalt, aangezien er geen conversieverliezen plaatsvinden doordat het een primaire vorm van energie is. Maar zelfs bij maximale toepassing van methaan is er nog een forse hoeveelheid elektrificatie en gebruik van waterstof.

### Productie (+import)

Voor de productie van groengas worden biomassa-reststromen ingezet in vergistings- of vergassingsprocessen. Deze productie kan in principe op veel plekken in Nederland. Op dit moment gebeurt dit met name verspreid over agrarische gebieden. Om in de vraag te voorzien van maximale inzet op groengas/methaan zoals in de scenario's Europese Sturing is productie op basis van in Nederland beschikbare biomassa-reststromen echter niet voldoende.

Groengas kan ook geïmporteerd worden uit andere Europese landen via het gasleidingennetwerk. Daarnaast kan het geïmporteerd worden in de vorm van bio-Ing via Ing-tankers. Daarvoor zijn Ing-terminals nodig in de havens. Mogelijk kan daarvoor gebruik worden gemaakt van bestaande en geplande Ing-terminals op de Maasvlakte en in de Eemshaven. Wanneer de vraag groter is dan de capaciteit van deze terminals, is verdere uitbreiding nodig. Een deel van de bio-Ing kan als zodanig ingezet worden (transportsector). Voor andere toepassingen (zoals nu aardgas ingezet wordt) wordt bio-Ing terug omgezet in gasvorm en vanuit de terminal aan het gasnet geleverd.

### Opslag

Er is sprake van een grote hoeveelheid import bij inzet op gebruik van methaan in 2050. Een deel van het methaan wordt, net als nu, opgeslagen in bestaande ondergrondse opslagen om op alle momenten van het jaar in de vraag te kunnen voorzien. Naast methaan wordt ook waterstof in aparte bergingen opgeslagen.

De totale hoeveelheid opslag is afhankelijk van de totale vraag en de manier waarop de vraag wordt ingevuld. De inzet op maximaal gebruik van methaan heeft waarschijnlijk niet een groot effect op de totale opslagbehoefte als methaan in plaats van waterstof toegepast wordt. Aan de ene kant is dan vermoedelijk meer methaanopslag nodig, maar aan de andere kant is er minder opslag van waterstof nodig.

Het belangrijkste effect van maximaal gebruik van methaan naast waterstof is het in gebruik houden van bestaande bergingen voor methaanopslag, die daarom niet beschikbaar komen voor de eventuele opslag van waterstof (de beschikbaarheid van methaanbergingen voor de opslag van waterstof moet nog onderzocht worden). Dat betekent dat meer waterstofopslag voor seizoensflexibiliteit, net als opslag voor dag-tot-dag-flexibiliteit, in zoutcavernes zal plaatsvinden of onderzoek naar de mogelijkheid van waterstofopslag in een leeg gasveld gedaan moet worden. Doordat er minder waterstof toegepast wordt is waarschijnlijk wel minder waterstofopslag nodig.

### Methaaninfrastructuur

In het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, waarbij ingezet wordt op maximale inzet van methaan, ontstaan knelpunten op het methaannetwerk bij de Maasvlakte, tussen Borssele/Sloegebied en Bergen op Zoom en bij de aansluiting van de Flevocentrale. In dit scenario is echter ook een groei van de industrie voorzien. Het is onzeker of de knelpunten op de Maasvlakte en tussen Borssele/Sloegebied en Bergen op

Zoom ontstaan als er geen groei van de industrie plaatsvindt. Daarnaast wordt zowel methaan als waterstof ingezet in de gebouwde omgeving in dit scenario.

Het Nederlandse gasnet is uitgerust voor de huidige methaanvraag, welke hoger is dan de verwachte vraag naar methaan in alle scenario's voor 2050. Maximaal gebruik van groengas zal dan ook alleen knelpunten geven wanneer:

- Er sprake is van waterstoftransport wat een (groot) deel van de capaciteit van het huidige aardgasnet gebruikt, of op plekken waar slechts één leiding loopt.
- De lokale productie van groengas hoger is dan de lokale vraag. In dat geval moet het overschot met groengasboosters naar hogeredruknetten gecomprimeerd worden. Dit gebeurt in eerste instantie vanuit het netwerk van de regionale netbeheerders naar het regionale transportleidingennet (RTL). Het RTL bevindt zich binnen de regio en wordt daarom niet meegenomen binnen het PEH. Maar wanneer vanuit het RTL methaan gecomprimeerd moet worden naar het HTL (hoofdtransportleiding-net) is wel ruimte nodig voor de compressie-units.

Ook bij een vergaand gebruik van methaan zal een deel van de vraag verder elektrificeren. Dat gebeurt nu al, en de verwachting is dan ook dat dit toeneemt. Een deel van die vraag wordt direct geleverd vanuit hernieuwbare opwek. Wanneer er geen wind of zon is, kunnen elektriciteitscentrales op methaan ingezet worden. In het huidige energiesysteem zijn de elektriciteitscentrales gedimensioneerd om altijd elektriciteit te kunnen leveren. In 2050, wanneer de vraag naar elektriciteit groter zal zijn, moeten die naar verwachting op momenten zonder wind en zon méér elektriciteit kunnen leveren dan nu het geval is. Sommige aansluitingen naar centrales zullen dan niet voldoende van omvang zijn.

#### Waterstofinfrastructuur

Er wordt ervan uitgegaan dat in alle scenario's geen nieuwe uitbreidingen nodig zijn voor het landelijke waterstoftransportnetwerk van 2050, aangezien de capaciteit hiervoor voldoende is.

De inzet van methaan, naast waterstof, kan wel impact hebben op aansluitingen. Waar zowel methaan als waterstof ingezet worden, moet een dubbele aansluiting gelegd worden. Dit is relevant voor afname van beide gassen in de industrie. Daarnaast moeten meer onderdelen van de infrastructuur van het aardgasnet in gebruik blijven als gevolg van het inzetten van zowel methaan als waterstof. Het gaat dan om het in bedrijf houden van aparte compressoren voor beide gassen.

## A. Oplossingsrichtingen elektriciteit

Binnen de IEA voor het PEH moeten oplossingsrichtingen bepaald worden voor knelpunten in de infrastructuur, zowel voor robuuste knelpunten als voor knelpunten die voortkomen uit bepaalde structuurkeuzes.

Het bepalen van oplossingsrichtingen voor knelpunten op het hoogspanningsnet is een complex en casusafhankelijk proces. Het is voor het PEH echter niet mogelijk om elk afzonderlijk knelpunt uitgebreid te analyseren. Om toch een grove inschatting te kunnen maken van de benodigde ruimte voor energieinfrastructuur zijn er in samenspraak met TenneT versimpelde stelregels opgesteld voor de oplossingsrichtingen voor knelpunten.

In deze analyse worden geen non-infra-oplossingen genomen, zoals andere marktordering of andere inzet van flex. Deze kunnen in de toekomst ook mogelijk een deel van de geïdentificeerde knelpunten oplossen, waardoor een deel van de ruimte die wij noodzakelijk achten voor nieuwe hoogspanningsinfrastructuur toch niet gebruikt hoeft te worden.

De ruimtelijke impact van de oplossingsrichtingen wordt behandeld in Bijlagen XIa *Beoordeling Milieu & Ruimte robuuste knelpunten 2050* en XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes 2050*.

### Scope

Voor hoogspanningsinfrastructuur worden zowel verbindingen als stations beschouwd.

Bij de verbindingen wordt onderscheid gemaakt naar de verschillende spanningsniveaus van het hoogspanningsnet, dus 380 kV, 220 kV, 150 kV en 110 kV. De oplossingsrichtingen, de kosten en het ruimtebeslag kunnen namelijk verschillen per spanningsniveau.

Hoogspanningsstations kunnen uit verschillende componenten bestaan:

- transformatoren om de elektriciteit om te zetten naar een ander spanningsniveau (bijv. van 380 kV naar 150 kV);
- velden om afnemers of producenten aan te sluiten of om verbindingen aan te sluiten;
- overige elektrotechnische componenten, zoals rails.

Er wordt geanalyseerd hoeveel nieuwe transformatoren nodig zijn en hoeveel extra nieuwe velden geplaatst moeten worden voor het aansluiten van nieuwe afnemers, producenten of verbindingen. Hierbij wordt ook weer onderscheid gemaakt naar spanningsniveau. Bij 380kV- en 220kV-stations worden individuele stations geanalyseerd. Bij 150kV- en 110kV- stations wordt alleen geanalyseerd hoeveel ruimte in totaal nodig is voor nieuwe componenten, aangezien het aantal stations hier te groot is voor individuele analyses.

### Verbindingen en transformatoren

De netbeheerders hebben in hun doorrekening bepaald op welke plekken in het hoogspanningsnet knelpunten plaatsvinden doordat niet alle energie getransporteerd kan worden van de productielocatie naar de afnemer. Voor elk knelpunt is een oplossing noodzakelijk. Het is echter niet zo dat elke oplossing van knelpunten een (aanzienlijke) ruimtelijke impact heeft.

Grofweg zijn er de volgende oplossingen:

- **Redispatch.** Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.
- **Verzwarende verbindingen.** Bij verzwarende worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar 4kA-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties. Er wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzwaard worden door inzet van 4kA-geleiders richting 2050. Dit is conform de plannen van TenneT.
- **Nieuwe infrastructuur.** Alleen als een forse hoeveelheid energie op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (en de ENT dus hoog is) zijn infrastructuraanpassingen met aanzienlijke ruimtelijke impact noodzakelijk. De volgende vormen van nieuwe infrastructuur worden onderscheiden:
  - **Nieuwe verbinding.** Als er een ernstig knelpunt optreedt op 380kV-verbindingen kan een nieuwe verbinding worden aangelegd. Dit kan parallel aan de bestaande verbinding, maar ook via een nieuw tracé.
  - **Opwaarderen verbinding.** Indien er een ernstig knelpunt optreedt bij 220kV-verbindingen kan het een optie zijn om deze te vervangen door 380kV-verbindingen.
  - **Nieuwe trafo.** Indien er een ernstig knelpunt optreedt op transformatoren moet een nieuwe trafo geplaatst worden. Nieuwe transformatoren kunnen op bestaande stations geplaatst worden indien hier ruimte voor is. Anders moet een nieuw station ontwikkeld worden. Er kunnen maximaal vier transformatoren op één station geplaatst worden. Bij 380kV-stations zijn dit 500 MW transformatoren, bij 220kV-stations 380 MW.
  - **Implementeren (kleinere) pockets<sup>47</sup>.** Indien er knelpunten op 150kV- of 110kV-verbindingen optreden kunnen pockets ingesteld worden<sup>48</sup>. Indien er al pockets zijn kunnen de bestaande pockets 'opgeknip' worden in kleinere pockets. Er kan ongeveer 1 GW vraag en 1,5 GW opwek binnen een pocket aangesloten worden.

#### *Categorisatie knelpunten*

Elk knelpunt krijgt een classificatie om te bepalen hoe groot het risico op een ruimtelijke ingreep is. Deze classificatie is gebaseerd op de hoeveelheid energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (ENT)<sup>49</sup>. De verschillende classificaties worden in de figuren aangegeven met kleuren.

<sup>47</sup> In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

<sup>48</sup> Dit is alleen het geval in de kop van Noord-Holland en rondom Rotterdam. Ten tijde van het opstellen van het netmodel was het nog onduidelijk hoe de pocketstructuur in die regio's eruit moest gaan zien. Doordat de pocketstructuur in die regio's nog niet meegenomen is zie je daar in de verschillende scenario's veel knelpunten op het 150kV-net. Het is de verwachting van TenneT dat hier wel pockets gaan komen.

<sup>49</sup> Hierbij wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen uitgerust zijn met 4kA-geleiders (zie vorige voetnoot). Dit heeft effect op de capaciteit van de verbindingen en op die manier op de hoeveelheid energie die niet getransporteerd kan worden.

De volgende classificaties worden gehanteerd:

- **Geen knelpunt (groen).** Op elk moment van het jaar kan alle elektriciteit getransporteerd worden. Er is dus geen oplossing nodig.
- **Licht knelpunt (geel).** Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan hoogstwaarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Middelgroot knelpunt (oranje).** Op enkele momenten in het jaar kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Maar dit kan waarschijnlijk opgelost worden zonder ruimtelijke ingreep.
- **Zwaar knelpunt (rood).** Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is waarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.
- **Zeer zwaar knelpunt (paars).** Regelmatig kan niet alle elektriciteit getransporteerd worden. Hiervoor is hoogstwaarschijnlijk een ruimtelijke ingreep noodzakelijk.

Hieronder staat een overzicht van de oplossingsrichtingen per type knelpunt dat wordt aangenomen. Er wordt dus aangenomen dat er bij 'Zware' en 'Zeer zware' knelpunten altijd nieuwe infrastructuur nodig is. Bij 'lichte' en 'middelgrote' knelpunten wordt aangenomen dat dit altijd met redispatch opgelost kan worden. In de praktijk is dit minder zwart-wit en kan er bijvoorbeeld in sommige gevallen bij 'middelgrote' knelpunten wel nieuwe infra nodig zijn en in andere gevallen bij 'zware' knelpunten niet. Zoals eerder gemeld wordt aangenomen dat alle 380kV-verbindingen verzaamd worden met 4kA-geleiders.

Tabel 4.38 - Oplossing knelpunten hoogspanning

Ernst van knelpunt	Oplossingsrichtingen	
	Redispatch	Nieuwe infrastructuur
Geen	-	-
Licht	X	
Middelgroot	X	
Zwaar		X
Zeer Zwaar		X

#### Grenzen categorieën

Hieronder staat een overzicht van de grenzen die gehanteerd worden voor de categorieën. Bij stations worden drie categorieën (geen, licht, zwaar) gehanteerd.

Tabel 4.39 - Grenzen categorieën

Ernst van knelpunt	Verbindingen		Stations		Eenheid
	380/220 kV	150/110 kV	380/220 kV	150/110 kV	
Geen	0	0	0	Niet individueel bekeken	TWh ENT
Licht	0-0,1	0-0,05	Tussen 0 en 0,1		
Middelgroot	0,1-0,5	0,05-0,1			
Zwaar	0,5-1	0,1-0,5	>0,1		
Zeer Zwaar	>1	>0,5			

#### Nieuwe velden

Naast nieuwe transformatoren zijn er ook extra velden nodig voor het aansluiten van grote opwek of vraag. De volgende categorieën worden potentieel aangesloten op 380kV- of 220kV-stations:

- windenergie op zee;
- elektrolysers;
- batterijen;
- regelbare centrales;
- grootschalige wind op land/zonnevelden;
- power-to-heat/elektrificatie industrie.

Om te bepalen hoeveel extra velden nodig zijn, is er per locatie gekeken hoeveel vermogen erbij komt voor deze bovenstaande categorieën. Op basis van het additionele vermogen dat per locatie aangesloten moet worden, wordt bepaald hoeveel extra velden noodzakelijk zijn. Er kan maximaal 1 GW vraag óf aanbod aangesloten worden per veld. Per station kan maximaal 6 GW opwek en 3 GW vraag aangesloten worden.

## B. Oplossingsrichtingen waterstof

Voor knelpunten in aansluitleidingen gelden de volgende globale oplossingsrichtingen:

1. In enkele gevallen gaat het om een kort stuk leiding met een kleine diameter, dat onderdeel is van een doorgaande leiding. In dat geval kan, afhankelijk van de specifieke setting, operationeel een oplossing gezocht worden. Dit geldt als de overschrijding niet groot is.
2. (Andere) keuzes maken tussen methaan of waterstof in onderdelen van het H-gas- of L-gasnetwerk. In sommige tracés zijn meerdere leidingen aanwezig, die afzonderlijk ingezet kunnen worden voor waterstof of methaan. Op dit moment is in het model de verdeling als volgt: H-gasleidingen worden ingezet voor waterstof, L-gasleidingen voor methaan. Een herverdeling op basis van capaciteit en transportvraag kan knelpunten verhelpen.
3. Wanneer het gaat om een grote centrale die een kleinere centrale vervangt met een enkele aansluiting, is in de meeste gevallen een verzwaring van de aansluitleiding nodig.



# BIJLAGE IX Beoordeling systeemefficiëntie

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief

02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers

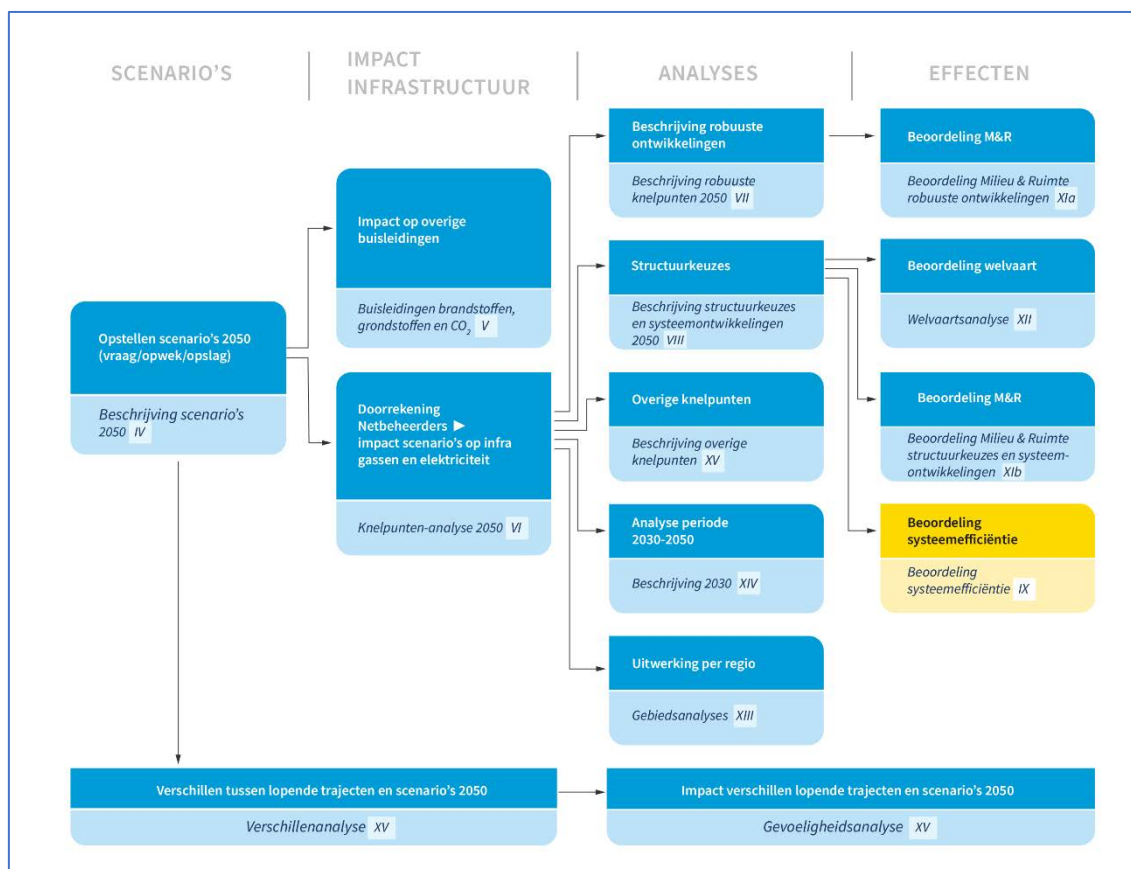
## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

Deze Bijlage IX, *Beoordeling systeemefficiëntie*, bevat de beoordeling van de structuurkeuzes voor het thema Systeemefficiëntie. Hiervoor wordt de uitwerking van de structuurkeuzes, in Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*, gebruikt. Hiermee geeft deze bijlage inzicht in de effecten van de verschillende structuurkeuzes (helemaal rechts in Figuur 0-1). De overige effecten van de structuurkeuzes zijn te vinden in Bijlage XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes en systeemontwikkelingen* en Bijlage XII *Welvaartsanalyse*.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>3</b>
1.1	Inleiding	3
1.2	Beoordelingscriteria	3
1.3	Beoordeling	4
<b>2</b>	<b>Overzicht structuurkeuzes</b>	<b>4</b>
2.1	Aanlanding windenergie op zee, kust of diep	4
2.2	Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid	5
2.3	Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering	7
2.4	Locaties clusters van elektrolyzers	8
2.5	Spreiding of clustering regelbare centrales	9
2.6	Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden	10
2.7	Toepassing kernenergie	11
2.8	Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import	12
2.9	Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland	14
2.10	Geothermie of restwarmte?	15
2.11	Maximale elektrificatie	16
2.12	Maximaal gebruik waterstof	17
2.13	Gebruik groengas/methaan	17
<b>3</b>	<b>Beoordeling</b>	<b>18</b>
3.1	Structuurkeuze 1: Aanlanding windenergie op zee, kust of diep	18
3.2	Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid	19
3.3	Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering	20
3.4	Structuurkeuze 4: Locaties clusters van elektrolyzers	21
3.5	Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales	23
3.6	Structuurkeuze 6: Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden	25
3.7	Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie	26
3.8	Structuurkeuze 8: Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import	29
3.9	Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland	30
3.10	Structuurkeuze 10: geothermie of restwarmte?	31
3.11	Systeemontwikkeling 11: Maximale elektrificatie	32
3.12	Systeemontwikkeling 12: Maximaal gebruik waterstof	32
3.13	Systeemontwikkeling 13: Gebruik groengas/methaan	32

# 1 Introductie

## 1.1 Inleiding

Een van de thema's van de beoordeling is *Systeemefficiëntie*. In het toekomstige energiesysteem speelt het afstemmen van vraag en aanbod en opslag van energie een belangrijke rol in de efficiëntie van dit systeem. Daarom wordt dit thema uitgewerkt voor de structuurkeuzes. Voor de systeemontwikkelingen (11 t/m 13) is onvoldoende data beschikbaar voor een beoordeling op systeemefficiëntie.

De omschrijving van de structuurkeuzes is te vinden in hoofdstuk 2. De volledige technische uitwerking van de structuurkeuzes is te vinden in de Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*.

## 1.2 Beoordelingscriteria

Het gaat bij systeemefficiëntie om het zo goed mogelijk afstemmen van vraag en aanbod van energie, zowel in tijd, hoedanigheid (energiedrager) en in de ruimte, het zo efficiënt mogelijk omgaan met energie en de robuustheid van het energiesysteem. Op deze criteria worden de structuurkeuzes beoordeeld. De diverse vormen van energie worden beschouwd: elektriciteit, waterstof, methaan en voor zover relevant ook warmte. Hieronder volgt een toelichting op de verschillende beoordelingscriteria.

### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Er is flexibiliteit in het energiesysteem nodig om vraag en aanbod van energie in de tijd met elkaar af te stemmen. Het toekomstige energieaanbod in de vorm van elektriciteit is minder constant dan dat van vandaag en daardoor groeit de behoefte naar flexibiliteit. Deze flexibiliteit kan geleverd worden door energieopslag, conversie, uitwisseling van energie met het buitenland en vraagsturing<sup>1</sup>. Het verschil per energiebron hoeveel flexibiliteit nodig is, uitgaande van een gegeven vraag. Voor de beoordeling van dit criterium wordt bepaald voor de structuurkeuzes hoeveel opslag en conversie noodzakelijk is om vraag en aanbod op elk moment in het jaar te matchen. Dit volgt uit de doorrekeningen van de netbeheerders.

### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Energie moet vanaf de productielocaties naar de vraaglocaties getransporteerd worden. Hier is energie-infrastructuur voor nodig. Voor de beoordeling van dit criterium worden de effecten van de structuurkeuzes op de benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur bepaald. Hiervoor is het van belang of aanbod en vraag dichtbij elkaar geplaatst worden waardoor minder transport van energie en minder energie-infrastructuur noodzakelijk is. Daarnaast is de bestaande energie-infrastructuur van belang, aangezien niet overal in Nederland evenveel transportcapaciteit aanwezig is.

### Energieverliezen

Bij conversie, opslag en transport van energie vinden energieverliezen plaats. Hierdoor is er in totaal meer energieproductie noodzakelijk om aan een bepaalde vraag te voldoen. Ook dit wordt meegenomen mee in de beoordeling.

<sup>1</sup> Vraagsturing kan ook gebruikt worden om vraag en aanbod te matchen. Dit wordt meegenomen in de scenario's, maar varieert niet tussen de opties van de structuurkeuzes. Aangezien er alleen gekeken wordt naar verschillen tussen opties van structuurkeuzes is het niet relevant voor de beoordeling systeemefficiëntie.

### Leveringszekerheid

Onder leveringszekerheid wordt de mate waarin afnemers verzekerd zijn van levering van energie op elk moment in het jaar verstaan<sup>2</sup>. Er wordt een kwalitatieve beschouwing van het effect van de opties van structuurkeuzes op de robuustheid van het energiesysteem en de leveringszekerheid in het geval van calamiteiten gedaan.

## 1.3 Beoordeling

Er volgt geen absolute beoordeling van de structuurkeuzes op het gebied van systeemefficiëntie, aangezien de meeste structuurkeuzes slechts toepassing hebben op een klein deel van het energiesysteem en het daardoor lastig is om absoluut gezien iets over de systeemefficiëntie te zeggen. In plaats daarvan wordt het effect van de twee opties op de systeemefficiëntie van het totale energiesysteem vergeleken. De twee opties worden dus ten opzichte van elkaar beoordeeld, het gaat dus om de marginale effecten. Dit gebeurt voor elk van de vier beoordelingscriteria. Er volgt geen totaalbeoordeling op basis van de beoordelingen van de vier beoordelingscriteria, aangezien het niet mogelijk is om de verschillende beoordelingscriteria tegen elkaar af te wegen.

De Tabel 1-1 geeft een overzicht van de mogelijke beoordelingen.

Tabel 1-1 - Illustratie mogelijke beoordelingen

Optie 1	Optie 2	Toelichting
		Optie 1 scoort licht beter dan optie 2
		Optie 2 scoort licht beter dan optie 1
		Optie 1 scoort significant beter dan optie 2
		Optie 2 scoort significant beter dan optie 1
		Er is geen verschil tussen beide opties

Als het mogelijk is wordt kwantitatieve onderbouwing van de beoordeling gegeven. Maar dit is niet in alle gevallen noodzakelijk. Als dit niet mogelijk is worden de effecten kwalitatief besproken en wordt de beoordeling gebaseerd op expert judgment.

## 2 Overzicht structuurkeuzes

### 2.1 Aanlanding windenergie op zee, kust of diep

#### Toelichting

In de toekomst wordt een groot deel van de elektriciteit opgewekt door windparken op de Noordzee. Al deze windstroom moet van de aanlandingslocaties naar de vraaglocaties getransporteerd worden. Dit heeft een grote impact heeft op het hoogspanningsnet aangezien er veel elektriciteit van de kust naar het binnenland getransporteerd moet worden. Deze elektriciteit kan getransporteerd worden via het reguliere hoogspanningsnet, maar het is ook mogelijk om een directe HVDC-verbinding<sup>3</sup> naar een hoogspanningsstation in het binnenland te trekken. Dit wordt diepe aanlanding genoemd. Bij deze structuurkeuze wordt aanlanding aan de kust vergeleken met diepe aanlanding. Hierbij wordt alleen gekeken naar het gedeelte van de windenergie die aanlandt in de vorm van elektronen.

<sup>2</sup> Er wordt niet gekeken naar de voorzieningszekerheid. Onder voorzieningszekerheid valt of er ook op de lange termijn voldoende energie beschikbaar is in Nederland.

<sup>3</sup> HVDC staat voor High Voltage Direct Current; het betreft hier een gelijkstroom hoogspanningsverbinding.

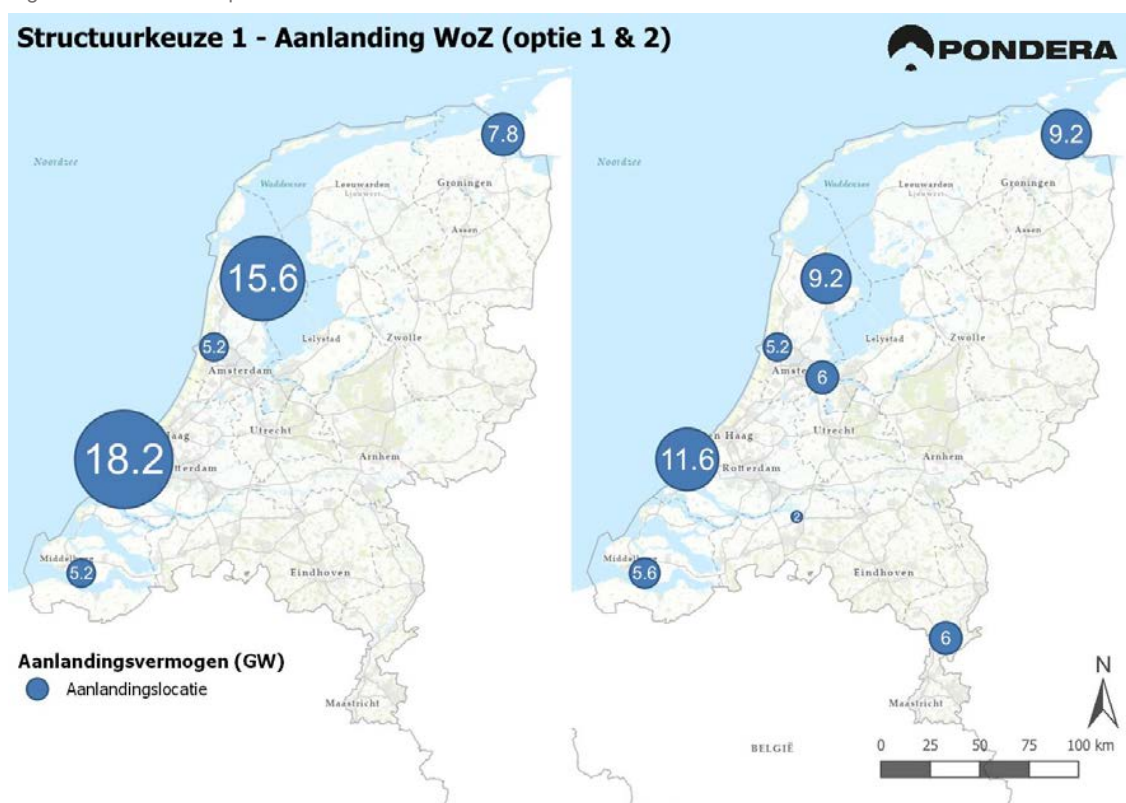
Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing. In het scenario Nationale Sturing landt 52 GW windenergie op zee elektrisch aan. Dit is het scenario met de grootste hoeveelheid windenergie op zee, wat betekent dat hier de grootste problemen ontstaan door transport van elektriciteit van de kust naar het binnenland.

**Opties**

De twee opties bij deze structuurkeuze zijn:

- Optie 1: Alle (elektrische) aanlanding van windenergie op zee vindt plaats aan de kust. De verdeling over de kustlocaties is gebaseerd op de aannames van I13050 (Netbeheer Nederland, 2021).
- Optie 2: Een deel van de windstroom van de Noordzee landt aan in het binnenland, bij Diemen (6 GW, in plaats van Middenmeer of Den Helder) en bij Maasbracht (6 GW, in plaats van Maasvlakte). De rest van de windstroom landt nog steeds aan bij de kust.

Figuur 2-1 - Illustratie opties structuurkeuze 1



**2.2 Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid**

**Toelichting**

In I13050 zijn zes locaties aan de kust meegenomen voor de aanlanding van windenergie op zee. In elk scenario is dezelfde relatieve verdeling meegenomen over deze aanlandingslocaties. Bij deze verdeling landt het grootste gedeelte van de energie aan in Noord- en Zuid-Holland, aangezien de elektriciteitsvraag daar het hoogste is. Zo kan een groter gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt worden en is er in totaal minder transport nodig van elektriciteit.

Dit is echter niet de enige denkbare verdeling. Een andere mogelijkheid is om de verdeling te baseren op de beschikbare transportcapaciteit op het 380kV-net. Bij deze verdeling wordt nog steeds een groot gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt, maar worden de overschotten van elektriciteit anders verdeeld over de aanlandingslocaties zodat deze beter aansluiten bij de beschikbare afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet. Bij deze verdeling zal een groter gedeelte van de windstroom aanlanden in Zeeland en bij de Eemshaven in Groningen. Deze verdeling is gebaseerd op het 32 GW-scenario van de studie *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040* (Guidehouse, Berenschot, 2021). Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing. In dit scenario landt 30 GW windenergie op zee elektrisch aan.

### Opties

De twee opties bij deze structuurkeuze zijn:

- Optie 1: Aanlanding dichtbij vraag, conform de verdeling van I13050. Bij deze verdeling landt een groot deel van de energie aan op de Maasvlakte en in Noord-Holland. De aanlanding in Groningen en Zeeland is relatief beperkt.
- Optie 2: Aanlanding van 30 GW op basis van beschikbare transportcapaciteit. Dit is gebaseerd op de verdeling van het 32 GW-scenario van de studie *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*. Bij deze verdeling is gezocht naar een optimale verdeling over de aanlandingspunten aan de kust vanuit netperspectief. Hier landt een stuk minder aan in Noord-Holland en fors meer in Groningen en Zeeland.

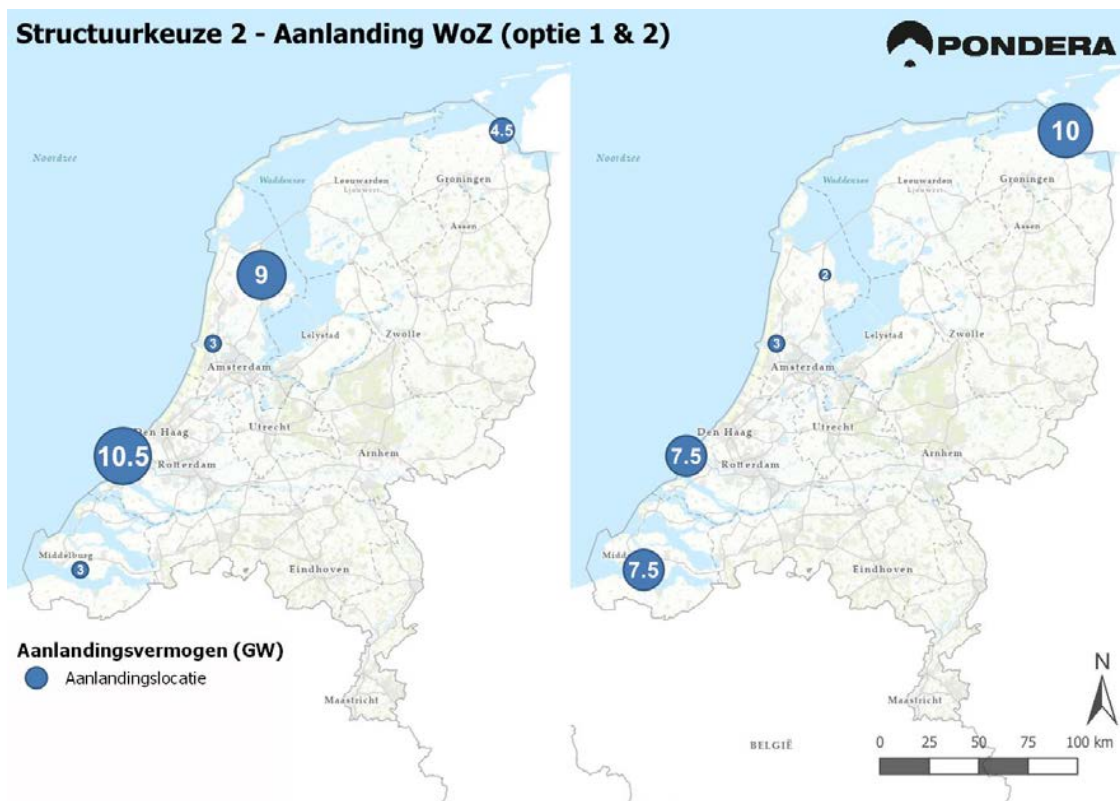
Tabel 2-1 geeft een overzicht van de verdeling over de aanlandingslocaties bij beide opties.

Tabel 2-1 - Verdeling aanlandingslocaties opties structuurkeuze

Aanlandingslocatie	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit
Middenmeer/Den Helder	9 GW	2 GW
Beverwijk	3 GW	3 GW
Maasvlakte	10,5 GW	7,5 GW
Borssele/Slogebied	3 GW	7,5 GW
Eemshaven	4,5 GW	10 GW



Figuur 2-2 - Illustratie opties structuurkeuze 2



### 2.3 Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering

#### Toelichting

Tot 2030 worden de locaties van hernieuwbare opwek op land bepaald in de RES'en. Na 2030 is er voor sommige scenario's nog een aanzienlijke additionele opgave voor hernieuwbare opwek op land. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar verschillende manieren om deze extra opgave voor hernieuwbare opwek op land te plaatsen, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties.

Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing. In het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing is clustering van hernieuwbare opwek op land meegenomen op de volgende vijf locaties:

- Kop van Noord-Holland;
- Zeeland;
- Noordoost Nederland;
- Flevoland;
- De Peel.

De vijf clusters zijn gekozen op basis van verschillende criteria zoals ondergrond, windsnelheid en nabijheid elektriciteitsvraag (meer hierover in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*).

De volledige opgave na 2030, voor zowel wind op land als zon op veld, wordt in deze clusters geplaatst.

Bij het scenario Nationale Sturing gaat dit om een opgave van 11 GW na 2030 voor wind op land, 9 GW is reeds verdeeld in de RES. Voor zon op veld gaat het om 48 GW in totaal in 2050, waarvan 18 GW die reeds verdeeld is in de RES.

### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

- Optie 1: Verspreiding van de additionele opgave over het hele land op basis van beschikbare ruimte. Dit komt overeen met de ruimtelijke invulling van I13050.
- Optie 2: Clustering van de additionele opgave in vijf clusters. De volledige opgave na 2030 komt in deze clusters terecht, zowel voor zon op veld als voor wind op land. De verdeling van de opgave over deze vijf clusters is afhankelijk van de beschikbare ruimte.

## 2.4 Locaties clusters van elektrolyzers

### Toelichting

In deze structuurkeuze wordt gekeken naar locaties voor clusters van elektrolyzers op land<sup>4</sup>. In de modellering die is gehanteerd (conform I13050) wordt waterstof op land geproduceerd uit overschotten van elektriciteit, dus wanneer het totale aanbod van elektriciteit groter is dan de vraag<sup>5</sup>. Elektrolyzers worden dus ingezet als flexibiliteitsmiddelen om het elektriciteitsnet te ontzien en om waterstof te produceren, onder andere voor de industrie.

Voor een efficiënt energiesysteem kan het nuttig zijn om elektrolyzers te plaatsen op locaties waar veel elektriciteitsoverschotten plaatsvinden, dus bijvoorbeeld bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. Op deze manier worden de overschotten gelijk omgezet in waterstof en hoeven ze niet getransporteerd te worden via het hoogspanningsnet. Wel heb je dan transport van waterstof nodig van de aanlandingslocaties richting afnemers. Het kan daarom ook efficiënt zijn om de elektrolyzers bij grote industriële afnemers van waterstof te plaatsen. In dat geval is er meer transport van elektriciteit nodig, maar is geen waterstoftransport noodzakelijk.

Deze twee potentiële interessante locaties voor waterstof worden tegen elkaar afgezet in deze structuurkeuze. Er wordt gekeken voor beide opties naar grote clusters van elektrolyzers. Beide opties zijn uitgewerkt voor een ander scenario. Clustering bij aanlandingslocaties is uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing, met 37 GW aan elektrolyzers. Clustering bij grote industriële afnemers zijn uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing, met 14 GW aan elektrolyzers. De effecten van beide opties zijn daarom niet direct vergelijkbaar. Daarom zijn de resultaten genormaliseerd.

<sup>4</sup> Bij de uitwerking van de structuurkeuze is ook kort het effect van spreiding van elektrolyzers over het hele land in plaats van clustering op enkele geschikte locaties besproken, maar deze optie wordt niet expliciet bekeken binnen deze structuurkeuze.

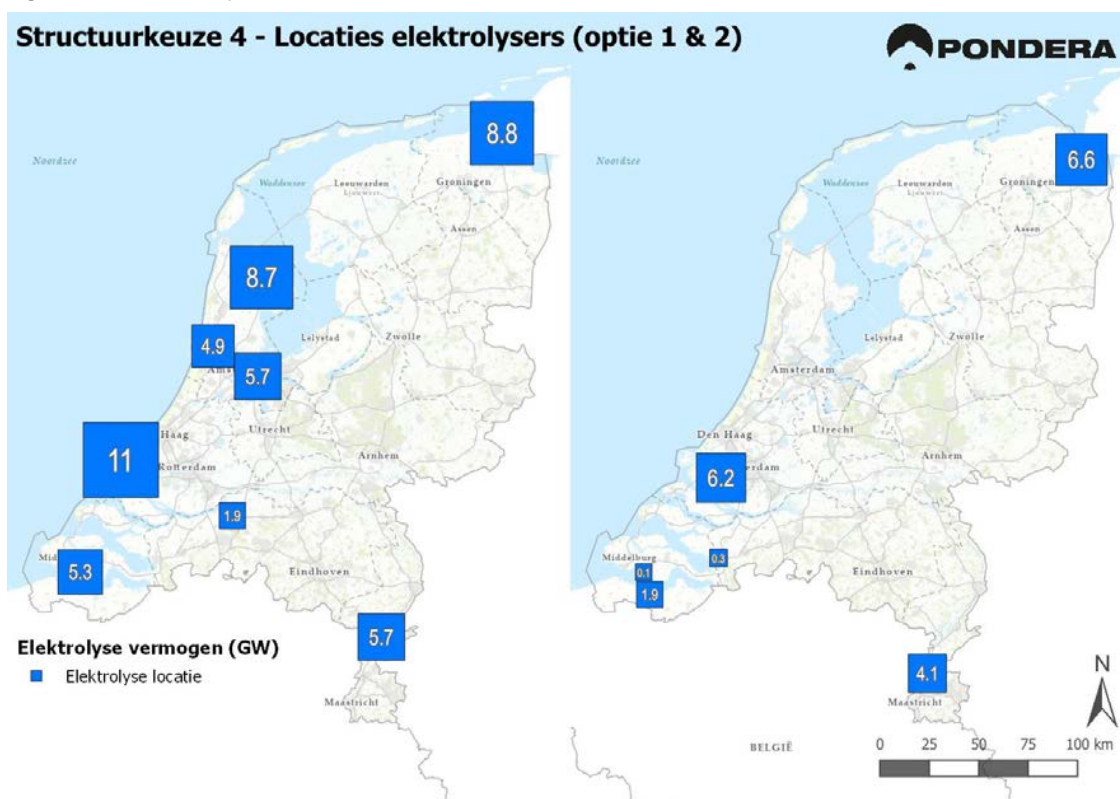
<sup>5</sup> Er zijn ook andere configuraties denkbaar. Bijvoorbeeld een directe koppeling van een elektrolyser met een windpark op zee, waarbij de volledige productie van dat windpark gebruikt wordt voor de productie van waterstof. Het is de verwachting dat bij zo'n configuratie elektrolyse vooral op zee plaats zal vinden. Op land zullen elektrolyzers in 2050 naar verwachting vooral zullen draaien op momenten van overschotten. Anders moeten extra waterstofcentrales gaan draaien om de additionele vraag van elektrolyzers op te vangen, wat vanuit zowel een economisch als een systeem perspectief inefficiënt is.

**Opties**

De twee opties bij deze structuurkeuze zijn:

- Optie 1: Clustering van elektrolyzers bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee. De verdeling van de elektrolyzers over de aanlandingslocaties is evenredig met het vermogen aan windenergie op zee dat elektrisch aanlandt.
- Optie 2: Clustering van elektrolyzers bij grote industriële afnemers. De verdeling van de elektrolyzers over de industriële locaties is evenredig met de waterstofvraag per locatie (conform gevoeligheidsanalyse 6 van I13050 (Netbeheer Nederland, 2021)).

Figuur 2-3 - Illustratie opties structuurkeuze 4



**2.5 Spreiding of clustering regelbare centrales**

**Toelichting**

In 2050 is er fors meer vermogen aan regelbaar centrales nodig. Dit komt doordat de vraag naar elektriciteit fors toeneemt en omdat de opwek variabel is. Een groot deel van het jaar kan deze vraag ingevuld worden door productie van hernieuwbare bronnen (zon, wind), maar ook op de momenten dat het niet waait en de zon niet schijnt moet er voldoende geproduceerd worden om aan de vraag te voldoen.

Hiervoor is regelbaar vermogen in de vorm van elektriciteitscentrales noodzakelijk. Gedeeltelijk zijn dit grootschalige centrales die een aanzienlijk gedeelte van het jaar draaien. Deze komen naar verwachting op dezelfde locaties als waar de centrales nu staan. Daarnaast zijn er regelbare centrales nodig die alleen ingezet worden om de absolute pieken op te vangen en die dus slechts enkele honderden uren per jaar draaien.

Er is tot 20 GW aan regelbare centrales nodig in de verschillende 2050 scenario's. Deze regelbare centrales kunnen op verschillende locaties terecht komen. Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar verschillende manieren om deze regelbare centrales te plaatsen. Ofwel verspreid over het land met veel kleine productie-eenheden ofwel gecentraliseerd met enkele grote eenheden.

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar het scenario Europese Sturing. In dit scenario is in totaal 36 GW aan regelbaar vermogen nodig: 18 GW aan grootschalige elektriciteitscentrales en 18 GW aan regelbare centrales. Dit zijn overwegend centrales die draaien op groengas, maar er wordt ook ingegaan op de effecten als deze centrales op waterstof zouden draaien.

#### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

- Optie 1: Verspreiding van kleinschalige regelbare centrales (<100 MW) over het hele land op basis van de lokale tekorten. Op deze manier wordt het transport van elektriciteit geminimaliseerd. Dit komt overeen met de verdeling in I13050.
- Optie 2: Clustering van regelbare centrales op Barro-locaties. De centrales worden zo dicht mogelijk bij de lokale tekorten geplaatst met inachtneming van de beschikbare fysieke ruimte op de Barro-locaties.

## 2.6 Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden

### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem wordt een belangrijke rol voorzien voor waterstof. Deze waterstof geproduceerd uit overschotten van elektriciteit, windparken op zee, blauwe waterstoffabrieken en kan daarnaast geïmporteerd worden. Deze waterstof wordt onder meer gebruikt voor elektriciteitscentrales, in de industrie en in sommige scenario's ook in de gebouwde omgeving en mobiliteitssector. Vraag en aanbod van waterstof zijn niet op elk moment van het jaar gelijk aan elkaar, aangezien zowel de vraag als het aanbod volatiel is. Daarom is opslag van waterstof noodzakelijk. Er is naar verwachting in 2050 een fors volume vereist (tussen de 10 en 47 TWh) voor ondergrondse opslag van waterstof, die veel ruimte in beslag neemt. De opslag wordt gevuld op momenten van overschot aan waterstof als gevolg van productie van groene of blauwe waterstof of vanuit import van waterstof en op moment van tekorten aan waterstof wordt dit opgevuld met waterstof uit de opslagen.

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar twee mogelijke opties voor locaties voor opslag van waterstof: in zoutcavernes of in de huidige gasopslagen en lege gasvelden<sup>6</sup>. Beide opties zijn uitgewerkt voor een ander scenario. Opslag in zoutcavernes is uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing, met 10 TWh aan waterstofopslag. Opslag in bestaande gasopslagen en lege gasvelden is uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing met 47 TWh aan waterstofopslag. De effecten van beide opties zijn daarom niet direct vergelijkbaar. Daarom worden de resultaten genormaliseerd.

### Opties

Bij deze structuurkeuze worden de volgende twee opties vergeleken:

- Optie 1: Een geografische spreiding van opslag in zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe. Voor 10 TWh gaat dit om ongeveer 36 cavernes, verdeeld over ongeveer 5 clusters.

<sup>6</sup> Bij I13050, en dus ook bij onze Nederland Energieland-scenario's, is aangenomen dat waterstofopslag plaatsvindt in zoutcavernes, regionaal verdeeld volgens de verdeelsleutel: 2/3e Veendam, 1/3e over de grens in Duitsland bij Enschede. Het PEH gaat over ontwikkelrichtingen op Nederlands grondgebied. Hierdoor kan het PEH niet uitgaan van opslag in Duitsland in 2050. Deze optie wordt daarom niet expliciet uitgewerkt bij deze structuurkeuze.

- Optie 2: Opslag in beschikbare huidige gasopslagen en in lege gasvelden. Aangenomen is dat 45% van de benodigde opslagcapaciteit in de bestaande gasopslag Norg is, 40% in de bestaande gasopslagen in Noord-Holland, 5% in een leeg gasveld in Zuid-Holland en 5% in cavernes bij Zuidwending.

Huidige gasopslagen zijn op dit moment gevuld met aardgas. In de toekomst is dat mogelijk anders. In alle scenario's wordt onderscheid gemaakt tussen locaties voor opslag van waterstof en opslaglocaties voor methaan. De locaties die voor opslag van waterstof ingezet worden, zijn niet meer beschikbaar voor opslag van methaan. Opslag van methaan vindt plaats in de overige bestaande gasopslaglocaties. Het totale opslagvolume is hiervoor toereikend.

## 2.7 Toepassing kernenergie

### Toelichting

Het scenario 'Zeer sterke knopen' is een additioneel PEH-scenario waarbij kernenergie een significant onderdeel uit maakt van de energiemix. Uit een eerste ruimtelijke analyse is gebleken dat er in de aangewezen gebieden, zijnde het Sloegebied en de Maasvlakte, in totaliteit naar verwachting ruimte is voor vijf kerncentrales. In de analyse is uitgegaan van vijf EPR-centrales van 1,65 GW, oftewel een totaal vermogen van 8,25 GW. Twee centrales worden geplaatst op de Maasvlakte en drie in het Sloegebied (Figuur 2-4). De Eemshaven is niet onderzocht als locatie, omdat de minister van EZK heeft aangegeven dat hier geen kerncentrales gerealiseerd zullen worden.

De kerncentrales worden must-run ingezet, aangezien uit verschillende analyses van verschillende partijen en onszelf gebleken is dat dit economisch de meest voordelige inzet is. De centrales leveren elektriciteit en worden niet ingezet voor waterstof- of warmteproductie. Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de optie dat kerncentrales in de plaats komen van alle wind op land (incl. bestaande windturbines) en een deel van de gascentrales<sup>7</sup>. Beide opties worden uitgewerkt voor het scenario Europese Sturing.

### Opties

Bij deze structuurkeuze worden de volgende twee opties vergeleken:

- Optie 1: Energiesysteem zonder kernenergie, waarbij alle elektriciteit geproduceerd wordt door hernieuwbare bronnen (wind, zon) en gascentrales. Deze optie komt overeen met het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.
- Optie 2: Energiesysteem waar naast hernieuwbare bronnen (wind, zon) en gascentrales ook een deel van de stroom wordt geproduceerd met kerncentrales. Er wordt 8,25 GW aan kerncentrales geplaatst. Deze kerncentrales komen in de plaats van een deel van de gascentrales en wind op land. Deze optie komt overeen met het scenario Zeer Sterke Knopen Kernenergie.

<sup>7</sup> Bij deze structuurkeuze wordt een extreme optie onderzocht waarbij kernenergie alle hernieuwbare opwek op land vervangt om zo de ruimtelijke effecten goed inzichtelijk te maken. Doel van deze exercitie is niet om de ideale rol van kernenergie in het energiesysteem te bepalen. Er zijn andere configuraties denkbaar, bijv. waarbij kernenergie slechts een deel van de wind op land vervangt of waar kernenergie in de plaats komt van verdere toename van windenergie op zee. Voor het bepalen van de ideale configuratie is verder onderzoek nodig.

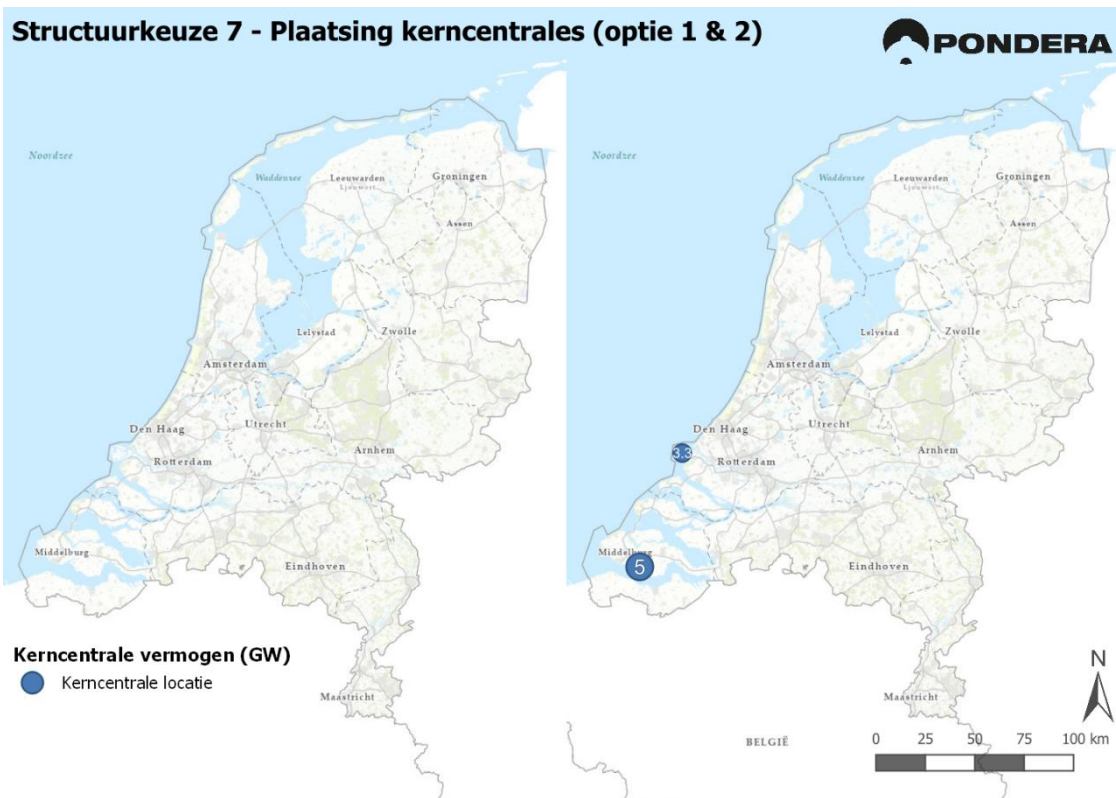
**Relatie tot scenario**

De toepassing van kernenergie wordt onderzocht bij het scenario Europese Sturing. Op basis van gesprekken met experts is vastgesteld dat dit het meest logische scenario is voor toepassing van kernenergie vanwege het internationale karakter en vormgeving van de energiemix. Indien kernenergie toegepast wordt bij een scenario met meer hernieuwbare opwek, bijvoorbeeld van windenergie op zee, kan minder van de geproduceerde elektriciteit van de kerncentrales direct gebruikt worden. In dat geval komt kernenergie minder goed uit de vergelijking.

In het scenario is aangenomen dat de kerncentrales vollast draaien. Op basis van gesprekken met experts is vastgesteld dat dit het meest aannemelijk is, aangezien het niet financieel rendabel is om kerncentrales in te zetten als regelbare eenheid. Als kerncentrales op een andere manier ingezet worden heeft dit ook effect op de resultaten. Als het als regelbare eenheid ingezet wordt, vervangt het alleen gascentrales en geen hernieuwbare opwek op land. Daarnaast hebben de kerncentrales dan een andere impact op de elektriciteitsinfrastructuur.

Voor de plaatsing van kerncentrales zijn nu alleen de locaties meegenomen die ruimtelijk zijn aangewezen door de Nederlandse overheid, namelijk in het Sloegebied en op de Maasvlakte. Vanuit netperspectief kan het interessant zijn om kerncentrales juist meer landinwaarts te plaatsen in bijv. Limburg, aangezien bij Borssele/Sloegebied en de Maasvlakte ook al forse hoeveelheden windenergie op zee aanlanden. Hier is verder onderzoek voor nodig.

Figuur 2-4 - Illustratie opties structuurkeuze 7



**2.8 Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import**

**Toelichting**

In 2050 is er een grote behoefte aan synthetische brandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart. Nederland kan ervoor kiezen om deze brandstoffen zelf te produceren of om ze te importeren. In de huidige situatie worden deze brandstoffen in Nederlandse raffinaderijen geproduceerd uit geïmporteerde

aardolie. Bij productie in Nederland wordt uitgegaan van extra windenergie op zee om waterstof te produceren en om CO<sub>2</sub> af te vangen uit de lucht (DAC – Direct Air Capture).

#### **Productie van synthetische brandstoffen in II3050: publieke keten vs. private keten**

De II3050 vermeldt per scenario de extra windenergie op zee die nodig is voor waterstofproductie en DAC. In de netdoorrekening is in eerste instantie uitgegaan van volledig private infrastructuur voor de productie van synthetische brandstoffen. De aanname hierachter was dat een volledig private keten geen invloed zou hebben op de publieke infrastructuur en dus niet beschouwd hoeft te worden in de netdoorrekening. Deze aanname lijkt ons onjuist. Windenergie op zee en de daaraan gekoppelde productie van waterstof en CO<sub>2</sub> kunnen volledig in private handen zijn, maar toch is een verbinding met de publieke infrastructuur nodig. De fabriek om de brandstof te produceren draait namelijk 24/7. Voor een constante toevoer van elektriciteit, waterstof en CO<sub>2</sub> is verbinding nodig met opslag en back-up-voorzieningen. De meest voor de hand liggende oplossing is om verbonden te zijn met de publieke netten, die deze functies verzorgen. In deze paragraaf wordt dan ook uitgegaan van een (semi)publieke productieketen.

In geen van de scenario's is het mogelijk om het gehele nationale verbruik aan synthetische brandstoffen te produceren. In alle gevallen is het dus nodig om tenminste een gedeelte van het verbruik te importeren.

#### **Opties**

Twee opties worden beschouwd om de Nederlandse behoefte aan brandstoffen voor internationaal transport te dekken:

- Optie 1: 100% import uit het buitenland. Import van hernieuwbare kerosine en scheepsbunkers uit het buitenland:
  - import van kerosine in Rotterdam (1/3) en Amsterdam (2/3)<sup>8</sup>;
  - import van scheepsbunkers in Rotterdam;
  - transport naar afnemers via bestaande infra (buisleiding, schip).
- Optie 2: Zo veel mogelijk productie in Nederland, aangevuld met import. De productie in Nederland gebruikt groene waterstof en CO<sub>2</sub> geproduceerd met elektriciteit uit windenergie op zee. De resterende behoefte wordt geïmporteerd:
  - 50/50-verdeling van DAC en productie synthetische brandstoffen tussen Maasvlakte en Eemshaven;
  - 80% van de elektriciteit uit windenergie op zee wordt ingezet voor offshore waterstofproductie;
  - aanlanding van waterstof in Eemshaven en Den Helder;
  - 20% van de elektriciteit uit windenergie op zee wordt ingezet voor DAC.
  - transport van synthetische brandstoffen naar vraagcentra:
    - vanaf Maasvlakte met bestaande buisleidingen voor kerosine en bunkers;
    - vanaf Eemshaven per schip naar Amsterdam (kerosine) en Rotterdam (bunkers).
  - import van kerosine in Rotterdam (1/3) en Amsterdam (2/3);
  - import van scheepsbunkers in Rotterdam;
  - transport naar afnemers via bestaande infra (buisleiding, schip).

Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Nationale Sturing, omdat de binnenlandse energieproductie en daarmee de potentiële binnenlandse productie van synthetische brandstoffen in dat scenario het grootst is.

<sup>8</sup> Gebaseerd op de huidige buisleidingcapaciteit vanuit Rotterdam respectievelijk Amsterdam naar Schiphol.

## 2.9 Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

### Toelichting

Nederland is een belangrijk doorvoerland voor energie en grondstoffen naar Duitsland en in mindere mate naar België. Nederland heeft een goede bereikbaarheid via zee en sterke infrastructuur. Er wordt ervan uitgegaan dat België de eigen energie en grondstoffen kan importeren via de havens van Antwerpen en Zeebrugge. Export van CO<sub>2</sub> naar Nederland is wel voorzien. De zeehavens van Duitsland liggen ongunstiger voor aanvoer vanuit het zuiden van de wereld. Duitsland heeft grote duurzaamheidsambities en kijkt voor een deel van haar energie- en grondstoffenvraag naar import. Nederland zou bovenop haar eigen behoefte extra energie en grondstoffen kunnen importeren om ze vervolgens door te voeren naar Duitsland.

### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

- Optie 1: Nederland importeert alleen grondstoffen die nodig zijn voor de binnenlandse productie.
- Optie 2: Ook import/export die enkel bedoeld is voor doorvoer van/naar buitenland. Het gaat dan om import van hernieuwbare brandstoffen voor doorvoer naar het buitenland en import van buitenlandse CO<sub>2</sub> voor opslag onder Noordzee.

Deze structuurkeuze wordt uitgewerkt voor het scenario Internationale Sturing, aangezien de doorvoer van grondstoffen naar buitenland hier het beste bij past.

Voor de precieze invulling van doorvoer naar het buitenland (optie 2) is er een eigen analyse gedaan op basis van openbare data met de volgende uitgangspunten:

- Het energiescenario voor Duitsland is gelijk aan dat voor Nederland.
- De energievraag in Duitsland is geschaald met relevante parameters, bijv. aantal auto's, aantal woningen, raffinagecapaciteit en vermogen aan gasgestookte centrales.
- Er wordt gekeken naar de regio's van Duitsland die vlakbij Nederland liggen en waarvoor import vanuit Duitsland aannemelijk is:
  - Nordrhein-Westfalen;
  - Rheinland-Pfaltz;
  - Saarland;
  - Hessen.
- Er wordt aangenomen dat 50% van de Duitse behoefte aan waterstof(dragers) in deze regio's aangevoerd wordt vanuit Nederland.
- Naast waterstofdragers worden de leidingen van de Delta Rhine Corridor ook meegenomen:
  - export van LPG en propeen;
  - import van CO<sub>2</sub> voor opslag onder de Noordzee;
  - de volumes van LPG en propeen zijn gebaseerd op de analyse van de Delta Rhine Corridor (BCI, 2020), de volumes voor CO<sub>2</sub> op de verkenning van Royal Haskoning DHV (Royal HaskoningDHV, 2021).
- Alle moleculen, incl. waterstof, voor buitenlands gebruik worden geïmporteerd vanuit Rotterdam en via buisleidingen doorgevoerd naar Duitsland langs het tracé van de Delta Rhine Corridor. De buitenlandse vraag vanuit het Ruhrgebied en omringend wordt uitsluitend via de Delta Rhine Corridor bediend. Waterstof kan ook via het Nationaal Waterstofnetwerk naar het buitenland getransporteerd worden.



- De import van CO<sub>2</sub> uit België wordt meegenomen. Hiervoor wordt een leiding aangelegd tussen Antwerpen en Rotterdam door de leidingstraat van LSNed.
- Er wordt aangenomen dat de waterstof wordt geïmporteerd als ammoniak en in Rotterdam wordt omgezet in waterstof.

Tabel 2-2 - Overzicht import/exportvolumes

Molecuul	Volume		Oorsprong/bestemming	Bron
	2030 (kton/j)	2050 (kton/j)		
<b>Waterstof</b>	410	2.300	Export naar Duitsland	Analyse CE
<b>Ammoniak</b>	800	970		Analyse CE <sup>9</sup>
<b>Methanol</b>	540	660		Analyse CE
<b>Kerosine</b>	120	2.300		Analyse CE
<b>LPG</b>	2.600	2.600		Delta Rhine Corridor (BCI, 2020)
<b>Propeen</b>	1.400	1.400		Delta Rhine Corridor (BCI, 2020)
<b>CO<sub>2</sub></b>	13.000	19.500	Totale import	
• <b>Vanuit DE</b>	3.500	4.000	Import vanuit Duitsland	Delta Rhine Corridor (BCI, 2020)
	0	10.000		(Royal HaskoningDHV, 2021)
• <b>Vanuit BE</b>	9.500	9.500	Import vanuit België	(Royal HaskoningDHV, 2021)

## 2.10 Geothermie of restwarmte?

### Toelichting

Warmtenetten zullen een groot deel van de Nederlandse gebouwvoorraad verwarmen. In de scenario's die gehanteerd worden zal in 2050 15 tot 45% van de huishoudens en gebouwen aansluiten op een warmtenet. Vergelijkbare cijfers komen terug in het Klimaatakkoord: van de extra 1,5 mln. woningen die voor 2030 van het aardgas gaan, wordt de helft ingevuld met warmtenetten. Hedendaagse warmtenetten worden gevoed door warmte afkomstig uit fossiele energie. De zoektocht naar duurzamere warmtebronnen voor grote zowel bestaande als nieuwe warmtenetten leidt tot interesse in grootschalige nationale warmtebronnen zoals geothermie en restwarmte uit havens en industrieclusters. Om deze grootschalige warmtebronnen te ontsluiten is warmtetransport naar de stedelijke omgeving nodig.

Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar verschillende type warmtebronnen die gebruikt kunnen worden voor het voeden van de warmtenetten. De belangrijkste opties voor grootschalige warmtebronnen zijn restwarmte en geothermie. Voor het transport van warmte van de bron naar afnemers is boven-regionaal warmtetransport nodig.

<sup>9</sup> Excl. levering aan Chemelot. Vervanging van de gehele productie van Chemelot zou maximaal 1,5 Mton/j aan de vraag toevoegen, maar zou het aantal buisleidingen niet verhogen.

### Opties

Bij deze structuurkeuze worden twee opties bekeken:

- Optie 1: Focus op geothermie. De concentratie van vraag naar warmte (in steden) en het aanbod van warmte uit geothermie liggen niet altijd bij elkaar in de buurt, waardoor transportbehoefte ontstaat. Deze optie is uitgewerkt in het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.
- Optie 2: Focus op restwarmte. De belangrijkste warmtebron hier is restwarmte van de industrie. Het gaat nadrukkelijk om het ontsluiten van grote bronnen, van waaruit warmte getransporteerd wordt naar een geconcentreerde warmtevraag. Waar de restwarmte en de vraag naar warmte niet dicht bij elkaar liggen, ontstaat een transportbehoefte. Deze optie is uitgewerkt in het scenario Nederland Energieland Europese en aangevuld met recente ontwikkelingen met bestaande plannen en ideeën voor boven-regionaal warmtetransport. De aanvulling van bestaande plannen en ideeën bestaat uit:
  - Een warmteleiding tussen Moerdijk en Breda. Deze sluit een restwarmtebron aan op het bestaande Amernet. Moerdijk kan een belangrijke bron van restwarmte leveren.<sup>10</sup>
  - Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht. Chemelot kan een belangrijke bron van restwarmte leveren om in de vraag naar warmte van Maastricht te voorzien. Het gaat om een uitbreiding van het bestaande warmtenet in Maastricht.

## 2.11 Maximale elektrificatie

### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem zullen alle belangrijke hernieuwbare energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, warmte) een rol krijgen, maar de verhouding tussen deze energiedragers is nog niet uitgekristalliseerd. In deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de situatie waar ingezet wordt op maximale elektrificatie.

Deze situatie komt overeen met het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing. In dit scenario vindt sterke elektrificatie plaats in alle verbruikssectoren, meer dan in de andere scenario's. Dit scenario kun je vergelijken met scenario's waar ingezet wordt op andere energiedragers om de effecten van de verschillende keuzes te kunnen afwegen. De totale energievraag is in het scenario Nationale Sturing echter een stuk lager dan de scenario's waarin groei van de industrie aangenomen wordt (36% groei tegenover gelijke grootte industrie bij Nationale Sturing), ook al wordt in die scenario's minder ingezet wordt op elektrificatie (Europese Sturing en Internationale Sturing). Dit heeft als consequentie dat de totale elektriciteitsvraag in deze scenario's hoger ligt dan in het scenario Nationale Sturing, waar de focus ligt op maximale elektrificatie. Daarnaast verschillen de scenario's veel in opwek van elektriciteit; bij Nationale Sturing is er meer opwek van wind en zon, bij Europese Sturing en Internationale Sturing is er meer opwek van regelbare centrales.

### Opties

Het is vanwege de bovenstaande restricties van de scenario's (verschil totale energievraag, verschil in opwek) niet mogelijk om de effecten van maximale elektrificatie kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden kwalitatief de mogelijke effecten besproken.

<sup>10</sup> Plannen en ambities voor regionale netten, zoals bijvoorbeeld Heusden – Hedikhuizen; Bergen op Zoom of Roosendaal zijn geen onderdeel van PEH.

## 2.12 Maximaal gebruik waterstof

### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem zullen alle belangrijke hernieuwbare energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, warmte) een rol krijgen, maar de verhouding tussen deze energiedragers is nog niet uitgekristalliseerd. In deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de situatie waar ingezet wordt op maximaal gebruik van waterstof.

Deze situatie komt overeen met het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing. In dit scenario wordt veel gebruikgemaakt van waterstof in de verschillende verbruikssectoren, meer dan in de andere scenario's. Dit scenario kun je vergelijken met scenario's waar ingezet wordt op andere energiedragers om de effecten van de verschillende keuzes te kunnen afwegen. De totale energievraag is in het scenario Internationale Sturing echter een stuk hoger dan in de scenario's waarin meer wordt ingezet op elektrificatie (Regionale Sturing en Nationale Sturing). Dit komt doordat de scenario's ook verschillen op andere punten. Het belangrijkste verschil is dat in het scenario Internationale Sturing 36% groei van de industrie aangenomen wordt en in de scenario's Nationale Sturing en Regionale Sturing niet. Het is daardoor niet te achterhalen welke effecten veroorzaakt worden door de keuze voor waterstof en welke effecten komen door de algehele hoge energievraag ten opzichte van de andere scenario's.

### Opties

Het is vanwege de bovenstaande restricties van de scenario's (met name verschil totale energievraag) niet mogelijk om de effecten van maximaal gebruik van waterstof kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden kwalitatief de mogelijke effecten besproken.

## 2.13 Gebruik groengas/methaan

### Toelichting

In het toekomstige energiesysteem zullen alle belangrijke hernieuwbare energiedragers (elektriciteit, waterstof, groengas, warmte) een rol krijgen, maar de verhouding tussen deze energiedragers is nog niet uitgekristalliseerd. In deze systeemontwikkeling wordt gekeken naar de situatie waar inzet van groengas/methaan een grote rol speelt.

Het scenario Nederland Energieland Europese Sturing zet maximaal in op het gebruik van groengas/methaan, samen met een forse groei van de industrie (36% groei ten opzichte van de huidige omvang). De insteek van dit scenario is een inzet op hernieuwbare gassen, en een laag aanbod in hernieuwbare elektriciteit. Hierbij wordt uitgegaan van een flinke inzet van groengas in de gebouwde omgeving (38 TWh), en in de industrie (80 TWh). Tegelijkertijd is in dit scenario een grote rol voor waterstof, middels import van waterstof (61,4 TWh), maar voor de invulling van de overige energievraag hadden ook andere keuzes gemaakt kunnen worden. Het is dan ook niet mogelijk om het effect van inzet op groengas/methaan afzonderlijk te analyseren aan de hand van dit scenario.

### Opties

Het is vanwege de bovenstaande restricties van de scenario's (met name verschil totale energievraag) niet mogelijk om de effecten gebruik van groengas kwantitatief in te schatten. Hiervoor is onvoldoende data beschikbaar. In plaats daarvan worden kwalitatief de mogelijke effecten besproken.

## 3 Beoordeling

### 3.1 Structuurkeuze 1: Aanlanding windenergie op zee, kust of diep

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting. Bij deze opties wordt alleen naar de effecten op land gekeken, aangezien de effecten op zee buiten de scope van het PEH vallen en niet onderzocht zijn. De configuraties op zee zijn voor beide opties gelijk zijn, dus dit heeft bij deze structuurkeuze geen effect op de resultaten.

Tabel 3-1 - Beoordeling structuurkeuze 1

Beoordelingscriterium	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland
<b>Benodigde hoeveelheid opslag en conversie</b>		
<b>Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur</b>		
<b>Energieverliezen</b>		
<b>Leveringszekerheid</b>		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Zowel het totale aanbod van als de vraag naar energie is bij beide opties op nationaal niveau identiek. Dit betekent dat er geen verschil zit tussen de afstemming van vraag en aanbod van energie in de tijd tussen beide opties en dat er bij beide opties evenveel opslag en conversie nodig is.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

De locaties en omvang van energieaanbod en energievraag zijn nagenoeg identiek bij beide opties. Dit betekent dat het transport van energie van productielocatie naar afnemer nagenoeg gelijk is. Bij beide opties is hier nieuwe energie-infrastructuur voor nodig. Bij aanlanding aan kust (optie 1) gaat het om verzwaringen van het hoogspanningsnet, bij aanlanding gedeeltelijk in binnenland (optie 2) gaat het om HVDC-infrastructuur. Bij aanlanding gedeeltelijk in binnenland (optie 2) is echter alsnog ook wat verzwaring van het hoogspanningsnet nodig. Daardoor is bij aanlanding aan kust (optie 1) iets minder afstand aan nieuwe infrastructuur nodig (700 km bij optie 1 tegenover 900 km bij optie 2). Daarom wordt aanlanding aan kust iets beter beoordeeld dan aanlanding gedeeltelijk in binnenland.

De effecten van beide opties op de regionale elektriciteitsnetten en de infrastructuur voor waterstof en methaan verschillen niet significant.

#### Energieverliezen

Bij aanlanding aan kust (optie 1) wordt elektriciteit getransporteerd via reguliere AC-hoogspanningsmasten, bij aanlanding gedeeltelijk in binnenland (optie 2) via ondergrondse HVDC-kabels. De energieverliezen zijn bij HVDC-kabels minder dan bij AC-hoogspanningsmasten. Dit betekent dat er bij optie 2 minder transportverliezen zijn. Verder zit er geen verschil tussen beide opties wat betreft energieverliezen. Dit betekent dat aanlanding gedeeltelijk in binnenland iets beter wordt beoordeeld dan aanlanding aan kust op dit criterium.

#### Leveringszekerheid

Bij diepe aanlanding wordt een fors deel van de elektriciteit van de windparken op zee getransporteerd via HVDC-kabels onder de grond. Het gaat om drie nieuwe HVDC-kabels van 2 GW richting Diemen en drie

nieuwe kabels van 2 GW richting Maasbracht. Er is nog veel onzekerheid over de betrouwbaarheid van HVDC-kabels op land, aangezien er op dit moment nog geen HVDC-kabels onder land liggen. Voor de bestaande HVDC-kabels onder zee, die het Nederlandse elektriciteitsnet verbinden met Noorwegen, Groot-Brittannië en Denemarken, is de verwachte beschikbaarheid tussen de 94,7 en 98,8% (TenneT, 2021). Er zijn volgens TenneT redenen om aan te nemen dat de beschikbaarheid van ondergrondse HVDC-kabels op land lager ligt, maar hoeveel lager is onbekend. De beschikbaarheid van reguliere AC-hoogspanningsmasten ligt een stuk hoger dan de beschikbaarheid van de bestaande HVDC-kabels onder zee. Daarnaast worden deze redundant aangelegd, waardoor de betrouwbaarheid op bijna 100% ligt.

Als een HVDC-kabel van 2 GW uitvalt betekent dit niet direct dat er problemen ontstaan met de leveringszekerheid. Indien noodzakelijk kan het weggefallen vermogen zowel bij Maasbracht als bij Diemen opgevangen worden met regelbare centrales, die op momenten met veel productie van windparken op zee niet of nauwelijks draaien. Dit kost uiteraard extra brandstof en geld, maar het is niet de verwachting dat er echt grote problemen met leveringszekerheid zullen ontstaan bij diepe aanlanding met HVDC-kabels, aangezien er voldoende regelbaar vermogen is om het wegvallend vermogen op te vangen.

Kortom, aanlanding aan kust (optie 1) wordt beter beoordeeld op dit criterium. Maar ook bij aanlanding gedeeltelijk in binnenland (optie 2) worden geen grote problemen met de leveringszekerheid verwacht.

### 3.2 Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid

Tabel 3-2 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting. Bij deze opties wordt alleen naar de effecten op land gekeken, aangezien de effecten op zee buiten de scope van het PEH vallen en niet onderzocht zijn. Dit kan bij deze structuurkeuze wel effecten hebben op de resultaten.

Tabel 3-2 - Beoordeling structuurkeuze 2

Beoordelingscriterium	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Zowel het totale aanbod van als de vraag naar energie is bij beide opties op nationaal niveau identiek. Dit betekent dat er geen verschil zit tussen de afstemming van vraag en aanbod van energie in de tijd tussen beide opties en dat er bij beide opties evenveel opslag en conversie nodig is.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Bij aanlanding bij vraag (optie 1) landt de windenergie aan op locaties met veel elektriciteitsvraag. Echter, op deze locaties moet alsnog een deel van de windstroom afgevoerd worden richting het binnenland. Bovendien is er op de locaties met veel elektriciteitsvraag niet altijd voldoende transportcapaciteit aanwezig om de overtollige windstroom af te voeren. Bij deze optie ontstaan daardoor grote knelpunten op het hoogspanningsnet en is 150 km aan nieuwe 380kV-tracés nodig.

Bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit (optie 2) wordt bij de verdeling van aanlanding van windenergie op zee ook rekening gehouden met de beschikbare transportcapaciteit om overtollige

windstroom af te voeren. Doordat de aanlanding beter aansluit bij de beschikbare transportcapaciteit en zijn er bij deze optie nauwelijks knelpunten en is er bij deze optie minder nieuwe infrastructuur op land nodig dan bij aanlanding bij vraag (optie 1). In totaal is bij deze optie slecht enkele kilometers aan nieuwe 380kV-tracés nodig. Dit betekent dat aanlanding op basis beschikbare capaciteit duidelijk beter wordt beoordeeld dan aanlanding bij vraag.

De effecten van beide opties op de regionale elektriciteitsnetten en de infrastructuur voor waterstof en methaan verschillen niet significant.

#### Energieverliezen

Er zit geen significant verschil zit tussen beide opties voor dit criterium aangezien de omvang van vraag, aanbod, opslag en conversie bij beide opties gelijk zijn. Ook zijn er geen grote verschillen in de hoeveelheid transport van energie.

#### Leveringszekerheid

Deze structuurkeuze heeft geen significant effect op de leveringszekerheid.

### 3.3 Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering

Tabel 3-3 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting.

Tabel 3-3 - Beoordeling structuurkeuze 3

Beoordelingscriterium	Optie 1: spreiding hernieuwbare opwek op land	Optie 2: clustering hernieuwbare opwek op land
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Zowel het totale aanbod van als de vraag naar energie is bij beide opties op nationaal niveau identiek. Dit betekent dat er geen verschil zit tussen de afstemming van vraag en aanbod van energie in de tijd en dat er bij beide opties evenveel opslag en conversie nodig is.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Op basis van de resultaten van de netdoorrekening is het lastig te zeggen of clustering van hernieuwbare opwek op land een positieve of negatieve impact heeft op de benodigde hoeveelheid nieuwe infrastructuur op het hoogspanningsnet. Op de clusterlocaties lijken extra knelpunten te ontstaan, maar die kunnen vermoedelijk opgelost worden door de opwek aan te sluiten op een hoger spanningsniveau. In de gebieden buiten de clusterlocaties wordt de belasting op het net door hernieuwbare opwek op land lager, maar het aantal knelpunten op die locaties was al zeer beperkt (door de inzet van batterijen en de pocketstructuur<sup>11</sup>

<sup>11</sup> In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Dit wordt een pocketstructuur genoemd. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

op het 150kV- en 110kV-net) dus hier worden nauwelijks knelpunten mee voorkomen. Er is dus weinig verschil tussen beide opties.

Bij regionale elektriciteitsnetten zijn er wel verschillen tussen beide opties. Door clustering van hernieuwbare opwek zijn minder uitbreidingen van de regionale netten nodig op koppelpuntniveau, het hoogste niveau waarbij het regionale net gekoppeld is aan het hoogspanningsnet. Door clustering van wind op land en zon op veld neemt de opwekpiek op slechts enkele koppelpunten toe, terwijl de opwekpiek bij spreiding bij veel meer koppelpunten toeneemt. Op de clusterlocaties neemt de opwekpiek wel fors toe, maar uiteindelijk zijn dan alsnog minder uitbreidingen nodig dan bij spreiding, aangezien de capaciteit op de clusterlocaties volledig benut worden. Het effect op lagere spanningsniveaus van de regionale elektriciteitsnetten is voor beide opties beperkt, aangezien wind op land en zonnenvelden vaak op koppelpuntniveau aangesloten worden.

De effecten van beide opties op de infrastructuur voor waterstof en methaan verschillen niet significant.

Concluderend wordt clustering hernieuwbare opwek op land (optie 2) iets beter beoordeeld op dit criterium, maar is het verschil tussen beide opties klein.

#### Energieverliezen

Het is de verwachting dat clustering van hernieuwbare opwek leidt tot een grotere transportbehoefte, aangezien er lokaal grote overschotten ontstaan. Dit leidt tot meer energieverliezen. Naast het voorgaande punt zijn er geen significante verschillen in energieverliezen tussen beide opties aangezien de omvang van vraag, aanbod, opslag en conversie bij beide opties gelijk zijn. Daarom wordt spreiding hernieuwbare opwek op land (optie 1) iets beter beoordeeld op dit criterium.

#### Leveringszekerheid

Deze structuurkeuze heeft geen significant effect op de leveringszekerheid.

### 3.4 Structuurkeuze 4: Locaties clusters van elektrolyzers

Tabel 3-4 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting.

Tabel 3-4 - Beoordeling structuurkeuze 4

Beoordelingscriterium	Optie 1: clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee	Optie 2: clustering elektrolyzers bij industrieclusters
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Zowel het totale aanbod van als de vraag naar energie is bij beide opties op nationaal niveau identiek. Dit betekent dat er geen verschil zit tussen de afstemming van vraag en aanbod van energie in de tijd tussen beide opties en dat er bij beide opties evenveel opslag en conversie nodig is.

### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Bij clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee (optie 1) worden vraag en aanbod van elektriciteit zo dicht mogelijk bij elkaar geplaatst doordat de elektrolyzers geplaatst worden op de locaties met het grootste aanbod van elektriciteit: de aanlandingspunten van windenergie op zee. Vraag en aanbod van waterstof liggen bij deze optie wel uit elkaar waardoor meer waterstoftransport nodig is. Bij clustering elektrolyzers bij industrieclusters (optie 2) wordt vraag en aanbod van waterstof zo dicht mogelijk bij elkaar geplaatst in de ruimte doordat de elektrolyzers geplaatst worden bij industrie met waterstofvraag. Bij deze optie liggen vraag en aanbod van elektriciteit wel verder van elkaar waardoor meer elektriciteitstransport nodig is.

Bij clustering elektrolyzers bij industrieclusters (optie 2) zijn meer verzwaringen aan het hoogspanningsnet nodig dan bij clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee (optie 1), doordat er grote hoeveelheden elektriciteit getransporteerd moeten worden van aanlandingslocaties van windenergie op zee naar de locaties van elektrolyzers. Hierdoor is ruim 40 km aan extra 380kV-tracés nodig en moet ruim 50 km aan 220kV-tracés opgewaardeerd worden naar 380kV.

Vraag en aanbod van waterstof worden verbonden via het Nationaal Waterstofnetwerk en aansluitleidingen van de elektrolyzers naar het waterstofnetwerk. Het Nationaal Waterstofnetwerk heeft voldoende capaciteit voor het transport van waterstof, voor beide opties. De locaties voor clusters van elektrolyzers hebben met name effect op de aansluiting van de elektrolyzers op het waterstofnetwerk. Bij optie 1 is het aanbod van waterstof (in veel gevallen) niet op dezelfde locatie als de vraag naar waterstof. De capaciteit van de aansluitleidingen naar het Nationaal Waterstofnetwerk is niet altijd voldoende, en in sommige gevallen is geen aansluitleiding aanwezig. Daarom zijn hier nieuwe aansluitleidingen nodig. Bij optie 2 is vraag en aanbod naar waterstof wel altijd in hetzelfde gebied, bij de industrieclusters. Toch ontstaat ook hier in sommige gevallen een vraag naar aanpassing van aansluitleidingen naar het Nationaal Waterstofnetwerk. De totale impact van beide opties voor de waterstofinfrastructuur is ongeveer gelijk.

Kortom, bij clustering elektrolyzers bij industrieclusters (optie 2) is meer nieuwe elektriciteitsinfrastructuur nodig dan bij clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee (optie 1). Bij beide opties is ongeveer evenveel nieuwe waterstofinfrastructuur nodig. Optie 1 wordt daarom beter beoordeeld dan optie 2.

### Energieverliezen

Bij clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee (optie 1) is in totaal minder transport van elektriciteit nodig aangezien een fors deel van de elektriciteit direct bij de aanlandingslocaties gebruikt kan worden. Bij clustering elektrolyzers bij industrieclusters (optie 2) is extra transport van elektriciteit nodig tussen de aanlandingslocaties en de locaties van elektrolyzers. Dit betekent dat bij optie 1 iets minder energieverliezen plaatsvinden bij transport van elektriciteit. De energieverliezen door transport van waterstof zijn verwaarloosbaar.

Bij optie 2 liggen de locaties van de elektrolyzers dichtbij stedelijke gebieden<sup>12</sup>. Hierdoor kan de restwarmte die vrijkomt bij de productie van waterstof bij deze optie makkelijker gebruikt worden, bijv. voor verwarming van de gebouwde omgeving, en gaat minder van deze energie verloren.

<sup>12</sup> De meeste industrieclusters liggen in de buurt van stedelijke gebieden (Eemshaven bij Delfzijl of Groningen, Chemelot bij Sittard-Geleen, Noordzeekanaalgebied bij Haarlem, Beverwijk of Amsterdam, Rotterdamse haven bij Rotterdam en Zeeland/West-Brabant bij Vlissingen/Middelburg en Bergen op Zoom). Dit is niet altijd het geval voor aanlandingslocaties. Zo ligt de verwachte aanlandingslocatie Middenmeer in Noord-Holland in landelijk gebied.



Het positieve effect van het mogelijk hergebruik van warmte wordt groter ingeschat dan het verschil in transportverliezen. Dit betekent dat clustering elektrolyzers bij industrieclusters (optie 2) iets beter wordt beoordeeld dan clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee (optie 1).

#### Leveringszekerheid

Deze structuurkeuze heeft geen significant effect op de leveringszekerheid.

### 3.5 Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales

Tabel 3-5 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting.

Tabel 3-5 - Beoordeling structuurkeuze 5

Beoordelingscriterium	Optie 1: spreiding regelbare centrales	Optie 2: clustering regelbare centrales
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Zowel het totale aanbod van als de vraag naar energie is bij beide opties op nationaal niveau identiek. Dit betekent dat er geen verschil zit tussen de afstemming van vraag en aanbod van energie in de tijd tussen beide opties en dat er bij beide opties evenveel opslag en conversie nodig is.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Bij spreiding regelbare centrales (optie 1) worden de regelbare centrales verspreid over het land geplaatst op basis van lokale tekorten aan elektriciteit. Dit betekent dat hierbij vraag en aanbod dichtbij elkaar worden geplaatst. Bij clustering regelbare centrales (optie 2) is ook rekening gehouden met lokale tekorten, maar is de afstand tussen productie en vraag alsnog groter doordat de centrales op enkele locaties geclusterd zijn. Hierdoor is dus meer transport van elektriciteit nodig. Uit de doorrekening van de netbeheerders volgt echter dat het extra transport niet leidt tot nieuwe knelpunten op de hoogspanningsverbindingen. Er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar hiervoor. Aandachtspunt is wel dat er nieuwe aansluitingen nodig zijn op het hoogspanningsnet. Bij spreiding regelbare centrales (optie 1) gaat het om grote hoeveelheden locaties waar een (kleinere) nieuwe aansluiting nodig is, bij clustering regelbare centrales (optie 2) om enkele locaties waar grote nieuwe aansluitingen en vermoedelijk nieuwe stations nodig zijn. Dit wordt niet meegenomen bij de beoordeling Systeemefficiëntie, maar wel bij de beoordeling Milieu & Ruimte.

De grotere spreiding van regelbaar vermogen zorgt ervoor dat er meer opties zijn voor redispatch<sup>13</sup> waardoor het makkelijker is voor TenneT om knelpunten op de hoogspanningsinfrastructuur operationeel op te lossen. Bij clustering van regelbare centrales (optie 2) is dit lastiger, wat tot hogere kosten voor redispatch of in het ergste geval zelfs tot extra investeringen in infrastructuur kan leiden.

<sup>13</sup> Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.

Het clusteren van regelbare centrales heeft impact op de gasinfrastructuur. In sommige gevallen is de aansluitleiding naar de centrale niet gedimensioneerd op de capaciteit in optie 2 en is een grotere aansluitleiding noodzakelijk. Bij spreiding van regelbare centrales is deze impact kleiner omdat het gaat om kleinere centrales.

Vanwege bovenstaande punten wordt spreiding regelbare centrales (optie 1) iets beter beoordeeld op dit criterium. Maar ook bij clustering regelbare centrales (optie 2) is de impact op de infrastructuur beperkt.

### Energieverliezen

Er wordt aangenomen dat de rendementen van regelbare centrales gelijk zijn bij beide opties, aangezien het bij beide opties om dezelfde techniek gaat (OCGT of GT)<sup>14</sup>. Bij clustering (optie 2) zijn de centrales wel aanzienlijk groter, maar het is onduidelijk of dit ook leidt tot een hogere efficiëntie.

Bij spreiding (optie 1) is in totaal minder transport van elektriciteit nodig aangezien de regelbare centrales dichterbij de vraag worden geplaatst. Dit betekent dat bij optie 1 iets minder energieverliezen plaatsvinden bij transport van elektriciteit. Verder zit er geen verschil tussen beide opties wat betreft energieverliezen. Dit betekent dat spreiding regelbare centrales (optie 1) iets beter wordt beoordeeld dan clustering regelbare centrales (optie 2) op dit criterium.

### Leveringszekerheid

Bij optie 2 van de structuurkeuze, waarbij regelbare centrales geclusterd worden, is de gemiddelde regelbare centrale een stuk groter. Bij optie 1 zijn de centrales ongeveer 100 MW per stuk, terwijl het bij optie 2 centrales ongeveer 1 GW zijn. Dit betekent dat bij optie 2 een stuk meer vermogen wegvalt als een centrale uitvalt. Daarom is het risico op problemen met de leveringszekerheid groter bij clustering (optie 2).

Gemiddeld gezien zijn regelbare centrales 5% van het jaar onvoorzien niet beschikbaar door technische problemen (ENTSO-E, 2019). Daarnaast zijn centrales soms gesloten voor gepland onderhoud, gemiddeld tussen de 10 en 20 uur per jaar (ENTSO-E, 2019). Er ontstaan problemen met de leveringszekerheid als er onvoldoende regelbare centrales beschikbaar zijn op momenten met veel elektriciteitsvraag en weinig productie van wind en zon. Ongeveer 30 tot 50 uur per jaar is het volledige vermogen aan regelbare centrales nodig en kunnen problemen ontstaan als een grote regelbare centrale van 1 GW uitvalt. Echter, in de praktijk zal het regelbare vermogen vermoedelijk niet precies gedimensioneerd worden op de piekvraag maar zal er meer zekerheid ingebouwd worden. Daarnaast zijn er ook andere manieren om het weggefallen vermogen op te vangen, zoals extra import vanuit andere landen, extra ontladen van batterijen of afschakelen van vraag.

Kortom, spreiding regelbare centrales (optie 1) wordt beter beoordeeld op dit criterium. Maar ook bij clustering regelbare centrales (optie 2) worden geen grote problemen met de leveringszekerheid verwacht.

<sup>14</sup> Open-cycle gasturbine of gasturbine.

### 3.6 Structuurkeuze 6: Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden

Tabel 3-6 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting.

Tabel 3-6 - Beoordeling structuurkeuze 6

Beoordelingscriterium	Optie 1: Zoutcavernes	Optie 2: Lege gasvelden
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Bij optie 1 van de structuurkeuze wordt waterstof opgeslagen in zoutcavernes. Het gaat om meerdere kleine opslagen die opgeteld voldoende opslag voor seizoen fluctuaties in vraag en aanbod bieden. Bij opslag in zoutcavernes kan sneller waterstof geleverd worden dan bij opslag in lege gasvelden. Daarom worden zoutcavernes in het huidige energiesysteem voor methaan (aardgas) ingezet voor arbitrage<sup>15</sup>, en opslag in gasvelden om te voorzien in verschil in vraag en aanbod in seizoenen. Huidige gasbergingen in lege gasvelden (Norg en Grijpskerk) kunnen mogelijk zo op- en afgeregeld worden, dat ook hiermee nagenoeg op uurbasis gas opgeslagen en geleverd kan worden. Andersom kan een zoutcaverne ook met een lagere opregelsnelheid worden ingericht, voor de inzet van uitsluitend seizoensopslag.

Bij optie 2 wordt waterstof met name opgeslagen in lege gasvelden en in bestaande gasopslagen. Het gaat om grotere volumes verspreid over een kleiner aantal locaties. Bij opslag in lege gasvelden kan weken tot zelfs enkele maanden energie geleverd worden. Waterstof is een kleiner molecuul dan methaan en heeft een hogere stromingssnelheid. Of het mogelijk is om waterstof op te slaan in lege gasvelden moet nog onderzocht worden. Daarnaast is het nog onzeker in welke mate waterstof dan een bijdrage aan arbitrage kan leveren. Omdat het net als nu bij methaan zou gaan om grote hoeveelheden en de levering minder snel is dan bij zoutcavernes is de bijdrage aan arbitrage naar verwachting kleiner in optie 2.

Opslag in zoutcavernes (optie 1) wordt naar verwachting beter beoordeeld in dit criterium dan opslag in lege gasvelden (optie 2). De totale benodigde hoeveelheid opslag verschilt niet tussen beide opties, maar de opslag bij optie 2 kan minder bijdragen aan arbitrage.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Vraag en aanbod van waterstof worden verbonden via het Nationaal Waterstofnetwerk. Het Nationaal Waterstofnetwerk heeft voldoende capaciteit voor het transport van waterstof, voor beide opties. De locaties voor opslag van waterstof hebben met name effect op de aansluiting van de elektrolyzers op het netwerk.

Bij optie 1 moeten er zoutcavernes aangelegd worden en gereed gemaakt worden voor opslag van waterstof. Er is nieuwe infrastructuur nodig om de zoutcavernes te verbinden met het Nationaal Waterstofnetwerk. Om risico's op bodemdaling laag te houden is er voldoende ruimte tussen de cavernes nodig. Dit zorgt ervoor dat er meer infrastructuur nodig is om de cavernes met elkaar en met het Nationaal Waterstofnetwerk te verbinden.

<sup>15</sup> Bij arbitrage wordt gas ingekocht voor lage prijzen en vervolgens weer verkocht als de prijs hoger ligt, met het doel om winst te maken.

Bij optie 2 is al infrastructuur bij de opslagen aanwezig die met de nodige aanpassingen ingezet zou kunnen worden voor transport tussen de opslagen en het Nationaal Waterstofnetwerk. Wel zou het kunnen, afhankelijk van de locatie, dat er een injectie-installatie moet komen. Hierdoor is vermoedelijk minder nieuwe waterstofinfrastructuur in de vorm van aanvoerleidingen noodzakelijk.

Opslag in lege gasvelden (optie 2) wordt dus beter beoordeeld dan opslag in zoutcavernes (optie 1) op dit criterium, aangezien er minder nieuwe waterstofinfrastructuur nodig is.

#### Energieverliezen

Bij optie 2 zouden energieverliezen op kunnen treden bij de opslag van waterstof. De omvang van deze verliezen is nog erg onduidelijk. In lege gasvelden wordt het gas opgeslagen in microporiën en afgesloten door een geologische voor methaan impermeabele laag. Een belangrijke onderzoeksvraag is in hoeverre deze laag op specifieke locaties voldoende afdichtend is voor waterstof. Hetzelfde geldt voor de putten die door deze laag heen het reservoir ingaan. Daarnaast zou het kunnen dat waterstof migreert door het veld, of reageert met bacteriën.

In optie 1 zijn de verliezen naar verwachting kleiner omdat zout in principe niet doorlatend is voor waterstof. De energieverliezen in de opslag zijn dus mogelijk hoger in optie 2. Daarom wordt opslag in zoutcavernes (optie 1) iets beter beoordeeld dan opslag in lege gasvelden (optie 2) op dit criterium.

#### Leveringszekerheid

Leveringszekerheid gaat over het leveren van energie op korte termijn. Waterstof uit opslagen wordt in de toekomst onder andere ingezet voor de productie van elektriciteit in grote en kleine centrales. Op dit moment worden aardgasopslagen in zoutcavernes gebruikt voor het leveren van kort cyclische flex (dagbasis). Huidige gasopslagen in lege gasvelden worden nu met name ingezet voor seizoensopslag, maar kunnen (bijv. in het geval van Norg of Grijskerk) ook ingezet worden voor het leveren van gas op korte termijn. Leveringszekerheid is onder meer afhankelijk van de snelheid van injectie en productie, die afhangt van de kwaliteit van de put, de omvang en druk van de opslag en van de stromingseigenschappen van het gas. De stroomeigenschappen van waterstof zijn anders dan van methaan, omdat het een lichter en kleiner molecuul is. Het kan zijn dat in de toekomst lege gasvelden met waterstof ook ingezet worden voor de levering. De snelheid van levering in de praktijk moet nog onderzocht worden voor deze lege aardgasvelden. Omdat het bij zoutcavernes gaat over meerdere opslagen onder hoge druk, die afzonderlijk ingezet kunnen worden, is de verwachting dat waterstof in zoutcavernes een hogere leveringszekerheid voorzien dan waterstof in lege gasvelden.

Bij opslag in zoutcavernes (optie 1) gaat het daarnaast om meerdere kleine opslagen. Als één waterstofopslag uitvalt, zijn er voldoende waterstofopslagen om bij te kunnen springen. De risico's voor leveringszekerheid zijn hier daarom kleiner in optie 1 dan in opslag in lege gasvelden (optie 2).

### 3.7 Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie

Tabel 3-7 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting. Bij deze beoordeling wordt ingegaan op de effecten van het Kernenergie-scenario dat wij doorgerekend hebben. Bij andere configuraties kunnen de effecten iets anders uitvallen.

Tabel 3-7 - Beoordeling structuurkeuze 7

Beoordelingscriterium	Optie 1: zonder kernenergie	Optie 2: met kernenergie
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Bij een energiesysteem met kernenergie (optie 2) worden enkele gascentrales en windturbines op land vervangen door kernenergie. De constante productie van kerncentrales sluit een stuk beter aan bij de elektriciteitsvraag dan de volatiele productie van windturbines op land. Daardoor is een stuk minder opslag van elektriciteit noodzakelijk. Bij optie 2 is ruim 5 GW minder opslag van batterijen noodzakelijk (32 GW zonder kernenergie, 27 GW met kernenergie). Concluderend wordt een energiesysteem met kernenergie (optie 2) aanzienlijk beter beoordeeld op dit criterium dan een energiesysteem zonder kernenergie (optie 1).

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Bij een energiesysteem met kernenergie (optie 2) worden kerncentrales geplaatst in Borssele/Sloegebied en in Rotterdam. Op beide locaties landen ook forse hoeveelheden windenergie op zee aan. Door de combinatie van kerncentrales met aanlanding van windenergie op zee ontstaan forse regionale overschotten van elektriciteit gedurende lange periodes in het jaar, die afgevoerd moeten worden richting de rest van Nederland. De huidige capaciteit van de 380kV-tracés rondom Rotterdam en tussen Zeeland en Brabant is onvoldoende om dusdanig grote hoeveelheden elektriciteit af te voeren wat betekent dat hier nieuwe hoogspanningsinfrastructuur noodzakelijk is. Er is bij deze optie 190 km aan nieuwe 380kV-tracés nodig.

Als de kerncentrales op andere, vanuit netperspectief gunstigere, locaties in Nederland geplaatst worden vindt dit probleem niet of in mindere mate plaats. Dit is volgens het huidige Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) echter niet toegestaan en maakt geen onderdeel uit van deze analyse. Een andere mogelijkheid is om minder windenergie op zee te laten aanlanden bij Borssele/Sloegebied of Rotterdam. Deze optie is niet bekeken.

Een energiesysteem zonder kernenergie (optie 1) heeft windturbines op land en gascentrales in plaats van kerncentrales. Deze liggen meer verspreid over het land dan de kerncentrales waardoor er bij deze optie minder knelpunten plaatsvinden op het hoogspanningsnet. Bij deze optie zijn wel extra MS-kabels nodig om windturbines aan te sluiten.

Er zijn geen significante verschillen tussen beide opties voor infrastructuur voor waterstof en methaan.

In totaal wordt een energiesysteem zonder kernenergie (optie 1) beter beoordeeld dan een energiesysteem met kernenergie (optie 2) op dit criterium aangezien de extra verzwaringen op het hoogspanningsnet bij optie 2 naar verwachting groter zijn dan de extra MS-kabels die bij optie 1 nodig zijn voor het aansluiten van windturbines (op basis van investeringskosten, zie Bijlage XII *Welvaartsanalyse*).

#### Energieverliezen

Er zijn meerdere verschillen tussen beide opties die effect hebben op de energieverliezen. Bij een energiesysteem zonder kernenergie (optie 1) kan minder elektriciteit direct gebruikt worden en is meer

opslag van elektriciteit nodig. Een deel van de energie raakt verloren bij opslag, wat ertoe leidt dat er bij optie 1 meer energieverliezen zijn. Bij een energiesysteem met kernenergie (optie 2) is meer transport van elektriciteit nodig, waardoor er meer verliezen zijn door transport van energie. Bij optie 2 zijn er meer langdurige overschotten van elektriciteit op momenten dat er veel productie is van windenergie op zee in combinatie met baseload kerncentrales. Deze overschotten kunnen worden omgezet in waterstof, maar hier raakt een fors deel van de energie verloren (behalve als de restwarmte nuttig gebruikt kan worden).

In totaal ligt de productie van elektriciteit ongeveer 5% hoger bij optie 2, dus bij de toepassing van kernenergie. Daarbovenop ligt de efficiëntie van kerncentrales iets lager dan van gascentrales (ENTSO-E, 2019)<sup>16</sup>, wat betekent dat er bij kernenergie iets meer energie verloren gaat. Daarom wordt een energiesysteem zonder kernenergie (optie 1) iets beter beoordeeld op dit criterium dan een energiesysteem met kernenergie (optie 2).

### Leveringszekerheid

In deze analyse valt onder leveringszekerheid of er op ieder moment voldoende elektriciteit geproduceerd kan worden. De beschikbaarheid van brandstof of uranium voor energieproductie wordt niet meegenomen. Dit valt onder voorzieningszekerheid. Dit wordt wel meegenomen in de Welvaartsanalyse (Bijlage XII *Welvaartsanalyse*).

Bij optie 2 van deze structuurkeuze vervangen kerncentrales een deel van de regelbare centrales en windturbines op land. Op momenten met veel wind is er altijd voldoende productiecapaciteit, dus zowel kerncentrales als windturbines op land zijn dan niet noodzakelijk voor voldoende leveringszekerheid. Echter het plaatsen van kerncentrales in plaats van regelbare centrales kan wel effect hebben op de leveringszekerheid.

Toekomstige kerncentrales hebben een vermogen van ruim 1.600 MW en hebben daarmee een groter vermogen dan gascentrales. Dit betekent dat bij optie 2 een stuk meer vermogen wegvalt als een centrale uitvalt. Huidige kerncentrales zijn gemiddeld gezien vaker gesloten voor geplande werkzaamheden dan regelbare centrales, 54 dagen per jaar voor kerncentrales om 13 dagen per jaar voor regelbare centrales (ENTSO-E, 2019). Maar het is onzeker of dit ook het geval is voor nieuwe kerncentrales. Er zit gemiddeld gezien geen verschil in onvoorziene sluiting tussen de twee type centrales (ENTSO-E, 2019).

Er ontstaan problemen met de leveringszekerheid als er onvoldoende regelbare centrales beschikbaar zijn op momenten met veel elektriciteitsvraag en weinig productie van wind en zon. Ongeveer 30 tot 50 uur per jaar is het volledige vermogen aan regelbare centrales nodig en kunnen problemen ontstaan als een grote regelbare centrale van 1 GW uitvalt bij optie 1. Ongeveer 50 tot 100 uur per jaar kunnen problemen ontstaan als een grote kerncentrale van 1,6 GW uitvalt bij optie 2. Echter, in de praktijk zal het regelbare vermogen vermoedelijk niet precies gedimensioneerd worden op de piekvraag maar zal er meer zekerheid ingebouwd worden. Daarnaast zijn er ook andere manieren om het weggevalen vermogen op te vangen, zoals extra import vanuit andere landen, extra ontladen van batterijen of afschakelen van vraag.

In de praktijk zijn er bij beide opties naar verwachting geen grote problemen met de leveringszekerheid. Het risico lijkt iets groter bij kerncentrales aangezien een groter vermogen wegvalt en de huidige kern-

<sup>16</sup> Een kerncentrale heeft een efficiëntie van 30 tot 35%. Dit betekent dat 30 tot 35% van de energie die vrijkomt bij de kernsplijting effectief gebruikt kan worden als elektriciteit. De rest van de energie gaat verloren. Piekcentrales op gas hebben een efficiëntie van 39 tot 44% (ENTSO-E, 2019).

centrales vaker gesloten zijn dan regelbare centrales. Maar het is onzeker of dit ook geldt voor nieuwe kerncentrales. Daarom worden beide opties gelijk beoordeeld.

### 3.8 Structuurkeuze 8: Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import

Tabel 3-8 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting.

Tabel 3-8 - Beoordeling structuurkeuze 8

Beoordelingscriterium	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

Bij deze keuze is de systeemgrens erg belangrijk: de productie van synthetische brandstoffen vindt in beide gevallen op dezelfde manier plaats, maar in optie 1 is dat in het buitenland. Veel effecten vinden dus niet in Nederland plaats. Vanwege de scope van het PEH beperken de analyse zich echter tot de veranderingen op Nederlands grondgebied. Alle externe effecten in het buitenland tellen dus niet mee.

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

De afstemming van vraag en aanbod in de tijd is lastiger bij deels lokale productie (optie 2) en daarom is bij deze optie meer opslag en conversie nodig. Bij import is de aanvoer van brandstof vrijwel continu en is er voldoende opslag voorzien. Bij eigen productie vindt de productie van brandstof weliswaar continu plaats, maar de productie van waterstof niet. Om de brandstoffabriek continu van elektriciteit en waterstof te voorzien, zijn extra regelbare centrales en batterijen, respectievelijk meer waterstofopslag nodig.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

100% import (optie 1) wordt iets beter beoordeeld, omdat bij volledige import alle brandstof dichtbij de vraag wordt geïmporteerd. Bij lokale productie vindt ook een deel van de productie in de Eemshaven plaats, waar geen vraag is. Deze brandstof moet eerst per schip naar Amsterdam en Rotterdam gebracht worden. Daarnaast heb je bij lokale productie meer aanlanding van energie van windparken op zee. Hiervoor is extra energie-infrastructuur nodig bij aanlandingslocaties, zoals nieuwe stations, en op zee (netten op zee).

#### Energieverliezen

Bij 100% import (optie 1) zijn er in Nederland minder energieverliezen, omdat de energieverliezen in de keten tot aan de productie van brandstof aan het buitenland worden toegerekend. Bij deels lokale productie (optie 2) zijn de energieverliezen voor het deel lokale productie voor rekening van Nederland.

In optie 1 wordt alles geïmporteerd en zijn de scheepvaartroutes om de brandstof naar Nederland aan te voeren langer dan bij (deels) lokale productie. De verbruikte scheepsbrandstof valt onder de Nederlandse energiebalans als deze in Nederland gebunkerd is. Voor optie 1 zal ongeveer de helft in Nederland worden gebunkerd, voor optie 2 alles.

Het energieverbruik van de scheepvaart is echter maar een klein onderdeel van het totale energieverbruik en de lokale productie is maar 26% van de nationale brandstofbehoefte, de rest is import. Daardoor wordt

100% import (optie 1) beter beoordeeld op energieverliezen op Nederlands grondgebied. Optie 1 wordt echter iets slechter beoordeeld op energieverliezen als de scope verbreed wordt tot een analyse op wereldniveau vanwege de energieverliezen bij transport van de brandstoffen. Daarom worden beide opties gelijk beoordeeld.

#### Leveringszekerheid

Deels lokale productie (optie 2) wordt iets beter beoordeeld op leveringszekerheid van synthetische brandstof, al blijft de importafhankelijkheid erg groot.

De binnenlandse productie van synthetische brandstoffen is slechts een klein gedeelte van de totale vraag. Van de 170 PJ/j kerosinevraag kan maximaal 45 PJ/j (26%) lokaal geproduceerd worden, voor scheepsbunkers is dit 143 van de 543 PJ/j (26%).

Ook in het scenario met zoveel mogelijk lokale productie komt dus nog 74% uit import. De leveringszekerheid van import moet gegarandeerd worden door diversiteit van bronnen en voldoende langetermijncontracten.

De binnenlandse productie kan aan de andere kant 10-20% per jaar variëren als gevolg van de weersafhankelijke opwek. Deze variatie bedraagt omgerekend zo'n 2-5% van de totale vraag en is dus relatief gering. Het tekort aan brandstof zal meestal aangevuld kunnen worden met extra import, waardoor weersomstandigheden nauwelijks invloed hebben op de leveringszekerheid.

De leveringszekerheid van waterstof en elektriciteit verschilt nauwelijks tussen beide opties. De consumptie van zowel waterstof als elektriciteit neemt toe om de brandstoffabriek te voorzien, maar daar wordt een even grote hoeveelheid windenergie op zee, elektrolyzers, batterijen en regelbare centrales tegenover gezet. In het uiterste geval kan de productie van brandstof tijdelijk worden stilgelegd en kan de waterstof en elektriciteit elders in het systeem gebruikt worden.

### 3.9 Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

Tabel 3-9 geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Na de tabel volgt de toelichting.

Tabel 3-9 - Beoordeling structuurkeuze 9

Beoordelingscriterium	Optie 1: geen extra doorvoer	Optie 2: wel extra doorvoer
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

Deze systeemkeuze heeft geen invloed op de benodigde hoeveelheid opslag en conversie omdat er geen invloed is op de binnenlandse vraag of het binnenlandse aanbod.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

Deze systeemkeuze heeft geen invloed op de benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur in Nederland. De nieuwe energie-infrastructuur die nodig is voor de doorvoer van grondstoffen naar het



buitenland wordt niet meegenomen, aangezien dit een losstaande activiteit is en niet van het belang voor de efficiëntie van het Nederlandse energiesysteem.

#### Energieverliezen

Er kunnen energieverliezen plaatsvinden bij de doorvoer van energie naar het buitenland. Dit wordt echter niet meegenomen, aangezien dit een losstaande activiteit is en niet van het belang voor de efficiëntie van het Nederlandse energiesysteem.

#### Leveringszekerheid

Er is geen significant verschil in de leveringszekerheid. Nederland faciliteert bij extra doorvoer (optie 2) weliswaar veel grotere transportstromen, maar deze volumes zijn door het buitenland gecontracteerd. In geval van schaarste kan Nederland de transitvolumes daardoor niet voor eigen gebruik inzetten en is zij aangewezen op de eigen contracten, die hetzelfde zijn als bij geen extra doorvoer (optie 1).

### 3.10 Structuurkeuze 10: geothermie of restwarmte?

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de beoordeling van de vier criteria voor beide opties van deze structuurkeuze. Onder de tabel volgt de toelichting.

Tabel 3-10 - Beoordeling structuurkeuze 10

Beoordelingscriterium	Optie 1: geothermie	Optie 2: restwarmte
Benodigde hoeveelheid opslag en conversie		
Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur		
Energieverliezen		
Leveringszekerheid		

#### Benodigde hoeveelheid opslag en conversie

In optie 1 wordt geothermie ingezet als primaire basislast warmtebron voor een middentemperatuur-warmtenet voor de gebouwde omgeving. Bij geothermie worden twee putten geboord waardoor warm water uit de ondergrond via de productieput omhoog wordt gepompt en retour water via de retourput terug geïnjecteerd. Bij geothermie kunnen er over tijd problemen optreden zoals bijvoorbeeld blokkades of corrosie, waardoor de productie tijdelijk stilligt. Hier geldt dat op die momenten mogelijk een andere bron (zoals waterstof of groengas) ingezet moet worden.

In optie 2 is restwarmte de hoofdbron voor basislast van middentemperatuurwarmtenetten voor de gebouwde omgeving. Restwarmte wordt afgekoppeld van een proces waarbij veel warmte vrijkomt. In deze optie wordt er uitgegaan van restwarmte van industriële processen, die in principe continue draaien. In de praktijk hoeft dit niet zo te zijn. Processen kunnen tijdelijk stilliggen door bijvoorbeeld storingen of onderhoud. Op die momenten moet een andere bron, bijvoorbeeld groengas of waterstof, ingezet worden.

In beide opties dient de bron als basislast, die in beide gevallen niet op elk moment vraag en aanbod zullen afstemmen. De vraag en aanbod in de tijd wordt op eenzelfde manier met behulp van andere flexibele bronnen afgestemd. Dit betekent dat er eenzelfde hoeveelheid opslag en conversie nodig is. Daarom zit er geen significant verschil tussen beide opties voor dit criterium.

#### Benodigde hoeveelheid nieuwe energie-infrastructuur

In beide opties wordt de afstand tussen vraag (gebouwde omgeving) en aanbod (restwarmte of geothermie) overbrugd met een warmtenet. De capaciteit en afstand van de leidingen is vergelijkbaar tussen beide opties. De locaties van beide opties overlappen deels. Bijvoorbeeld in Amsterdam en Rotterdam, omdat daar in beide gevallen een concentratie van warmtevraag is, en een aanbod van restwarmte en geothermie.

Er is geen significant verschil tussen beide opties aangezien de capaciteit en afstand van de leidingen vergelijkbaar zijn.

#### Energieverliezen

In beide opties wordt over een vergelijkbare afstand warmte getransporteerd. Daarom wordt er niet gedifferentieerd tussen beide opties.

#### Leveringszekerheid

Er wordt bij deze structuurkeuze gekeken naar de zekerheid van levering van warmte.

Beide opties kennen onzekerheden. Voor geothermie geldt dat het nog niet op grote schaal is toegepast en dat er projecten gestopt zijn na negatieve effecten in de ondergrond. Dit betekent dat geothermie zich onder andere op het gebied van leveringszekerheid nog moet bewijzen. Naarmate het aantal dubletten toeneemt dat aan een collectieve warmtenet verbonden is, neemt ook de leveringszekerheid van de warmtevoorziening toe.

De optie restwarmte is benaderd vanuit (een update van) het Europese scenario in II3050. Hierin wordt uitgegaan van een groei van de industrie, waarbij er voldoende restwarmte geproduceerd blijft worden om aan de vraag te voldoen. Dit heeft dus een positief effect op de leveringszekerheid. Onder andere scenario's, waarbij de industrie bijvoorbeeld krimpt en/of restwarmtebeschikbaarheid (voor externe doeleinden) afneemt als gevolg van energietransitie in de industrie, kan de leveringszekerheid voor restwarmte op termijn afnemen.

Aangezien de leveringszekerheid voor beide opties zowel positief als negatief kan uitvallen is er aangenomen dat dit niet significant differentieert.

### 3.11 Systeemontwikkeling 11: Maximale elektrificatie

Er is onvoldoende data beschikbaar om deze structuurkeuze te beoordelen op systeemefficiëntie.

### 3.12 Systeemontwikkeling 12: Maximaal gebruik waterstof

Er is onvoldoende data beschikbaar om deze structuurkeuze te beoordelen op systeemefficiëntie.

### 3.13 Systeemontwikkeling 13: Gebruik groengas/methaan

Er is onvoldoende data beschikbaar om deze structuurkeuze te beoordelen op systeemefficiëntie.

# BIJLAGE X Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Roel van Ooij, Maarten Jaspers Faijer

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers, Mariëlle de Sain

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
1.1	Introductie	2
1.2	Advies Commissie m.e.r.	5
<b>2</b>	<b>Robuuste knelpunten &amp; ontwikkelingen</b>	<b>10</b>
2.1	Robuuste ontwikkelingen in elektriciteitsnetwerk	10
2.2	Robuuste ontwikkelingen voor knelpunten in gasnetwerk	17
<b>3</b>	<b>Aanvullende uitgangspunten voor structuurkeuzes en systeemontwikkelingen</b>	<b>18</b>
3.1	Inleiding	18
3.2	Opwek (productie + import)	19
3.3	Opslag	20
3.4	Elektriciteitsinfrastructuur	22
3.5	Methaan- en Waterstofinfrastructuur	22
<b>4</b>	<b>Beoordelingskader</b>	<b>23</b>
4.1	Lagenbenadering	23
4.2	Drie categorieën beoordeling	25
<b>5</b>	<b>Uitwerking van het beoordelingskader</b>	<b>28</b>
5.1	Occupatielaag	28
5.2	Netwerklaag	30
5.3	Ondergrondlaag	33
5.4	Passende Beoordeling	38
<b>6</b>	<b>Bronnen</b>	<b>41</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

Onderdeel van de Integrale Effectenanalyse is een milieubeoordeling. In dit document wordt de beoordelingsmethodiek voor Milieu & Ruimte van robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes toegelicht. De beoordeling van robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes heeft dezelfde basis, maar is van een ander abstractieniveau. In hoofdstuk 2 wordt de beoordelingsmethodiek van robuuste ontwikkelingen toegelicht, in hoofdstuk 3 staat dit voor structuurkeuzes. Het gebruikte beoordelingskader is nader toegelicht in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 staat de uitwerking van het beoordelingskader. Veel gebruikte termen staan uitgelegd in Bijlage I.

### **Disclaimer Milieu & Ruimte**

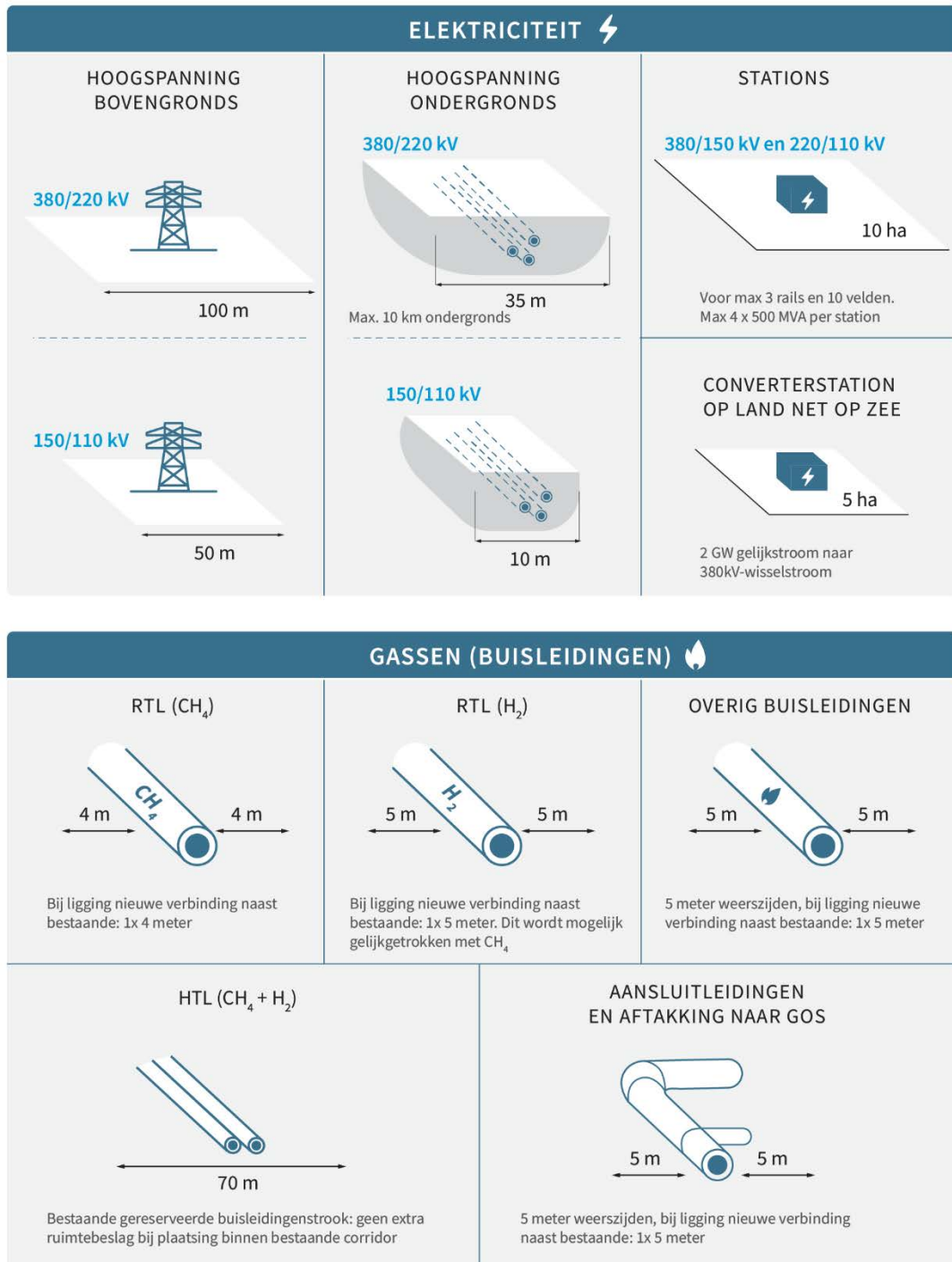
Voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte zijn in deze IEA onderbouwde aannames gedaan over ruimtebeslag, potentiële locaties en ruimtelijke tracéopties van verschillende elementen van het energiesysteem. Dit is gedaan om de belangrijkste effecten te beoordelen en op basis hiervan ontwikkelrichtingen voor de energiehoofdstructuur te kunnen opnemen in het PEH. Het is niet bedoeld om exacte locaties en/of tracés te kiezen; dit gebeurt in planologische (vervolg)procedures voor een specifiek(e) locatie of tracé. Voorafgaand aan deze procedures wordt eerst een investeringsbeslissing genomen door een netbeheerder\* of andere (private) initiatiefnemer. In de planologische procedures vindt in samenspraak met de omgeving nader (lees meer gedetailleerd) onderzoek plaats naar verschillende opties en effecten aan de hand van de op dat moment meest recente informatie. Op basis hiervan wordt een beslissing genomen over een precieze ligging van een tracé of locatie. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van de IEA/PEH worden wel meegenomen in deze procedures; het PEH vormt het kader voor de uitwerking in deze vervolprocedures.

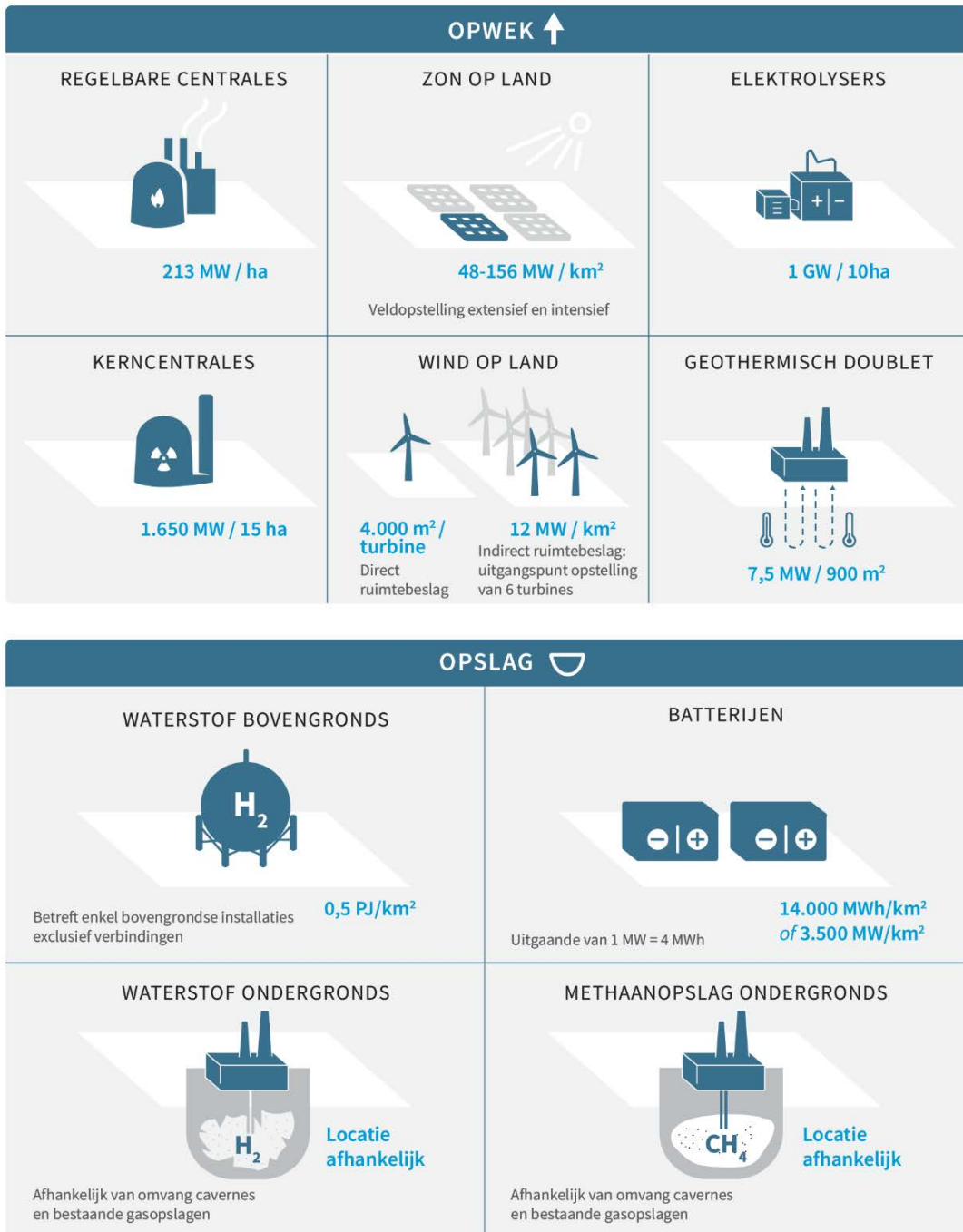
*\*De netbeheerders maken hierbij een afweging voor de beste nettechnische oplossing.*

Voor het ruimtebeslag<sup>1</sup> van verschillende onderdelen van het energiesysteem staan de aannames in Figuur 1-1. Dit biedt een overzicht van het ruimtebeslag dat in meer detail is toegelicht in hoofdstuk 2 en 3.

<sup>1</sup> Er wordt bij ruimtebeslag gesproken over direct en indirect ruimtebeslag. Bij direct ruimtebeslag is er geen tot beperkt medegebruik door andere functies mogelijk, bij indirect ruimtebeslag is er wel medegebruik van (bepaalde) andere functies mogelijk.

Figuur 1-1 Overzicht aannames ruimtebeslag per onderdeel







## 1.2 Advies Commissie m.e.r.

De Commissie m.e.r. heeft op 23 juni 2021 een advies uitgebracht over de reikwijdte en het detailniveau van de IEA/planMER.<sup>2</sup> In de volgende tabel staan de belangrijkste aanbevelingen uit dit advies van de Commissie voor de milieueffectrapportage (verder Commissie m.e.r.) waarbij is aangegeven waar de aanbevelingen zijn geland in de IEA/planMER. Hierbij is de volgende leeswijzer van toepassing:

- Ten opzichte van de notitie reikwijdte en detailniveau is er een aantal dingen verder uitgewerkt of is de aanpak van de alternatieven en de beoordelingsmethodiek op basis van voortschrijdend inzicht aangepast. Daarmee verschilt ook op een aantal plaatsen de gehanteerde bewoording van het advies van die van de IEA/planMER. Dit heeft vooral te maken met het abstractieniveau van PEH. De belangrijkste voorbeelden hier van zijn:
  - Er heeft geen ‘traditionele’ ontwikkeling en vergelijking van alternatieven plaatsgevonden. Er is een analyse van verschillende scenario’s gedaan op basis waarvan de gevolgen van bepaalde ontwikkelingen (robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes) inzichtelijk zijn gemaakt.
  - Er is daarmee ook niet één voorkeursalternatief (VKA) bepaald. Op basis van de inzichten in verschillende ontwikkelingen, zijn in het PEH keuzes gemaakt, kansrijke ontwikkelrichtingen aangewezen en randvoorwaarden bepaald.
  - De situatie 2030 is beschreven en niet beoordeeld in deze IEA omdat over veel van de 2030-projecten is besloten/de besluitvorming vergevorderd is en ze daarmee elders beoordeeld zijn/worden. De situatie 2030 dient als uitgangssituatie voor de beoordeling van de situatie in 2050 en ook voor het plaatsen van ontwikkelingen in de tijd.
- Bij een aantal aanbevelingen die gedaan zijn voor of meer van toepassing zijn op het programma PEH 2023 zelf, wordt verwezen naar het programma PEH 2023. Deze aanbevelingen komen niet aan bod in de IEA/planMER.
- Gezien het (meer abstracte) detailniveau van deze IEA/planMER voor PEH en de uitwerking die moet volgen in procedures van concrete projecten, is er op sommige plekken aangegeven dat het advies van toepassing is op vervolgpcedures.
- De hoofdpunten (eerste hoofdstuk *Advies voor de inhoud van de IEA in het kort*) van het advies van de Commissie m.e.r. zijn niet opgenomen in de onderstaande tabel. Deze komen immers terug in de individuele hoofdstukken en worden daarmee behandeld in het desbetreffende gedeelte van de tabel.

Tabel 1-1 Belangrijkste aanbevelingen advies Commissie m.e.r. NRD en de omgang hiermee in de IEA/planMER

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
<b>HOOFDSTUK 1 STAP 1: AANLEIDING EN DOEL</b>		
§1.1	Concretiseer zo veel als mogelijk de ambitie, onder andere in de tijd (zowel voor 2030 en 2050).	Zie paragraaf 1.1 en hoofdstuk 2 hoofdrapport IEA en Bijlagen VIII en VIII (uitwerking alternatieven 2050) en zie paragraaf 2.7 en hoofdrapport IEA en Bijlage XIV (situatie 2030).
	Geef in de IEA aan wat er wordt verstaan onder een goede leefomgevingskwaliteit.	In het beoordelingskader staan diverse aspecten die voor leefomgevingskwaliteit staan (zoals dichtheid woningen). Beschrijving beoordelingskader Milieu & Ruimte staat in Bijlage X.
	Beschrijf in de IEA wat de ervaringen zijn geweest met deze structuurvisies (SEV III, SvWOL en SB).	In paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III staat de beleid en context beschreven. Het PEH gaat waar relevant in op de ervaringen met deze structuurvisies en beschrijft eventuele aanvullende maatregelen.
§1.2	Geef in de IEA aan welke kaders de NOVI stelt aan het PEH, en op welke wijze deze invulling geven aan het PEH.	Zie paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III. Ook in het PEH wordt ingegaan op de relatie met de NOVI en de vertaling van bijvoorbeeld principes uit de NOVI naar PEH.

<sup>2</sup> [www.commissierner.nl/docs/mer/p35/p3528/3528\\_rd\\_advies\\_reikwijdte\\_en\\_detailniveau.pdf](http://www.commissierner.nl/docs/mer/p35/p3528/3528_rd_advies_reikwijdte_en_detailniveau.pdf)

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
	Geef aan welke wet- en regelgeving en beleidskaders van belang zijn voor PEH en geef de samenhang met andere (lopende) programma's aan.	In paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III staat de beleid en context beschreven.
§1.3	Beschrijf relatie met andere (lopende) programma's en hoe dit heeft meegewogen in afwegingsproces (aantal worden benoemd).	Zie In paragraaf 1.4 en hoofdrapport IEA en Bijlage III staat de beleid en context beschreven. Voor de vaststelling van het PEH als product is er veel afstemming geweest met andere lopende programma's. In het PEH staat globaal beschreven welke relaties er zijn en zijn ook de belangrijkste relaties met andere opgaven uit de leefomgeving opgenomen.
§1.4	Geef aan voor welke onderwerpen mogelijk AMvB's worden opgesteld. Beschrijf welke structuurvisies vervallen bij vaststelling van het PEH.	Dit is opgenomen in PEH 2023.
<b>HOOFDSTUK 2 STAP 2: SCENARIO'S, ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN</b>		
§2.1	Geef in de IEA weer wat de belangrijkste aannames zijn achter de scenario's en hoe deze getallen tot stand zijn gekomen. Geef hierbij onderbouwing verschillen aan.	Zie hoofdstuk 2 hoofdrapport IEA. Uitgebreide uitleg te vinden in Bijlage IV (beschrijving scenario's).
	De Commissie vraagt om toe te lichten waarom geothermie niet meegenomen wordt in PEH, terwijl dit expliciet in de scenario's van I13050	Zie hoofdstukken 2 (2.6.10) en 5 (5.2.10) hoofdrapport IEA en Bijlage VIII Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen. Hier is aandacht besteed aan de bovenregionale warmtenetten volgend uit geothermie. De lokale warmtenetten en bronnen zelf worden niet expliciet behandeld (ze staan wel in verminderde vraag elektriciteit in scenario's).
§2.2	<u>Alternatieven 2050</u> Geef aan hoe afwegingsprincipes van de NOVI zijn vertaald in de alternatieven.	Zie voor alternatievenontwikkeling en traceringsprincipes hoofdstuk 3.2.2 hoofdrapport IEA en Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	Beschrijf welke opwek-, vraag- flex- en net-technieken onderdeel zijn van de alternatieven.	Zie hoofdstuk 1 (1.2) hoofdrapport IEA en Bijlage IV (beschrijving scenario's).
	Om mogelijk zwaarwegende effecten op natuur, landschap en leefomgeving te kunnen beoordelen kan het in stedelijke regio's en in gebieden met specifieke hoge waarden nodig zijn om globale tracévarianten te verkennen binnen een beschikbare bandbreedte.	Zie bijlagen X (beoordelingsmethodiek Milieu en Ruimte) en XIa (beoordeling ontwikkelingen voor Milieu en Ruimte) waarbij voor de meeste lijninfrastructuur is gekeken naar een aantal varianten en voor puntinfrastructuur/locaties naar een robuust en maximum ruimtebeslag.
	De Commissie beveelt aan indien concrete ruimtelijke reserveringen nodig zijn voor trajecten, dit te onderzoeken via separate gebiedsprocessen, waarin het milieuonderzoek gedetailleerder is en passend is bij de besluitvorming.	Het ministerie van EZK en de opstellers van deze IEA hebben dit vanaf het begin als uitgangsprincipe gehanteerd.
	<u>Alternatieven 2030</u> Geef aan welke aannames zijn gedaan	Zie paragraaf 2.7 van hoofdrapport IEA en Bijlage XIV (situatie 2030).
§2.3	<u>Varianten</u> Beschouw alternatief met kernenergie als Zeer Sterke Knoop en geef aan wat verwachte hoeveelheid energieopwekking is en welke het zal vervangen.	Het scenario met daarin kernenergie heeft de naam Zeer Sterke Knopen. In Hoofdstuk 2 (2.3) van het Hoofdrapport IEA en Bijlage IV (Beschrijving scenario's 2050) zijn de hoeveelheden energie-opwek en -vervanging beschreven.
	Geef aan waarom waarborglocatie Eemshaven wordt uitgesloten van deze variant.	Tijdens een Wetgevingsoverleg op 4 maart 2021 (Kamerstuk 35 603, nr. 79) is een motie van Tweede Kamerlid Beckerman aangenomen die uitspreekt dat Eemshaven als waarborglocatie geschrapt moet worden. Daarnaast is een motie van de leden Sienot en Mulder aangenomen die oproept geen kerncentrale te realiseren in de provincie

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
		Groningen. In de Kamerbrief over kernenergie wordt daarom ook de locatie Eemshaven niet overwogen voor locatie voor nieuwbouw uit het coalitieakkoord. In het PEH wordt de waarborglocatie ook niet meegenomen voor het toekomstige energiesysteem. In de volgende actualisatie van het Barro/Bkl zal Eemshaven daarom geschrapt worden.
	De Commissie benadrukt nogmaals dat dit programma en de abstractie daarvan zich niet goed leent voor een volledige milieuvergelijking tussen kernenergie of andere vormen van energieopwekking (wind en zon) tussen 2030-2050. Ook zou dan naar de mening van de Commissie de andere vormen van energieopwekking moeten worden onderzocht (zie par. 1.1 van dit advies).	Het ministerie van EZK en de opstellers van deze IEA sluiten aan bij deze opmerking. Energieopwekking (kern-energie, wind en zon) behoren niet tot de scope van het PEH. In de IEA is alleen op hoofdlijnen naar de effecten van energieopwekking gekeken om, naast de invloed van verschillende vormen van opwek op de energie-infrastructuur, ook inzicht te geven in onderscheid in effecten van meer of minder spreiding van opwek.
	Kijk of mogelijke toekomstige technologieën van invloed zijn op alternatieven. Bijvoorbeeld SMR en waterstofbuisleidingen beschouwen als opslag.	<p>Invalshoek van de analyses zijn de huidige technieken, vanwege onzekerheid van mogelijke omvang nieuwe technieken. Maar concrete technieken zijn wel besproken. SMR's zijn wel beschreven in Bijlage IV (beschrijving scenario's). Opslag in buisleidingen is niet expliciet opgenomen in de analyse omdat de lage netto-opslagcapaciteit niet voldoet aan de opslagbehoefte. Er is dus geen ruimtelijke effectenbeoordeling op gedaan. Door de geringe omvang in termen van energie zal er geen invloed zijn op de alternatieven.</p> <p>Ook wordt verwezen naar het cyclisch karakter van PEH; het programma wordt eens in de 4 à 5 jaar vernieuwd en daarmee kunnen nieuwe technologieën worden meegenomen.</p>
§2.4	Om in de IEA twee verschillende referentiesituaties te beschrijven, namelijk een aparte referentiesituatie voor de effectbeoordeling van de voorgestelde alternatieven/varianten van 2030 en een andere referentiesituatie voor de effectbeoordeling van de alternatieven/varianten van 2050.	De situatie 2030 is beschreven en niet beoordeeld in deze IEA omdat over veel van de 2030-projecten is besloten/de besluitvorming gevorderd is en ze daarmee elders beoordeeld zijn/worden. De situatie 2030 dient als uitgangssituatie voor de beoordeling van de situatie in 2050 en ook voor het plaatsen van ontwikkelingen in de tijd.
<b>HOOFDSTUK 3 STAP 3: MILIEUGEVOLGEN EN CONTOUR-VKA</b>		
§3.1	<u>Ruimtebeslag</u> Maak bij direct ruimtebeslag onderscheid tussen vlakken en lijnen	Er is onderscheid gemaakt in lijninfrastructuur en puntinfrastructuur en gebieden waar diverse infrastructuur samenkomt.
	Ga bij indirect ruimtebeslag in op meervoudig ruimtegebruik	Is onderdeel van zowel de traceringsprincipes als van de beoordelingsmethodiek (aspecten landschap en overige gebruiksfuncties). Zie paragraaf 2.1 en 3.2 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	Maak inzichtelijk hoe invulling wordt geven aan het NOVI-principe "Combinaties van functies gaat voor enkelvoudige functies". Besteed daarbij zowel aandacht aan de potentie voor bundeling van functie (inclusief mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik) per onderdeel van het energiesysteem als voor de potentie voor het hele systeem.	Is onderdeel van zowel de traceringsprincipes als van de beoordelingsmethodiek (aspecten landschap en overige gebruiksfuncties). Zie paragraaf 2.1 en 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte). De conclusies over het landelijk beeld (zie o.a. hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA) vormen input voor de ontwikkelrichtingen in het PEH.
§3.2	<u>Leefomgeving en gezondheid</u> NOVI-principes als leidraad te nemen voor de alternatieven 2050. Beoordeling kan op basis van 'expert judgement', ondersteunt door geografische analyses op hoofdlijnen. Combinaties van	De NOVI-principes zijn onderdeel van de traceringsprincipes. In Bijlage III en hoofdstuk 2 en 5 van Bijlage X wordt hier aandacht aan besteed. Ook komt het terug in hoofdstuk 6 van het hoofdrapport IEA.

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
	functies gaan voor enkelvoudige functies. Kenmerken en identiteit van een gebied staan centraal, afwentelen wordt voorkomen.	
	Geef ook inzicht in de mate waarin de impact op de leefomgeving en andere functies door slimme keuzes gemitigeerd kan worden.	Mitigatie maakt onderdeel uit van de beoordelingsmethodiek. Zie paragraaf 4.2 en hoofdstuk 5 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte Gezien het abstractieniveau van het programma en deze beoordeling, zijn er leemten die voor een deel als aanbeveling voor vervolgprocedures/vervolgonderzoek zijn opgenomen, zie hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.
§3.3	Gebiedsbescherming: kijk naar effecten op N2000 en NNN. De beoordeling dient ten minste te voldoen aan de vereisten van een voortoets	Effecten op NNN en N2000 zijn meegenomen. Op dit abstractieniveau en deze tijdschaal is niet volledig te voldoen aan vereisten voortoets. Zie toelichting paragraaf 5.3 en 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte)
	Soortenbescherming: Breng ook de effecten op beschermde soorten in beeld. Gelet op het hoge abstractieniveau van het besluit zal een indicatieve risicobeoordeling van de alternatieven op dit moment volstaan.	Dit is voornamelijk meegenomen via beoordeling beschermde gebieden. Zie paragraaf 5.3 en 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
§3.4	<u>Cultuurhistorie en archeologie</u> . Commissie onderschrijft in NRD voorgestelde aanpak om te kijken voor archeologie en cultuurhistorie.	Zie methodiek cultuurhistorie en archeologie in paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	<u>Landschap</u> . Commissie adviseert volgende criteria te betrekken in beoordeling: Rechtstanden, landschappelijke eenheden, landschappelijke hoofdstructuur en grote wateren	De beoordeling van landschap omvat deze criteria. Zie paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
	Bij bundeling: Met bestaande KV-lijnen onopvallend en rustig beeld en een masttype, buisleidingen: maat van barrière afwegen, met weg- en waterinfra: kan het voldoende een lijn krijgen.	Als aanbeveling voor vervolgprocedures opgenomen, zie hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.
	Beoordeling van de locaties voor energiehubs geldt het NOVI-afwegingscriterium dat dit moet bijdragen aan het versterken van karakteristieke verschillen binnen de landschappelijke verscheidenheid van Nederland.	Is onderdeel beoordeling landschap. Zie paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte).
§3.5	<u>Water</u> De Commissie adviseert naast mate van invloed op grondwaterkwaliteit, mate van doorkruising van oppervlaktewateren en mate van invloed op primaire waterkeringen ook de beïnvloeding van drinkwatervoorzieningen te beoordelen (grondwaterbeschermingsgebieden, aanvullende strategische watervoorraden en nationale grondwatervoorraden).	Zie grondwater en (drink)watervoorziening paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte) waar ook grondwaterbeschermingsgebieden, aanvullende strategische voorraden en nationale grondwaterreserves zijn opgenomen. Oppervlaktewateren zijn weinig aan de orde in de IEA.
	Klimaatadaptatie: Beoordeel waar mogelijk sprake kan zijn van concurrerende ruimteclaims en waar er juist slimme koppelkansen liggen (synergie), teneinde een met het oog op de klimaatverandering toekomstbestendig ontwikkeling van het PEH mogelijk te maken. Geef aan hoe robuust de energie-infrastructuur is in de context van deze risico's en waar de alternatieven op dit punt verschillen.	Er wordt gekeken naar overstromingsgevoeligheid van puntinfrastructuur. Zie paragraaf 5.4 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte). Daarnaast is er in Bijlage XIb (Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes) gekeken naar beschikbaarheid van voldoende waterafvoer voor koelwater naar de toekomst toe en het toepassen van koeltorens. Ook het PEH zal ingaan op de relatie met andere grote opgaven in de leefomgeving zoals klimaatadaptatie en eventuele risico's.
§3.6	<u>Bodem (ondiep)</u> . Geef in de IEA aan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Het ruimtebeslag van ondergrondse infrastructuur.</li> </ul>	1. Zie paragraaf 5.3 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte) en uitwerking in Bijlage XIa

Par.	Advies Commissie m.e.r.	Omgang met advies
	<ul style="list-style-type: none"> <li>De bundelingsmogelijkheden of -onmogelijkheden met bestaande infrastructuur en buisleidingenstraten.</li> <li>De omvang van het netwerk in stedelijk gebied en mogelijke interferenties met andere functies.</li> <li>Het mogelijke effect op de bodemkwaliteit, onder andere door opwarming, en bodembiodiversiteit Indien dit niet te bepalen is, geef weer welke risico's er zijn en hoe hiermee rekening wordt gehouden in vervoltrajecten.</li> </ul>	<p>(Beoordeling Milieu &amp; Ruimte (robuuste) ontwikkelingen).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Zie paragraaf 5.3 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu &amp; Ruimte) en uitwerking in Bijlage XIa (Beoordeling Milieu &amp; Ruimte (robuuste) ontwikkelingen). Ook als aanbeveling voor vervolgpcedures opgenomen in hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.</li> <li>De omvang is niet aangegeven. In het beoordelingskader is interferentie met andere functies opgenomen.</li> <li>Als aanbeveling voor vervolgpcedures opgenomen, zie hoofdstuk 6 hoofdrapport IEA.</li> </ol>
§3.7	<p><b>Bodem (diep).</b> Gebruik de volgende beoordelingscriteria:            Veiligheid: De kans op het optreden van bodemdaling, geïnduceerde seismiteit of lekken naar het oppervlak.            Prioriteitstelling van gebruiksmogelijkheden            Vermijden van ondergrondse interferentie            Bovengronds ruimtebeslag</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Is onderdeel beoordelingskader Milieu en Ruimte (zie Bijlage X).</li> <li>Voor twee opties van waterstofopslag in de ondergrond is dit aangegeven in paragraaf 2.6.6 hoofdrapport IEA en Bijlage VII. In Bijlage XIb is tekst toegevoegd over prioriteitsstelling ten opzichte van andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond.</li> <li>Op hoofdlijnen zijn de risico's aangegeven, zie paragraaf 5.2 Bijlage X (Beoordelingsmethodiek Milieu &amp; Ruimte).</li> <li>Ruimtebeslag is opgenomen in beschrijving beoordelingskader Milieu &amp; Ruimte hoofdstuk 5 in Bijlage X.</li> </ol>
§3.8	Geef in de IEA aan op welke wijze de sociale effecten zijn meegenomen in de beoordeling, of in de vormgeving van het programma.	Er is een welvaartanalyse uitgevoerd, zie Bijlage XII.
	Geef wat het contour-voorkeursalternatief is en laat zien wat de (milieu)afwegingen zijn geweest.	Zie ook inleiding boven deze tabel, er wordt niet gesproken van een VKA. In PEH zijn afwegingen opgenomen.
<b>HOOFDSTUK 4 STAP 4: BOTSPOEVEN EN GEVOELIGHEIDSANALYSE</b>		
§4.1	Doe botsproeven: laat contouren VKA botsen met andere ruimtelijke opgaven/programma's	Zie opmerking over VKA boven deze tabel. Er is gekeken naar de huidige ruimtelijke invulling waarbij met name de industrieclusters als ruimtelijk knelpunt terugkomen. Ook in het PEH wordt de relatie met andere grote opgaven in de leefomgeving beschreven en worden eventuele kansen en risico's benoemd.
§4.2	Gevoeligheidsanalyses doen voor de gedane aannames (zoals technologische ontwikkelingen in opwek, opslag en transport), gemaakte (onomkeerbare) keuzes, marktinvloeden, aanpassingen in energieverbruik (bijvoorbeeld als er meer of juist minder energieverbruik is) of andere externe factoren? PEH toetsen aan flexibiliteit/adaptiviteit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Werken met scenario's die hoekpunten energiesysteem omvatten, zie hoofdstuk 2 hoofdrapport IEA en Bijlage IV.</li> <li>Verschillen- en gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf 2.8 hoofdrapport IEA en Bijlage XV.</li> <li>Omdat ook na oplevering van het PEH nieuwe inzichten ontstaan, doorloopt PEH een iteratief proces waarin periodieke actualisaties plaatsvinden.</li> </ul>
§4.3	Vermeld in PEH welke (milieu)afwegingen en optimalisaties bij VKA gemaakt zijn.	Zie ook inleiding boven deze tabel, er wordt niet gesproken van een VKA. In PEH zijn afwegingen opgenomen.
<b>HOOFDSTUK 5 LEEMTEN IN KENNIS, MONITORING EN EVALUATIE</b>		
§5.1	Benoem de leemten in kennis en spits dit toe op milieuaspecten die in de verder besluitvorming een belangrijke rol spelen	Gezien het abstractieniveau van Leemten in kennis zijn opgenomen in de aanbevelingen voor vervolgpcedures, zie hoofdstuk 6.
§5.2	De IEA dient een aanzet voor een monitoringsprogramma te bevatten. Eventueel kan aangehaakt worden vanuit (andere) rijksprogramma's of (inter)nationaal verplichte monitoringsprogramma's	Dit wordt ondervangen door het cyclische karakter van PEH, waarbij om de ongeveer 4 jaar een evaluatie en actualisatie wordt gedaan.

## 2 Robuuste knelpunten & ontwikkelingen

De robuuste knelpunten hebben ruimtelijke ingrepen tot gevolg om ze op te kunnen lossen: dit worden robuuste ontwikkelingen genoemd. Deze ontwikkelingen zijn beoordeeld voor Milieu & Ruimte. Voor het beoordelen van de potentiële effecten van deze robuuste ontwikkelingen is een aantal uitgangspunten gehanteerd. Deze uitgangspunten hebben zowel betrekking op alle (fysieke) onderdelen van de ruimtelijke ingrepen<sup>3</sup> als op de verschillende fases van ontwikkeling, te weten aanleg, exploitatie en verwijdering. In dit hoofdstuk worden deze uitgangspunten en de beoordelingsmethodiek voor Milieu & Ruimte nader toegelicht.

De wijze waarop de selectie van robuuste knelpunten heeft plaatsgevonden is in Bijlage VI nader toegelicht. Dit hoofdstuk bevat een overzicht van de aannames achter de robuuste ontwikkelingen per element en onderdeel van de energie-infrastructuur. Het gaat hierbij om de elementen en onderdelen uit Tabel 2-1. Deze worden uitgewerkt in de paragrafen daaronder.

Tabel 2-1 Elementen en onderdelen energiesysteem bij robuuste ontwikkelingen

Netwerk	Element	Onderdeel
Elektriciteitsnetwerk	Netinfrastructuur	Hoogspanningsverbindingen
		Hoogspanningsstations
		Converterstations
	Opwek	Regelbare centrales
		Elektrolyzers
Opslag	Batterijen	
Gasnetwerk	Netinfrastructuur	Verbindingen

### 2.1 Robuuste ontwikkelingen in elektriciteitsnetwerk

#### 2.1.1 Netinfrastructuur

##### Verbindingen en tracéopties

Voor een robuust knelpunt dat optreedt bij een bestaande hoogspanningsverbinding is de robuuste ontwikkeling een nieuwe hoogspanningsverbinding. Uitgangspunt is dat één verbinding (met twee circuits) uitgevoerd in 4kA<sup>4</sup>-kabels voldoende is voor het oplossen van het robuuste knelpunt. Ook wordt er bij een nieuwe hoogspanningsverbinding gekeken naar een tracéoptie parallel langs de bestaande verbinding en één of twee tracéopties niet-parallel aan de bestaande verbinding. De effecten worden bekeken in een corridor van ongeveer 1 km van de verbinding. Dit is gedaan om de effecten op hoofdlijnen te kunnen bepalen en omdat de exacte ligging van een verbinding (nog) niet te bepalen is met het huidige detailniveau van onderzoek. De onderzochte tracéopties vormen namelijk een eerste basis voor vervolgtrajecten die in meer detail naar tracés gaan kijken. Het is vooral bedoeld als eerste verkenning en om (on)mogelijkheden vast te stellen. Er worden geen tracés vastgelegd in het PEH.

<sup>3</sup> Er wordt bij ruimtebeslag gesproken over direct en indirect ruimtebeslag. Bij direct ruimtebeslag is er geen tot beperkt medegebruik door andere functies mogelijk, bij indirect ruimtebeslag is er wel medegebruik van (bepaalde) andere functies mogelijk.

<sup>4</sup> Dit staat voor 4 kiloampère. 4kA-kabels zijn kabels die een grotere hoeveelheid elektriciteit kunnen vervoeren ten opzichte van reguliere kabels.

### Traceringsuitgangspunten tracéopties

Als een nieuwe 220/380kV-verbinding naar verwachting nodig is, worden meerdere tracéopties nader onderzocht. Een tracéoptie is een mogelijk tracé voor een nieuwe verbinding die is ontwikkeld aan de hand van traceringsuitgangspunten (zie hieronder). Vanuit efficiënt ruimtegebruik is parallellegging van een nieuwe verbinding met een bestaande verbinding gewenst. Door parallellegging zijn de te verwachten effecten op Milieu & Ruimte lager. Er kan bijvoorbeeld efficiënter met de ruimte worden omgegaan, vanuit landschap is er geen nieuwe doorsnijding en het aanvaringsrisico voor vogels neemt niet of minder toe. Om deze reden is er altijd een tracéoptie ontwikkeld die parallel ligt met de bestaande verbinding. Het kan zijn dat door ruimtelijke belemmeringen een dergelijk tracé niet haalbaar is, daarom is er indien mogelijk één of twee alternatieve tracéopties onderzocht die minder of geen parallellegging hebben met de bestaande verbinding. Deze tracéopties zijn bekeken in een zone om de ruimtelijke en milieueffecten te kunnen bepalen. Het doel van de analyse is niet om een voorkeustracé te bepalen, maar het vaststellen van mogelijke effecten en risico's op het gebied van Milieu & Ruimte.

Het traceren van de niet-parallelle tracéopties gebeurt aan de hand van principes van de NOVI die aangevuld zijn met uitgangspunten die in de praktijk worden gebruikt voor nieuwe verbindingen. Praktisch leidt dit tot de volgende 'traceringsuitgangspunten':

1. De nieuwe verbinding is zo kort mogelijk.
2. Er wordt zo veel als mogelijk gebundeld met bestaande infrastructuur (breder dan hoogspanning alleen).
3. Woonkernen worden zo veel als mogelijk vermeden.
4. Beschermde natuurgebieden worden zo veel als mogelijk vermeden.

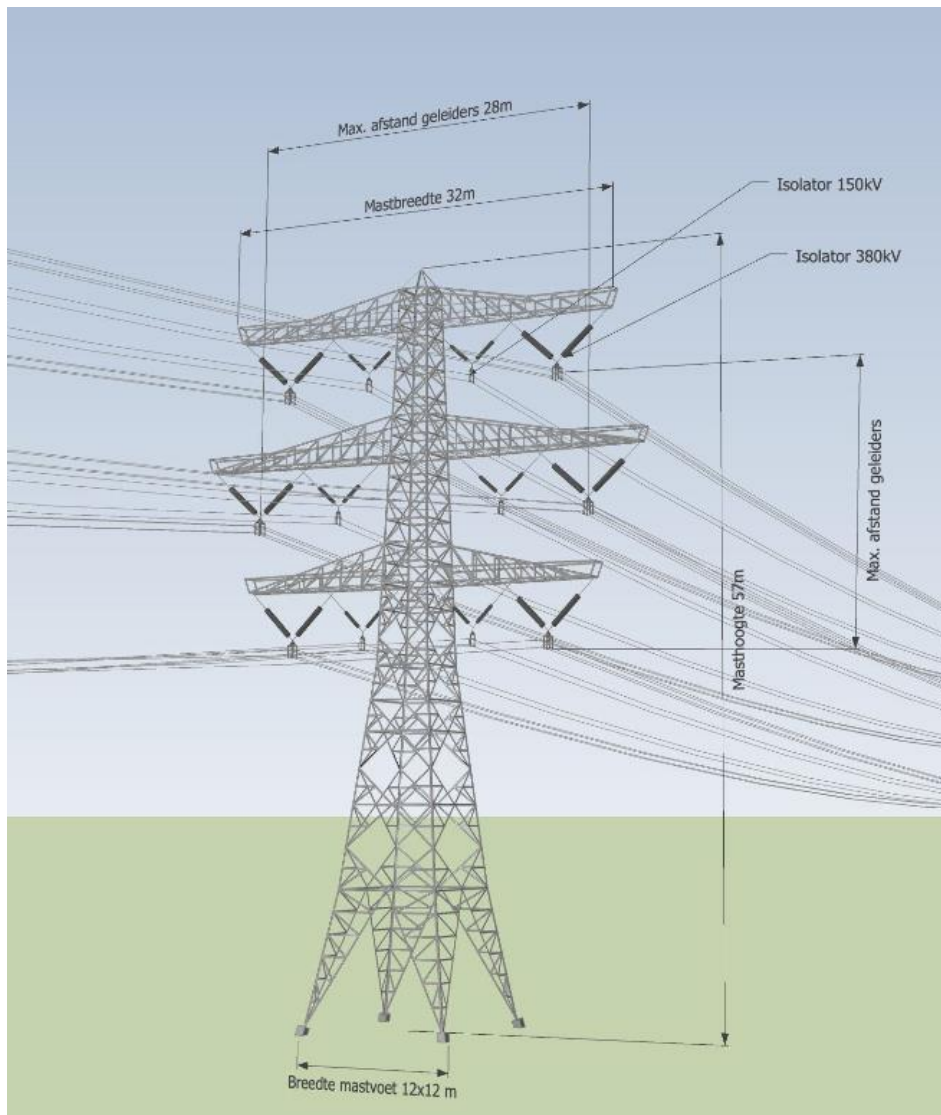
#### *Hoogspanningsverbindingen*

Uitgangspunt is dat hoogspanningsverbindingen vanaf 220 kilovolt (kV) bovengronds worden aangelegd. Onlangs heeft het ministerie van Economische Zaken ingestemd met het beleid van TenneT om in principe een vakwerkmast toe te passen. Dit wordt dan ook als uitgangspunt gehanteerd in dit onderzoek. Hierbij is een mast van het type Moldau gehanteerd met een bouwhoogte van ongeveer 60 meter. Dit wordt op dit moment ook toegepast in het project Zuid-West 380kV Oost. Een dergelijk type mast is in Figuur 2-1 afgebeeld.

Voor realisatie van een hoogspanningsverbinding wordt een Zakelijke Recht Overeenkomsten (ZRO) afgesloten met de grondeigenaar van de grond waar de masten en kabels aanwezig zijn. Binnen deze ZRO-strook<sup>5</sup> gelden beperkingen voor het ruimtegebruik, de bereikbaarheid en de veiligheid. De breedte van de ZRO-strook is afhankelijk van het soort verbinding en het gebruikte masttype. In deze effectbeoordeling wordt uitgegaan van een indirect ruimtebeslag van 100 meter voor een bovengrondse 220/380kV-verbinding. Het grootste deel van het ruimtebeslag kan dienen voor meervoudig ruimtegebruik (bijvoorbeeld landbouw). Enkel bij de locatie van de masten is meervoudig ruimtegebruik niet mogelijk.

<sup>5</sup> De netbeheerder sluit veelal een (zakelijke recht) overeenkomst af voor gronden waar de verbinding onderdoor of overheen gaat. De strook waarbinnen deze overeenkomst geldt heet de ZRO-strook.

Figuur 2-1 Voorbeeld Moldau-masttype toegepast bij nieuwe bovengrondse verbindingen (TenneT, 2020)



### Hoogspanningsstations

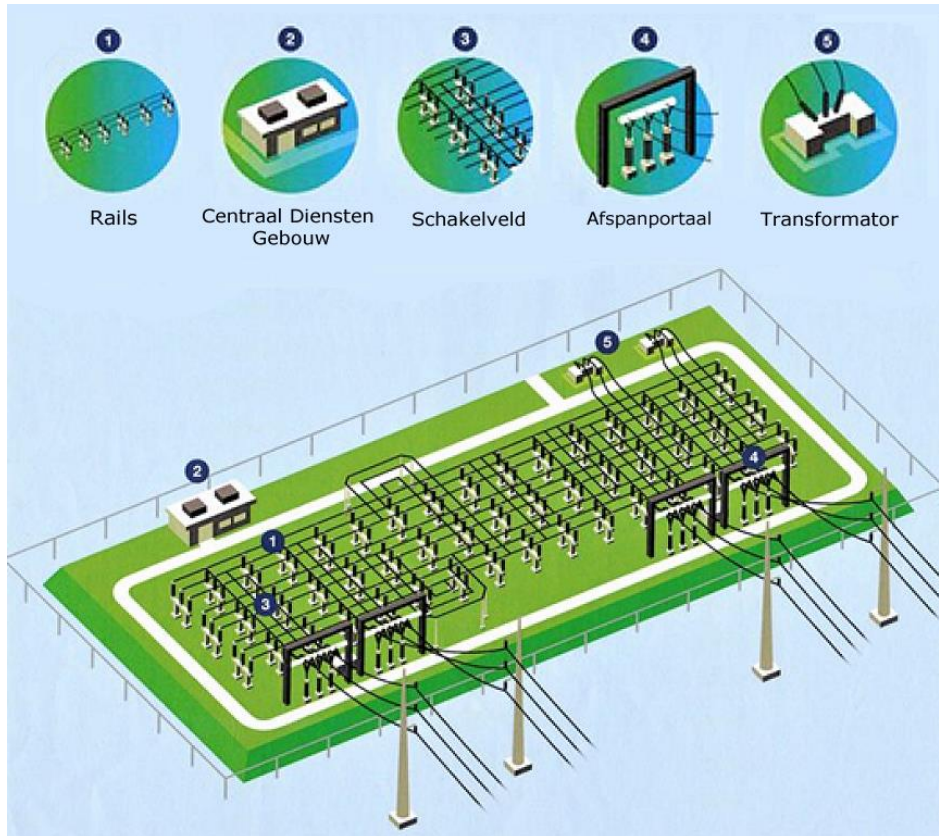
Uitbreiding of een nieuw aan te leggen hoogspanningsstation vindt plaats in de (directe) nabijheid van het bestaande hoogspanningsstation waar een robuust knelpunt voorkomt. Het benodigde directe ruimtebeslag is afhankelijk van de mate van overschrijding van capaciteit en het opgestelde vermogen aan opwek, flex of vraag, dat aangesloten moet worden. Hierbij wordt voor het directe ruimtebeslag uitgegaan van een vaststaande samenhang in onderdelen: bij een nieuw station wordt uitgegaan van 'plots' van 10 hectare. Zo'n plot geeft ruimte aan een 380kV-station met drie rails en tien velden. Een 380kV-station kan maximaal vier transformatoren van 500 MVA<sup>6</sup> bevatten. Voor 220 kV zijn er maximaal vier transformatoren van 380 MVA mogelijk. Indien er nieuwe velden (tussen 1 en 10) of transformatoren (tussen 1 en 4) nodig zijn volgens de doorgerekende scenario's is het uitgangspunt dat er een volledig nieuw station nodig is van 10 ha als veilige aanname. De reden hiervoor is dat het niet is in te schatten hoeveel vrije velden of plekken voor transformatoren er bij een bestaand station beschikbaar zijn in 2050.

<sup>6</sup> MVA staat voor mega-volt-ampère, het schijnbare vermogen.



Figuur 2-2 geeft schematisch de belangrijkste onderdelen van een station weer. Hoogspanningsstations zijn vanwege het door de transformatoren geproduceerde geluid gezoneerde A-inrichtingen.<sup>7</sup>

Figuur 2-2 Schematische weergave onderdelen hoogspanningsstation (TenneT, 2022) (bewerkt door Pondera)



#### Converterstations

Een nieuw aan te leggen converterstation vindt plaats in de nabijheid van een 380kV-hoogspanningsstation en is onderdeel van de aansluiting van het net op zee om windenergie aan land te brengen. Dit is de nieuwe standaard van netbeheerder TenneT voor het aansluiten van nieuwe windparken op zee. Het gaat om het omzetten van een vermogen van 2 GW met 525kV-gelijkstroomkabels naar 380kV-wisselstroom. Het benodigde directe ruimtebeslag is ongeveer 5 ha (Pondera, 2021).

### 2.1.2 Opwek en opslag

#### Regelbare centrales

Regelbare centrales boven 500 MW zijn in principe een rijksaangelegenheid<sup>8</sup>. In de scenario's wordt uitgegaan van gascentrales die worden gevoed met waterstof. Het is de aanname dat de grote centrales

<sup>7</sup> In het Activiteitenbesluit staan milieuregels, vooral voor bedrijven. Alle bedrijven in Nederland vallen onder het Activiteitenbesluit, behalve als ze geen 'inrichting' zijn. In het Activiteitenbesluit staan regels per soort milieubelastende activiteit (bijv. metaalbewerking) en per soort milieubelasting (bijvoorbeeld geluid). Inrichtingen type A zijn inrichtingen die minder milieubelastende activiteiten uitvoeren dan categorie B en C. Deze bedrijven kunnen zich op een gezoneerd industrieterrein vestigen zonder melding. Daarnaast bestaat er voor deze bedrijven op basis van het Activiteitenbesluit geen verplichting tot een akoestisch onderzoek.

<sup>8</sup> Elektriciteitswet, artikel 9b, lid 1.

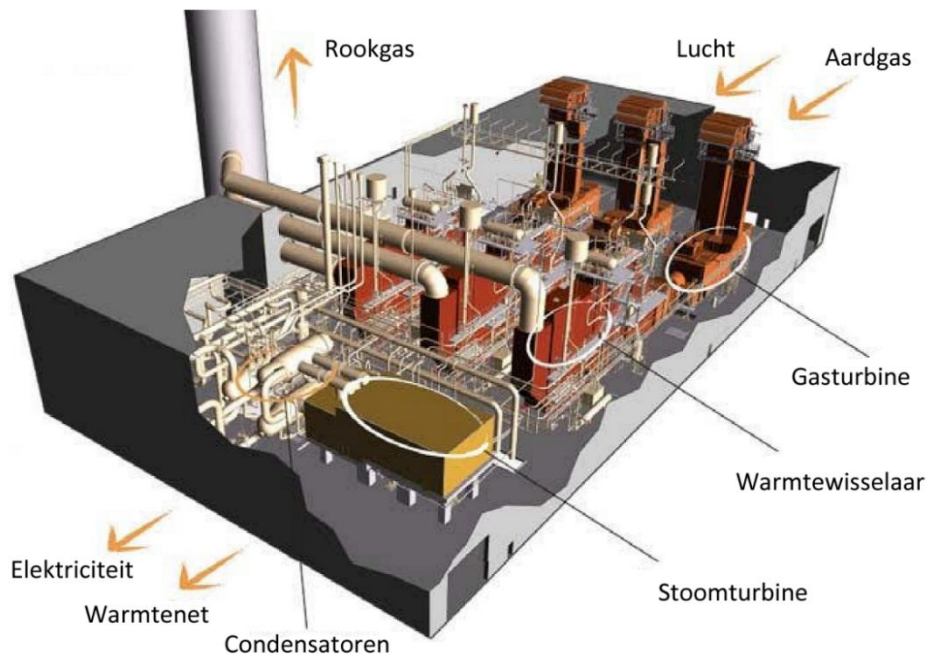
worden geplaatst op de huidige locaties voor grootschalige energieopwekking, zoals opgenomen in het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro), zie de locaties aangeduid met letters a t/m q in Figuur 2-3.

Figuur 2-3 Kaart uit Barro met vestigingsplaatsen grootschalige energieopwekking en hoogspanningsverbindingen (I&W M. , Bijlage 5 bij Besluit algemene regels ruimtelijke ordening, 2016).



Het uitgangspunt is dat er voldoende ruimte is om het huidige opgestelde vermogen aan grootschalige regelbare centrales te kunnen vervangen met CCGT (Combined Cycle Gas Turbine)-centrales (zie Figuur 2-4). Het directe ruimtebeslag van een gascentrale is 213 MW per hectare met een minimaal ruimtebeslag van 5 hectare. Daar waar, naast bestaande regelbare centrales, aanvullend grootschalig regelbaar vermogen nodig is, is ook extra koelwater nodig. De mogelijk aanvullend benodigde infrastructuur voor de aanlevering van waterstof maakt onderdeel uit van de beoordeling ten aanzien van buisleidingen (zie paragraaf 2.2).

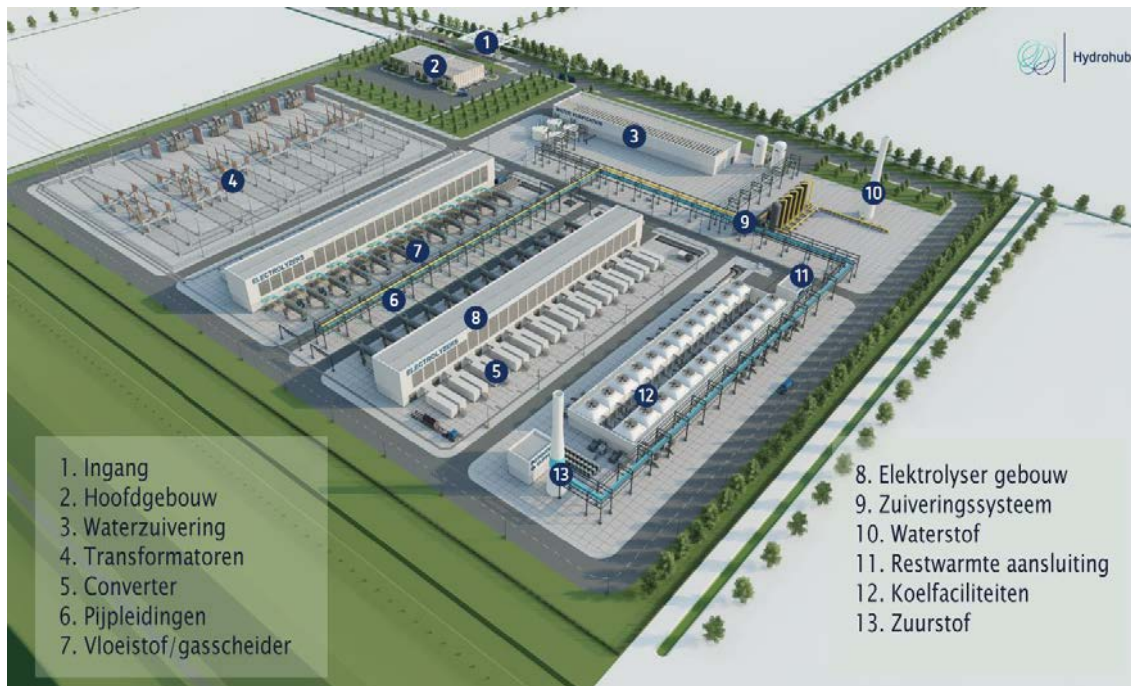
Figuur 2-4 Lay-out van een CCGT-gascentrale (Energi, 2008) (bewerkt door Pondera)



### Elektrolyzers

Er worden in het energiesysteem nieuwe elektrolyzers geplaatst. Uitgangspunt is dat de technologie met het kleinste directe ruimtebeslag wordt gehanteerd. Dit betreft een elektrolyser uitgevoerd met PEM (polymeer elektrolyt membraan)-technologie. Een grootschalige PEM-elektrolyser bestaat uit technische installaties, een gebouw voor de elektrolyser, installaties voor compressie en behandeling van waterstof en faciliteiten voor het koelwater en waterbehandeling. Voor een PEM-elektrolyser met een opgesteld vermogen van 1 GW is een oppervlakte van 10 hectare nodig (ISPT, 2022), zie voor een schematische weergave Figuur 2-5. Bij deze installaties zijn verbindingen vanuit het elektriciteitsnet, het waterstofnet en beschikbaar water als grondstof en eventueel als koelproduct noodzakelijk. Ongeveer 25-30% van de capaciteit is omgezet in proceswarmte (Hydrogentech, 2022). Om te koelen kan er gebruik worden gemaakt van droge en natte koeling, methodes met meer waterverbruik verbruiken minder elektriciteit en vice versa (Hydrogentech, 2022). Restwarmte van elektrolyzers kan worden ingezet bij bijvoorbeeld warmtenetten, mits de elektrolyzers in de buurt van een warmtenet (of andere warmtevraag) gerealiseerd worden.

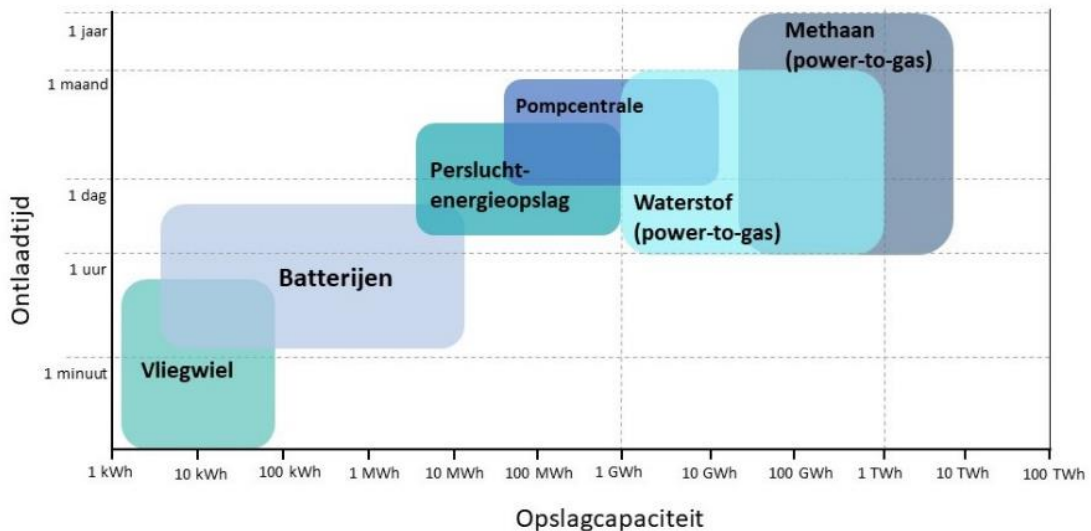
Figuur 2-5 Indicatieve weergave van onderdelen van 1 GW PEM-elektrolyser productiefaciliteit (ISPT, 2022)



**Batterijen**

Opslag van elektriciteit is in 2050 nodig voor een betrouwbaar energiesysteem. Er zijn verschillende vormen van opslag van elektriciteit op verschillende niveaus in tijd en vermogen (zie Figuur 2-6).

Figuur 2-6 Overzicht van verschillende vormen van opslag uiteengezet in capaciteit en tijd



Op basis van I13050 (NetbeheerNL, 2021) is een direct ruimtebeslag aangenomen van 140 MWh/ha. Dit betreft redox-flowbatterijen, deze hebben een grote capaciteit waardoor deze geschikt zijn voor het balanceren van opwek van bijvoorbeeld zonne- en windenergie (PosadMaxwan, 2018). Andere vormen van elektriciteitsopslag zijn ook mogelijk. Er is echter voor gekozen om in lijn met I13050 te blijven om geen

onderlinge verschillen in de scenario's te veroorzaken. Ook is het directe bovengrondse ruimtebeslag van de batterijen relatief groot waardoor dit als worst case kan worden gezien en andere opslagtechnieken binnen de bandbreedte vallen.

Op basis van II3050 (NetbeheerNL, 2021) is een direct ruimtebeslag aangenomen van 140 MWh/ha. Dit betreft redox-flowbatterijen, deze hebben een grote capaciteit waardoor deze geschikt zijn voor het balanceren van opwek van bijvoorbeeld zonne- en windenergie (PosadMaxwan, 2018). Andere vormen van elektriciteitsopslag zijn ook mogelijk. Er is echter voor gekozen om in lijn met II3050 te blijven om geen onderlinge verschillen in de scenario's te veroorzaken. Ook is het directe ruimtebeslag van de batterijen relatief groot waardoor dit als worst case kan worden gezien en andere opslagtechnieken binnen de bandbreedte vallen.

## 2.2 Robuuste ontwikkelingen voor knelpunten in gasnetwerk

Robuuste ontwikkelingen binnen gasverbindingen hebben een minimaal indirect ruimtebeslag. Door het uitgebreide bestaande gasnetwerk en het afnemende methaanverbruik in Nederland kunnen knelpunten over het algemeen worden opgelost door de verdeling tussen buisleidingen voor methaan en waterstof in het bestaande gasnetwerk zo in te richten dat er voor beide gassen in 2050 geen robuuste knelpunten zijn in het waterstofnetwerk. Voor het aansluiten van nieuw te plaatsen (gas)centrales en elektrolyzers zijn wel nieuwe aansluitleidingen nodig. In het geval deze een bestaande buisleiding kunnen volgen, is het indirecte en directe ruimtebeslag beperkt. De nieuwe leiding kan op 1 meter afstand van de bestaande leiding worden gelegd, waardoor het bestaande indirecte ruimtebeslag met 1 meter over het gehele tracé wordt verruimd. In het geval een nieuwe waterstofleiding moet worden aangelegd, is er sprake van een indirect ruimtebeslag van 5 meter aan beide zijden (totale strook = buisdiameter + 10 meter). In deze studie wordt dit afgerond op een indirect ruimtebeslag van 10 meter. Voor methaan geldt een indirect ruimtebeslag van 4 meter aan beide zijden, wat neerkomt op een ruimtebeslag van 8 meter.

### 3 Aanvullende uitgangspunten voor structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

#### 3.1 Inleiding

Er zijn tien structuurkeuzes en drie systeemontwikkelingen geformuleerd. Dit zijn ruimtelijke of energetische keuzes die gemaakt kunnen worden in de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Per structuurkeuze en systeemontwikkeling zijn er twee of meer opties om het doel van de structuurkeuze of systeemontwikkeling in te vullen. Als voorbeeld structuurkeuze 2, het concentreren (optie 1) of verspreiden (optie 2) van aanlanding van windenergie op zee langs de kust. Het concentreren leidt tot knelpunten bij verschillende verbindingen in Noord-Holland en Zuid-Holland, het spreiden leidt tot één knelpunt bij een verbinding in Groningen. Nieuwe verbindingen om deze knelpunten op te lossen hebben bij iedere optie specifieke ruimtelijke gevolgen, deze gevolgen worden beschreven in de effectbeoordeling van Ruimte & Milieu. Zie voor een uitgebreide omschrijving van structuurkeuzes en systeemontwikkelingen Bijlage VIII.

De structuurkeuzes lossen niet één enkel knelpunt op met één enkele ruimtelijke ingreep, maar hebben juist betrekking op meerdere samenhangende onderdelen van het energiesysteem. De ontwikkelingen bevatten naast meer concrete elementen van het energiesysteem (puntinfrastructuur en tracés met bij benadering heldere geografische ligging) ook elementen die in deze IEA op een hoger abstractieniveau beoordeeld worden (zonder concrete geografische ligging). Denk hierbij aan energie-import en het spreiden of concentreren van plaatsing van wind- en zonne-energie.

De systeemontwikkelingen zijn niet zozeer keuzes, maar ontwikkelingen die afhankelijk zijn van externe factoren zoals de ontwikkeling van energieprijzen. Ook deze ontwikkelingen worden op een hoger abstractieniveau (zonder concrete geografische ligging) beoordeeld.

Dit hoofdstuk bevat een overzicht van aanvullende aannames bij structuurkeuzes en systeemontwikkelingen ten opzichte van de robuuste ontwikkelingen. Het gaat hier om de elementen en onderdelen uit Tabel 3-1. Deze worden uitgewerkt in de paragrafen hieronder.

Tabel 3-1 Elementen voor structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

Element	Onderdeel
<b>Opwek/productie</b>	Regelbare centrales
	Elektrolyzers
	Kernenergie
	Zon op land
	Wind op land
	Import elektriciteit en gas
<b>Opslag</b>	Batterijen
	Waterstofopslag in zoutcavernes
<b>Netinfrastructuur</b>	Hoogspanningsverbindingen
	Hoogspanningsstations
	Converterstations
<b>Methaan- &amp; waterstofinfrastructuur</b>	Verbindingen

## 3.2 Opwek (productie + import)

### Regelbare centrales

De uitgangspunten voor het plaatsen van nieuwe regelbare centrales is voor een structuurkeuze gelijk aan robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

### Elektrolyzers

De uitgangspunten voor het plaatsen van nieuwe grootschalige elektrolyzers is voor een structuurkeuze gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

### Kernenergie

Er is een scenario uitgewerkt met in totaal vijf kerncentrales van 1.650 MW per stuk (zie Bijlage IV voor beschrijving van scenario's). Aangenomen is dat deze kerncentrales worden gerealiseerd binnen de aangewezen vestigingsgebieden voor kerncentrales van Borssele/Sloegebied en de Maasvlakte, zoals vastgelegd in het Barro. In het scenario met kernenergie, is de aanname dat er twee kerncentrales op de Maasvlakte worden gerealiseerd en drie centrales nabij Borssele/Sloegebied. Verder is aangenomen dat dit EPR's (European Pressurized Reactors) betreft en elke centrale een opgesteld vermogen heeft van 1.650 MW met een direct ruimtebeslag van 15 hectare per centrale. Een dergelijke centrale heeft koelwater nodig en ruimte voor opslag van laag-, middel- en hoogradioactief afval. Zie voor meer informatie over de aannames en bijvoorbeeld het indirecte ruimtebeslag van kernenergie Bijlage IV.

### Zon op land

Het aandeel opgesteld vermogen aan zon op land is in drie categorieën opgedeeld; zon op dak, zon op veld en zon op water. Hierbij wordt uitgegaan van een capaciteit van 150 MW per km<sup>2</sup> voor zon op veld en water, en 195 MW per km<sup>2</sup> voor zon op dak. Voor zon op veld wordt uitgegaan van een intensieve opstelling. Meervoudig ruimtegebruik voor bijvoorbeeld ecologische, agrarische of andere innovatieve doeleinden zijn mogelijk, maar meer beperkt dan bij een extensieve opstelling. De ruimtelijke plaatsing van zon op land is nader toegelicht in Bijlage IV.

### Wind op land

Het aandeel opgesteld vermogen aan wind op land is ingevuld aan de hand van het indirecte ruimtebeslag van een voorbeeldopstelling van een cluster van zes (2x3 opstelling) windturbines met een rotordiameter van 150 meter en een tussenafstand van 4 keer de rotordiameter. Voor een turbine is daarmee het uitgangspunt voor het indirecte ruimtebeslag 1,1 km<sup>2</sup> per turbine en 2,9 km<sup>2</sup> voor een cluster van zes windturbines. Dit maakt het uitgangspunt voor indirect ruimtebeslag voor wind op land 12 MW per km<sup>2</sup>. Het indirecte ruimtebeslag kan meervoudig worden gebruikt voor onder andere agrarische en ecologische toepassingen. Het directe landgebruik is ca. 4.000 m<sup>2</sup> per windturbine, bestaande uit de fundering, de opstelplaatsen, toegangswegen en een transformatorstation per cluster. De ruimtelijke plaatsing van wind op land is nader toegelicht in Bijlage IV.

### Import

Het faciliteren van de voorziene import van elektriciteit gaat via de bestaande interconnectors. Hier is geen aanvullend ruimtebeslag voorzien. Voor de import van gas zijn gasterminals nodig in de grote havengebieden van Nederland. Momenteel zijn er al verschillende gasterminals (nu vooral voor lng) in gebruik in de Rotterdamse haven en Eemshaven. Een dergelijke terminal heeft een direct ruimtegebruik van ongeveer 20 hectare en kan 180.000 m<sup>3</sup> gas opslaan en ongeveer 12 miljard m<sup>3</sup> gas per jaar overslaan (Gateterminal, 2022). Het is niet met zekerheid te zeggen hoeveel capaciteit extra nodig is van

gasterminals, daarom is ervoor gekozen om bij het maximale ruimtebeslag bij de havengebieden Borssele/Sloegebied, haven van Rotterdam, Noordzeekanaalgebied en Eemshaven rekening te houden met 20 ha ruimtebeslag voor een gasterminal.

#### Geothermisch doublet

Een geothermisch doublet (put) haalt warmte uit de diepe ondergrond door gebruik te maken van geschikte aquifers (waterlagen). Hierin kunnen temperaturen tussen de 40 en 120 graden worden gewonnen. Deze temperaturen kunnen hoger worden naarmate de diepte van de bron toeneemt. Met behulp van een warmtewisselaar en veelal een buffervat wordt de warmte overgebracht en opgeslagen (en indien nodig aanvullend verwarmd bij levering aan piekvragen) om vervolgens te leveren aan de warmtevraag via warmtetransportleidingen. Voor het boren van geothermieputten is bovengronds voldoende open ruimte nodig, vooral bij de aanleg. Bij de aanleg is de oppervlakte van ongeveer 1 hectare benodigd voor de booropstelling. Een aardwarmte-installatie, een doublet van twee geothermieputten, wordt geplaatst op een omheind terrein van ongeveer 30x30 meter. Hierop komt een gebouw van ongeveer 20 bij 20 meter voor de installaties zoals pompen en filters, ruimten voor opslag en een kantoor. Ondergronds heeft een geothermieput een veel groter invloedsgebied namelijk ongeveer 2,4x1,2 km. Een gangbare afstand tussen de geothermieputten bedraagt ongeveer 1,2 km. Dit voorkomt doorbraak van grondwater van de koude naar de warme put van het doublet.

### 3.3 Opslag

#### Batterijen

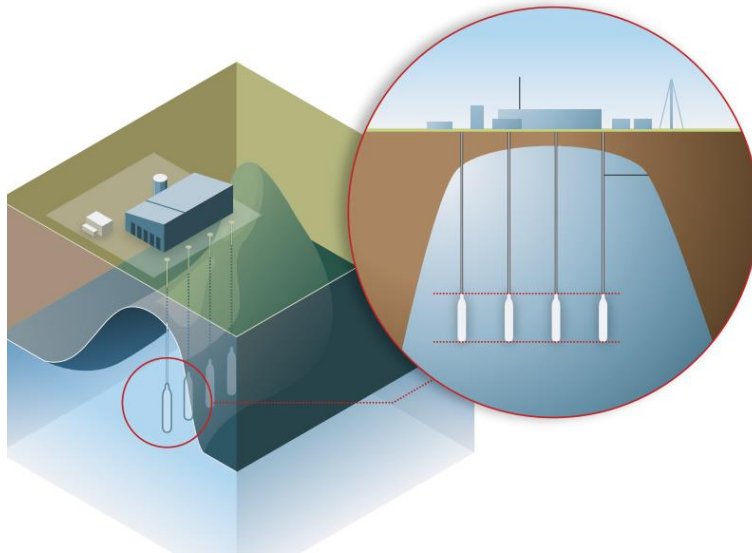
Het uitgangspunt voor het directe ruimtebeslag van batterijen is dat per km<sup>2</sup> een vermogen kan worden geplaatst van 14 GWh (140 MWh per hectare). Een batterij heeft naast dit directe ruimtebeslag en een benodigde netaansluiting weinig ruimtelijk relevante vereisten om operationeel te zijn.

#### Waterstofopslag in zoutcavernes en lege gasvelden

De nieuw aan te leggen zoutcavernes voor opslag van waterstof zijn gebonden aan specifieke locaties/gebieden aangezien dit alleen mogelijk is daar waar de geschikte zoutlagen zich bevinden. Het bovengrondse directe ruimtebeslag is 8 TWh per km<sup>2</sup> aan opslagcapaciteit (NetbeheerNL, 2021). Dit ruimtebeslag kan echter afhankelijk van het volume van specifieke zoutcavernes afwijken. Vanuit de cavernes komen buizen uit in putten aan de oppervlakte. Een systeem met afsluitbare kleppen zorgt ervoor dat het gas gecontroleerd in en uit kan stromen. De cavernes zijn via ondergrondse pijpleidingen verbonden met de installatie. Deze installatie zorgt ervoor dat het gas in de cavernes kan worden gebracht en eruit kan worden gehaald. De installatie is op zijn beurt aangesloten op het Nederlandse gastransportnet.



Figuur 3-1 Schematische weergave zoutcavernes t.b.v. (waterstof)gasopslag (Gasunie, Aardgasbuffer Zuidwending, 2020)



De dikte van de wanden en het plafond van de cavernes moet voldoende zijn, zodat de zoutcaverne stabiel blijft bij wisselende druk van het gas dat opgeslagen wordt. Tijdens de zoutwinning bij de cavernes kan hier rekening mee worden gehouden. Cavernes waarbij op voorhand geen rekening is gehouden met toekomstig gebruik voor de opslag van stoffen kunnen in bepaalde gevallen alsnog geschikt gemaakt worden voor opslag. Dit kan door de dimensies van de cavernes aan te passen door het gericht oplossen van het zout in de ondergrond. De aanwezige infrastructuur van de zoutwinning kan - afhankelijk van het type opslag - worden hergebruikt. Voor het gebruik van de bestaande cavernes kan een extra boring nodig zijn. De realisatie van (een cluster van) zoutcavernes omvat verschillende onderdelen. Zo zijn er putten nodig om tot de zoutstructuren te komen, zijn installaties nodig om het zout te extraheren en het proceswater moet worden gezuiverd en/of worden geloosd. Ook is er een aansluiting nodig op het gasnetwerk, waardoor een aansluitleiding nodig is en eventueel een invoedingsstation.

Het bovengrondse ruimtebeslag van een leeg gasveld is ongeveer 10 ha op basis van het ruimtebeslag van de gasopslag in Alkmaar. De energie die met dit ruimtebeslag kan worden opgeslagen is afhankelijk van het volume van het lege gasveld in de ondergrond.

### 3.4 Elektriciteitsinfrastructuur

#### Hoogspanningsverbindingen

De uitgangspunten voor een nieuwe verbinding zijn voor een structuurkeuze gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

#### Hoogspanningsstations

De uitgangspunten voor het plaatsen van een nieuw hoogspanningsstation zijn voor de structuurkeuzes gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

#### Converterstations

De uitgangspunten voor het plaatsen van een nieuw hoogspanningsstation zijn voor de structuurkeuzes gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.1.

### 3.5 Methaan- en Waterstofinfrastructuur

#### Verbindingen

De uitgangspunten voor het plaatsen van een nieuwe leiding zijn voor de structuurkeuzes gelijk aan de robuuste ontwikkelingen, zie paragraaf 2.2.

## 4 Beoordelingskader

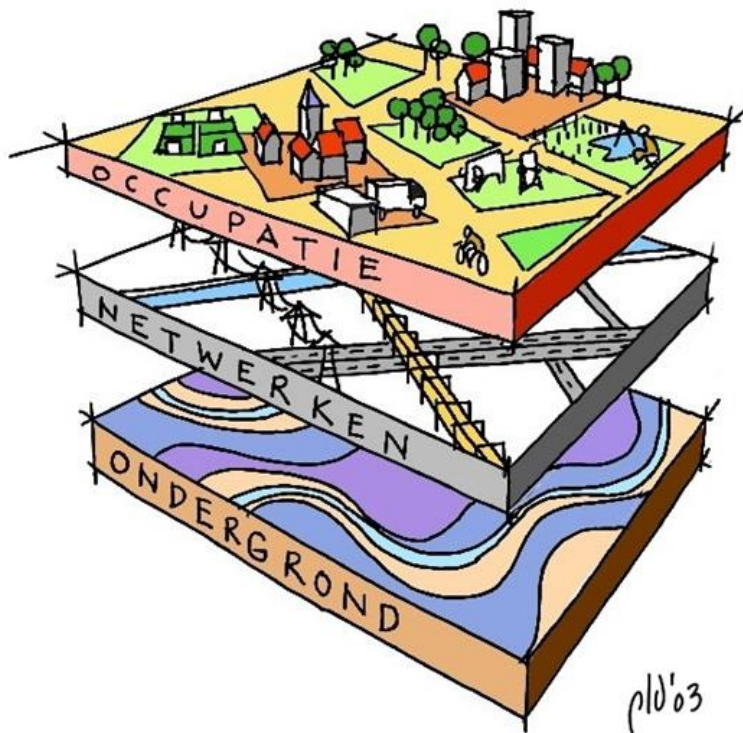
### 4.1 Lagenbenadering

#### 4.1.1 Inleiding

Het thema Milieu & Ruimte bestaat uit een combinatie van verschillende (deel)aspecten. Om dit te structureren, is gebruikgemaakt van de lagenbenadering. Deze lagenbenadering is een sturend instrument binnen de ruimtelijke ordening en kent een indeling in drie lagen: 'occupatie', 'netwerk' en 'ondergrond' (Figuur 4-1).

De lagenbenadering kan ook ingezet worden voor een effectbeoordeling. Het vormt de basis voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte in deze IEA: het is het kader voor de beschrijving van de referentiesituatie, voor de effectenanalyse en -beoordeling. De verschillende milieuaspecten die in een MER aan de orde komen, zijn ondergebracht in de verschillende lagen. In de tabellen in de volgende paragrafen zijn per laag de te onderzoeken milieuaspecten benoemd.

Figuur 4-1 De drie lagen in de lagenbenadering (Ruimte met Toekomst, 2022)



In de effectbeoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen de beoordeling van elementen van de energie-infrastructuur waarvoor geografische ligging van tracés en puntinfrastructuur op vrij concreet zijn geformuleerd en elementen waarvoor dat niet het geval is. Beiden worden beoordeeld aan de hand van dezelfde (deel)aspecten en criteria, echter de eerste worden meer concreet beoordeeld op locatie- en tracéniveau en de tweede veel abstracter en veelal op landelijk niveau.

Tabel 4-1 Manier van beoordeling verschillende onderdelen van het energiesysteem

Elementen met concrete geografische ligging	Elementen abstract beoordeeld
Verbindingen	Opslag waterstof in zoutcavernes
Hoogspanningsstations	Zon op land
Converterstations	Wind op land
Regelbare centrales	Kernenergie
Elektrolyzers	
Batterijen	

In de volgende paragrafen worden de (deel)aspecten en criteria per laag toegelicht. Dit vormt de basis voor de effectbeoordeling. Het is mogelijk dat gemotiveerd kan worden afgeweken van een beoordeling op basis van expert judgement. In hoofdstuk 5 is een uitgebreidere uitwerking van het beoordelingskader opgenomen.

#### 4.1.2 Uitleg en aspecten occupatielaag

De occupatielaag bevat de fysieke neerslag van de menselijke activiteiten, zoals wonen, werken en recreëren in een veilige leefomgeving. De occupatie bestaat uit ruimtelijke patronen als gevolg van menselijk gebruik, ofwel de ruimtelijke inrichting. Dit is het hoogdynamische niveau en kent een verandertijd van 10-40 jaar (Ruimte met Toekomst, 2022). In Tabel 4-2 staan de deelaspecten en criteria van aspect leefomgeving, ruimtegebruik, gebruiksfuncties en veiligheid die vallen onder de occupatielaag.

Tabel 4-2 (Deel)aspecten en criteria occupatielaag

Aspect	Deelaspect	Criterium
Leefomgeving, ruimtegebruik, gebruiksfuncties en veiligheid	Bebouwing	Mate van aanwezigheid woonkernen, bedrijventerreinen en glastuinbouw
	Landbouw	Mate van gevoeligheid landbouwgebied
	Externe veiligheid	Mate van invloed op aanwezige risicobronnen
	Recreatie	Mate van aanwezigheid recreatief gebied

#### 4.1.3 Uitleg en aspecten netwerklaag

De netwerken (alle vormen van zichtbare en onzichtbare infrastructuur) worden aangeduid als de ruimtelijke structuur. De netwerklaag bevat verkeersnetwerken (wegen, spoorlijnen, waterwegen), de groen-netwerken (waaronder Natuurnetwerk Nederland) en de bestaande energienetwerken. Deze laag is van middeldynamisch niveau en kent een verandertijd van 20-80 jaar (Ruimte met Toekomst, 2022). In Tabel 4-3 staan de deelaspecten en criteria van aspecten infrastructuur en natuur die vallen onder de netwerklaag.

Tabel 4-3 Onderdelen, aspecten en criteria netwerklaag

Aspect	Deelaspect	Criterium
Infrastructuur	Rijks-, spoor-, waterwegen	Mate van aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen, inclusief transport gevaarlijke stoffen
	Waterkeringen	Mate van aanwezigheid (complexe) waterkeringen
	Bestaande hoogspannings- en buisleidingen	Mate van aanwezigheid hoogspanning en buisleidingen
	Direct ruimtebeslag elementen nieuwe energie-infrastructuur	Mate van beschikbaarheid benodigde ruimte
Natuur <sup>9</sup>	NNN	Mate van aanwezigheid NNN

<sup>9</sup> Het aspect natuur zit zowel in de netwerklaag als in de ondergrondlaag. In de netwerklaag gaat het om NNN-gebieden die een (landelijk) netwerk van natuurgebieden vormen. Bij de ondergrondlaag gaat het om Natura 2000-gebieden en beschermde provinciale gebieden (niet zijnde NNN) die niet deze eigenschap per definitie hebben. Daarnaast zijn er verschillen in beschermingsregimes van de gebieden.

#### 4.1.4 Uitleg en aspecten ondergrondlaag

De ondergrondlaag bevat de fysieke ondergrond, het watersysteem en het natuursysteem. De ondergrond wordt wel de ruimtelijke drager genoemd en kent een laag dynamisch niveau, waar veranderingen en herstel zich langzaam voltrekken. In Tabel 4-4 staan de deelaspecten en criteria van aspecten bodem & water, natuur en landschap, cultuurhistorie en archeologie die vallen onder de ondergrondlaag.

Tabel 4-4 Onderdelen, aspecten en criteria ondergrondlaag

Aspect	Deelaspect	Criterium
<b>Bodem &amp; Water</b>	Bodem	Mate van aanwezigheid gevoelige bodems
	Grondwater	Mate van aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied
	Overstromingsgevoeligheid	Mate van aanwezigheid overstromingsgevoelig gebied
<b>Natuur<sup>9</sup></b>	Natura 2000-gebieden, beschermde provinciale gebieden (niet zijnde NNN)	Mate van aanwezigheid beschermde gebieden
<b>Landschap, cultuurhistorie en archeologie</b>	Landschap	Mate van samenhang met bestaand landschap
	Cultuurhistorie	Mate van aanwezigheid waardevolle gebieden
	Archeologie	Mate van aanwezigheid archeologische waarden

#### 4.2 Drie categorieën beoordeling

De beoordeling van Milieu & Ruimte wordt gedaan aan de hand van drie categorieën die gaan over de kans op effecten. Er worden drie stappen gezet om te komen tot een effectbeoordeling:

1. De beoordeling start met een kwalitatieve beschrijving van de effecten op ieder milieuaspect binnen een laag (zie hoofdstuk 5). Deze beschrijving is gebaseerd op expert judgement en geografische analyses.
2. Op basis van deze beschrijvingen is een analyse gemaakt van de effecten per laag. Er is hierbij ook ingegaan op tijdelijke en permanente effecten, mogelijkheid tot beperken en onomkeerbaarheid van effecten.<sup>10</sup>
3. De beoordeling per laag wordt uitgedrukt in drie categorieën die worden aangeduid met verschillende tinten blauw en nummers (Tabel 4-5).

Tabel 4-5 Definitie aanduiding categorieën, bijbehorende kleuren en een toelichting

Kleuraanduiding	Definitie beoordeling	Toelichting
<b>1</b>	Kleine kans op effecten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omvang van effecten is klein</li> <li>• Omvang van effecten is (middel)groot en veel mogelijkheden om omvang effecten te beperken</li> </ul>
<b>2</b>	Middelgrote kans op effecten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omvang van effecten is middelgroot</li> <li>• Omvang van effecten is groot en er zijn mogelijkheden om omvang effecten te beperken</li> </ul>
<b>3</b>	Grote kans op effecten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omvang van effecten is groot en weinig tot geen mogelijkheden om omvang effecten te beperken</li> </ul>

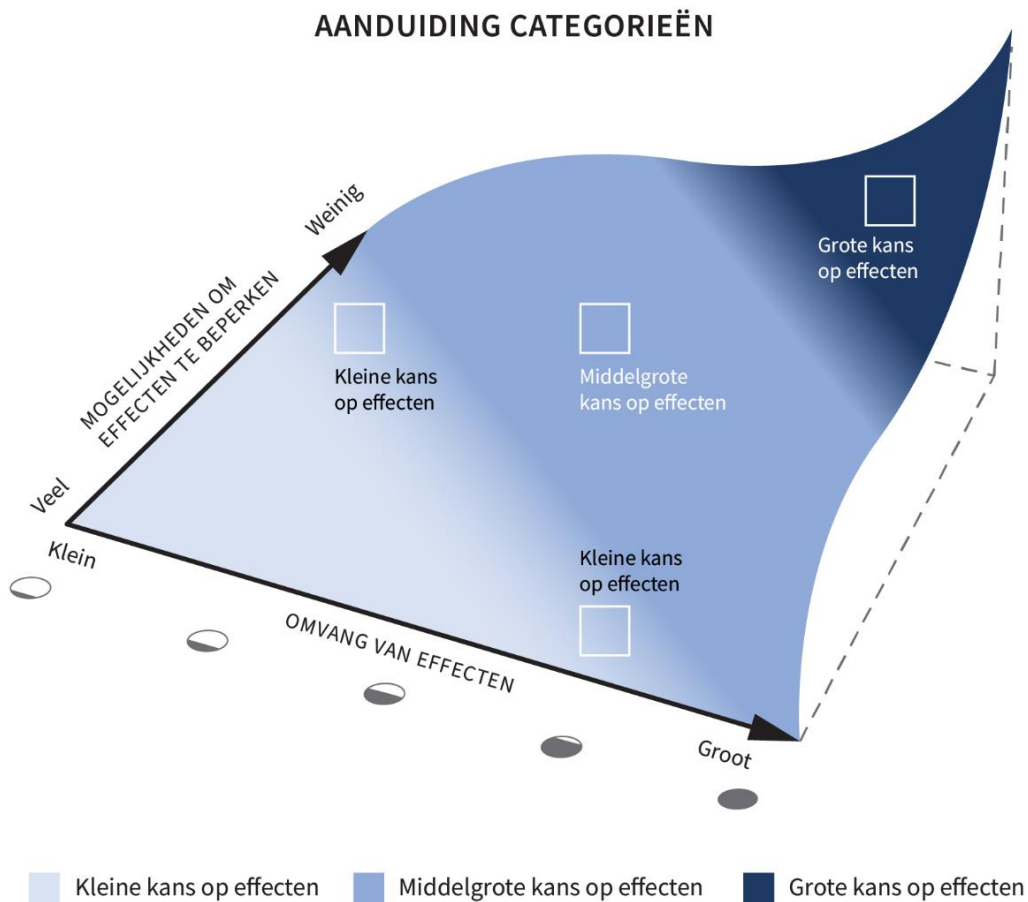
<sup>10</sup> Gezien het gehanteerde abstractieniveau in deze studie wordt het bepalen van effecten en mogelijkheid tot beperken van effecten samengevoegd in één stap.

**Kans op effecten**

De te beoordelen robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes zijn onderdelen van het energiesysteem die (mogelijk) gerealiseerd worden. De exacte locatie voor deze onderdelen is niet bekend, wat betekent dat de effectanalyse globaal is en wordt uitgedrukt in kans op effecten dat de omvang van de verwachte effecten en de mogelijkheid om de omvang van de effecten te beperken aangeeft. De samenhang tussen de omvang van de effecten en de mogelijkheid tot het voorkomen dat deze effecten zich voordoen, is visueel weergegeven in Figuur 4-2. De kleuren corresponderen met de kleuren uit Tabel 4-5.

De te beoordelen robuuste ontwikkelingen en structuurkeuzes zijn elementen van het energiesysteem die (mogelijk) gerealiseerd worden. De exacte locatie voor deze onderdelen is niet bekend, wat betekent dat de effectanalyse globaal is en wordt uitgedrukt in kans op effecten dat de omvang van de verwachte effecten en de mogelijkheid om de omvang van de effecten te beperken aangeeft. De samenhang tussen de omvang van de effecten en de mogelijkheid tot het voorkomen dat deze effecten zich voordoen, is visueel weergegeven.

Figuur 4-2 Categorisering aan de hand van omvang en mogelijkheden tot beperking van effect



### Referentiesituatie

In de IEA is onderzocht welke ruimte nodig is voor energie-infrastructuur voor de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Op dit moment is er al veel energie-infrastructuur aanwezig en tot 2030 staan al veel investeringen voor nieuwe projecten in de planning. Zo worden veel uitbreidingen gedaan aan het 380kV-net, worden de 150kV- en 110kV-netten op een andere manier ingericht (met een pocketstructuur<sup>11</sup>) en wordt een landelijk waterstofnetwerk aangelegd. Deze geplande investeringen lossen naar verwachting alle huidige problemen met netcongestie op.

In de analyses van de IEA zijn de huidige situatie en de geplande investeringen tot 2030 de uitgangssituatie. Dit betekent dat aangenomen wordt dat de geplande investeringen in ieder geval gerealiseerd worden. Alleen investeringen die opgenomen zijn in het investeringsplan van netbeheerders of waar een investeringsbeslissing voor gemaakt is worden meegenomen. De investeringsplannen van de netbeheerders uit 2020, het IP2020, zijn de basis voor de uitgangssituatie (TenneT, 2020) en (Gasunie, 2020)<sup>12</sup>. Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031 of 2032, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. In Bijlage XIV staat een uitgebreide beschrijving van de netsituatie in 2030.

<sup>11</sup> TenneT voorziet in haar visie op het toekomstige hoogspanningsnet dat de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

<sup>12</sup> Ondertussen zijn nieuwe investeringsplannen van de netbeheerders uitgebracht, het IP2022 (Gasunie, 2022; TenneT, 2022). Nieuwe projecten uit deze investeringsplannen zijn geen onderdeel van de uitgevoerde doorrekeningen. Het wordt aangegeven als deze investeringen terugkomen in de analyses naar de benodigde energie-infrastructuur richting 2050 in de IEA. In Bijlage XIV is het verschil tussen de investeringsplannen nader toegelicht.

## 5 Uitwerking van het beoordelingskader

In de volgende paragrafen worden de (deel)aspecten en criteria uit paragraaf 4.1 nader uitgewerkt. Dit vormt de richtlijn voor de effectbeoordeling. In de gevallen waarin de richtlijn niet van toepassing is, wordt een toelichting gegeven hoe hiervan op basis van expert judgement afgeweken wordt. In paragraaf 5.4 wordt tot slot ingegaan op de vraag of en hoe een Passende Beoordeling voor PEH nodig is.

### 5.1 Occupatielaag

Het aspect leefomgeving, gebruiksfuncties, ruimtegebruik en veiligheid valt uiteen in een aantal deelaspecten, deze zijn hieronder per deelaspect uitgewerkt.

#### Bebouwing

Het deelaspect bebouwing (woonkernen, bedrijventerreinen en glastuinbouw) omvat een groot deel van de leefomgeving, waardoor de nabijheid van bebouwing tot de ontwikkelingen een goede indicator is voor het effect op de leefomgeving. Veel elementen van de energie-infrastructuur worden op afstand geplaatst van woonbebouwing, om hinder voor de leefomgeving en effecten op gezondheid te voorkomen.

Per element wordt een afstandsmaat gehanteerd tot aan relevante bebouwing. Voor nieuwe tracés zijn dit afstandsmaten tot woonkernen die bij voorkeur aangehouden worden. Bij locaties voor nieuwe stations, regelbare centrales, elektrolyzers, batterijen en kernenergie is dit een invloedsafstand waarbinnen aantallen woningen liggen of waar bedrijventerrein aanwezig is. Voor opslag van waterstof in zoutcavernes, zon en wind op land wordt gekeken naar de mogelijke geografische locatie van deze elementen en de intensiteit van de bebouwing in de nabijheid van deze locaties. In Tabel 5-1 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-1 Uitwerking deelaspect bebouwing per element

Element	Uitwerking deelaspect bebouwing
<b>Verbinding</b>	Aantal doorkruisingen woonkernen binnen corridor van 1 km
	Lengte van doorkruising (totaal) (alleen relevant bij 380 kV)
<b>Hoogspanningsstation/converterstation</b>	Aantal woningen binnen 300 meter
<b>Regelbare centrales</b>	Aanwezige industrie of aantal woonkernen binnen 1 km
<b>Elektrolyzers</b>	Aanwezige industrie of aantal woonkernen binnen 1 km
<b>Batterijen</b>	Aanwezige industrie of aantal woningen binnen 50 meter contour
<b>Opslag waterstof</b>	Regionale spreiding en bebouwingintensiteit nabij mogelijke locaties
<b>Zon op land</b>	Regionale spreiding en bebouwingintensiteit nabij mogelijke locaties
<b>Wind op land</b>	Regionale spreiding en bebouwingintensiteit nabij mogelijke locaties
<b>Kernenergie</b>	Bebouwing in drie afstandscontouren nabij mogelijke locaties

#### Landbouw

Landbouw maakt gebruik van een groot deel van de ruimte in Nederland. Een groeiende energie-infrastructuur heeft naar verwachting een ruimtelijke invloed op de huidige landbouw. Een analyse van de aard van het gebied, type landbouw en eigenschappen zoals verziltingsgevoeligheid geeft de gevoeligheid weer van het functioneren van het landbouwgebied.



De mate van invloed op landbouw van wind en zon op land op nationale schaal, wordt geanalyseerd door het ruimtebeslag van de onderdelen zon en wind op land te vergelijken met het huidig beschikbaar areaal aan landbouw. In Tabel 5-2 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-2 Uitwerking deelaspect landbouw per element

Element	Uitwerking deelaspect landbouw
<b>Verbinding</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond (% van verbinding)
<b>Station</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Regelbare centrales</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Elektrolyzers</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Batterijen</b>	Overlap met en aard van landbouwgrond
<b>Opslag waterstof</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege beperkt bovengronds ruimtebeslag
<b>Zon op land</b>	Totaal ruimtebeslag in relatie tot beschikbaar landbouw areaal
<b>Wind op land</b>	Totaal ruimtebeslag in relatie tot beschikbaar landbouw areaal
<b>Kernenergie</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege ligging in al eerder aangewezen gebied voor kernenergie

### Externe veiligheid

Het realiseren van elementen voor de energie-infrastructuur kan een invloed hebben op bestaande risicobronnen. Daarnaast kan een element zelf ook een risicobron vormen voor de (nabije) omgeving. Voor de effectbeoordeling wordt gekeken naar contouren om risicobronnen. De afstand tot kwetsbare objecten is ondervangen met het deelaspect 'bebouwing' (zie begin paragraaf). De beoordeling op externe veiligheid is niet uitputtend en heeft niet het niveau van een MER voor een concreet effect, achter geeft een goede indicatie van de kans op effecten ten aanzien van externe veiligheid.

Zon en wind op land worden niet geanalyseerd op het deelaspect externe veiligheid, omdat voor het bepalen van afstandscontouren meer exacte locaties nodig zijn. In Tabel 5-3 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-3 Uitwerking deelaspect externe veiligheid per element

Element	Uitwerking deelaspect externe veiligheid
<b>Verbinding</b>	Overlap met risicobronnen
<b>Station</b>	Nabijheid van risicobronnen
<b>Regelbare centrales</b>	Nabijheid van risicobronnen
<b>Elektrolyzers</b>	Nabijheid van risicobronnen
<b>Batterijen</b>	Niet relevant voor beoordeling
<b>Opslag waterstof</b>	Risico op blow-out, bevingen en lekkages
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat externe veiligheid een zeer kleine rol speelt bij zonne-energie
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat externe veiligheidseffecten zeer lokaal zijn en de precieze locaties van windturbines niet bekend is
<b>Kernenergie</b>	Risico's op stralingsblootstelling, ongevalscenario's (ontwerp en buiten-ontwerp) van reactor en radioactief afval

## Recreatie

Elementen van de energie-infrastructuur kunnen invloed hebben op recreatieve gebieden door zichtbare aanwezigheid in het gebied. Dit kan mogelijk leiden tot een andere beleving van het gebied door recreanten. Met name bovengrondse infrastructuur heeft een permanente invloed. Voor ondergrondse infrastructuur geldt dat in de gebruiksfase er niet of nauwelijks invloed is op recreatie. In Tabel 5-4 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-4 Uitwerking deelaspect recreatie per element

Element	Uitwerking deelaspect recreatie
<b>Verbinding</b>	Overlap met recreatieve functies
<b>Station</b>	Aantal recreatieve functies binnen 1 km
<b>Regelbare centrales</b>	Aantal recreatieve functies binnen 3 km
<b>Elektrolyzers</b>	Aantal recreatieve functies binnen 1 km
<b>Batterijen</b>	Aantal recreatieve functies binnen 1 km
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau <sup>13</sup>
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
<b>Kernenergie</b>	Aantal recreatieve functies binnen 3 km

## 5.2 Netwerklaag

### Rijks-, spoor- en waterwegen

Elementen van de energie-infrastructuur kunnen invloed hebben rijks-, spoor- en waterwegen. De aanwezigheid van rijks-, spoor- en waterwegen kunnen zowel een belemmering vormen als een kans bieden voor de elementen van de energie-infrastructuur. De aanwezigheid van rijks-, spoor- en waterwegen kan de realisatie van de elementen van energie-infrastructuur belemmeren, doordat combinaties niet mogelijk zijn en er geen ruimte resteert, of dat het kruisen van deze rijks-, spoor- en waterwegen lastig is. Dit zal vooral een rol spelen bij nieuwe verbindingen. In Tabel 5-5 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-5 Uitwerking deelaspect infrastructuur per element

Element	Uitwerking deelaspect infrastructuur
<b>Verbinding</b>	Parallelligging en kruisingen met wegen
<b>Station</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Regelbare centrales</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Elektrolyzers</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Batterijen</b>	Aanwezigheid rijks-, spoor- en waterwegen
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat hier rekening mee wordt gehouden bij de plaatsing
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat hier rekening mee wordt gehouden bij de plaatsing
<b>Kernenergie</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege ligging in al eerder aangewezen gebied voor kernenergie

<sup>13</sup> Onder een hoog geografisch abstractieniveau voor zon en wind op land wordt verstaan dat de precieze locatie hiervan niet precies is vastgelegd in de scenario's. Omdat de effecten van deze onderdelen zich lokaal manifesteren en de omvang van de effecten zeer afhankelijk is van de kenmerken van de directe omgeving is het niet mogelijk een eenduidige effectbepaling en beoordeling te maken.

## Waterkeringen

In de effectbeoordeling wordt alleen de mogelijke invloed van de ingreep op primaire waterkeringen onderzocht. Uitgangspunt is dat andere waterkeringen of vermeden kunnen worden, of op een acceptabele wijze kunnen worden gekruist of gecombineerd kunnen worden met de elementen van energie-infrastructuur. In Tabel 5-6 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-6 Uitwerking deelaspect waterkeringen per element

Element	Uitwerking deelaspect waterkeringen
<b>Verbinding</b>	Lengte van parallelligging aan kering (met name ondergronds) en aantal kruising met kering
<b>Station</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Regelbare centrales</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Elektrolyzers</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Batterijen</b>	Nabijheid van primaire waterkering
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
<b>Kernenergie</b>	Nabijheid van primaire waterkering

## Bestaande hoogspannings- en buisleidingen

PEH en de in deze IEA genoemde ontwikkelingen zijn gericht aanpassingen aan de energie-infrastructuur, waardoor er op elke wijze een relatie is tot het bestaande netwerk voor zowel elektriciteit, gasen als warmte. De vraag voor de effectbeoordeling is in hoeverre de aanwezige energie-infrastructuur invloed heeft op de realisatie van de nieuwe elementen voor energie-infrastructuur. De benodigde ruimte voor veiligheid en onderhoud van de bestaande infrastructuur kan tot op zekere hoogte benut worden voor de inpassing van nieuwe infrastructuur, echter kan ook (negatieve) effecten hebben zoals wederzijdse beïnvloeding van verbindingen. De effectbeoordeling van dit deelaspect gaat hierop in. In Tabel 5-7 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-7 Uitwerking deelaspect bestaande hoogspannings- en buisleidingen per element

Element	Uitwerking deelaspect bestaande hoogspannings- en buisleidingen
<b>Verbinding</b>	Lengte van nabije parallelligging met bestaande tracés (< 100 meter)
<b>Station</b>	Nabijheid bestaand station (aanvullende verbinding).
<b>Regelbare centrales</b>	Beschikbaar koelwater voor bestaande (en nieuwe) regelbare centrales.
<b>Elektrolyzers</b>	Beschikbaar (koel)water voor bestaande nabijgelegen regelbare centrales en nieuwe elektrolyzers.
<b>Batterijen</b>	Nabijheid bestaand station (aanvullende verbinding).
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau en een zeer lokaal mogelijk effect.
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau.
<b>Kernenergie</b>	Beschikbaar koelwater voor bestaande (en nieuw) regelbare centrales (kernenergie).

## Direct ruimtebeslag

Het directe ruimtebeslag per element van de potentiële nieuwe energie-infrastructuur staat in hoofdstuk 1. Het ruimtebeslag van een oplossingsrichting in zijn geheel wordt met dit deelaspect inzichtelijk gemaakt. In Tabel 5-8 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-8 Uitwerking deelaspect direct ruimtebeslag per element

Element	Uitwerking deelaspect ruimtebeslag
<b>Verbinding</b>	Totale lengte en oppervlakte van nieuwe verbindingen
<b>Station</b>	Totaal oppervlak van nieuwe stations (incl. uitbreidingen)
<b>Regelbare centrales</b>	Totaal oppervlak van nieuwe regelbare centrales
<b>Elektrolyzers</b>	Totaal oppervlak van nieuwe elektrolyzers
<b>Batterijen</b>	Totaal oppervlak van nieuwe batterijen
<b>Opslag waterstof</b>	Benodigde ruimte bovengronds (m <sup>2</sup> ) en ondergronds (m <sup>3</sup> )
<b>Zon op land</b>	Benodigd oppervlak voor zon op land
<b>Wind op land</b>	Benodigd oppervlak voor wind op land
<b>Kernenergie</b>	Benodigd oppervlak reactor en afvalberging

## Natuurnetwerk Nederland

De effecten van elementen van energie-infrastructuur op het Natuurnetwerk Nederland (NNN) variëren per element. Het ene element heeft een grotere kans op effecten (bijv. verbindingen) dan andere elementen (bijv. batterijen). De kans op effecten is afhankelijk van de aard van het element (type ingreep), maar ook van het beheertype van het NNN-gebied. Effecten op beheertypen met een lange ontwikkelingsduur zijn zwaarder beoordeeld dan die met een korte ontwikkelingsduur (bij gelijke aantasting in oppervlak). De mate waarin deze twee zich tot elkaar verhouden, bepaalt de uiteindelijke effectbeoordeling. In Tabel 5-9 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-9 Uitwerking deelaspect NNN per element

Element	Uitwerking deelaspect NNN
<b>Verbinding</b>	Lengte van doorkruising NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Station</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Regelbare centrales</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Elektrolyzers</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Batterijen</b>	Overlap NNN en relatie tot beheertype(n)
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat uitgangspunt is dat er geen ruimtebeslag op NNN-gebied is voor zon op land en er is geen externe werking <sup>16</sup>
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat uitgangspunt is dat er geen ruimtebeslag op NNN-gebied is voor zon op land en er is geen externe werking
<b>Kernenergie</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege ligging in al eerder aangewezen gebied voor kernenergie en er is geen externe werking

### 5.3 Ondergrondlaag

#### Bodem

Het deelaspect bodem kan op verschillende manieren effecten ondervinden van de elementen van de energie-infrastructuur. In bodembeschermingsgebied en zettingsgevoelig gebied zijn er beperkingen voor de mogelijkheden voor de aanleg(methodes) van nieuwe infrastructuur. Daarnaast kan aanleg in verziltingsgevoelig gebied invloed hebben op de landbouw en natuur in de omgeving van de nieuw aan te leggen infrastructuur. De opslag van waterstof in zoutcavernes brengt risico's op effecten op de bodem (bodemverontreiniging en -daling) met zich mee. In Tabel 5-10 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-10 Uitwerking deelaspect bodem per element

Element	Uitwerking deelaspect bodem
<b>Verbinding</b>	Bovengronds: aanwezigheid voldoende draagkracht voor elementen energie-infrastructuur Ondergronds: aanwezigheid verziltinggevoelige gebieden, bodembeschermingsgebieden
<b>Station</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Regelbare centrales</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Elektrolyzers</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Batterijen</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
<b>Opslag waterstof</b>	Risico op bodemverontreiniging en -daling
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat naast een hoog geografisch abstractieniveau de bodemingreep zodanig klein en lokaal is dat dit verwaarloosbaar is
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld omdat naast een hoog geografisch abstractieniveau de bodemingreep zodanig klein en lokaal is dat dit verwaarloosbaar is
<b>Kernenergie</b>	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren

#### Grondwater en (drink)watervoorziening

Grondwater is een belangrijke bron van drinkwater in Nederland. Om de waterkwaliteit te behouden zijn er grondwaterbeschermingsgebieden aangewezen waar beperkingen gelden voor activiteiten met grondberoeving. Daarnaast zijn er boringsvrije zones aangewezen rondom aanvullende strategische voorraden voor drinkwater in enkele provincies. Voor ingrepen dieper in de ondergrond zijn de nationale grondwaterreserves relevant die genoemd zijn in de Structuurvisie Ondergrond (I&W, Structuurvisie Ondergrond, 2018)

Daarnaast kan ook sprake zijn van mogelijke effecten op de beschikbare (drink)watervoorziening door het gebruik van koelwater (betreft oppervlaktewater). Als er sprake is van grootschalige onttrekking in gevoelige gebieden, kunnen effecten optreden op de watervoorraden. Voor de productie van waterstof is ook water benodigd, dit wordt niet meegenomen in de beoordeling, zie hiervoor volgende tekstkader. In Tabel 5-11 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

#### Waterverbruik productie waterstof

Voor de productie van waterstof vormt water de basis. Het water voor elektrolyse moet van hoge kwaliteit zijn (gedemineraliseerd), daarom wordt ervan uitgegaan dat er gebruik wordt gemaakt van leidingwater (drinkwater en industriewater) dat al dan niet ter plekke nog bewerkt wordt en niet lokaal grondwater wordt onttrokken. Daarnaast is er aangenomen dat productie van 1 kg waterstof 50 kWh elektriciteit en 9 liter water nodig heeft. In het scenario Nationale Sturing is er een gemiddelde bedrijfstijd van 1.900 vollasturen per jaar voor elektrolyzers. Dit betekent dat een 100 MW elektrolyser ongeveer 34.000 m<sup>3</sup> water per jaar verbruikt. Dit komt ongeveer overeen met 350 huishoudens.

In de verschillende scenario's zijn opgestelde vermogens tussen 16 en 51 GW meegenomen. Bij een gemiddelde bedrijfstijd van 1.900 vollasturen per jaar betekent dit een waterverbruik tussen ongeveer 5 miljoen m<sup>3</sup> en 17 miljoen m<sup>3</sup>. In vergelijking met het leidingwaterverbruik - huishoudens en bedrijven samen ongeveer 1.200 miljoen m<sup>3</sup> - is dit een relatief beperkte toename in waterverbruik. Om deze reden wordt het waterverbruik van de productie van waterstof niet verder meegenomen in de beoordeling.

Tabel 5-11 Uitwerking deelaspect grondwater en (drink)watervoorziening per element

Element	Operationalisering deelaspect grondwater en (drink)watervoorziening
<b>Verbinding</b>	Bovengronds: niet relevant. Ondergronds: aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied of boringsvrije zones t.b.v. grondwaterwinning.
<b>Station</b>	Aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied.
<b>Regelbare centrales</b>	Potentiële hoeveelheid en locatie herkomst koelwater nabij grondwaterbeschermingsgebieden of aanvullende strategische voorraden.
<b>Elektrolyzers</b>	Potentiële hoeveelheid en locatie herkomst koelwater nabij grondwaterbeschermingsgebieden of aanvullende strategische voorraden.
<b>Batterijen</b>	Aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied.
<b>Opslag waterstof</b>	Aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied, boringsvrije zones t.b.v. grondwaterwinning of nationale grondwaterreserves.
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau en omdat effecten op grondwater verwaarloosbaar zijn.
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege enerzijds een hoog geografisch abstractieniveau en anderzijds de mogelijkheid om effecten eenvoudig te mitigeren <sup>14</sup> .
<b>Kernenergie</b>	Potentiële hoeveelheid en locatie herkomst koelwater nabij grondwaterbeschermingsgebieden of aanvullende strategische voorraden.

### Overstromingsgevoeligheid

De locaties waar de elementen van energie-infrastructuur zijn voorzien, kunnen gevoelig zijn voor overstromingen. Voor elementen van de energie-infrastructuur met een cruciale functie, is het daarom van belang de kans op overstroming zo veel als mogelijk te beperken. Door inzicht te krijgen in de overstromingsgevoeligheid (maximale waterdiepte) van een locatie, kan worden bepaald of dit aandacht behoeft in het vervolg. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de kaarten van LIWO (LIWO, 2022)<sup>15</sup>.

In Tabel 5-12 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

<sup>14</sup> Voor wind op land geldt - in tegenstelling tot bijvoorbeeld stations en batterijen - dat niet exact bekend is waar de windturbines zullen worden geplaatst. Daarmee is ook niet te beoordelen of windturbines binnen een grondwaterbeschermingsgebied zullen worden gerealiseerd of niet. Daarbij komt dat alleen tijdens realisatie van de windturbines er een effect als gevolg van bronbemaling kan optreden, maar dit effect ook eenvoudig kan worden gemitigeerd door het toepassen van bovengrondse funderingsmethoden, waardoor geen bemaling nodig is. Daarmee is dit aspect niet onderscheidend voor wind op land.

<sup>15</sup> Er is bij de overstromingskaarten kan gekeken worden naar verschillende overstromingskansen tussen extreem klein tot grote kans. In de beoordeling is gebruikgemaakt van de maximale waterdiepte bij een middelgrote kans op overstroming. Dit betekent een kans van ongeveer 1/100 jaar (Deltares, 2019).

Tabel 5-12 Uitwerking deelaspect overstromingsgevoeligheid per element

Element	Uitwerking deelaspect overstromingsgevoeligheid
<b>Verbinding</b>	Wordt niet beoordeeld omdat verbindingen ook in overstromingsgevoelig gebied kunnen worden gerealiseerd zonder dat de functie in gevaar komt.
<b>Station</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Regelbare centrales</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Elektrolyzers</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Batterijen</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Opslag waterstof</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.
<b>Zon op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau.
<b>Wind op land</b>	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau.
<b>Kernenergie</b>	Kans en waterdiepte van overstroming.

### Natura 2000-gebieden (habitat- en vogelrichtlijn)

Negatieve effecten op Natura 2000-gebieden moeten zo veel als mogelijk worden voorkomen, dan wel worden beperkt. De elementen van de energie-infrastructuur kunnen effect hebben op de beschermde habitats en soorten van deze gebieden. Effecten kunnen ontstaan door overlap met Natura 2000-gebieden, vanwege de directe fysieke ingreep, maar ook door externe werking op deze gebieden en soorten<sup>16</sup>.

### Stikstof

Het PEH betreft de ruimtelijke planning van het nieuwe klimaatneutrale energiesysteem. Er zal op verschillende locaties in Nederland nieuwe infrastructuur gerealiseerd moeten worden om dit toekomstige energiesysteem te realiseren. Dit klimaatneutrale energiesysteem stoot nauwelijks stikstof uit bij gebruik, waarbij in vergelijking met het huidige energiesysteem er sprake is van een grote afname in stikstofuitstoot.

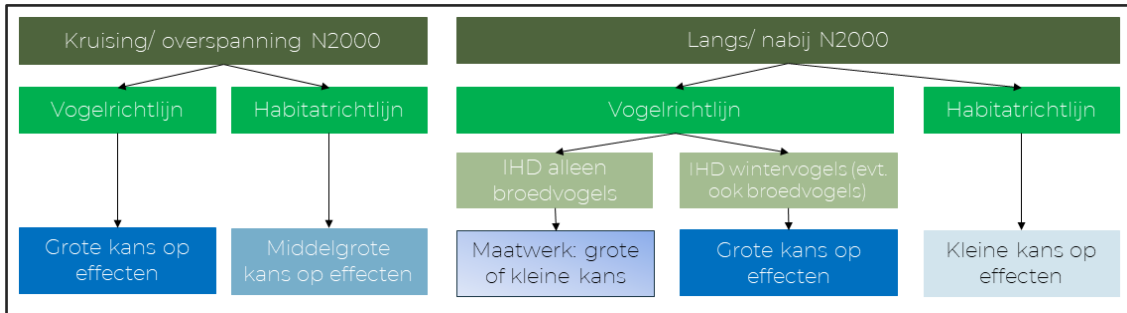
De realisatie van deze energie-infrastructuur onderdelen vanuit het PEH vindt plaats in de periode 2030 tot 2050. Het is aannemelijk dat eventuele tijdelijke stikstofemissie tijdens de bouwfase, gezien technologische ontwikkelingen in transport- en werktuigen, significant kan worden beperkt of voorkomen. Anderzijds is er zeer beperkt sprake van stikstofuitstoot tijdens de gebruiksfase (alleen als gevolg van verbranding van waterstof in elektriciteitscentrales). In de scenario's zijn de verschillen in benodigde hoeveelheid van deze centrales zeer gering en op het totale energiesysteem verwaarloosbaar.

Dit betekent dat stikstof geen onderscheidende rol speelt in de vergelijking van de alternatieven, noch in de te maken keuze. Stikstof wordt daarom als milieuthema niet in nader detail onderzocht in de beoordeling voor Milieu & Ruimte.

Bij bovengrondse hoogspanningsverbindingen zijn aanvaringsslachtoffers een mogelijk belangrijk effect. Er is een beslisboom opgesteld voor de toe te kennen beoordeling van deze aanvaringsslachtoffers en de overige effecten op de Natura 2000-gebieden. Voor de tracéoptie die parallel loopt aan bestaande bovengrondse verbinding is er een kleine kans op effecten. Tracéopties in of nabij Natura 2000-gebieden die niet parallel liggen met bestaande verbindingen, is de methodiek toegepast uit Figuur 5-1.

<sup>16</sup> Externe werking zijn effecten van een ingreep die optreden buiten (het invloedsgebied) van een Natura 2000-gebied tot binnen het Natura 2000-gebied reiken. Voor NNN-gebieden geldt dat externe werking geen onderdeel is van de bescherming van deze gebieden.

Figuur 5-1 Beslisboom kans op effecten bij bovengrondse hoogspanningsverbindingen



In Tabel 5-13 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-13 Uitwerking deelaspect Natura 2000-gebieden per element

Element	Uitwerking deelaspect Natura 2000-gebieden
<b>Verbinding</b>	Potentielle doorsnijding van gebieden, nabijheid van gebieden (m.n. vogelrichtlijn).
<b>Station</b>	Nabijheid van gebieden
<b>Regelbare centrales</b>	Nabijheid van gebieden en potentiële invloed gebruik koelwater
<b>Elektrolyzers</b>	Wordt niet beoordeeld omdat mogelijke effecten altijd te mitigeren <sup>17</sup>
<b>Batterijen</b>	Nabijheid van gebieden
<b>Opslag waterstof</b>	Wordt niet beoordeeld omdat uitgangspunt is dat de kleine bovengrondse ruimtevrage niet in Natura 2000-gebied wordt geplaatst
<b>Zon op land</b>	Potentiële impact op Natura 2000 van totale opgave
<b>Wind op land</b>	Potentiële impact op Natura 2000 van totale opgave
<b>Kernenergie</b>	Nabijheid van gebieden en potentiële invloed gebruik koelwater

## Landschap

Bij de landschappelijke effectbeoordeling is rekening gehouden met de aard en status van gebieden, waarbinnen ingrepen die onderdeel uitmaken van de toekomstige energiehoofdstructuur een plek krijgen. Daarvoor zijn de volgende landschapsonderdelen onderscheiden (in volgorde van belangrijkheid en beschermde status):

- Nationale Landschappen (IPO, 2022) en Nationale Parken (EZK, 2017);
- Waardevolle landschappen<sup>18</sup> en waardevolle landschappelijke elementen<sup>19</sup>;
- Overige gebieden.

<sup>17</sup> Elektrolyzers worden in de scenario's geplaatst in industriegebieden waar geen Natura 2000 aanwezig is. Effecten door het lozen van koelwater (extern effect) kan altijd beperkt worden; uitgangspunt is zoveel mogelijk gebruik van restwarmte, daarnaast is elektrisch koelen ook mogelijk indien Natura 2000 in de omgeving aanwezig is. In het laatste geval wordt er geen gebruikgemaakt van koelwater.

<sup>18</sup> Hiervoor is met name gebruikgemaakt provinciale omgevingsvisies en beleidsstukken met betrekking tot landschap, waarin bepaalde gebieden als waardevolle landschappen zijn bestempeld. De naamgeving, redenen van aanwijzing als waardevol landschap en status van de benoemde gebieden variëren per provincie.

<sup>19</sup> Het gaat hierbij om grote en samenhangende landschapselementen. Hiervoor is onder meer gebruikgemaakt van provinciale beleidsstukken met betrekking tot landschap, topografische kaarten, gebiedskennis en expert judgement.



Bij de effectbeoordeling voor landschap is de bovenstaande indeling ook aangehouden om de kans op effecten op landschap te beoordelen. De kans op effecten wordt in feite bepaald door drie factoren: de mate van de ingreep (omvang en aard), de kwaliteit van het landschap ter plekke (gebaseerd op de landschapsonderdelen hierboven) en de mogelijkheid om effecten te beperken.

De omvang en aard van de ingreep vormen een maat voor het effect op landschap: gesteld is dat hoe groter de ingreep is, hoe negatiever het effect op landschap in principe is. Ook is gesteld dat hoe meer waarneembaar die ingreep is, hoe negatiever het effect op landschap is. Wat betreft de kwaliteit van het landschap ter plekke is bij de beoordeling gesteld dat ingrepen die plaatsvinden binnen categorie Nationale Landschappen en Parken een grote kans op effecten hebben. Bij ingrepen in waardevolle landschappen en landschapselementen is die kans middelgroot. Ingrenen in overige gebieden zijn in principe als kleine kans op effecten beoordeeld, omdat het landschap in die gebieden vaak al sterk beïnvloed is door menselijk handelen in de occupatielaag. De mogelijkheid om effecten te beperken is over het algemeen groter bij overige gebieden dan bij Nationale Landschappen en Parken. In Tabel 5-14 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-14 Uitwerking deelaspect landschap per element

Element	Uitwerking deelaspect landschap
Verbinding	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Station	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Regelbare centrales	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Elektrolyzers	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Batterijen	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Opslag waterstof	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Zon op land	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Wind op land	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten
Kernenergie	Aard en vorm van ingreep, landschappelijke kwaliteiten en mogelijkheid tot beperken effecten

### Cultuurhistorie

Het deelaspect cultuurhistorie beoordeelt de potentiële effecten op cultuurhistorische waarden. Daar waar dergelijke waarden aanwezig zijn, en de realisatie van de betreffende elementen van de energie-infrastructuur niet verenigbaar zijn met deze waarden, ontstaat een grote kans op niet te mitigeren effecten. De nabijheid van cultuurhistorische objecten en aanwezigheid van aardkundige waarden worden aan de hand van UNESCO werelderfgoed en rijks- en provinciale objecten (monumenten) en gebieden geanalyseerd. Per element is een afstand tot het soort object bepalend voor de mate en daarmee de kans van het effect. Bij aardkundige waarden geldt enkel direct ruimtebeslag. In Tabel 5-15 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-15 Uitwerking deelaspect cultuurhistorie per element

Element	Uitwerking deelaspect cultuurhistorie
Verbinding	Aantal en soort objecten binnen 3 km
Station	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Regelbare centrales	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Elektrolyzers	Aantal en soort objecten binnen 1 km

Element	Uitwerking deelaspect cultuurhistorie
Batterijen	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Opslag waterstof	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Zon op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Wind op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Kernenergie	Wordt niet beoordeeld omdat de locatie al bestemd is voor realisatie kernenergie

### Archeologie

Archeologische waarden worden bij voorkeur in situ bewaard. Een kans op het treffen van archeologische waarden bij het beroeren van de bodem, kan leiden tot het aantasten van deze waarden. De kans op het treffen van archeologische waarden, is in te schatten op basis van de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW) en de Archeologische Monumenten Kaart (AMK). De IKAW-kaart heeft vier categorieën op land voor de kans op aantreffen archeologische waarden, van zeer lage trefkans tot hoge trefkans. In Tabel 5-16 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 5-16 Uitwerking deelaspect archeologie per element

Element	Uitwerking deelaspect archeologie
Verbinding	Mate waarin het tracé gebieden met grote trefkans doorkruist
Station	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Regelbare centrales	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Elektrolyzers	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Batterijen	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met hoge trefkans
Opslag waterstof	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Zon op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Wind op land	Wordt niet beoordeeld vanwege hoog geografisch abstractieniveau
Kernenergie	Wordt niet beoordeeld omdat de locatie al bestemd is voor realisatie kernenergie

## 5.4 Passende Beoordeling

Omdat de realisatie van onderdelen uit het PEH potentieel een effect kan hebben op instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) in Natura 2000-gebieden is de vraag of een Passende Beoordeling (PB) moet worden opgesteld en zo ja, op welke manier. Hieronder wordt ingegaan op de wijze waarop hiermee is omgegaan in de IEA voor PEH.

### Wanneer is een Passende Beoordeling vereist?

In welke gevallen het maken van een PB voor plannen verplicht is vanwege de hierin opgenomen activiteit(en), is geregeld in art. 2.8, lid 1 Wnb. Een passende beoordeling voor een plan is pas aan de orde wanneer dat plan voldoende concreet is. Het moet gaan om plannen die juridisch bindende componenten bevatten (ABRvS 16 juli 2003, AB 2003/336) en/of als toetsingskader gelden voor uitvoeringsbesluiten (HvJ EG 20 oktober 2005, C-6/04).

Die delen van een plan die kaderstellend of voorwaardenscheppend zijn voor concrete toekomstige activiteiten, dienen passend te worden beoordeeld. In de Memorie van Toelichting van het Ontwerp Aanvullingsbesluit Natuur Omgevingswet is bijvoorbeeld opgenomen dat het in een plan beschrijven van

een voornemen om de waterhuishouding in een bepaald gebied op orde te brengen, waartoe onderzoek naar verschillende mogelijkheden zal worden uitgevoerd, onvoldoende concreet is om te vallen onder de plicht tot het opstellen van een passende beoordeling (Kamerstukken II 2011/12, 33348, 3, p. 111 en 112). Plannen die het karakter hebben van een beleidsnota worden eveneens niet beschouwd als een plan in de zin van dit artikel (Kamerstukken II 2011/12, 33348, 3, p. 111). Samengevat: Als het plan of programma niet voldoende concreet is, bestaat er geen rechtstreekse plicht om een passende beoordeling uit te voeren.

#### De situatie voor PEH

Het PEH is een programma in het kader van de omgevingswet waarvoor ook een plan-m.e.r. wordt uitgevoerd. Daarmee is feitelijk sprake van een plan en zou een Passende Beoordeling aan de orde kunnen zijn als effecten op de instandhoudingsdoelstellingen (IHD) van Natura 2000-gebieden niet op voorhand uit te sluiten zijn en het voldoende concreet is. Uiteindelijke doel is om de gevolgen voor Natura 2000-gebieden op een passende wijze te betrekken in de besluitvorming.

In het PEH zijn uitspraken opgenomen over ruimtelijke reserveringen, ontwikkelrichtingen en generieke beleidsuitspraken. Voor de ruimtelijke reserveringen geldt dat dit gaat om bestaande Barro-locaties of over hoogspanningsverbindingen en buisleidingen, die zich op een geografisch aan te duiden locatie bevinden en die zijn overgenomen uit eerder vastgesteld beleid (o.a. het SEV III en Structuurvisie buisleidingen) en waarover dus al besluitvorming heeft plaatsgevonden. In het kader van die eerdere besluitvorming is al een Passende Beoordeling opgesteld<sup>2021</sup>, waarmee bij het maken van de keuzes destijds ook de gevolgen voor Natura 2000-gebieden zijn betrokken. Naar analogie van het PB voor het Nationaal Waterprogramma zijn deze locaties daarom niet opnieuw beoordeeld. Voor ontwikkelrichtingen en generieke beleidsuitspraken is sprake van een hoger abstractieniveau, waarvoor geen concrete fysieke locaties zijn aangewezen in het PEH. Een voorbeeld hiervan is de keuze voor een bepaald scenario waarin wordt uitgegaan van Nationale sturing versus Europese sturing. Dit bepaalt bijvoorbeeld de hoeveelheid import van energie, maar bepaalt niet hoe dit vervolgens fysiek wordt georganiseerd en op welke locatie.

De ontwikkelrichtingen en generieke beleidsuitspraken zijn daarom onvoldoende concreet om te leiden tot de verplichting een Passende Beoordeling op te stellen. De ruimtelijke reserveringen zijn wel concreet en ontwikkelingen binnen die ruimtelijke reserveringen kunnen effecten hebben op de IHD's van Natura 2000-gebieden. Hiervoor is echter al een Passende Beoordeling opgesteld ten tijde van de besluitvorming over deze reserveringen.

De enige uitzondering hierop vormen de locaties voor grootschalige elektrolyzers waarvan in de IEA wordt uitgegaan dat deze gerealiseerd worden binnen de vijf grootschalige industrieclusters die ook de aanlandingslocaties voor wind op zee vormen. Deze elektrolyzers zijn nieuw en hierover heeft geen eerdere besluitvorming plaatsgevonden. Dit maakt dat deze ontwikkeling enerzijds locatiespecifiek en concreet is en anderzijds niet eerder passend beoordeeld. Daarom is besloten in het kader van het programma VAWOZ de realisatie van de elektrolyzers mee te nemen in de voor dat programma op te stellen PB. Belangrijk om op te merken is dat grootschalige elektrolyzers alleen tijdens de aanlegfase een effect op Natura 2000-gebieden kunnen veroorzaken als gevolg van stikstofdepositie tijdens de bouw. Tijdens de exploitatiefase is er geen of een zeer beperkt effect, aangezien deze procesinstallatie geen risico vormt

<sup>20</sup> [Passende beoordeling Structuurvisie Buisleidingen \(1 mei 2012\) https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-192556.pdf](https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-192556.pdf)

<sup>21</sup> Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III), Deel 1: ontwerp planologische kernbeslissing (1 februari 2008) <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31410-1-b2.pdf>

voor vogels of andere dier- of plantensoorten en slechts zeer beperkte stikstofuitstoot kent. Omdat de aanleg echter pas na 2030 plaatsvindt kan ervan uitgegaan worden dat er op dat moment zodanige technieken beschikbaar zijn dat emissieloos bouwen realiseerbaar is. Er is daarom geen reden om significant negatieve effecten op Natura 2000-gebieden te verwachten bij de aanleg van elektrolyzers binnen de industrieclusters.

#### Effecten passend beoordeeld

Zoals in paragraaf 5.3 is beschreven worden de gevolgen voor Natura 2000 beoordeeld met een risicobenadering. Hierin wordt per ruimtelijke ontwikkeling en structuurkeuze beoordeeld of er een risico bestaat op effecten op Natura 2000-gebieden en of er mogelijk mitigerende maatregelen genomen kunnen worden. Daarmee is – op een detailniveau passend bij de concreetheid van de ontwikkelingen – beoordeeld of effecten op Natura 2000-gebieden kunnen optreden en wat de mogelijk gevolgen daarvan zijn voor de uitvoerbaarheid van het plan. Voor de ruimtelijke reserveringen is al een PB opgesteld, waarmee ook die locaties passend zijn beoordeeld. Er is daarom voor PEH op dit moment geen noodzaak tot het uitvoeren van een aanvullende Passende Beoordeling.

Er zijn een tweetal aandachtspunten te plaatsen hierbij. Het eerste aandachtspunt daarbij is dat de al uitgevoerde Passende Beoordelingen inmiddels ruim tien jaar oud zijn en de vraag is of er in de tussentijd nieuwe feiten of omstandigheden, of wijzigingen van inzicht zijn ontstaan. Tweede aandachtspunt is dat de beoordeling in de IEA voor PEH op een hoog abstractieniveau wordt gedaan en er ook hier nog concretere invulling van de keuzes uit het PEH gaat plaatsvinden. Daarbij is het sterk aan te raden een nadere verkenning per regio op te stellen naar de gevolgen van energie-infrastructuur keuzes. Dit kan op dat moment ook op een meer passend detailniveau voor tracés en puntinfrastructuur, omdat op dat moment ook meer bekend is over aard en omvang. Op dat moment ligt het ook voor de hand om project en/of gebiedsmatig een PB op te stellen, die integraal de effecten van de energie-infrastructuur keuzes in die regio of op projectniveaus beoordeeld. Dit kan dan ook direct de actualisatie van de eerder opgestelde PB's zijn. Het is echter niet aannemelijk dat de keuze voor de locaties zoals die eerder gemaakt is daarmee anders wordt.

## 6 Bronnen

- Arcadis. (2011). *Inpasbaarheid energie-initiatieven Sloegebied*.
- BCI. (2020). *Haalbaarheidsstudie Buisleidingen R'dam – Chemelot – NRW, Bijlage 1 Trace Alternatieven en Afwegingen*. Nijmegen: Buck Consultants International.
- Berenschot. (2020). *Klimaatneutrale energiewaarscenario's 2050*. Utrecht: Berenschot, Kalavasta.
- Berenschot, Kalavasta. (2020). *Klimaatneutrale energiewaarscenario's 2050*. Utrecht: Berenschot.
- Buck Consultants International. (2020). *Bijlage 2 Marktpraag & Business Case - Bevindingen werkgroep business case (Chemelot en PoR) opgesteld door BCI*. Nijmegen.
- CE Delft. (2021). *Groeiprojecties energie-intensieve industrie*. Delft: CE Delft.
- CIEP. (2017). *The European Refining sector - a diversity of markets*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- COVRA. (2020). Opgehaald van Jaarrapport 2020: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2021). Opgehaald van Jaarrapport 2021: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2022). *Nationale Radioactief Afval Inventarisatie*.
- EBN, Gasunie. (2017). *Transport en Opslag van CO2 in Nederland*. Den Haag: Energiebeheer Nederland.
- Energi, G. (2008). *Gasturbiner vid Rya kraftvärmeverk (presentation)*.
- EZK. (2017). *Nationale Parken*. Opgehaald van Atlas van de Leefomgeving: <https://www.atlasleefomgeving.nl/nationale-parken>
- Gasunie. (2016). *Prediction of Subsidence above caverns at Zuidwending, The Netherlands Operation Phase Report on WP3: Subsidence Prediction*. <https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>.
- Gasunie. (2020). Opgehaald van Aardgasbuffer Zuidwending: <https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>
- Gasunie. (2020). *Investeringsplan GTS 2020-2030*. Gasunie transport services.
- Gateterminal. (2022). *Gate Terminal*. Opgehaald van <https://www.gateterminal.com/>
- Guidehouse & Berenschot. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*.
- Hydrogentech. (2022, 11 10). *Thermal management in green hydrogen production: design considerations*. Opgehaald van <https://hydrogentechworld.com/thermal-management-in-green-hydrogen-production-design-considerations>
- I&W. (2018). *Structuurvisie Ondergrond*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
- I&W. (2021). *Aandachtspunten Verkenning Buisleidingentracé PoR-Chemelot-NRW*.
- I&W, M. (2016). *Bijlage 5 bij Besluit algemene regels ruimtelijke ordening*.
- I&W, M. (2016). *Het nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen*. Opgehaald van <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/nationale-programma-radioactief-afval/documenten/publicatie/2016/06/24/nationale-programma-radioactief-afval>
- I&W, M. (2021). *Landelijk Crisisplan Straling*. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/repository/rnl-3f45e45d-4699-4b93-99ea-a12114d1c68c/1/pdf/tk-bijlage-1-landelijk-crisisplan-straling.pdf>
- IPO. (2022). *Nationale Landschappen*. Opgehaald van Atlas van de Leefomgeving: <https://www.atlasleefomgeving.nl/nationale-landschappen>
- ISPT. (2022). *A One-GigaWatt Green-Hydrogen Plant*. Hydrohub Innovation Program.
- LIWO. (2022). *Maximale overstromingsdiepte Nederland*. Opgehaald van Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/maps>
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*. Den Haag: Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*.
- NetbeheerNL. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst: I13050*.

- Nieuwland GEO-Informatie. (2008). *Ruimtelijke Analyse Buisleidingstroken en -tracés - Deel A: Hoofdrapport*. Wageningen: Nieuwland GEO-Informatie.
- PBL. (2017). *Negatieve emissies*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2020). *Decarbonisation options for Large Volume Organic Chemical production, Shell Pernis*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Pondera, A. (2021). *MER Net op zee IJmuiden Ver Beta fase 2 deel B*.
- PosadMaxwan, G. E. (2018). *Klimaat Energie en Ruimte*.
- Rebel. (2021). *Actualisatie toekomstscenario's voor afvalverbranding in Nederland*. Rotterdam: Rebel.
- Rijksoverheid. (2023). *Kernenergie in Nederland*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/opwekking-kernenergie#anker-7-aanbod-en-opslag-radioactief-afval>
- Royal HaskoningDHV. (2021). *Nationale CO2-opslagbehoefte tot 2035*. Nijmegen: Royal HaskoningDHV.
- Ruimte met Toekomst. (2022). Opgehaald van <http://ruimtexmilieu.nl/wiki/ontwikkelconcepten/lagenbenadering>
- RVO. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040; Guidehouse en Berenschot*. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-39a57614254aef46d047e1de1a9fd6c48938f50b/pdf>
- Strategy&. (2021). *HyWay 27: waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk? Eindrapport voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat*. Amsterdam.
- TenneT. (2020). Opgehaald van Investeringsplan Net op land 2020-2029.
- TenneT. (2020). *Zuid-West 380 kV Oost Mastkeuze*.
- TenneT. (2022). *Herkomst onbekend*.
- TNO. (2020). *Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES*.
- TNO. (2021). *Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030-2050. Technische evaluatie van vraag en aanbod*. TNO & EBN.
- VWS. (2005). *Potentiële koelcapaciteit rijkswateren 2005-2050*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat/RIZA.

# BIJLAGE XIa Beoordeling Milieu & Ruimte (Robuuste) Ontwikkelingen

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Roel van Ooij, Maarten Jaspers Faijer, Joeri de Bekker, Roland van der Vliet

**Nagekeken door**  
Mariëlle de Sain

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## Inhoudsopgave

0	Context bijlage	1
1	Inleiding	2
2	Conclusies	5
	2.1 Conclusies per regio	5
	2.2 Conclusies landelijk en aanbevelingen	7
3	Robuuste ontwikkeling verbinding Eindhoven-Maasbracht	10
	3.1 Beschrijving verbinding Eindhoven-Maasbracht	10
	3.2 Beoordeling	11
4	Robuuste ontwikkeling verbinding Zwolle-Hengelo	16
	4.1 Beschrijving verbinding Zwolle-Hengelo	16
	4.2 Beoordeling	17
5	Robuuste ontwikkeling Amsterdam Hemweg	21
	5.1 Omschrijving gebied en opgave	21
	5.2 Beoordeling	22
6	Robuuste ontwikkeling Beverwijk/Noordzeekanaalgebied	24
	6.1 Omschrijving gebied en opgave	24
	6.2 Beoordeling	25
7	Robuuste ontwikkeling Borssele/Sloegebied	27
	7.1 Omschrijving gebied en opgave	27
	7.2 Beoordeling	29
8	Robuuste ontwikkeling Delfzijl/Weiwerd	31
	8.1 Omschrijving gebied en opgave	31
	8.2 Beoordeling	32
9	Robuuste ontwikkeling Den Helder	34
	9.1 Omschrijving gebied en opgave	34
	9.2 Beoordeling	35
10	Robuuste ontwikkeling Eemshaven	37
	10.1 Omschrijving gebied en opgave	37
	10.2 Beoordeling	38
	10.3 Eemshaven Oudeschip–Eemshaven	39
11	Robuuste ontwikkeling Eindhoven	40
	11.1 Omschrijving gebied en opgave	40
	11.2 Beoordeling	40

12	Robuuste ontwikkeling Graetheide/Chemelot	42
	12.1 Omschrijving gebied en opgave _____	42
	12.2 Beoordeling _____	43
13	Robuuste ontwikkeling Middenmeer	44
	13.1 Omschrijving gebied en opgave _____	44
	13.2 Beoordeling _____	45
14	Robuuste ontwikkeling Rotterdams havengebied	47
	14.1 Omschrijving gebied en opgave _____	47
	14.2 Beoordeling _____	48
15	Robuuste ontwikkelingen 380kV-stations	50
	15.1 Inleiding _____	50
	15.2 Beoordeling robuust ruimtebeslag _____	50
16	Robuuste ontwikkelingen batterijen	52
	16.1 Inleiding _____	52
	16.2 Beoordeling _____	52
17	Robuuste ontwikkelingen regelbare centrales	59
	17.1 Inleiding _____	59
	17.2 Beoordeling robuust ruimtebeslag _____	59
	17.3 Beoordeling maximum ruimtebeslag Terneuzen/Sas van Gent _____	60
18	Robuuste ontwikkelingen verbindingen waterstof	64
	18.1 Inleiding _____	64
	18.2 Beoordeling _____	65
19	Ontwikkelingen Diemen (niet-robust)	67
	19.1 Omschrijving gebied en opgave _____	67
	19.2 Beoordeling _____	68
20	Ontwikkelingen Geertruidenberg (niet-robust)	70
	20.1 Omschrijving gebied en opgave _____	70
	20.2 Beoordeling _____	71
21	Ontwikkelingen Maasbracht (niet-robust)	73
	21.1 Omschrijving gebied en opgave _____	73
	21.2 Beoordeling _____	74
22	Ontwikkelingen batterijen (niet-robust)	75
	22.1 Omschrijving locaties en opgave _____	75
	22.2 Beoordeling _____	76

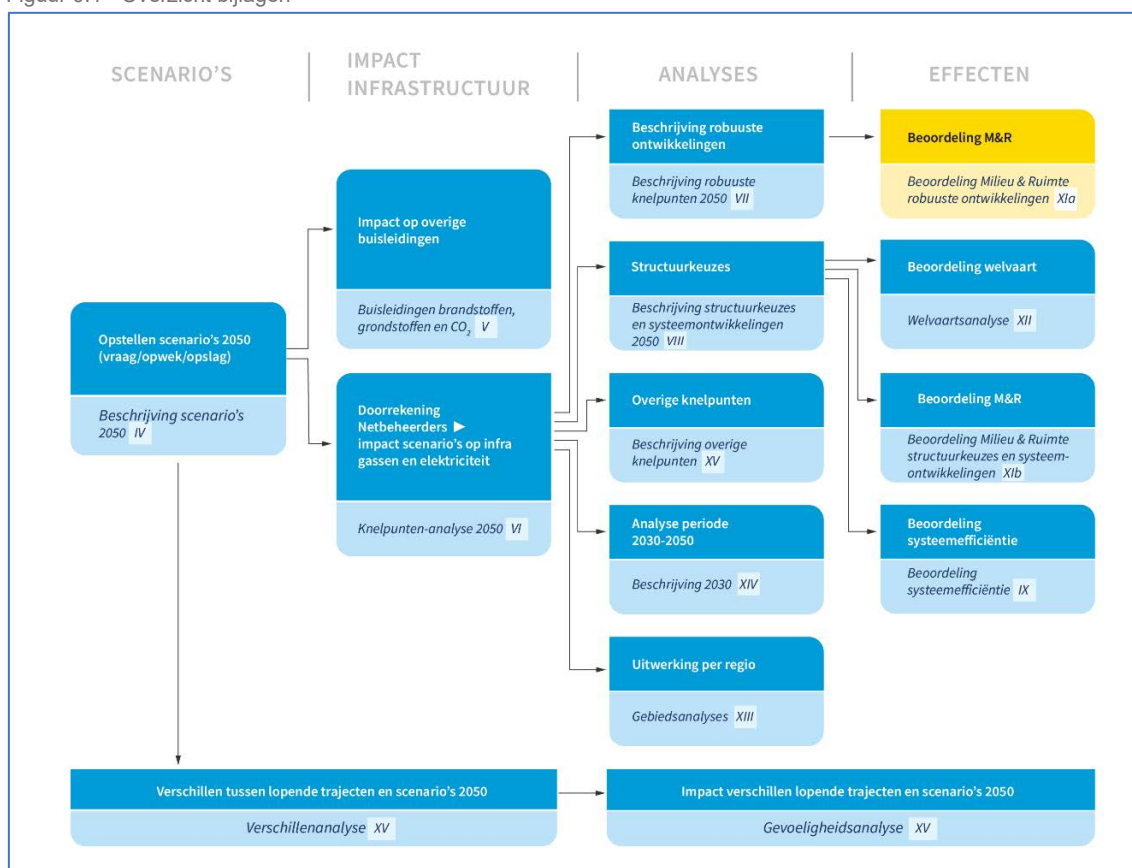
23	Ontwikkelingen batterijen en elektrolyzers (niet-robuust)	80
	23.1 Omschrijving locaties en opgave _____	80
	23.2 Beoordeling _____	80
24	Ontwikkelingen elektrolyzers (niet-robuust)	81
	24.1 Omschrijving locaties en opgave _____	81
	24.2 Beoordeling _____	81
25	Ontwikkeling verbinding Beverwijk–Oostzaan 380kV (niet-robuust)	83
	25.1 Beschrijving verbinding Beverwijk–Oostzaan _____	83
	25.2 Beoordeling _____	84
26	Ontwikkeling verbinding Beverwijk–Vijfhuizen 380kV (niet-robuust)	88
	26.1 Beschrijving verbinding Beverwijk–Vijfhuizen _____	88
	26.2 Beoordeling _____	89
27	Ontwikkeling verbinding Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel 380kV (niet-robuust)	92
	27.1 Beschrijving verbinding Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel _____	92
	27.2 Beoordeling _____	93
28	Ontwikkeling verbinding Borssele–Rilland 380kV (niet-robuust)	97
	28.1 Beschrijving verbinding _____	97
	28.2 Beoordeling _____	98
29	Ontwikkeling verbinding Crayestein–Krimpen aan den IJssel 380kV (niet-robuust)	100
	29.1 Beschrijving verbinding Crayestein–Krimpen aan den IJssel _____	100
	29.2 Beoordeling _____	101
30	Ontwikkeling verbinding Geertruidenberg–Tilburg 380kV (niet-robuust)	103
	30.1 Beschrijving verbinding Geertruidenberg–Tilburg _____	103
	30.2 Beoordeling _____	104
31	Ontwikkeling verbinding Halsteren–Geertruidenberg 380kV (niet-robuust)	106
	31.1 Beschrijving verbinding Halsteren–Geertruidenberg _____	106
	31.2 Beoordeling _____	107
32	Ontwikkeling verbinding Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam	109
	32.1 Beschrijving verbinding Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam _____	109
	32.2 Beoordeling _____	111
33	Ontwikkeling verbinding Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg 380kV (niet-robuust)	114
	33.1 Beschrijving verbinding Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg _____	114
	33.2 Beoordeling _____	115

34	Ontwikkeling verbinding Maasvlakte–Simonshaven 380kV (niet-robust)	118
	34.1 Beschrijving verbinding Maasvlakte–Simonshaven _____	118
	34.2 Beoordeling _____	119
35	Ontwikkeling verbinding Oostzaan–Diemen 380kV (niet-robust)	123
	35.1 Beschrijving verbinding Oostzaan–Diemen _____	123
	35.2 Beoordeling _____	124
36	Ontwikkeling verbinding Rilland–Halsteren 380kV (niet-robust)	126
	36.1 Beschrijving verbinding Rilland–Halsteren _____	126
	36.2 Beoordeling _____	127
37	Ontwikkeling verbinding Rilland–Tilburg 380kV (niet-robust)	129
38	Ontwikkeling verbinding Robbenplaat–Weiwerd 220kV (niet-robust)	130
	38.1 Beschrijving verbinding Robbenplaat–Weiwerd _____	130
	38.2 Beoordeling _____	131
39	Ontwikkeling verbinding Simonshaven–Crayestein 380kV (niet-robust)	133
	39.1 Beschrijving verbinding Simonshaven–Crayestein _____	133
	39.2 Beoordeling _____	134
40	Ontwikkeling verbinding Tilburg–Eindhoven 380kV (niet-robust)	137
	40.1 Beschrijving verbinding Tilburg–Eindhoven _____	137
	40.2 Beoordeling verbinding Tilburg–Eindhoven _____	138
41	Ontwikkeling verbinding Weiwerd–Meeden 220kV (niet-robust)	142
	41.1 Beschrijving verbinding Weiwerd–Meeden _____	142
	41.2 Beoordeling _____	143
42	Ontwikkeling ondergrondse HVDC Egmond–Diemen 525kV (niet-robust)	145
	42.1 Beschrijving verbinding Egmond–Diemen _____	145
	42.2 Beoordeling _____	146
43	Ontwikkeling ondergrondse HVDC Haringvliet–Maasbracht 525kV (niet-robust)	148
	43.1 Beschrijving verbinding Haringvliet–Maasbracht _____	148
	43.2 Beoordeling _____	149
44	Bronnen	151

## 0 Context bijlage

In deze bijlage, *Beoordeling Milieu & Ruimte (Robuuste) ontwikkelingen*, worden de (robuuste en niet-robuuste) ontwikkelingen beoordeeld voor het thema Milieu & Ruimte als onderdeel van de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het Programma Energiehoofdstructuur (PEH). De beoordeling volgt op het vaststellen van robuuste knelpunten (Bijlage VII *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*) en structuurkeuzes (Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*). In Figuur 0.1 is te zien dat deze beoordeling volgt na en voortbouwt op de informatie uit de andere bijlagen.

Figuur 0.1 - Overzicht bijlagen



## 1 Inleiding

Om te bepalen hoe het energiesysteem er in 2050 uitziet en welke (ruimtelijke) keuzes hierin gemaakt kunnen worden, zijn er zeven scenario's opgesteld. Zie Bijlage IV voor een beschrijving van de scenario's. Uit de berekeningen op basis van deze scenario's zijn knelpunten naar voren gekomen; robuuste knelpunten en specifieke knelpunten bij structuurkeuzes<sup>1</sup>. Robuuste knelpunten treden in alle scenario's op en leiden tot robuuste ontwikkelingen om die knelpunten op te lossen, zie voor een beschrijving Bijlage VII. De specifieke knelpunten komen alleen voor als bepaalde keuzes (structuurkeuzes) gemaakt worden, zie voor een beschrijving Bijlage VIII. Om deze knelpunten op te lossen zijn er ontwikkelingen geformuleerd. Deze ontwikkelingen kunnen bestaan uit een nieuwe verbinding of nieuwe puntinfrastructuur (stations, converterstations, batterijen, elektrolyzers en regelbare centrales). Nieuwe verbindingen worden los beoordeeld voor het thema Milieu & Ruimte, puntinfrastructuur wordt per locatie beoordeeld. Hierdoor zijn er vaak verschillende soorten onderdelen (zoals hoogspanningsstations en batterijen) die gezamenlijk beoordeeld worden voor Milieu & Ruimte. Op deze manier ontstaat er een overzicht van de kans op effecten op een specifieke locatie en niet per specifiek onderdeel.

De ontwikkelingen hebben een bepaald ruimtebeslag (zie Bijlage X voor de aannames hiervoor). Het gaat om **puntinfrastructuur** bestaande uit hoogspanningsstations, converterstations, batterijen, elektrolyzers en regelbare centrales. Voor deze puntinfrastructuur wordt het robuust minimum ruimtebeslag en het maximum ruimtebeslag beoordeeld, zie voor uitleg het tekstkader hieronder. Daarnaast zijn er **verbindingen**. Deze ontwikkelingen bestaan uit één tot drie ontwikkelde tracéopties die worden beoordeeld op hoofdlijnen. Vanuit efficiënt ruimtegebruik en goede ruimtelijke inpassing heeft een parallelle tracéoptie in principe de voorkeur. In sommige gevallen is het zo dat ruimtelijke beperkingen een parallelle tracéoptie verhinderen. Daarom is er bij een nieuwe ontwikkeling bij verbindingen één tracéoptie die parallel ligt met de bestaande verbinding en één of twee tracéopties die niet parallel aan de bestaande verbinding liggen. Bij het intekenen van deze tracéopties zijn de volgende traceringsprincipes gehanteerd:

1. De nieuwe verbinding is zo kort mogelijk.
2. Er wordt zo veel als mogelijk gebundeld met bestaande infrastructuur.
3. Woonkernen worden zo veel als mogelijk vermeden.
4. Beschermde natuurgebieden worden zo veel als mogelijk vermeden.

Op basis van de beoordelingsmethodiek en aannames beschreven in Bijlage X zijn alle ontwikkelingen die voortkomen uit robuuste en specifieke knelpunten beoordeeld. Dit gebeurt op basis van een lagenbenadering die bestaat uit een *occupatielaag*, *netwerklaag* en *ondergrondlaag*. De analyse per laag wordt aangeduid met drie categorieën op basis van kans op effecten. De kans op effecten wordt bepaald door een combinatie van de omvang van het effect en de mogelijkheid om het effect te beperken (Figuur 0.1). Dit wordt aangegeven met verschillende tinten blauw (en nummers 1, 2 en 3).

<sup>1</sup> Dit zijn ruimtelijke of energetische keuzes die gemaakt kunnen worden in de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. In de IEA zijn verschillende structuurkeuzes geformuleerd, zie bijlage VIII.

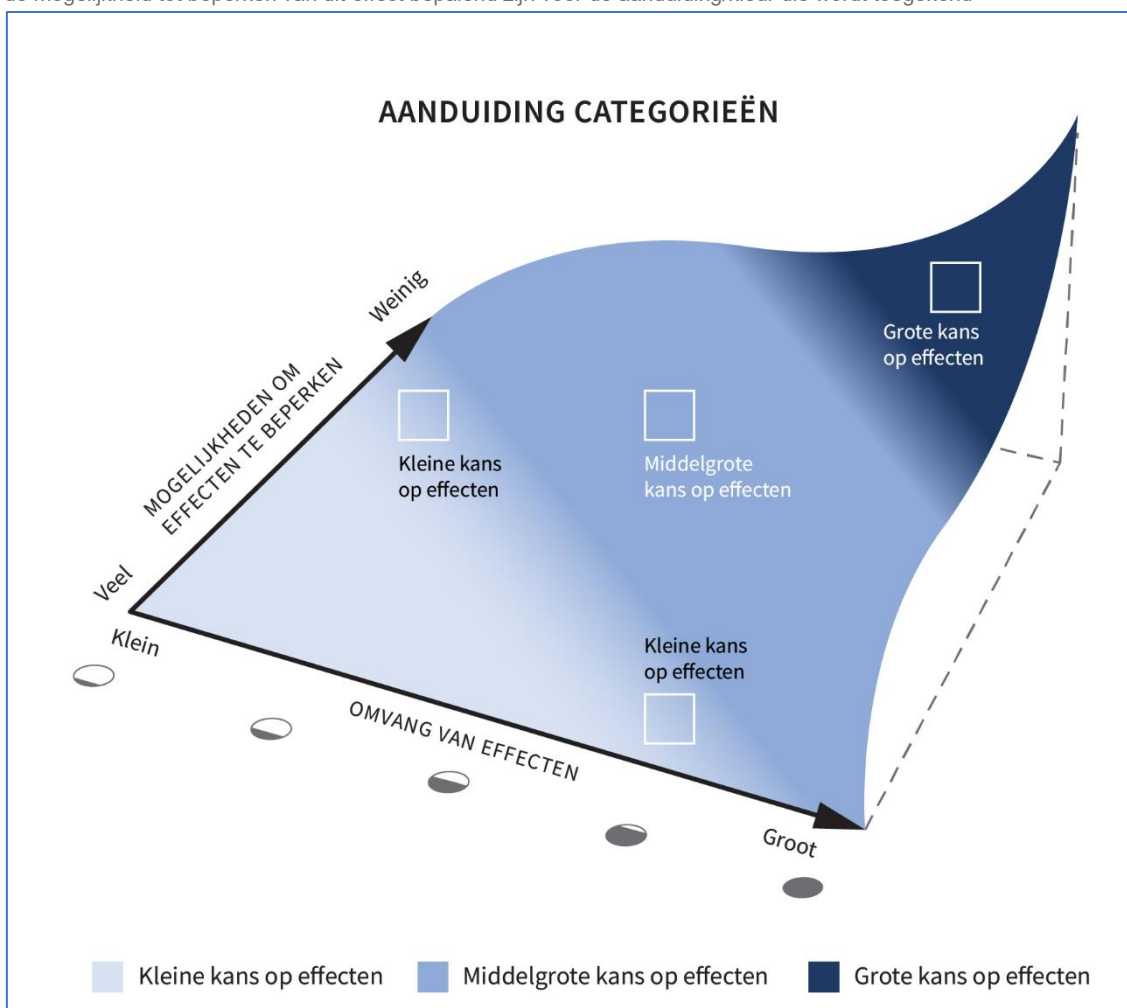
**Robuust minimum ruimtebeslag en maximum ruimtebeslag bij puntinfrastructuur**

In dit document wordt bij puntinfrastructuur (stations, converterstations, batterijen, elektrolyzers en regelbare centrales) gesproken over robuust minimum ruimtebeslag en maximum ruimtebeslag. In dit tekstkader worden beide termen toegelicht.

*Robuust minimum ruimtebeslag:* Dit is het ruimtebeslag dat minimaal nodig is op een locatie voor stations, converterstations, batterijen, elektrolyzers en/of regelbare centrales. Het is het minimale ruimtebeslag om het vermogen te faciliteren in deze IEA gebruikte scenario's.

*Maximum ruimtebeslag:* Dit is het maximale ruimtebeslag dat nodig is op een locatie voor stations, converterstations, batterijen, elektrolyzers en/of regelbare centrales. Het is het maximale ruimtebeslag om het vermogen te faciliteren in de, in deze IEA gebruikte scenario's. Dit is een worst-case-benadering waarin op een locatie ruimtebeslag samenkomt uit een combinatie van verschillende scenario's.

Figuur 1.1 - De beoordeling van ontwikkelingen wordt aangeduid in drie tinten blauw waar de omvang van het effect en de mogelijkheid tot beperken van dit effect bepalend zijn voor de aanduiding/kleur die wordt toegekend



### Leeswijzer

In dit document is de beoordeling opgenomen van ontwikkelingen voor knelpunten die optreden in de voor PEH doorgerekende scenario's. Na deze inleiding (hoofdstuk 1) en conclusies (hoofdstuk 2) zijn verschillende soorten ontwikkelingen beoordeeld:

#### Deel 1 Robuuste ontwikkelingen verbindingen en puntinfrastructuur

*H3-H4:* Beoordeling van robuuste ontwikkelingen bij verbindingen. De robuuste ontwikkelingen bestaan uit een nieuwe verbinding. Er zijn per ontwikkeling meerdere tracéopties beoordeeld.

*H5-H14:* Beoordeling van meerdere robuuste ontwikkelingen voor puntinfrastructuur. Hierbij treden er knelpunten op met een combinatie van de volgende onderdelen: (converter)stations, batterijen, elektrolyzers en regelbare centrales. Daarnaast wordt voor deze locaties het (niet-robuste) maximum ruimtebeslag dat optreedt wanneer alle ontwikkelingen gefaciliteerd worden uit alle scenario's.

*H15-H17:* Beoordeling van een enkelvoudige robuuste ontwikkeling van puntinfrastructuur. Hierbij is er één onderdeel van puntinfrastructuur dat een robuuste ontwikkeling vormt. Deze beoordeling is bondiger dan de beoordeling in H5-H14. Indien er sprake is van een maximum ruimtebeslag dat afwijkt van het robuuste ruimtebeslag, wordt in een aparte paragraaf het maximum ruimtebeslag beoordeeld. Dit kan bestaan uit een combinatie van verschillende onderdelen (station, converterstation batterijen, elektrolyser, regelbare centrale).

*H18:* Dit hoofdstuk gaat in op de robuuste ontwikkelingen van waterstofverbindingen.

#### Deel 2 Niet-robuste ontwikkelingen puntinfrastructuur

*H19-H24:* Beoordeling van niet-robuste ontwikkelingen van puntinfrastructuur voor de structuurkeuzes. Deze knelpunten treden niet in alle scenario's op (niet-robust), maar zijn wel aanwezig in één of meerdere van de structuurkeuzes of scenario's. De beoordeling is op een iets hoger abstractieniveau dan beoordelingen in deel 1.

#### Deel 3 Niet-robuste ontwikkelingen verbindingen

*H25-H43:* Beoordeling van niet-robuste ontwikkelingen voor verbindingen voor de structuurkeuzes. Deze knelpunten treden niet in alle scenario's op (niet-robust), maar zijn wel aanwezig in één of meerdere van de structuurkeuzes of scenario's. De beoordeling is op een iets hoger abstractieniveau dan beoordelingen in deel 1.

Er zijn verschillende kaarten gemaakt die visueel meer duiding geven waarvan een deel in deze bijlage is verwerkt. Het andere deel is opgenomen in Bijlage A bij dit document.

### Disclaimer Milieu & Ruimte

Voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte zijn in deze IEA onderbouwde aannames gedaan over ruimtebeslag, potentiële locaties en ruimtelijke tracéopties van verschillende onderdelen van het energiesysteem. Dit is gedaan om de belangrijkste effecten te beoordelen en op basis hiervan ontwikkelrichtingen voor de energiehoofdstructuur te kunnen opnemen in het PEH. Het is niet bedoeld om exacte locaties en/of tracés te kiezen, dit gebeurt in planologische (vervolg)procedures voor een specifiek(e) locatie of tracé. Voorafgaand aan deze procedures wordt eerst een investeringsbeslissing genomen door een netbeheerder\* of andere (private) initiatiefnemer. In de planologische procedures vindt in samenspraak met de omgeving nader (lees meer gedetailleerd) onderzoek plaats naar verschillende opties en effecten aan de hand van de op dat moment meest recente informatie. Op basis hiervan wordt een beslissing genomen over een precieze ligging van een tracé of locatie. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedures achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van de IEA/PEH worden wel meegenomen in deze procedures; het PEH is één van de kaders voor de uitwerking in deze vervolprocedures.

*\*De netbeheerders maken hierbij een afweging voor de beste nettechnische oplossing.*



## 2 Conclusies

Dit document bevat veel gedetailleerde beoordelingsinformatie van (robuuste) ontwikkelingen en daarom wordt gestart met de conclusies. Dit is tevens informatie voor de onderbouwing van Bijlage XIb waar de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen worden behandeld. Om overlap te voorkomen, zijn in dit conclusiehoofdstuk de belangrijkste punten per regio besproken van zowel Bijlage XIa als Bijlage XIb. Nederland is in zes regio's ingedeeld (conform Bijlage XIII). Na de conclusies per regio, is een landelijk beeld geschetst.

### 2.1 Conclusies per regio

In de **regio Noord-Nederland** (Drenthe, Friesland, Groningen) is ruimtebeslag van puntinfrastructuur nodig bij de Eemshaven en in Delfzijl. De omvang hiervan verschilt tussen het robuust minimum ruimtebeslag en het maximum ruimtebeslag. Het maximum ruimtebeslag is met name afhankelijk van locaties van aanlanding van windenergie op zee en de plaatsing van elektrolyzers. De kans op effecten speelt vooral bij puntinfrastructuur en minder bij verbindingen in deze regio. De effecten vinden vooral plaats in de occupatielaag door het (grote) ruimtebeslag van de energie-infrastructuur dat beperkingen oplevert voor andere havenindustriële functies. Daarnaast is het de verwachting dat noordoost Nederland een belangrijke rol speelt in de plaatsing van zonne- en windenergie op land. Dit geldt zowel bij spreiding van opwek over Nederland als clustering. Lokaal is er hierdoor een grote kans op effecten op de ondergrondlaag (effecten Natura 2000 en landschap). Indien waterstof wordt opgeslagen in zoutcavernes zal dit in deze regio worden gerealiseerd vanwege de geschikte ondergrond. Er treden effecten op in de occupatielaag door verlies van landbouwgrond, door het bovengrondse ruimtebeslag voor de opslag van waterstof, en de ondergrondlaag door bodemdaling.

In de **regio Noord-Holland en Flevoland** is een aantal grote aandachtspunten (door grote kans op effecten) die vaak samenhangen met de locaties van het (elektrisch) aanlanden van windenergie op zee (enkel voor Noord-Holland). De grootste aandachtspunten komen voort uit de in verschillende scenario's benodigde nieuwe hoogspanningsverbindingen door Noord-Holland die een grote kans op effecten hebben op alle drie lagen. Voor de occupatielaag gaat het om de doorkruising van stedelijke gebieden en recreatiegebieden. Bij de ondergrondse verbinding voor diepe aanlanding windenergie op zee speelt ook zettings- en verziltingsgevoeligheid. Bij de netwerklaag komen de aandachtspunten vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden. Maar de grootste kans op effecten zijn er voor de ondergrondlaag voor de aspecten landschap en cultuurhistorie (kruising Stelling van Amsterdam) en effecten op Natura 2000- en weidevogelgebieden. Voor aanlanding van windenergie op zee is het lokaal bij Beverwijk en Diemen naar verwachting niet mogelijk om de benodigde (punt)infrastructuur te realiseren door gebrek aan beschikbare ruimte. Voor opwek op land (zonne- en windenergie) is er lokaal een grote kans op effecten op de ondergrondlaag (Natura 2000 en landschap) in de kop van Noord-Holland en Flevoland.

In de **regio Midden- en Oost-Nederland** (Gelderland, Overijssel en Utrecht) is het aantal benodigde ontwikkelingen voor energie-infrastructuur relatief beperkt. Bij de hoogspanningsverbinding Zwolle-Hengelo is er met name voor de netwerk- en ondergrondlaag (middel)grote kans op effecten op NNN- en Natura 2000-gebieden afhankelijk van de tracéoptie. Voor de occupatielaag is het bebouwde gebied bij Hengelo een belangrijk aandachtspunt. Bij 380kV-station Dodewaard ontstaan met name voor de ondergrondlaag aandachtspunten door de middelgrote kans op effecten voor landschap, Natura 2000 en overstromingsgevoeligheid. De locaties van batterijen zijn minder zeker, maar de realisatie van batterijen kan leiden tot een lokale kans op effecten op voornamelijk de netwerk- en ondergrondlaag. Hier speelt met

name het ruimtebeslag, zettingsgevoeligheid en overstromingsgevoeligheid maar is vooral afhankelijk van de locatie.

In de **regio Zuid-Holland** springt de haven van Rotterdam eruit wat betreft de hoeveelheid nieuw voorziene energie-infrastructuur. Daarnaast zijn er ontwikkelingen voor energie-infrastructuur bij Simonshaven (hoogspanningsstation) en op verschillende locaties ontwikkelingen in de vorm van batterijen. Afhankelijk van de keuze voor locaties voor aanlanding van windenergie op zee en keuzes over kernenergie, zijn er mogelijk verschillende nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig in de provincie vanuit de haven van Rotterdam meer landinwaarts. Rondom de haven van Rotterdam zijn er effecten op alle drie de lagen: in de occupatielaag speelt met name de (grote) kans op effecten op externe veiligheid, ruimtebeslag en Natura 2000. Voor de occupatielaag vormen de dichtbevolkte gebieden of gebieden met lintbebouwing aandachtspunten (kruisen woonkernen/woningen) voor de hoogspanningsverbindingen. Bij Maasvlakte, Crayestein en Geertruidenberg (net buiten de regio Zuid-Holland) is de beschikbare ruimte beperkt voor de aansluiting van de verbindingen op de betreffende stations beperkt.

In de **regio Zeeland** speelt de mogelijke realisatie van een grote hoeveelheid puntinfrastructuur in Borssele/Sloegebied en Terneuzen/Sas van Gent. In het eerste gebied ontstaan er met name aandachtspunten in de netwerklaag en de ondergrondlaag; een tekort aan ruimte bij maximum ruimtebeslag en een grote kans op effecten op NNN en Natura 2000. Bij het maximum ruimtebeslag kan ook sprake zijn van een (middelgrote) kans op effecten op landbouwgrond (buiten de grenzen van de Barro-locatie). Bij Terneuzen/Sas van Gent speelt een (grote) kans op effecten in de occupatielaag (externe veiligheid) en de netwerklaag (vanwege met name het ruimtebeslag, effecten op bestaande infrastructuur en NNN). In Zeeland is er nog een specifiek aandachtspunt in het gebruikte scenario met 5,0 GW kernenergie in Borssele/Sloegebied (zie Bijlage 11b) in combinatie met windenergie op zee waarbij naar verwachting een extra hoogspanningsverbinding Borssele–Rilland nodig is (niet-robuuste ontwikkeling), waarbij er een grote kans op effecten op de ondergrondlaag is vanwege landschap en Natura 2000. Daarnaast is in dit gebied ook een grote kans op effecten op de ondergrondlaag (op Natura 2000 en landschap) door mogelijke clustering van zonne- en windenergie op land.

In de **regio Zuid-Nederland** (Limburg, Noord-Brabant) zijn er bij een grote hoeveelheid aanlanding van windenergie op zee in combinatie met toepassing van in totaal 8,3 GW kernenergie (niet-robuuste ontwikkeling) in Borssele/Sloegebied (5,0 GW kernenergie) en op de Maasvlakte (3,3 GW kernenergie), naar verwachting verschillende nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig om de elektriciteit van de kust landinwaarts te transporteren. Dit heeft met name een grote kans op effecten op de ondergrondlaag voor landschap en Natura 2000 in Noord-Brabant. Daarnaast zijn er binnen de occupatielaag voor woonkernen en recreatiegebieden ook aandachtspunten, omdat niet overal voldoende ruimte is om bij tracering van deze verbindingen deze gebieden te vermijden. Voor ondergrondse verbindingen zijn waterwingebieden als aspect binnen de ondergrondlaag het grootste aandachtspunt. Voor puntinfrastructuur zijn er met name kansen op effecten op de occupatie- en ondergrondlaag. Het gaat om mogelijke lokale effecten op externe veiligheid, ruimtebeslag op landbouwgebied en effecten op landschap.

## 2.2 Conclusies landelijk en aanbevelingen

Als vanuit nationaal perspectief naar de effectbeoordeling in deze bijlage en Bijlage XIb wordt gekeken, is er een aantal conclusies te trekken:

### 1. *Effecten op landbouw, landschap en natuur*

Om de energietransitie te laten slagen in Nederland ligt er een grote ruimtelijke opgave. Een toekomstig hernieuwbaar energiesysteem vergt meer ruimte dan het huidige fossiele energiesysteem. De ruimte voor de benodigde energie-infrastructuur is onvoldoende gewaarborgd. Bovendien zijn er consequenties voor andere ruimtelijke functies die mogelijk beperkt worden door de ruimte die deze energie-infrastructuur vraagt. De grootste effecten worden verwacht op de occupatie- en ondergrondlaag.

Voor de **occupatielaag** gaat het met name om ruimtebeslag op landbouwgrond. Een groot deel van Nederland bestaat uit landbouwgrond en het is de verwachting dat een deel hiervan nodig is voor energie-infrastructuur. Voor boven- en ondergrondse verbindingen en windenergie op land is medegebruik met landbouw relatief makkelijk mogelijk waardoor de kans op effecten relatief klein is. De aandachtspunten betreffen met name de puntinfrastructuur, waarbij medegebruik door landbouw niet goed mogelijk is. Deze puntinfrastructuur is met name voorzien rondom de industrieclusters. In deze clusters is de ruimte erg schaars en is uitbreiding mogelijk onvermijdelijk. Dit zal ten koste gaan van de landbouwgrond die hier vaak aan grenst. Dit verlies aan landbouwgrond betekent een grote kans op effecten.

Voor de **ondergrondlaag** zijn de grootste effecten te verwachten op landschap en natuur. Bovengrondse hoogspanningsverbindingen geven een grote kans op effecten op het landschap bij nieuwe doorkruisingen. Voor Natura 2000 geven bovengrondse verbindingen ook een grote kans op effecten door aanvaringsslachtoffers en doorkruisingen van Natura 2000-gebieden. Daarnaast kan de benodigde uitbreiding van de industrieclusters voor met name puntinfrastructuur de reeds hoge druk op Natura 2000-gebieden in de directe omgeving verhogen.

### 1. *Beperkt beschikbare ruimte nabij aanlandingslocaties windenergie op zee*

De aanlandingslocaties van windenergie op zee bevinden zich voornamelijk in of direct nabij de grote industrieclusters. Om een stabiel energiesysteem/-netwerk te behouden zijn op deze locaties aanzienlijke batterijsystemen en/of elektrolyzers nodig, die een substantieel ruimtebeslag vergen. Het is daarom belangrijk om nader te kijken naar de overgang tussen de huidige invulling van de industrieclusters en de invulling hiervan in 2050. Het is belangrijk om de kansen te benutten om vrijkomende gebieden opnieuw in te richten waarmee ook de ruimtevrage van het de toekomstige energie-infrastructuur hierbinnen ingevuld kan worden. Dit speelt met name op de Maasvlakte en in de IJmond. In Borssele/Sloegebied en in de Eemshaven is dit ook van belang, maar daar lijkt meer ruimte beschikbaar voor de energie-infrastructuur.

### 2. *Ruimtegebrek in Noord-Holland*

In de scenario's waarin meer aanlanding van windenergie op zee plaatsvindt in de Kop van Noord-Holland ontstaan, bij de aanleg van nieuwe grote hoogspanningsstations, lokaal grote aandachtspunten (verlies aan landbouwareaal) en bij de verbindingen die verder nodig zijn om de elektriciteit richting Amsterdam te transporteren. Er is zeer beperkt ruimte beschikbaar in dit dichtbevolkte gebied en gevolgen op natuur, landschap en de Stelling van Amsterdam leiden tot een grote kans op effecten. In sommige gevallen is de beschikbare ruimte zodanig beperkt dat er geen realistisch uitvoerbaar tracé voor hoogspanningsverbindingen of locatie voor nieuwe transformatorstations beschikbaar lijkt (zoals Beverwijk–Oostzaan).

### 3. *Grote vermogens aansluiten vanuit Zeeland leidt tot effecten door nieuwe verbindingen*

In de scenario's met veel opwek en aanlanding van windenergie op zee in Zeeland, of door de realisatie van 5,0 GW kernenergie (niet-robuuste ontwikkeling) in combinatie met aanlanding van windenergie op zee in deze provincie ontstaat er een noodzaak tot het aanleggen van nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen richting Noord-Brabant en verder landinwaarts. Deze nieuwe verbindingen leiden tot een grote kans op landschappelijke (doorsnijding landschappen) en ecologische (draadslachtoffers en aantasting habitat) effecten zoals bij de Brabantse Wal.

### 4. *Maatwerk: kijk naar meervoudig ruimtegebruik, meekoppelkansen en regionale verschillen*

Kijkend vanuit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van de ontwikkelingen uit de scenario's, is er ook een aantal aanbevelingen te doen. Vervolgprojecten (gebiedsverkenningen of ruimtelijke procedures voor realisatie van individuele projecten, dienen mogelijkheden tot meervoudig ruimtegebruik nader te onderzoeken. In de verschillende regio's liggen meerdere transitieopgaven die parallel lopen (energietransitie, transitie woningbouw, landbouwtransitie, opgaves voor natuurverbetering, etc.) Dit vergt een integrale benadering. Vanwege het relatief hoge abstractieniveau van deze IEA, is dit hier in beperkte mate uitgewerkt. Meervoudig ruimtegebruik dient aan te sluiten bij de lokale behoefte en mogelijkheden. Daarnaast is het van belang om in de vervolgtrajecten de cultuur en dynamiek van de verschillende lagen in de gebieden/provincies/regio's te gebruiken bij de uitwerking van de ontwikkelingen. De aanwezige kansen en belemmeringen binnen het thema Milieu & Ruimte verschilt per gebied en kan dus leiden tot andere oplossingen op vergelijkbare ontwikkelingen. Ook is het aan te bevelen meekoppelkansen voor natuur en biodiversiteit nader te onderzoeken vanuit zowel regionaal als nationaal perspectief. Bijvoorbeeld de mogelijkheid om het netwerk van hoogspanningsverbindingen te koppelen aan bepaald type natuurontwikkeling die goed met elkaar samengaat. Het is van belang dat het hier niet alleen gaat om mitigerende maatregelen voor effecten, echter juist om natuur versterkende maatregelen.

### 5. *Overkoepelende blik: visie en regie voor een breed gedragen energiesysteem in 2050*

De opgave die voor ons ligt is van dusdanige omvang en heeft een impact op alle drie de lagen (occupatie, netwerk en ondergrond) verspreid over Nederland. Hiervoor is centrale regie op en/of gezamenlijke uitwerking van de realisatie en de uiteindelijke (beeld)kwaliteit wenselijk. Het vergt denken op langere termijn met een duidelijke visie op het energiesysteem van de toekomst en de ruimtelijke inpassing daarvan. Dit betekent onder andere het maken van nadere afspraken over grootte, vorm en uitstraling en landschappelijke inpassing van energie-infrastructuur die daarnaast nog ruimte biedt om de eerder genoemde cultuur en dynamiek van gebieden tot hun recht te laten komen. Aansluiten bij trajecten en instrumenten die in het kader van de NOVI ontwikkeld worden biedt hiervoor kansen. In het kader van PEH zijn al gesprekken gevoerd met alle provincies. Ook zijn verschillende inzichten meegegeven in het traject van Provinciale Arrangementen wat o.l.v. de minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening is gestart.

## Deel 1

# Robuuste Ontwikkelingen Verbindingen en Puntinfrastructuur



### 3 Robuuste ontwikkeling verbinding Eindhoven-Maasbracht

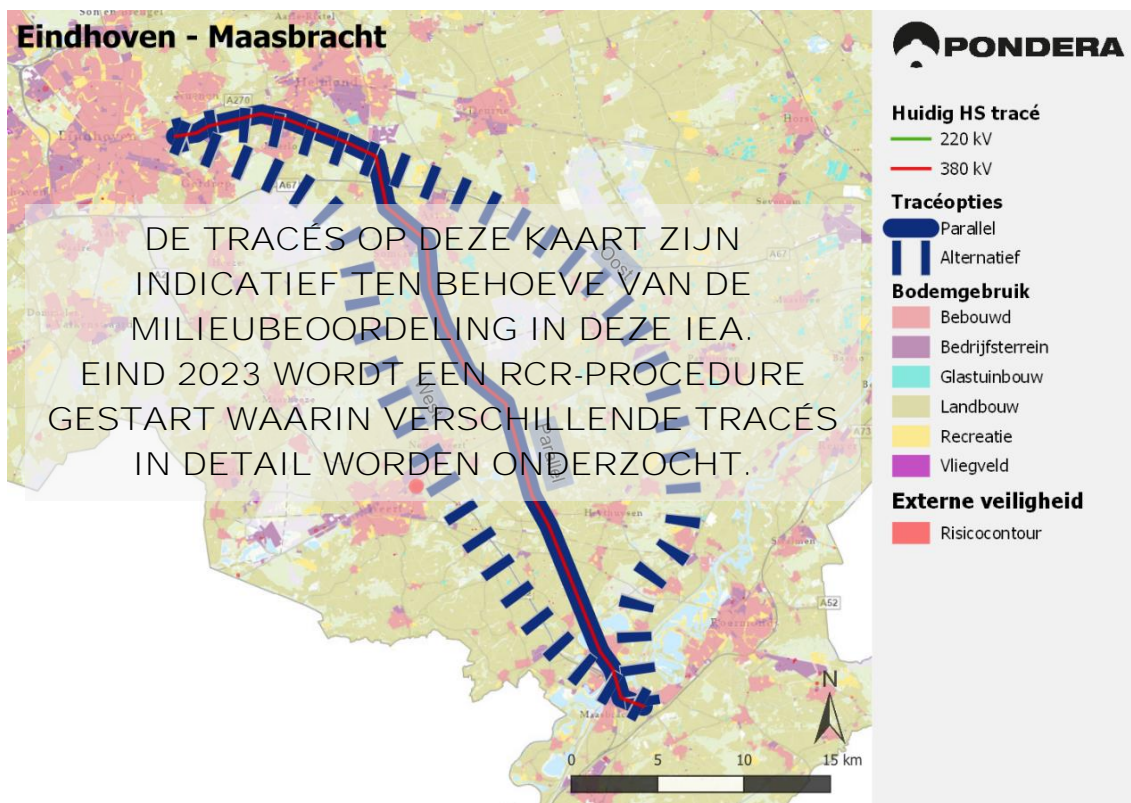
#### 3.1 Beschrijving verbinding Eindhoven-Maasbracht

**Verbinding Eindhoven-Maasbracht**

Bij aanvang van het onderzoek voor deze IEA, de doorrekeningen en de daaropvolgende knelpuntanalyse is de verbinding Eindhoven-Maasbracht naar voren gekomen als robuust knelpunt. Inmiddels is de uitbreiding van deze verbinding opgenomen in het IP2022 en wordt in het derde kwartaal 2023 een RCR-procedure gestart voor de uitbreiding van deze verbinding. Het ruimtebeslag en de effecten zijn in deze paragraaf wel beoordeeld en geven een indicatie van mogelijke effecten. Dit kan worden meegenomen in de te starten RCR-procedure waarbij in meer detail onderzoek naar verschillende tracés gaat plaatsvinden.

De bovengrondse 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht (EHV-MBT) ligt in een gevarieerd gebied dat wordt gekenmerkt door onder meer stedelijk gebied, diverse natuurgebieden en agrarisch grondgebruik. Nabij Maasbracht wordt de rivier de Maas gekruist. Er zijn hieronder drie tracéopties (Figuur 3.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding. In het IP2022 van TenneT is aangegeven dat er een studie wordt uitgevoerd naar de realisatie van een nieuw circuit<sup>2</sup> na 2031 (TenneT, 2022). Dit is in lijn met deze ontwikkeling.

Figuur 3.1 - Verschillende tracéopties voor verbinding Eindhoven-Maasbracht met occupatielaag als achtergrond



<sup>2</sup> Een circuit bij een hoogspanningsverbinding bestaat uit drie kabelbundels. In één hoogspanningsmast passen over het algemeen twee circuits.

#### (1) Eindhoven-Maasbracht parallel

De tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding kruist stedelijk gebied nabij Helmond en Mierlo en loopt daarna parallel aan een provinciale weg zuidwaarts. De tracéoptie kruist met name gemixt gras- en akkerland met enkele kleine stukken NNN (Natuurnetwerk Nederland)-gebied. Ten westen van de Maas wordt NNN-gebied en stedelijk gebied gekruist voordat de rivier de Maas wordt overgestoken richting Maasbracht. De lengte van de tracéoptie is circa 50 km, wat een ruimtebeslag van circa 5 km<sup>2</sup> betekent. De bestaande verbinding ligt nabij twee Natura 2000-gebieden: één hiervan is de Groote Peel en is zowel Habitat- als Vogelrichtlijngebied. Het andere gebied betreft de Sarsven en de Banen en is Habitatrichtlijngebied.

#### (2) Eindhoven-Maasbracht westzijde

De tracéoptie aan de westzijde van de bestaande 380kV-verbinding ligt vanaf Eindhoven meer zuidelijk en tussen de woonkernen van Mierlo en Geldrop in, hier wordt ook NNN-gebied gekruist. De tracéoptie ligt net oostelijk van Natura 2000-gebied Stabrechtse Heide en Beuven. Ten westen van Someren wordt regionale infrastructuur gevolgd richting het zuiden tot aan de rijksweg A2 bij Weert en Nederweert. Hier ligt de westelijke tracéoptie nabij het Natura 2000-gebied Weerter- en Budelerbergen & Ringselven dat is aangewezen als Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebied. Verder gaat deze tracéoptie door het Natura 2000-gebied Sarsven & de Banen, dat is aangewezen als Habitatrichtlijngebied. Vanaf Weert ligt de tracéoptie parallel aan de rijksweg A2 tot aan de Maas, waar bij het kruisen van de Maas de tracéoptie van de bestaande 380kV-verbinding wordt opgezocht tot aan het 380kV-station Maasbracht. De lengte van de tracéoptie is circa 45 km, wat een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup> betekent.

#### (3) Eindhoven-Maasbracht oostzijde

De tracéoptie aan de oostzijde van de bestaande 380kV-verbinding ligt vanaf Eindhoven tot ongeveer de kruising van de rijksweg A67 parallel aan de tracéoptie van de bestaande 380kV-verbinding. Een oostelijk en zo kort mogelijk tracéoptie is niet realistisch vanwege stedelijk gebied (voornamelijk Helmond). De tracéoptie loopt parallel aan de rijksweg A67 richting het oosten waarbij enkele delen van NNN-gebied worden gekruist nabij de rijksweg. Deze tracéoptie gaat tussen de Natura 2000-gebieden Deurnsche Peel & Mariapeel, en de Groote Peel door. Beide gebieden zijn zowel Vogelrichtlijngebied als Habitatrichtlijngebied. Vanaf het punt dat de 380kV-verbinding Maasbracht-Dodewaard de rijksweg A67 kruist, ligt de tracéoptie parallel aan deze bestaande verbinding richting 380kV-station Maasbracht. Hierbij worden enkele delen NNN-gebied, een deel Natura 2000-gebied Leudal en bebouwd gebied rondom Haelen, Horn en Heel gekruist. De lengte van de tracéoptie is circa 60 km, wat een ruimtebeslag van circa 6 km<sup>2</sup> betekent.

## 3.2 Beoordeling

#### (1) Eindhoven-Maasbracht parallel

**Effecten occupatielaag.** De parallelle tracéoptie kruist bebouwd gebied tussen de randen van Helmond en Mierlo, Asten en Someren en Heel en Panheel voor circa 3,5 km. Daarnaast ligt de tracéoptie voor circa 80% in agrarisch gebied (gemixt grasland en akkerbouw). Wat betreft externe veiligheid zijn er enkele bedrijventreinen in de omgeving van de tracéoptie, maar er zijn (nog) geen relevante risicobronnen aanwezig wat een kleine kans op effecten betekent. Het gebied rondom de Maas en de nabijgelegen plas- sen wordt ook recreatief gebruikt als zwem- en recreatievaarwater bij vakantieparken. Voor de beoordeling van de occupatielaag is met name de ligging van bebouwd gebied relevant. Hierdoor is de kans op effecten op bebouwd gebied middelgroot. Mogelijk kan het deels ondergronds realiseren van de tracéoptie in de stedelijke gebieden de kans op deze effecten verkleinen. Door de bestaande 380kV-verbinding is bij

een parallelle tracéoptie de kans op effecten klein voor recreatieve functies en de recreatieve beleving rondom de Maas. De parallelle tracéoptie Eindhoven-Maasbracht heeft een middelgrote kans op effecten voor de totale occupatielaag (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie kruist de rijksweg A67 en de spoorlijn tussen Weert en Roermond, maar dit lijkt geen grote effecten te hebben omdat de functies van deze infrastructuur niet of nauwelijks worden beïnvloed. De parallelle ligging aan de bestaande 380kV-verbinding is efficiënt in ruimtegebruik. Echter het kan op bepaalde locaties leiden tot minder mogelijkheden om bepaalde belemmeringen (zoals de bebouwing nabij Helmond en het NNN-gebied nabij Someren) te ontwijken. De tracéoptie heeft een lengte van circa 50 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 5 km<sup>2</sup>. Hiervan wordt verspreid over de tracéoptie een klein deel (circa 5%) NNN-gebieden gekruist. Vanwege de parallelle ligging met de bestaande verbinding leidt dit tot een kleine kans op effecten op NNN. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De zettingsgevoeligheid van de bodem bij de tracéoptie is gering (0,01-0,1 meter) en er zijn geen grondwaterbeschermingsgebieden in de omgeving van de tracéoptie. Er is geen doorsnijding van Natura 2000-gebieden, maar het gebied de Groote Peel ligt relatief dicht bij de tracéoptie. Er zijn vooral effecten te verwachten buiten broedseizoenen voor ganzen en de kraanvogel. Vanwege de parallelleligging zal de zichtbaarheid toenemen van de verbinding resulterend in minder aanvarings-slachtoffers dan bij een enkele verbinding (indien de parallelle tracéoptie niet te ver van de bestaande verbinding ligt). Hierdoor is er een middelgrote kans op effecten op Natura 2000-gebied.

De kans op negatieve effecten van de parallelle tracéoptie voor het aspect landschap is klein. Er worden geen Nationale Landschappen of – Parken of waardevolle landschappen doorkruist. Wel geldt dat er over de gehele tracéoptie en met name binnen de gemeente Leudal, waardevolle landschapselementen worden doorkruist. Op lokaal niveau is de kans op negatieve effecten groter. De tracéoptie ligt op relatief korte afstand van Nationaal Park Groote Peel, maar dit is een te grote afstand om daar in landschappelijke zin effect op te hebben. Er liggen enkele beschermde dorpsgezichten in de omgeving van de tracéoptie, de kans op effecten hierop is klein. Verder doorkruist de tracéoptie enkele locaties met een hoge archeologische verwachting volgens IKAW (Indicatieve Kaart Archeologische Waarden). Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten.

De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is beoordeeld als middelgroot (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de nabijheid van het Natura 2000-gebied Groote Peel.

### Samenvatting

In Tabel 3.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De grootste aandachtspunten zijn de mogelijke effecten door het kruisen van enkele bebouwde gebieden verspreid over de tracéoptie en de mogelijke effecten op het Natura 2000-gebied Groote Peel. Indien er in de toekomst een procedure wordt opgestart voor de realisatie een nieuwe 380kV-verbinding, dan zijn dit aandachtspunten die mede de haalbaarheid bepalen.

Tabel 3.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Eindhoven-Maasbracht parallelle tracéoptie

Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	1
Ondergrond	2



## (2) Eindhoven-Maasbracht westzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie aan de westzijde van de bestaande verbinding kruist voor circa 3 km bebouwd gebied tussen de randen van Geldrop en Mierlo, Someren, Weert en Nederweert en Wesseem. Daarnaast ligt de tracéoptie voor circa 80% in agrarisch gebied. Er zijn enkele bedrijventreinen in de omgeving van de tracéoptie, maar hier zijn (nog) geen relevante risicobronnen aanwezig. Er is een kleine kans op effecten ten aanzien van externe veiligheid. Het gebied rondom de Maas en de nabijgelegen plassen wordt ook recreatief gebruikt. Binnen de occupatielaag zijn met name de delen bebouwd gebied relevant. Zowel de aansluiting op de 380kV-stations in Eindhoven en in Maasbracht, als ook de kruising tussen Weert en Nederweert kunnen tot effecten op bestaande bebouwing leiden. Mogelijk kan het ondergronds uitvoeren van delen van de tracéoptie in de stedelijke gebieden potentiële effecten verkleinen. Door de reeds aanwezige verbinding is de kans op (extra) effecten op de recreatieve beleving rondom de Maas klein. De tracéoptie Eindhoven-Maasbracht westzijde heeft een middelgrote kans op effecten voor de totale occupatielaag (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie kruist de rijkswegen A67 en A2 en de spoorlijn tussen Weert en Roermond. Vanuit het oogpunt van infrastructuur, is er voldoende ruimte om dergelijke kruisingen te kunnen realiseren. Ook ligt de tracéoptie voor een groot deel parallel aan de rijksweg A2. De tracéoptie heeft een lengte van circa 45 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup>. Hiervan worden verspreid over de tracéoptie (circa 10%) NNN-gebieden gekruist waaronder gebieden met beheertypen met een lange ontwikkelingsduur (dit betekent een lange hersteltijd bij verstoring). Een groot deel van deze NNN-gebieden is echter relatief klein en kan bij nadere detaillering wellicht worden vermeden zodat potentiële effecten verminderen. Voor de totale netwerklaag lijkt de kans op effecten groot vanwege NNN, maar door de mogelijkheid tot verschuiven van de tracéoptie, komt de beoordeling uit op een middelgrote kans op effecten (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem bij de tracéoptie heeft voldoende draagkracht voor een bovengronds tracé. De tracéoptie doorkruist één waterwin-/grondwaterbeschermingsgebied, dit is een aandachtspunt bij installatie van de masten. Ondergrondse aanleg heeft een grote kans op effecten op het waterwin- en grondwaterbeschermingsgebied en is daarmee niet wenselijk. De Vogelrichtlijngebieden Stabrechtse Heide en Beuven en Weerter- en Budelerbergen en Ringselven worden aan de rand gekruist, waardoor een grote kans op effecten ontstaat. Optimalisatie van de tracéligging kan dit naar verwachting voorkomen, maar effecten op de gebieden zijn niet uit te sluiten. Ondanks dat deze optie het kortst is, is er nauwelijks bundeling met bestaande infrastructuur mogelijk en worden bestaande landschappelijke structuren niet versterkt. De verwachting is dat dit effect te beperken is door optimalisaties, de kans op effecten is daarom middelgroot (middelblauwe aanduiding). Het beschermd dorpsgezicht van Wesseem ligt nabij de tracéoptie, dit kan effecten geven op de beleving van het dorp, al ligt de bestaande verbinding ook al nabij. Rondom Nederweert worden enkele bekende archeologische waarden gekruist en doorkruist de tracéoptie enkele locaties met een hoge archeologische verwachting volgens IKAW. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De ligging nabij Natura 2000-gebieden en het gebrek aan bundelingsmogelijkheden vanuit landschap geeft voor de totale ondergrondlaag een middelgrote kans op effecten (middelblauwe aanduiding) vanwege de mogelijke invloed op deze gebieden.

### Samenvatting

In Tabel 3.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De grootste aandachtspunten zijn het kruisen van enkele bebouwde gebieden verspreid over de tracéoptie, mogelijke effecten op Natura 2000-gebieden Stabrechtse Heide en Beuven en Weerter- en Budelerbergen en Ringselven en landschappelijke effecten. Mogelijk kan optimalisatie van de tracéligging en gedeeltelijke ondergrondse aanleg van de tracéoptie ruimtelijke knelpunten (deels) oplossen. Indien er in de toekomst een procedure wordt opgestart voor de realisatie een nieuwe 380kV-verbinding, dan zijn dit aandachtspunten die mede de haalbaarheid bepalen.

Tabel 3.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Eindhoven-Maasbracht westzijde

Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	2

### (3) Eindhoven-Maasbracht oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist bebouwd gebied tussen de randen van Helmond en Mierlo, Asten en Ommel, Haelen, Horn, Beegden en Heel voor circa 5,5 km. Daarnaast ligt de tracéoptie voor circa 75% in agrarisch gebied. Wat betreft externe veiligheid zijn er enkele bedrijventreinen in de omgeving van de tracéoptie, maar er zijn (nog) geen relevante risicobronnen aanwezig. Het gebied rondom de Maas en de nabijgelegen plassen wordt ook recreatief gebruikt. Binnen de occupatielaag zijn met name de delen bebouwd gebied relevant. Zowel de aansluiting op het 380kV-station in Eindhoven en in Maasbracht, als ook de kruising tussen Beegden en Heel kunnen tot effecten op bestaande bebouwing leiden. Mogelijk kan het ondergronds uitvoeren van delen van de tracéoptie in de bebouwde gebieden potentiële effecten verkleinen. Door de reeds aanwezige 380kV-verbinding Maasbracht-Dodewaard is de kans op (extra) effecten op de recreatieve beleving rondom de Maas klein. Deze tracéoptie heeft een middelgrote kans op effecten voor de totale occupatielaag (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel aan de rijksweg A67, kruist deze en kruist de spoorlijn tussen Weert en Roermond, als ook de N280. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. De parallelle ligging aan de bestaande 380kV-verbinding Maasbracht-Dodewaard is planologisch wenselijk en op zichzelf geen belemmering, maar kan in sommige gevallen leiden tot minder bewegingsruimte om overige belemmeringen te ontwijken. De tracéoptie heeft een lengte van circa 60 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 6 km<sup>2</sup>. Hiervan wordt een deel (circa 15%) NNN-gebieden gekruist, verspreid over de tracéoptie waaronder bosgebieden met beheertypen met een lange ontwikkelingsduur. Een groot deel van deze NNN-gebieden is relatief klein en kan in nadere detaillering wellicht worden vermeden zodat potentiële effecten verminderen. Tussen Horn en Heel ligt echter een groter aaneengesloten NNN-bosgebied met een lange ontwikkelingsduur waar de tracéoptie parallel ligt aan een bestaande verbinding en er een grote kans op effecten bestaat. Vanwege de mogelijkheid tot verschuiven van de tracéoptie komt de beoordeling voor NNN uit op een middelgrote kans op effecten. De kans op effecten voor de totale netwerklaag is middelgroot (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem bij de tracéoptie heeft voldoende draagkracht en er zijn geen grondwaterbeschermingsgebieden in de omgeving van de tracéoptie. De Natura 2000-gebieden Deurnsche Peel & Mariapeel en Leudal worden voor een klein deel aan de rand gekruist. Deze gebieden zijn als vogelrichtlijngebied aangewezen. Optimalisatie van de tracéligging kan naar verwachting effecten beperken, hierdoor is er een middelgrote kans op effecten. Er is een middelgrote kans op effecten op het beschermd dorpsgezicht Helenaveen. Dit dorp ligt nabij de rijksweg A67, waar de tracéoptie een parallel-

ligging mee heeft. Bundelen met bestaande infrastructuur (A67 en bestaande hoogspanningslijnen) lijkt over vrijwel de gehele tracéoptie mogelijk. Dit betekent dat voor landschap de kans op effecten klein is en deze effecten eventueel goed te beperken zijn. Bij het tracéoptiedeel nabij de Maas worden enkele bekende archeologische waarden gekruist. Ook doorkruist de tracéoptie enkele locaties met een hoge archeologische verwachting volgens de IKAW. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Vanwege de potentiële invloed op het Natura 2000-gebied en beschermd dorpsgezicht Helenaveen is de kans op effecten op de totale ondergrond laag middelgroot (aanduiding middelblauw).

### Samenvatting

In Tabel 3.3 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De grootste aandachtspunten zijn het kruisen van enkele bebouwde gebieden verspreid over de tracéoptie en het kruisen van beschermde natuurgebieden (NNN en Natura 2000). Mogelijk kan gedeeltelijke ondergrondse aanleg van de tracéoptie ruimtelijke knelpunten (deels) oplossen.

Tabel 3.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Eindhoven-Maasbracht oostzijde

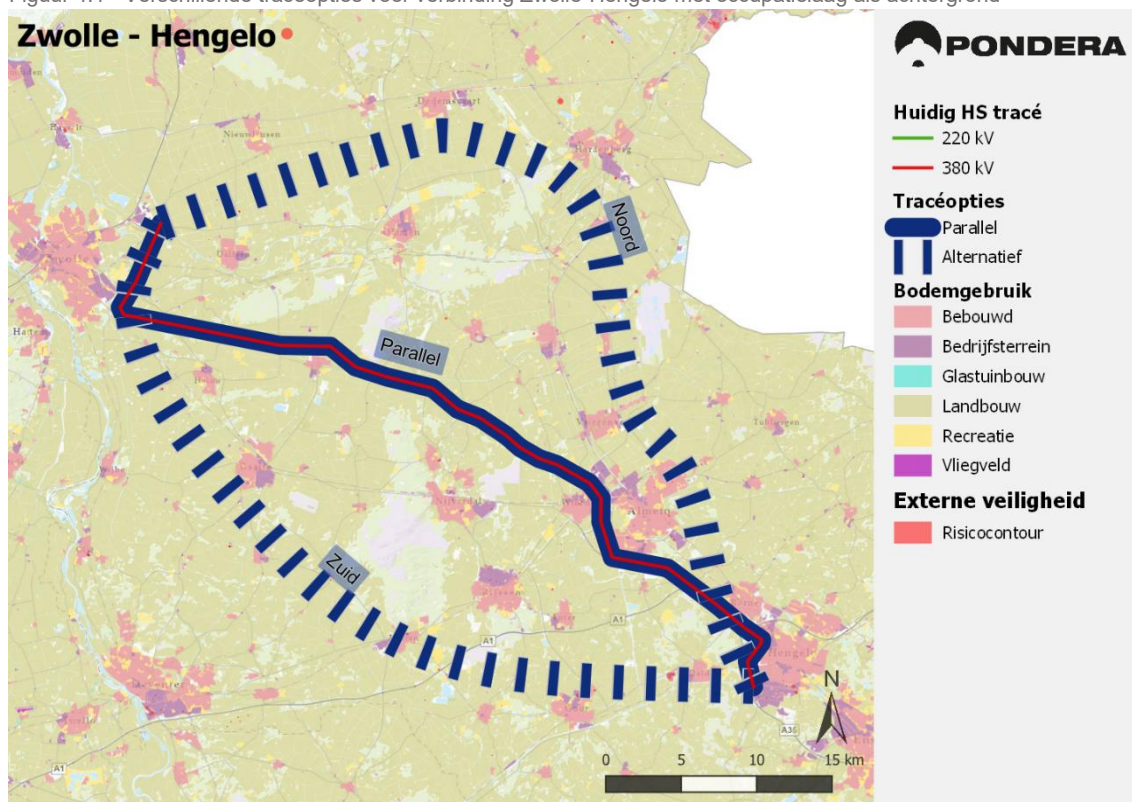
Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	2

## 4 Robuuste ontwikkeling verbinding Zwolle-Hengelo

### 4.1 Beschrijving verbinding Zwolle-Hengelo

De bovengrondse 380kV-verbinding tussen Zwolle en Hengelo (ZL-HGL) ligt in een overwegend agrarisch gebied met verspreide woonkernen en enkele natuurgebieden waaronder de Sallandse Heuvelrug. Deze verbinding ligt in een lijn tussen de woonkernen Zwolle, Lemelerveld, Almelo, Borne en Hengelo. Er zijn hieronder drie tracéopties (Figuur 4.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 4.1 - Verschillende tracéopties voor verbinding Zwolle-Hengelo met occupatielaag als achtergrond



#### (1) Zwolle-Hengelo parallel

De tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding doorkruist vanuit 380kV-station Zwolle met name agrarisch gebied. Hierbij worden de rivier de Vecht en de spoorweg tussen Zwolle en Ommen gekruist. Richting het zuidoosten kruist de tracéoptie over een korte lengte enkele NNN-gebieden. De tracéoptie loopt tussen twee kernen met bebouwing: Wierden en Almelo. Dit is voornamelijk door industriegebied, al is er ook overlap met bebouwd gebied. Vervolgens ligt de optie parallel met de rijksweg A35 tot aan Hengelo waar de tracéoptie langs de randen van de stad ligt tot aan het 380kV-station in Hengelo. De lengte van de tracéoptie is circa 60 km, wat een ruimtebeslag van circa 6 km<sup>2</sup> betekent.

#### (2) Zwolle-Hengelo zuidzijde

De tracéoptie aan de zuidzijde kruist de spoorlijn Zwolle-Almelo. De tracéoptie gaat zuidoostelijk door agrarisch gebied en enkele NNN-gebieden en gaat zuidelijk langs Raalte en Holten en ligt daarmee aan de zuidkant van de Sallandse Heuvelrug. Nabij Holten ligt de tracéoptie grotendeels parallel aan de

bestaande 110kV-verbinding Goor-Delden en nabij Natura 2000-gebied Borkeld. Ten zuiden van Delden wordt NNN-gebied doorkruist tot aan de rijksweg A35. Deze doorkruising ligt parallel aan de 380kV-verbinding Doetinchem-Hengelo tot aan het 380kV-station Hengelo. De lengte van de tracéoptie is circa 60 km, wat een ruimtebeslag van circa 6 km<sup>2</sup> betekent.

### (3) Zwolle-Hengelo noordzijde

De optie voor de noordzijde van de bestaande 380kV-verbinding ligt parallel aan de bestaande 380kV-verbinding Zwolle-Meeden. Ter hoogte van Dedemsvaart buigt de tracéoptie af naar de zuidkant van Hardenberg waar het NNN-gebied en Natura 2000-gebied Uiterwaarden Zwarte Water bij de Vecht wordt gekruist. De tracéoptie gaat verder in zuidelijke richting waar het langs het Natura 2000-gebied Engbersdijkvenen loopt. Beide Natura 2000-gebieden zijn vogelrichtlijngebied. Ook is hier een militair laagvlieggebied aanwezig met een bouwhoogtebeperking van 40 meter boven maaiveld. Vervolgens loopt de tracéoptie tot aan Vriezenveen waarna het oostelijk langs Almelo gaat. Tussen Borne en Almelo volgt de tracéoptie de bestaande 380kV-verbinding Zwolle-Hengelo tot aan het 380kV-station Hengelo. De lengte van de tracéoptie is circa 70 km, wat een ruimtebeslag van circa 7 km<sup>2</sup> betekent.

## 4.2 Beoordeling

### (1) Zwolle-Hengelo parallel

**Effecten occupatielaag.** De parallelle tracéoptie kruist bebouwd gebied tussen de randen van Wierden en Almelo en bij Hengelo. Met name op het tracédeel tussen Wierden en Hengelo is er weinig ruimte door de vele aanwezige woningen. Daarnaast ligt de tracéoptie voor circa 95% in agrarisch gebied. Er zijn enkele bedrijventerreinen in de omgeving van de tracéoptie, maar hier zijn (nog) geen relevante risico-bronnen aanwezig waardoor er een kleine kans op effecten bestaat ten aanzien van externe veiligheid. Ten noordwesten van Wierden liggen een recreatieplas en twee vakantieparken. Door de parallelligging van deze optie met de bestaande 380kV-verbinding is er een kleine kans op effecten op recreatieve functies en de recreatieve beleving ten noordwesten van Wierden. Er is een middelgrote kans op effecten op de totale occupatielaag vanwege het kruisen van bebouwd gebied tussen Wierden en Hengelo (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel aan de bestaande 380kV-verbinding, dit is wenselijk vanuit efficiënt ruimtegebruik en aansluiting bij de traceringsprincipes. Dit betekent wel dat er voor een deel parallelligging is met een buisleidingenstrook tussen Lemelerveld en Almelo. De tracéoptie heeft een lengte van circa 60 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 6 km<sup>2</sup>. Hiervan wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 2,5%) NNN-gebieden gekruist. Vanwege de parallelle ligging met de bestaande verbinding leidt dit tot een kleine kans op effecten op NNN. Voor de totale netwerklaag is er een kleine kans op effecten (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem bij de tracéoptie is naar verwachting meer zandig en heeft daarmee voldoende draagkracht. Rondom Wierden wordt een grondwaterbeschermingsgebied gekruist, dit heeft vanwege bovengrondse aanleg een kleine kans op effecten. Er is geen doorsnijding van Natura 2000-gebieden. Wel loopt de tracéoptie op enige afstand langs habitatrictlijngebieden (Vecht en Beneden-Reggegebieden). Deze parallelle tracéoptie ligt op enige afstand tussen de Lemelerberg en de Hellendoornse Berg in (beide waardevolle landschappen). Door de parallelligging met de bestaande verbinding is de kans op landschapseffecten klein. Er zijn enkele archeologische waarden aanwezig langs de tracéoptie, en enkele delen waar een hogere archeologische verwachting is volgens IKAW. Vanwege

de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Voor de totale ondergrondlaag is er een kleine kans op effecten (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 4.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het grootste aandachtspunt zijn de mogelijke effecten door het kruisen van bebouwd gebied tussen Wierden en Almelo. Mogelijk kan gedeeltelijke ondergrondse aanleg van de tracéoptie ruimtelijke knelpunten (deels) oplossen. Indien er in de toekomst een procedure wordt opgestart voor de realisatie een nieuwe 380kV-verbinding, dan is dit een aandachtspunt dat mede de haalbaarheid bepaalt.

Tabel 4.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Zwolle-Hengelo parallelle tracéoptie

Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	1
Ondergrond	1

#### (2) Zwolle-Hengelo zuidzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie aan de zuidzijde van de bestaande verbinding kruist nabij Holten, Goor en Delden kleine delen van de woonkernen, dit kan met optimalisatie van de tracéligging naar verwachting voorkomen worden. De tracéoptie ligt voor circa 95% in agrarisch gebied. Er zijn enkele bedrijventreinen in de omgeving van de tracéoptie, maar hier zijn (nog) geen relevante risicobronnen aanwezig waardoor er een kleine kans op effecten op externe veiligheid is. Er is geen belangrijk recreatiegebied in de nabijheid van de tracéoptie. Voor de totale occupatielaag is er een kleine kans op effecten (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie kruist enkele spoortrajecten en de rijksweg A1, dit heeft geen grote kans op effecten omdat de functies van deze infrastructuur niet of nauwelijks worden beïnvloed. Daarnaast wordt er een leidingenstrook tussen Raalte en Holten en een buisleiding nabij Goor gekruist. Het betreft hier geen paralleligging dus de kans op onderlinge beïnvloeding is klein. Tussen Zwolle en Raalte ligt de tracéoptie parallel met de 110kV-verbinding Harculo-Raalte en tussen Holten en Delden met de 110kV-verbindingen Platvoet-Goor en Goor-Delden. De tracéoptie heeft een lengte van circa 60 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 6 km<sup>2</sup>. Hiervan worden verspreid over de tracéoptie (circa 2,5%) NNN-gebieden gekruist. Dit betreft met name de randen van NNN-gebieden met beheertypen met een lange ontwikkelingsduur. Er zijn echter mogelijkheden om te schuiven met de tracéligging. Ten oosten van Goor is er vanwege paralleligging met bestaande verbindingen een kleine kans op effecten. Vanwege het NNN is er een grote kans op effecten; er zijn echter mogelijkheden om de tracéligging te verschuiven. Nadere detaillering van de tracéoptie kan een deel van het ruimtebeslag op NNN-gebied voorkomen, waardoor de beoordeling uitkomt op een middelgrote kans op effecten op NNN. De kans op effecten voor de totale netwerklaag komt uit op middelgroot (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem bij de tracéoptie is niet zettingsgevoelig. Ten oosten van Holten en nabij Goor wordt een grondwaterbeschermingsgebied gekruist, dit heeft vanwege bovengrondse aanleg een kleine kans op effecten. Er is geen doorsnijding van Natura 2000-gebieden, wel ligt de tracéoptie nabij Natura 2000-gebied Borkeld dat een habitatrichtlijn aanwijzing heeft. Er zijn enkele bekende archeologische waarden aanwezig langs de tracéoptie, en enkele delen waar een hogere archeologische verwachting is volgens IKAW. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Deze tracéoptie is gedeeltelijk gebundeld met andere infrastructuur, maar

steekt tussen Raalte en Holten min of meer rechtdoor het landschap en snijdt daardoor langs Landgoed Schoonheten. Dit effect is naar verwachting slechts gedeeltelijk te beperken en geeft voor landschap een middelgrote kans op effecten. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is dan ook middelgroot (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 4.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Met optimalisatie van de tracéligging kan ruimtebeslag binnen woonkernen en NNN-gebieden voor een deel worden voorkomen, maar dit blijven aandachtspunten. Dit geldt ook voor de impact op landschap.

Tabel 4.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Zwolle-Hengelo zuidzijde

Laag	Beoordeling
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	2

### (3) Zwolle-Hengelo noordzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie aan de noordzijde van de bestaande verbinding kruist bij Bergentheim, Westerhaar-Vriezenveensewijk, Mariaparochie, Zenderen en Borne delen van de woonkernen. De grote kans op effecten kan met optimalisatie van de tracéligging voorkomen worden. De tracéoptie ligt voor circa 95% in agrarisch gebied. Er zijn enkele bedrijventreinen in de omgeving van de tracéoptie, maar hier zijn (nog) geen relevante risicobronnen aanwezig waardoor er een kleine kans is op effecten ten aanzien van externe veiligheid. Er worden enkele campings/vakantieparken gekruist nabij Hardenberg en Westerhaar-Vriezenveensewijk. Er is een middelgrote kans op effecten op deze recreatiefuncties. Optimalisatie van de tracéoptie kan deze effecten verkleinen. Ook is er een grote kans aanwezig op effecten ten aanzien van militaire laagvliegroutes. Deze optie kruist de laagvliegroute tussen Rheeze en Hardenberg en loopt vanaf Bergenheim tot aan Vriezenveen parallel met de laagvliegroute. Hier geldt een bouwhoogtebeperking van 40 meter, waar de masten tot 60 meter hoogte reiken. Deze grote kans op effecten kan worden verminderd door optimalisatie van de tracéligging en ondergrondse aanleg. Gezien de kans op effecten bij luchtvaart, recreatie en bebouwing is de kans op effecten middelgroot voor de totale occupatielaag (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie kruist ten zuiden van Hardenberg en tussen Almelo en Borne de spoorweg tussen Zwolle en Emmen en kruist en nabij Hengelo de rijksweg A1. Dit heeft geen grote kans op effecten omdat de functies van deze infrastructuur niet worden beïnvloed. Tussen Hardenberg en Bergentheim is er parallelloop met de aanwezige spoorweg, hier kan mogelijk beïnvloeding plaatsvinden. Daarnaast wordt er een leidingenstrook ten zuiden van Dedemsvaart gekruist. Het betreft hier geen parallellegging dus de kans op onderlinge beïnvloeding is klein. Tussen Zwolle en Dedemsvaart is er parallellegging met de bestaande 380kV-verbinding Zwolle-Meeden. Vanaf Borne ligt de tracéoptie parallel met de bestaande 380kV-verbinding Zwolle-Hengelo. De tracéoptie heeft een lengte van circa 70 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 7 km<sup>2</sup>. Hiervan worden verspreid over de tracéoptie (circa 2,5%) NNN-gebieden gekruist, met name in de omgeving van de Engbertsdijkvenen. Met name in de omgeving van de Engbertsdijkvenen is geen tracéoptie voorstelbaar dat beheertypen met een lange ontwikkelingsduur vermijdt. Daarmee is er een grote kans op effecten vanwege het NNN. Hierdoor is de kans op effecten op de totale netwerklaag als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem bij de tracéoptie is niet zettingsgevoelig. Bij Witharen wordt een grondwaterbeschermingsgebied gekruist, dit heeft vanwege bovengrondse aanleg een kleine kans op

effecten. Er is doorsnijding van Natura 2000-gebied Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht aan de rand van het gebied. Hoewel dit gebied ter hoogte van de tracéoptie alleen een habitatrichtlijnaanwijzing heeft, ligt de tracéoptie wel dichtbij delen met een vogelrichtlijnaanwijzing, waarmee een grote kans op effecten bestaat. Er zijn geen bekende archeologische waarden aanwezig langs de tracéoptie, en op beperkte delen is een hogere archeologische verwachting aanwezig volgens IKAW. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De noordelijke tracéoptie is het langste en scheert langs Nationaal Landschap Noordoost-Twente en doorsnijdt het beekdal van de Bornse Beek. Naar verwachting is dit effect slecht te beperken. Dit leidt tot een middelgrote kans op effecten. Vanwege de kans op effecten op het Natura 2000-gebied is de kans op effecten op de totale ondergrond laag groot (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 4.3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De grootste aandachtspunten zijn de mogelijke effecten door het kruisen van bebouwd gebied op verschillende plaatsen, doorkruising van de netwerkfunctie van NNN-gebieden en de kruising van Natura 2000-gebied Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht. Indien er in de toekomst een procedure wordt opgestart voor de realisatie een nieuwe 380kV-verbinding, dan is dit een aandachtspunt dat mede de haalbaarheid bepaalt.

Tabel 4.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Zwolle-Hengelo noordzijde

Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	3
Ondergrond	3



## 5 Robuuste ontwikkeling Amsterdam Hemweg

### 5.1 Omschrijving gebied en opgave

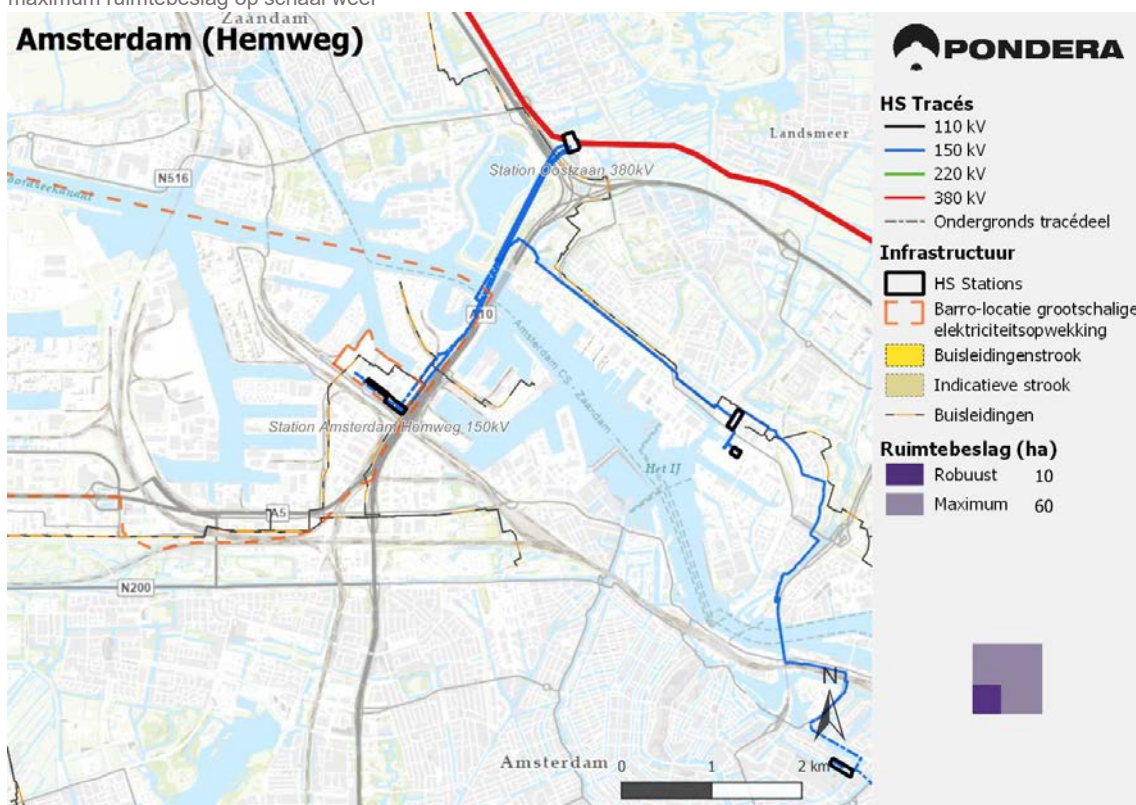
Het 150kV-station Amsterdam Hemweg ligt in de haven van Amsterdam met veel industrie. Er is op dit moment een gasgestookte centrale aanwezig nabij het 150kV-station. In de omgeving liggen de rijks- wegen A5 en A10 en meerdere spoorlijnen tussen de industriële bebouwing van het havengebied aan het Noordzeekanaal. Een groot deel van het havengebied is aangewezen als Barro-locatie.

Bij Amsterdam Hemweg gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 5.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 10 ha en maximum circa 60 ha.

Tabel 5.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Amsterdam Hemweg

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Regelbare centrale	5	20
Batterijen	5	10
Station	0	10
Importterminal	0	20

Figuur 5.1 - Omgeving 150kV-station Amsterdam Hemweg. De paarse vlakken in de legenda geven het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal weer



## 5.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** De omgeving van het 150kV-station Amsterdam Hemweg bestaat grotendeels uit industriële gebouwen, maar er zijn ook onbebouwde percelen aanwezig. Ook zijn er enkele woningen binnen de Barro-locatie/het havengebied. Buiten het havengebied is er vooral stedelijk gebied met een hoge dichtheid aan woningen. Er wordt ten oosten van de rijksweg A10 een nieuwe woonwijk voorzien (Haven-Stad), dit is in de nabijheid van de Barro-locatie en betekent een middelgrote kans op effecten. Landbouw is niet aanwezig. Er zijn verschillende PR  $10^{-6}$ -risicocontouren die een groot deel van de Barro-locatie overlappen, waardoor een grote kans op effecten ontstaat. Naar verwachting is dit met de juiste maatregelen goed te mitigeren. In het zuidwesten, tegen de grens van de Barro-locatie, ligt een recreatiegebied (golfbaan), de kans op effecten bij recreatieterreinen is echter klein omdat de omgeving al een industrieel karakter heeft. Er is een middelgrote kans op effecten door de aanwezige risicocontouren in het gebied en de geplande nieuwe woonwijk. Voor de totale occupatielaag is het robuuste minimum en het maximum beoordeeld met een middelgrote kans op effecten (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Er is geen primaire waterkering in de omgeving aanwezig. Tabel 5.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is, dit komt neer op een totaal van circa 10 ha voor robuust minimum, en circa 60 ha voor het maximum. De beschikbare ruimte binnen de Barro-locatie en het havengebied lijkt op dit moment voldoende om aan de ruimtevraag te voldoen vanwege de grote omvang van het havengebied. Echter bij het maximale ruimtebeslag is deze ruimte niet zondermeer beschikbaar, dit betekent een middelgrote kans op effecten. Aan de westzijde van de locatie is NNN-gebied aanwezig. De kans op effecten hierop is klein (geen externe werking<sup>3</sup>). Voor de totale netwerklaag is het robuuste minimum beoordeeld met een kleine kans op effecten (lichtblauwe aanduiding). Voor de totale netwerklaag is het maximum ruimtebeslag beoordeeld met een middelgrote kans op effecten vanwege het grotere ruimtebeslag (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrond.** De bodem rondom het bestaande 380kV-station is beperkt zettingsgevoelig (0,1-0,3 meter). Er is geen overstromingsgevoeligheid. Ook is er geen Natura 2000-gebied aanwezig. Het beoogde ruimtebeslag van de energie-infrastructuur bij de Amsterdamse Hemwegcentrale varieert tussen de 10 en 60 ha en zal vooral op lokaal niveau een negatief effect op landschap hebben. Er lijkt voldoende ruimte in de (directe) omgeving van de bestaande centrale beschikbaar te zijn. Het huidige industriële havengebied kan benut worden voor deze energie-infrastructuurontwikkeling. Op lokaal niveau zal dit leiden tot een meer industriële uitstraling. Er is een kleine kans op landschappelijke effecten. Voor archeologie is de kans op effecten klein omdat er slechts één bekende waarde aanwezig is binnen de Barro-locatie en volgens het IKAW er verder geen archeologische verwachting is. De totale ondergrondlaag is voor het robuuste minimum en het maximum beoordeeld met een kleine kans op effecten (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 5.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten bij deze locatie zijn de risicocontouren en de vrij beschikbare ruimte. Op dit moment lijkt deze toereikend, maar dit is in dit industriële gebied niet vanzelfsprekend vanwege de vele andere mogelijke toekomstige ontwikkelingen in het havengebied. Indien er een procedure wordt opgestart voor de energie-infrastructuurontwikkelingen, zijn dit aandachtspunten die mede de haalbaarheid bepalen.

<sup>3</sup> Externe werking zijn effecten van een ingreep die optreden buiten (het invloedsgebied) van een Natura 2000-gebied tot binnen het Natura 2000-gebied reiken. Voor NNN-gebieden geldt dat externe werking geen onderdeel is van de bescherming van deze gebieden.

Tabel 5.2 - Beoordeling lagen Amsterdam Hemweg

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	2	2
Netwerk	1	2
Ondergrond	1	1

## 6 Robuuste ontwikkeling Beverwijk/Noordzeekanaalgebied

### 6.1 Omschrijving gebied en opgave

#### **Robuuste ontwikkeling Beverwijk/Noordzeekanaalgebied**

In de doorrekeningen die in deze studie gemaakt zijn en ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling is uitgegaan van omgeving Beverwijk als locatie waar de robuuste ontwikkelingen voor (converter) stations, batterijen en elektrolyzers plaatsvinden. Echter deze kunnen ook in het bredere gebied van het Noordzeekanaalgebied plaatsvinden, mede ingegeven vanuit het groter ruimtebeslag en het gebrek daaraan in de omgeving van Beverwijk en omdat andere locaties mogelijk meer wenselijk zijn. Het ruimtebeslag en de effecten zijn hieronder wel beoordeeld voor de omgeving van Beverwijk om daarmee een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft.

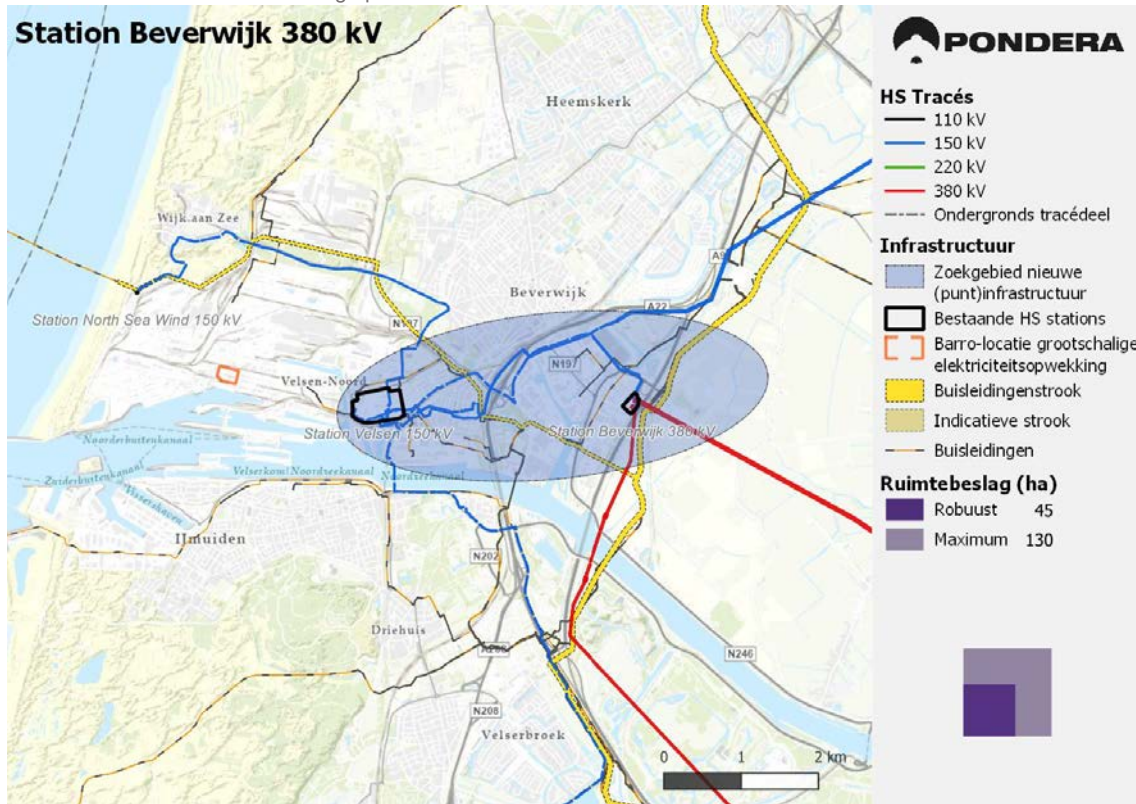
De omgeving van het bestaande 380kV-station Beverwijk is divers met direct aan de oostzijde de A9. Deze rijksweg vormt een scheiding in het landschap. Aan oostzijde ligt een open agrarisch gebied dat tevens NNN-gebied is met de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam. Westelijk ligt een stedelijk gebied met industrieterrein en meer noordwestelijk de woonkern van Beverwijk. Aan de zuidzijde ligt het Noordzeekanaal.

In Beverwijk/het Noordzeekanaalgebied gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 6.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 45 ha en maximum circa 130 ha.

Tabel 6.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Beverwijk/Noordzeekanaalgebied

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag
Stations (velden)	10	10
Converterstations	5	10
Batterijen	30	60
Elektrolyser	0	50

Figuur 6.1 - Omgeving 380kV-station Beverwijk/Noordzeekanaalgebied. De paarse vlakken in de legenda geven het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal weer



## 6.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Het bestaande 380kV-station ligt op een bedrijventerrein met winkels inclusief parkeervoorzieningen. Ook zijn hier enkele woonfuncties aanwezig. Aan de oostzijde van de rijksweg A9 liggen ook verspreide woningen. Er zijn enkele tientallen woningen aanwezig binnen een straal van 1 km rondom het bestaande 380kV-station. Op meer dan 1 km afstand ligt de woonkern van Beverwijk met een hoge dichtheid aan woningen. Ten oosten van de rijksweg A9 ligt landbouwgebied. Er zijn enkele installaties aanwezig op het bedrijventerrein, maar de risicocontouren zijn klein van omvang en zeer plaatselijk, waardoor de kans op effecten klein is. Echter bij het maximum ruimtebeslag heeft dit een middelgrote kans op effecten. Er zijn geen belangrijke recreatieve functies in de directe omgeving. De robuuste ontwikkelingen in de omgeving van 380kV-station Beverwijk zijn beoordeeld als een kleine kans op effecten voor de totale occupatielaag bij het robuuste ruimtebeslag (lichtblauwe aanduiding). Voor het maximum ruimtebeslag geldt dat er een middelgrote kans op effecten is voor externe veiligheid (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Er is geen primaire waterkering in de omgeving aanwezig. Tabel 6.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is in Beverwijk, dit komt neer op een totaal van ongeveer 45 ha voor het robuuste ruimtebeslag, voor het maximum gaat het om circa 130 ha. De beschikbare ruimte in de omgeving is zeer beperkt gezien de hoge dichtheid aan bebouwing aan de westzijde van de rijksweg A9 en NNN-gebied aan de oostzijde waar ook de Stelling van Amsterdam ligt. Dit ruimtebeslag in de omgeving van het 380kV-station in Beverwijk geeft een grote kans op effecten waarbij mitigatie lastig is.

Dit betekent dat voor de totale netwerklaag de beoordeling een grote kans op effecten is (donkerblauwe aanduiding) voor zowel robuust als maximum ruimtebeslag.

**Effecten ondergrond.** De bodem rondom het bestaande 380kV-station is beperkt zettingsgevoelig (0,1-0,3 meter), er is een kleine kans op effecten. Er is geen overstromingskans met een terugkeertijd van 100 jaar. Ook is er geen Natura 2000-gebied aanwezig in de omgeving. De gehele omgeving ligt in Werelderfgoed Stelling van Amsterdam, (indirecte) effecten op het bestaande bedrijventerrein zijn klein maar ruimtebeslag in het open gebied ten oosten van de A9 heeft grote effecten. Voor archeologie is de kans op effecten klein vanwege beperkt aanwezige bekende waarden in de directe omgeving en een lage archeologische verwachting volgens IKAW. Het beoogde ruimtebeslag van alle energie-infrastructuur bij Beverwijk varieert tussen 40 en 130 ha. Gelet op de huidige beschikbare ruimte betekent dit dat er nauwelijks ruimte is voor het minimum en in feite geen ruimte voor het maximum, tenzij er rigoureuze keuzes worden gemaakt, zoals verplaatsing van de energie-infrastructuurontwikkelingen naar elders en bijvoorbeeld gedeeltelijke herbestemming van overige industriële gebieden in de omgeving. Meervoudig ruimtegebruik lijkt, gelet op de aard en omvang van de onderdelen van de energie-infrastructuurontwikkelingen, geen optie. Het vervangen van bestaande bedrijvigheid, zoals de Bazaar met zijn parkeerterreinen, door de elementen die op deze plek deel uitmaken van de energiehoofdstructuur, lost het vraagstuk slechts ten dele op. Het mede benutten van het Aagtenpark zal op lokaal niveau tot een grote kans op landschappelijke effecten leiden. Bij het minimum ruimtebeslag is de kans op effecten groot. Voor het maximum ruimtebeslag lijkt een sprong oostwaarts over de A9 de enige optie. Het aan de oostzijde van de A9 benutten van de ruimte leidt echter tot een direct conflict met de Stelling van Amsterdam (de grens daarvan wordt overschreden, nabijheid van het Fort aan de Sint Aagtendijk). Hierbij is de kans op effecten dan ook groot.

De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is als groot beoordeeld voor het minimum en maximum ruimtebeslag vanwege landschap en cultuurhistorie (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 6.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten bij deze locatie zijn de beschikbare ruimte en de landschappelijke en cultuurhistorische waarden van de Stelling van Amsterdam. Binnen de huidige bebouwde omgeving is weinig ruimte beschikbaar. Ten oosten van de rijksweg A9 is er sprake van open ruimte, maar dit is gebied behorende bij de Stelling van Amsterdam. Deze aspecten zorgen ervoor dat de realisatie van deze ontwikkelingen (gedeeltelijk) niet haalbaar is en realisatie dus afhankelijk is van de ruimte die vrijgemaakt kan worden door herinrichting en herbestemming van functies.

Tabel 6.2 - Beoordeling lagen Beverwijk voor regelbare centrale, stations, batterijen en elektrolyzers

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	1	2
Netwerk	3	3
Ondergrond	3	3

## 7 Robuuste ontwikkeling Borssele/Sloegebied

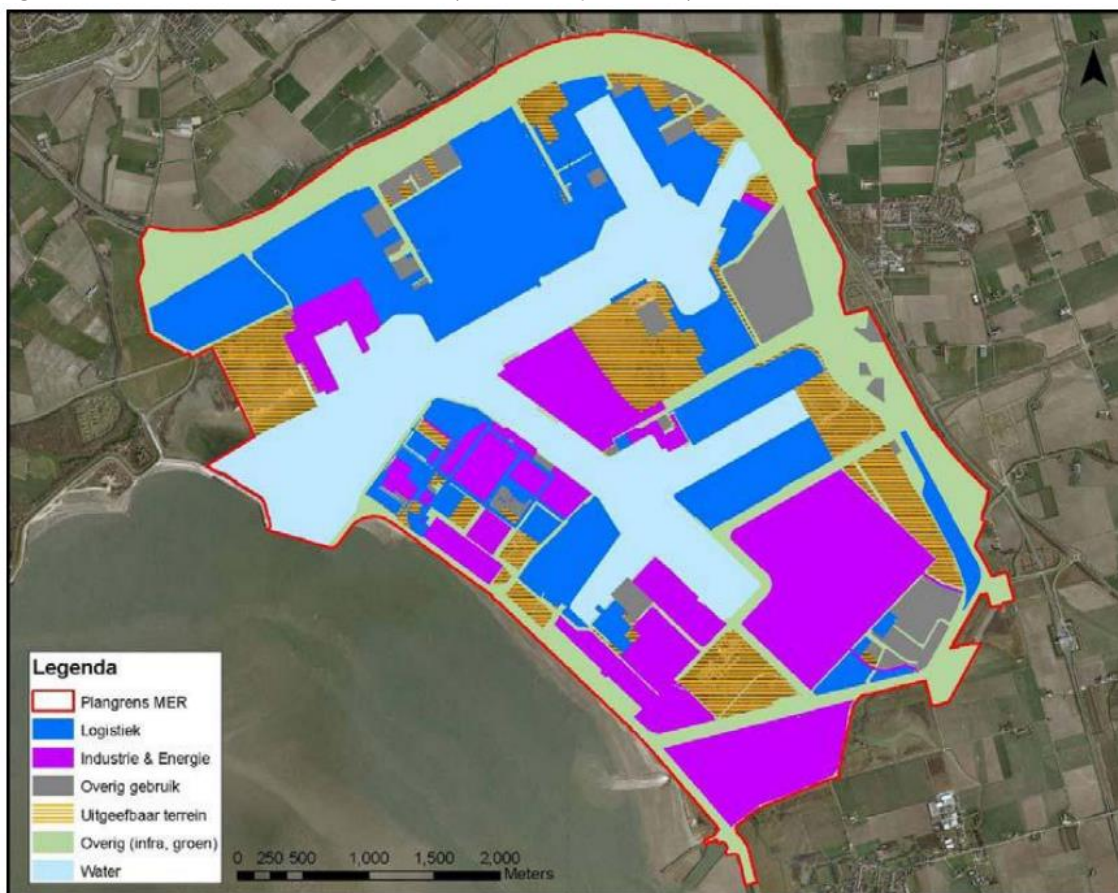
### 7.1 Omschrijving gebied en opgave

Het Sloegebied nabij de woonkern Borssele is aangewezen als een vestigingsplaats voor grootschalige elektriciteitsopwekking (Barro-locatie Borssele/Vlissingen). Het gebied zoals opgenomen in het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening is in Figuur 7.1 weergegeven. Het gebied kenmerkt zich door hanggebonden activiteiten, gericht op breakbulk & ro-ro, bulk, containers en industrie & energiefuncties (Zeeland Seaports, 2016). De energiefuncties worden ingevuld door onder andere de aanwezigheid van de kerncentrale en de Sloe centrale (gascentrale), en er wordt ruimte gegeven aan de aanlanding van windenergie op zee vanuit de windparken Borssele, IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1, en de aansluiting van de Zuid-West 380kV Oost (Borssele–Rilland) op een transformatorstation. Rondom het industriegebied zijn verschillende NNN-gebieden<sup>4</sup> aanwezig, met name aan de zuidoostzijde. Ten zuiden van het gebied ligt de woonkern Borssele, aan de oostzijde de woonkernen 's-Heerenhoek en Nieuwdorp.

De onderstaande figuur geeft de referentiesituatie uit 2016 weer, zoals die is opgenomen in het planMER voor het vigerende bestemmingsplan. De functies zijn nagenoeg ongewijzigd gebleven, de invulling en beschikbare ruimte zijn sinds dat jaartal wel veranderd. Het Net op zee Borssele is gerealiseerd en de kolencentrale is gesloopt. Er hebben zich enkele bedrijven gevestigd op uitgeefbaar terrein (destijds een totaal van 237 hectare). Ook zullen in de komende jaren de aanlandingen van windenergie op zee gerealiseerd worden. Net op zee IJmuiden Ver Alpha zal aanlanden op het meest zuidelijke uitgeefbaar terrein tussen de Europaweg, Belgiëweg Oost en de Italiëweg. Net op zee Nederwiek 1 zal aanlanden op uitgeefbaar terrein aan de zuidoostzijde aan de Liechtensteinweg. Er zijn ook plannen voor een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in het Sloegebied, maar de locatie daarvan wordt momenteel onderzocht in een plan-m.e.r. Het meest westelijk deel uitgeefbaar terrein is gedeeltelijk Natura 2000-gebied, aangewezen als vogel- en habitatrichtlijngebied.

<sup>4</sup> In Zeeland gaat het om NNZ: Natuurnetwerk Zeeland. Dit leidt niet tot een andere beoordeling.

Figuur 7.1 - Overzicht situatie Sloegebied 2016 (Zeeland Seaports, 2016)



Verder grenst de locatie aan met name agrarisch gebied en aan de zuidwestzijde ligt de Westerschelde.

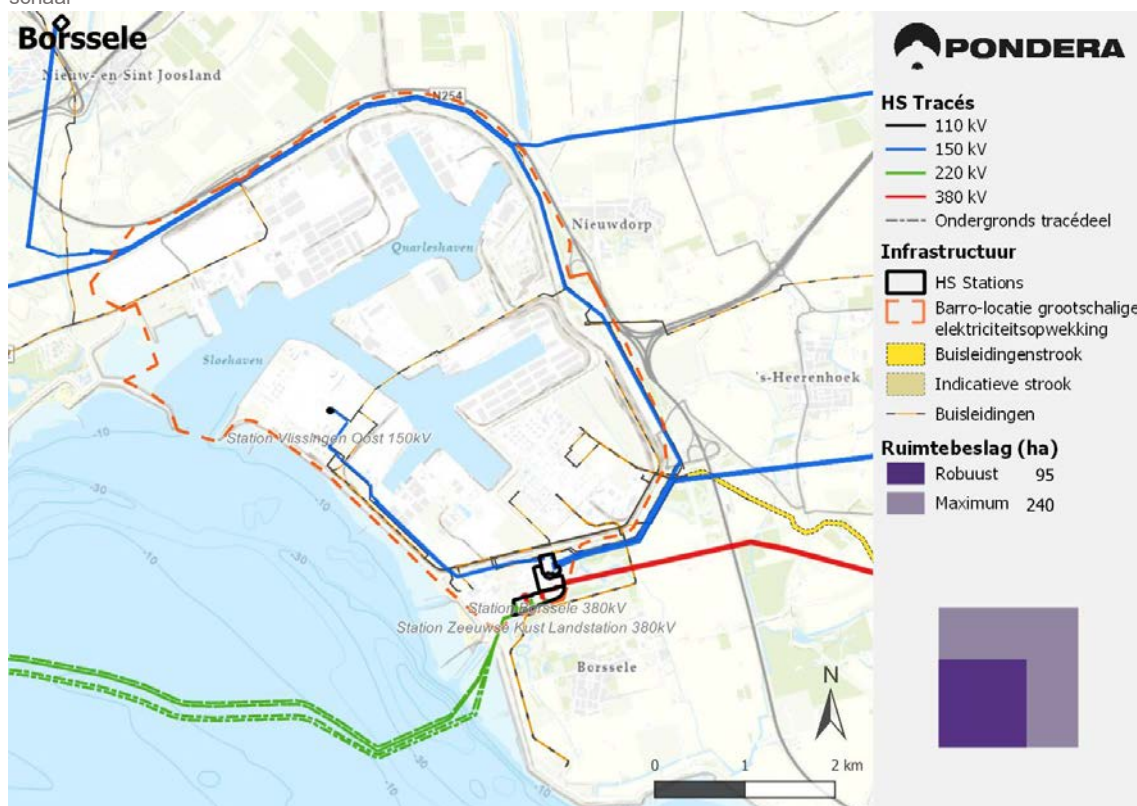
Bij Borssele/Sloegebied gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 7.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 95 ha en maximum circa 240 ha.

Tabel 7.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Borssele/Sloegebied

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Regelbare centrale	0	5
Stations (velden)	10	20
Batterijen	65	90
Elektrolyzers	20	55
Kernenergie	0	45
Converterstations	0	5
Importterminal	0	20



Figuur 7.2 - Barro-locatie Borssele/Vlissingen, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 7.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Binnen de Barro-locatie Borssele/Vlissingen liggen geen woningen, buiten de begrenzing zijn twee woonkernen aanwezig (Borssele en Nieuwdorp). In het industriële havengebied is geen landbouw aanwezig, rondom de Barro-locatie is het karakter wel agrarisch. Binnen de Barro-locatie is er een aantal risicocontouren aanwezig die een groot deel van het gebied beslaan. Er is hiermee een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid. Er zijn enkele recreatieve functies in de omgeving van het havengebied, maar de kans op effecten wordt verkleind door het al bestaande industriële karakter van de haven, er zullen hierop geen grote (extra) potentiële effecten zijn. Gezien de potentiële effecten voor externe veiligheid is de kans op effecten voor de totale occupatielaag beoordeeld als middelgroot voor zowel het robuuste als het maximale ruimtebeslag (aanduiding middelblauw).

**Effecten netwerklaag.** De primaire waterkering die het water van de Westerschelde keert ligt door de Barro-locatie heen. Door de grootte van het robuuste en maximum ruimtebeslag is het mogelijk dat de ontwikkelingen binnen de beschermingszone van de waterkering plaatsvinden. Hierdoor is er een middelgrote kans op effecten. Realisatie van alle onderdelen lijkt niet mogelijk binnen de grenzen van het industriegebied gezien de huidige invulling van de ruimte. Uit een studie (Arcadis, 2011) blijkt dat er voldoende koelwater beschikbaar lijkt voor de plaatsing van de elektrolyzers in het robuuste minimum. Tabel 7.1 geeft per onderdeel het ruimtebeslag weer dat benodigd is in Borssele/Sloegebied, dit komt neer op een totaal van ongeveer 95 ha voor het robuuste minimum en circa 240 ha voor het maximum. Voor zowel het robuuste minimum als het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte beschikbaar binnen de Barro-locatie, dit geeft een grote kans op effecten. Binnen de Barro-locatie is NNN-gebied

aanwezig in het westelijke deel, ook liggen enkele NNN-gebieden net buiten de grenzen van de locatie. Gezien de omvang van het robuuste minimum is er een kleine kans op effecten op deze gebieden. Voor het maximum ruimtebeslag is er een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld voor zowel het robuuste minimum als het maximum vanwege de beperkte ruimte op de Barro-locatie (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is enigszins zettingsgevoelig (variërend van 0,01-1 meter) rond het havengebied, dit betekent een middelgrote kans op effecten. Wat betreft overstromingsgevoeligheid is er een klein deel van het havengebied dat een waterdiepte tussen 0,5 en 2 meter heeft bij een terugkeertijd van 100 jaar. Dit is te mitigeren door relevante infrastructuur verhoogd aan te leggen of de ondergrond te verhogen. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Het Natura 2000-gebied Westerschelde en Saeftinghe ligt aangrenzend aan en voor een klein deel in het havengebied. Mogelijke effecten op Natura 2000-gebieden zijn hierdoor niet uit te sluiten, dit geeft een middelgrote kans op effecten. Effecten kunnen onder andere optreden vanwege de lozing van koelwater.

Het beoogde ruimtebeslag van de energie-infrastructuur ontwikkelingen bij Borssele/Sloegebied zal vooral op lokaal niveau een kans op effecten op landschap hebben, ervan uitgaande dat het huidige industriegebied niet hoeft te worden uitgebreid ten behoeve van deze ontwikkelingen. De energie-infrastructuur zal op lokaal niveau leiden tot een meer industriële uitstraling van het Sloegebied. De (negatieve) invloed op het waardevolle landschapselement tussen Fort Rammekens en Ritthem (Rammekenshoek) is naar verwachting beperkt en daarmee is kans op effecten op landschap klein. Er zijn geen cultuurhistorische objecten in het gebied. Aan de oostzijde van de Barro-locatie nabij de kruising van de N254 en N62 ligt vermoedelijk het verdrinken dorp Tewijk en bevat mogelijk interessante archeologische waarden. Ook is er aan de zuidkant van het havengebied een middelhoge kans op archeologische waarden vanuit het IKAW. Dit is een middelgrote kans op effecten voor het robuuste ruimtebeslag, maar een grote kans op effecten voor het maximum ruimtebeslag omdat de kans groter is op archeologische verstering in de omgeving. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als middelgroot beoordeeld voor zowel het robuuste ruimtebeslag vanwege zettingsgevoeligheid, overstromingsgevoeligheid, Natura 2000 en archeologie (middelblauwe aanduiding). Voor het maximum ruimtebeslag is vanwege archeologie de kans op effecten voor de totale ondergrondlaag groot (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 7.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond voor het realiseren van het robuuste minimum en het maximum dat voorzien is voor de Barro-locatie Borssele/Vlissingen. De grootste aandachtspunten zijn hier de aanwezige risicobronnen en het mogelijk toegevoegde risico door de plaatsing van de voorziene onderdelen. Ook de mogelijk effecten op Natura 2000-gebieden behoeven aandacht bij realisatie van de voorziene onderdelen van de energie-infrastructuur. Door ontwikkelingen tussen nu en 2030 (aanlandingen windenergie op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1, alsook het nieuwe 380kV-station) is er mogelijk sprake van beperkte ruimte voor inpassing van aanvullend ruimtebeslag na 2030. Voor zowel het robuuste als het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte binnen de Barro-locatie beschikbaar.

Tabel 7.2 - Beoordeling lagen Borssele/Sloegebied voor regelbare centrale, stations, batterijen en elektrolyzers

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	2	2
Netwerk	3	3
Ondergrond	2	3

## 8 Robuuste ontwikkeling Delfzijl/Weiwerd

### 8.1 Omschrijving gebied en opgave

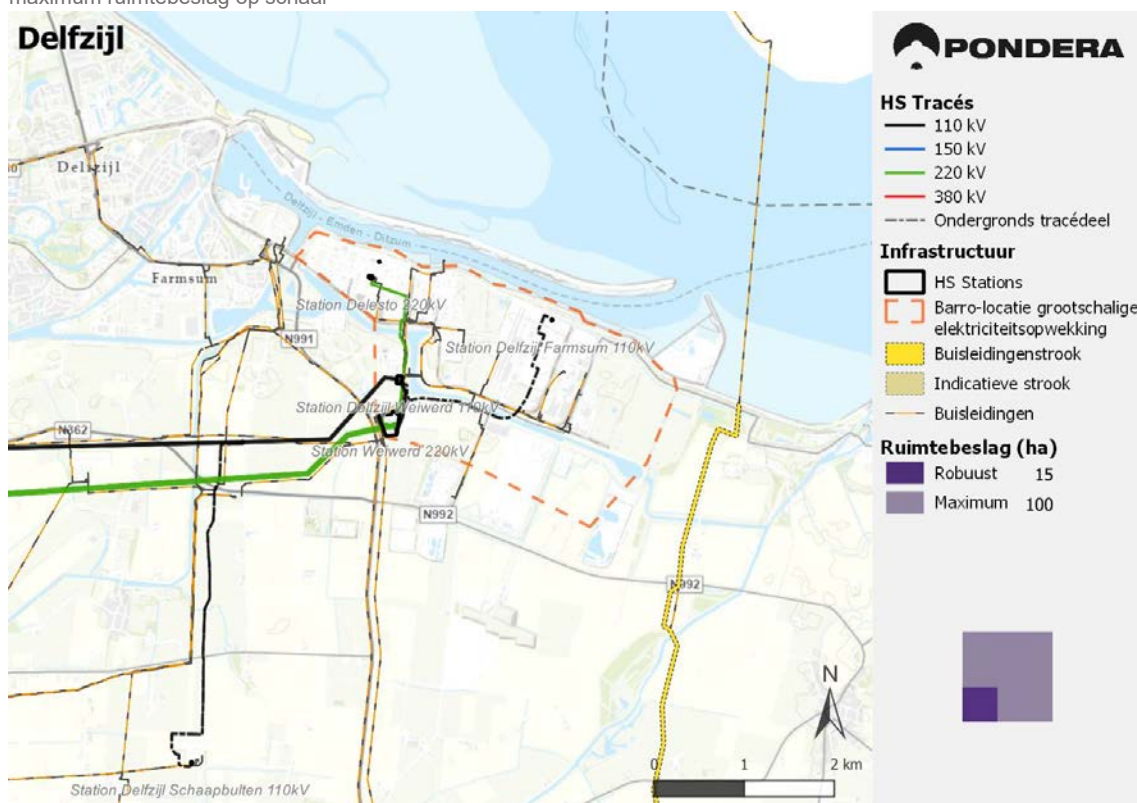
Het 220kV-station Weiwerd ligt op de Barro-locatie Delfzijl waar industriële en havenactiviteiten plaatsvinden. Het water van de Oosterhornhaven loopt door de locatie heen. Er zijn verschillende grote percelen binnen de Barro-locatie die op dit moment niet bebouwd zijn. Aan de noordzijde ligt de Eems (ook Natura 2000-gebied), ten oosten en zuiden ligt agrarisch grondgebied met verspreid bedrijfslocaties aanwezig en de gehuchten Borgsweer, Lalleweer en Geefswear. Ten westen ligt de woonkern van Farmsum en Delfzijl.

Bij Delfzijl/Weiwerd gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 8.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 15 ha en maximum circa 100 ha.

Tabel 8.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Delfzijl/Weiwerd

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Regelbare centrale	0	5
Station	10	10
Batterijen	5	20
Elektrolyser	0	65

Figuur 8.1 - Omgeving 220kV-station Weiwerd en Barro-locatie Delfzijl, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 8.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Op de Barro-locatie zijn geen woningen aanwezig. Buiten de begrenzing van dit gebied liggen enkele verspreid liggende woningen (Geefsweer en Weiwerd). Ook grenst het gebied aan de woonkern Farmsum. De grens met deze woonkern is het Eemskanaal. De Barro-locatie bestaat een deel uit industrie en een deel is onbebouwd terrein. Aan de zuidkant van de Barro-locatie zijn enkele landbouwpercelen aanwezig. In het oosten, zuiden en zuidwesten buiten deze locatie is agrarisch gebied aanwezig. Het westelijke deel van de Barro-locatie overlapt met risicocontouren van risicobronnen van bestaande industrie. Hier is een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid, echter naar verwachting is dit vanwege de aanwezige ruimte goed te mitigeren. Dit komt neer op een kleine kans op effecten voor externe veiligheid. Op meer dan 1 km zijn een camping, schietbaan en motorcrossbaan aanwezig. Door de afstand en de reeds aanwezige industrie lijkt de kans op (extra) effecten op deze functies gering. De kans op effecten op de totale occupatielaag is als klein beoordeeld voor zowel het robuuste als maximum ruimtebeslag (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De noordelijke rand van de Barro-locatie loopt ongeveer parallel met de primaire waterkering, verder zijn er verschillende buisleidingen, spoorwegen en waterwegen aanwezig. Tabel 8.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is bij Weiwerd, dit komt neer op een robuust minimum totaal van circa 15 ha en een maximum van circa 100 ha. Er lijkt op dit moment voldoende ruimte beschikbaar om de robuuste ontwikkelingen te realiseren. Ook voor het maximale ruimtebeslag lijkt ruimte beschikbaar. De Eems vormt het enige NNN-gebied in de nabijheid, maar hier is geen ruimtebeslag door de energie-infrastructuurontwikkelingen. De kans op effecten op de totale netwerklaag is beoordeeld als klein (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrond.** De bodem in het industriegebied is gedeeltelijk zettingsgevoelig (0,1-1,0 meter), dit is een middelgrote kans op effecten. Afhankelijk van te nemen maatregelen kan dit een kleine kans op effecten worden. Er is een overstromingskans voor ongeveer de helft van de Barro-locatie (circa tussen 0,5-1,5 meter) met een terugkeertijd van 100 jaar. Door middel van verhoging van de ondergrond is het mogelijk om de kans op effecten ten aanzien van zetting en overstromingsrisico te mitigeren. De Eems is aangewezen als Natura 2000-gebied, dit valt buiten de Barro-locatie. Het beoogde ruimtebeslag van de energie-infrastructuur bij industriegebied Oosterhorn varieert tussen de 15 en 100 ha en zal vooral op lokaal niveau een negatief effect op landschap hebben. Er lijkt binnen het bestaande industriegebied nog voldoende vrije ruimte beschikbaar te zijn, waardoor het huidige industriële gebied kan worden benut voor de realisatie van de energie-infrastructuurontwikkelingen. Op lokaal niveau zal dit leiden tot een meer industriële uitstraling. Het negatieve effect op landschap is naar verwachting goed te mitigeren waarmee de kans op effecten klein is. Op een deel van de Barro-locatie zijn bekende archeologische waarden aanwezig (Heveskes), op deze locatie geeft ook de IKAW een hoge trefkans op archeologische waarden. Zolang deze waarden niet worden verwijderd en de locaties worden gevrijwaard, is de kans op effecten klein. Binnen de andere delen van de locatie worden geen archeologische waarden verwacht. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is als middelgroot beoordeeld voor het robuuste minimum en maximum ruimtebeslag vanwege zettingsgevoeligheid (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 8.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunt is de beschikbare ruimte om de onderdelen voor energie-infrastructuurontwikkelingen te realiseren. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 8.2 - Beoordeling lagen Delfzijl/Weiwerd voor regelbare centrales, stations en batterijen

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	1	1
Netwerk	1	1
Ondergrond	2	2

## 9 Robuuste ontwikkeling Den Helder

### 9.1 Omschrijving gebied en opgave

#### **Puntinfrastructuur Kop van Noord-Holland**

Op dit moment is er nog geen 380kV-infrastructuur noordelijker dan Beverwijk in Noord-Holland, maar deze is wel gepland in het IP2022 en meegenomen als gerealiseerd in de berekeningen van het netmodel die zijn uitgevoerd in het kader van de IEA. Waar de verbinding tussen het noorden en het zuiden van Noord-Holland komt en welke 380kV-stations hierbij horen is nog niet bekend en is onderwerp van lopende studies door TenneT. In de berekeningen voor deze IEA is uitgegaan van omgeving Middenmeer als aansluitlocatie voor windenergie op zee. In de praktijk kan de aanlanding ook in de omgeving van Den Helder plaatsvinden. Daarom is in dit hoofdstuk het gemodelleerde ruimtebeslag voor Middenmeer (zie hoofdstuk 13) geprojecteerd op en beoordeeld voor Den Helder. Een combinatie van ruimtebeslag tussen de locaties is uiteindelijk ook mogelijk, maar hier zijn de uitersten weergegeven. Op andere plaatsen in deze IEA wordt vaak gesproken van Middenmeer/Den Helder. Zie ook hoofdstuk 32 over verbindingen in de Kop van Noord-Holland.

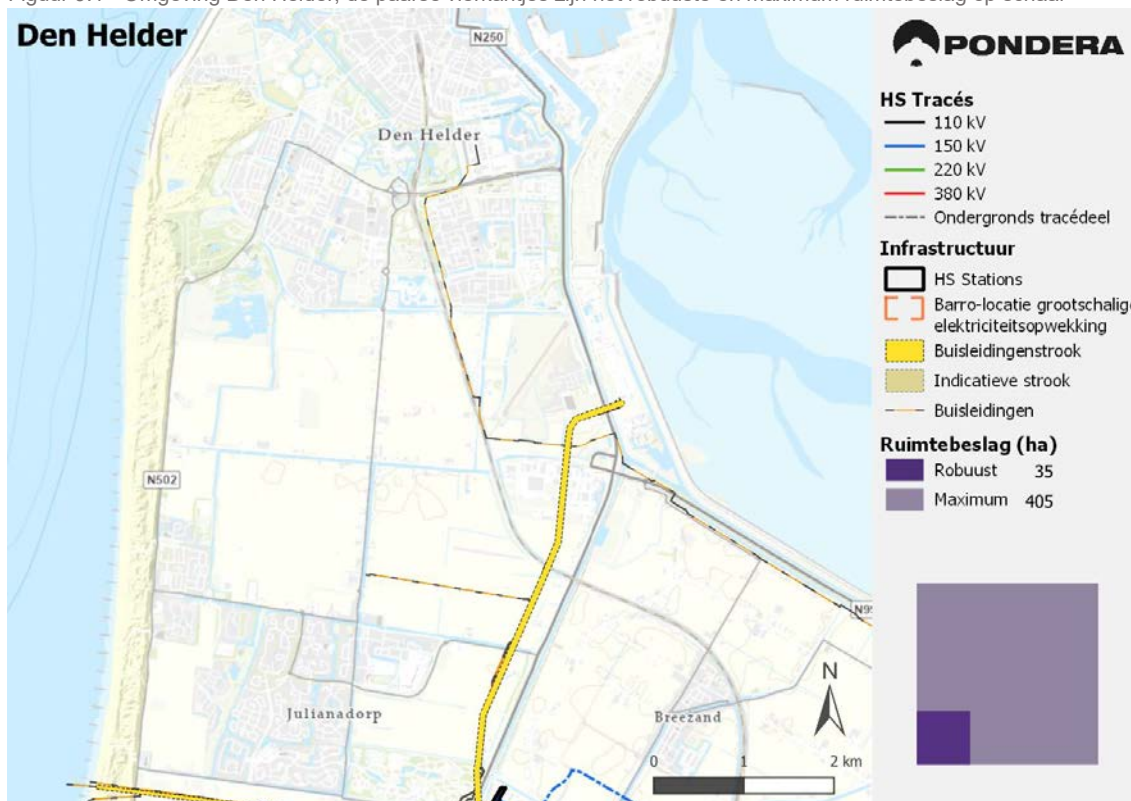
Ten zuidoosten van Den Helder ligt Airport De Kooy, industrieterrein Oostoever en bedrijventerrein Kooypunt. Wat betreft energie-infrastructuur van nationaal belang ligt hier een buisleidingenstrook. Circa 3 km zuidelijker van dit gebied ligt een 150kV-hoogspanningsstation. In dit hoofdstuk wordt voor nieuwe energie-infrastructuur naar het gebied rondom de luchthaven en industrie/bedrijventerrein gekeken. Deze omgeving bestaat hoofdzakelijk uit bollenvelden met verspreide woningen.

Bij Den Helder gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 9.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 35 ha en maximum circa 405 ha.

Tabel 9.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Den Helder

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
<b>Stations</b>	10	40
<b>Converterstations</b>	5	40
<b>Batterijen</b>	20	180
<b>Elektrolyser</b>	0	145

Figuur 9.1 - Omgeving Den Helder, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 9.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Het gebied ligt nabij de woonkernen Den Helder, Julianadorp en Breezand. De kans op effecten is klein. Wel zijn er verspreide huizen aanwezig rondom de luchthaven en het bedrijventerrein. De kans op effecten hierop is middelgroot. Het gebied heeft een sterk agrarisch karakter (met name bollenteelt), nieuwe ontwikkelingen zullen waarschijnlijk ten koste gaan van deze landbouwgrond. Voor het robuuste ruimtebeslag is de kans op effecten klein, voor het maximum is er sprake van een grote kans op effecten. Er is direct ten westen van de luchthaven een risicocontour aanwezig van een explosievenopslag. Dit heeft een middelgrote kans op effecten. Er zijn enkele campings in de omgeving, bij het robuuste ruimtebeslag is hier een kleine kans op effecten, bij het maximum ruimtebeslag is er een grote kans op effecten op recreatiegebieden. Er is voor de totale occupatielaag een middelgrote kans op effecten voor het robuuste ruimtebeslag (lichtblauwe aanduiding) vanwege de verspreid aanwezige woningen en een grote kans op effecten bij het maximum door de invloed op landbouw en recreatie (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Ten westen van de luchthaven ligt een spoorweg in zuidoostelijke richting en over het bedrijventerrein richting Oostoever ligt een buisleidingenstrook. De werking van deze infrastructuur wordt niet beïnvloed. Er is een primaire waterkering aan de rand van de Waddenzee, de waterkerende functie wordt niet beïnvloed. Tabel 9.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is in Den Helder. Voor het robuuste minimum gaat het om circa 35 ha, voor het maximum ruimtebeslag gaat het om circa 405 ha. Deze robuuste ruimte lijkt beschikbaar bij het gebruiken van landbouwgrond, dit heeft een kleine kans op effecten voor het robuuste minimum maar een grote kans op effecten voor het maximum ruimtebeslag omdat het om een zeer groot ruimtebeslag gaat. Er is geen NNN-gebied in de directe

nabijheid. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als klein beoordeeld voor het robuuste ruimtebeslag (lichtblauwe aanduiding). Vanwege de grote ruimtevraag in het maximum is de kans op effecten binnen de netwerklaag groot (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrond.** De bodem rondom het bestaande 150kV-station is beperkt zettingsgevoelig (0,1-0,3 meter). Dit geeft een kleine kans op effecten. De omgeving is niet overstromingsgevoelig. De Waddenzee is als Natura 2000-gebied in de nabijheid, maar de kans op effecten is klein. Ter plekke van de explosievenopslag genoemd onder occupatie zijn ook aardkundige waarden aanwezig. Door de ligging bij de opslaglocatie wordt dit vermeden en is de kans op effecten klein. Er zijn geen bekende archeologische waarden aanwezig en ook een lage trefkans volgens IKAW. Landschappelijk gezien is het een weinig kwetsbaar gebied. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding) voor zowel het robuust minimum als het maximum.

### Samenvatting

In Tabel 13.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten bij het maximum zijn de beschikbare ruimte om de onderdelen te realiseren en daarmee samenhangend het effect op landbouw en recreatie. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, zijn deze aandachtspunten mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 9.2 - Beoordeling lagen Den Helder voor stations, batterijen en elektrolyzers

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	1	3
Netwerk	1	3
Ondergrond	1	1



## 10 Robuuste ontwikkeling Eemshaven

### 10.1 Omschrijving gebied en opgave

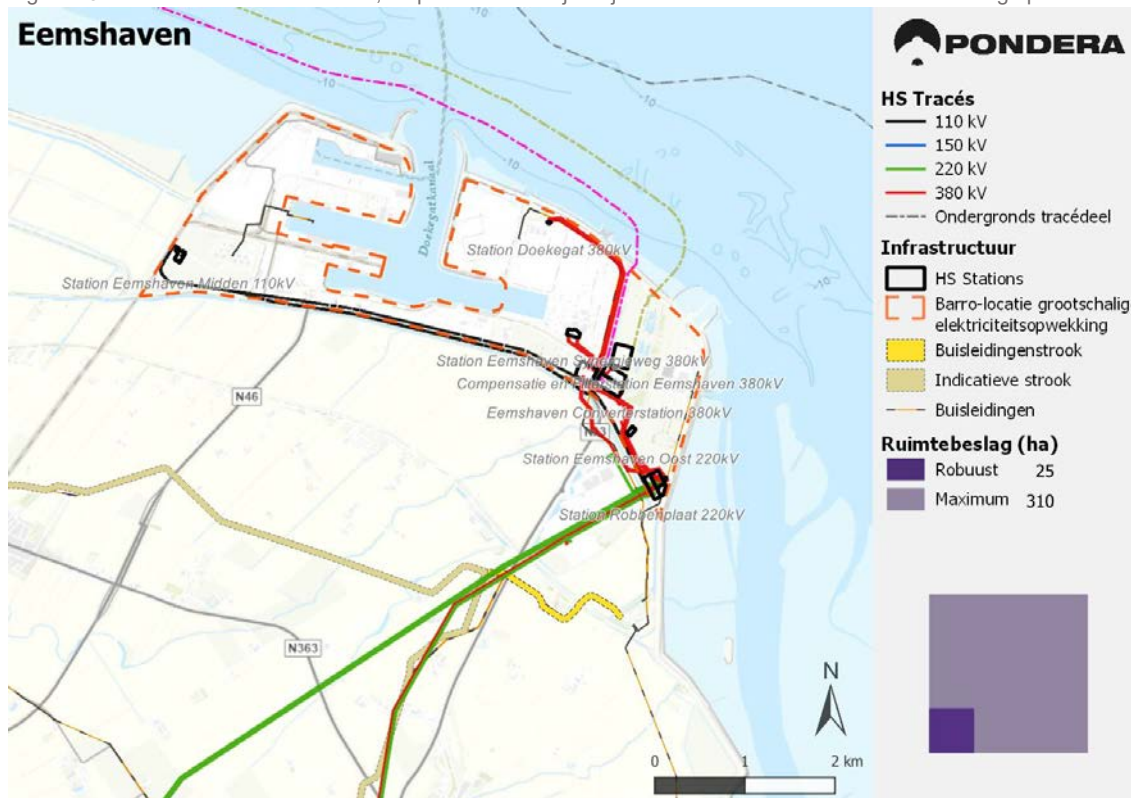
De Eemshaven is een havengebied met een industrieel karakter in het noorden van Groningen. Er vindt opwekking van energie plaats en er is veel elektrische infrastructuur aanwezig in het gebied. Het gebied is tevens aangewezen als Barro-locatie. Er zijn geen woonkernen in de omgeving van het gebied, wel zijn er enkele verspreide woningen aanwezig binnen 1 km van de grens van de Barro-locatie. Aan de zuidzijde grenst agrarisch gebied aan de locatie, ten noorden ligt de Waddenzee (tevens Natura 2000-gebied, zowel Vogel- als Habitatrichtlijn) en ten oosten ligt de Eems (tevens onderdeel van Natura 2000-gebied Waddenzee).

Bij Eemshaven gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 10.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 25 ha en maximum circa 310 ha.

Tabel 10.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Eemshaven

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Regelbare centrale	5	25
Stations (velden)	10	30
Converterstation	5	20
Batterijen	5	125
Elektrolyser	0	90
Importterminal	0	20

Figuur 10.1 - Barro-locatie Eemshaven, de parse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 10.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag** Binnen de Barro-locatie liggen geen woningen, binnen 1 km van de Barro-locatie is een tiental huizen aanwezig. Binnen het industriële havengebied liggen enkele landbouwpercelen, rondom de Barro-locatie is het karakter hoofdzakelijk agrarisch. Binnen de Barro-locatie zijn er enkele risicocontouren aanwezig die een klein deel van het gebied beslaan. Binnen het terrein is uiteraard veelal industrie aanwezig met daarnaast ook braakliggende terreinen. Enkele hiervan zijn reeds uitgegeven voor nieuwe industrie functies. Er zijn geen belangrijke recreatieve functies in de omgeving van het havengebied. De kans op effecten op de totale occupatielaag is als klein beoordeeld (aanduiding lichtblauw).

**Effecten netwerklaag** De primaire waterkering die het water van de Waddenzee keert, ligt door de Barro-locatie heen. Voor de invulling van het robuuste ruimtebeslag is er voldoende ruimte om de benodigde afstanden aan te kunnen houden, waardoor de kans op effecten op waterkeringen klein is. Het is onbekend of er voldoende koelwater beschikbaar is, echter dit is niet aannemelijk omdat het koelwater voor het datacenter van Google vanuit het Eemskanaal wordt aangevoerd. Dit vormt een aandachtspunt. Tabel 10.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is in de Eemshaven, dit komt neer op een totaal van ongeveer 25 ha robuust ruimtebeslag. Op dit moment lijkt deze ruimte beschikbaar binnen de grenzen van de Barro-locatie. In het gebied zijn aanlandingen voorzien van windenergie op zee. Met het Programma Aansluiting Windenergie op zee (PAWOZ) worden de aanlandingen van de windenergiegebieden Doordewind en Ten Noorden van de Waddeneilanden onderzocht, die allen zullen aansluiten op het elektriciteitsnet bij de Eemshaven. Het ruimtebeslag hiervan is geen onderdeel van de in het PEH voorziene (robuuste) ruimtebeslag. Deze bestaande en toekomstige energie-infrastructuur resulteert in dat er al een deel van de ruimte al wordt ingevuld. De kans op effecten op bestaande infrastructuur wordt beoordeeld als middelgroot. Voor het maximale ruimtebeslag van 310 ha is de ruimte binnen de Barro-locatie naar verwachting niet voldoende, omdat hierdoor andere (havengebonden)industrie functies niet meer geplaatst kunnen worden binnen de grenzen van de Barro-locatie. De kans op effecten door het maximale ruimtebeslag wordt kleiner indien ook buiten de Barro-locatie wordt gekeken. De voorgenomen plannen ten aanzien van de Oostpolder kunnen ruimte bieden voor onderdelen van het energiesysteem.

Binnen de Barro-locatie is geen NNN-gebied aanwezig, de Waddenzee als NNN-gebied grenst wel aan het gebied. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als klein beoordeeld voor het robuuste ruimtebeslag (lichtblauwe aanduiding). Voor het maximum ruimtebeslag is het beoordeeld als een middelgrote kans op effecten vanwege de ruimtedruk en is mogelijk ruimte buiten de Barro-locatie nodig (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag** De bodem van het havengebied heeft voldoende draagkracht voor de plaatsing van regelbare centrale, stations, batterijen en elektrolyzers. De beschikbaarheid van koelwater in de omgeving is onbekend. Wat betreft overstromingsgevoeligheid is er een klein deel van het havengebied aan de westzijde dat een waterdiepte tussen 0,5 en 5 meter heeft bij een terugkeertijd van 100 jaar. Dit is te mitigeren door relevante infrastructuur verhoogd aan te leggen of de ondergrond te verhogen op deze specifieke plekken. Het Natura 2000-gebied Waddenzee grenst aan het havengebied. Mogelijke effecten zijn niet uit te sluiten door de lozing van koelwater van regelbare centrale of elektrolyzers. Naast Natura 2000-gebied is de Waddenzee ook gedeeltelijk werelderfgoed dat ook direct grenst aan het havengebied. Het beoogde ruimtebeslag voor de energie-infrastructuur bij Eemshaven dat varieert tussen de 20 en 250 ha zal vooral op lokaal niveau een (negatief) effect op landschap hebben. Hierbij is ervan uitgegaan dat het huidige industriegebied niet hoeft te worden uitgebreid voor deze energie-infrastructuur. Op lokaal

niveau zal de energie-infrastructuur leiden tot een meer industriële uitstraling van het Eemshavengebied. De kans op (negatieve) effecten op de waardevolle kuststrook ten noorden van de Emmapolder is klein. Er zijn geen cultuurhistorische objecten en bekende archeologische waarden in de omgeving. Ook is de archeologische verwachting laag volgens het IKAW. De kans op effecten is beoordeeld als klein voor de totale ondergrondlaag voor zowel robuust en het maximum ruimtebeslag (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 10.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Er lijken geen grote aandachtspunten aanwezig te zijn voor het robuuste ruimtebeslag. Voor het maximum is de omvang van het ruimtebeslag een aandachtspunt omdat dit ten koste kan gaan van ruimte beschikbaar voor andere industriële functies.

Tabel 10.2 - Beoordeling lagen Eemshaven voor regelbare centrale, stations en batterijen

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	1	1
Netwerk	1	2
Ondergrond	1	1

## 10.3 Eemshaven Oudeschip–Eemshaven

Bij structuurkeuze 2 optie 2 (gespreide aanlanding windenergie op zee) is de verbinding Eemshaven Oudeschip–Eemshaven een knelpunt (zie Bijlage XIb). Deze hoogspanningsstations liggen zeer kort bij elkaar (circa 1,5 km) en binnen de Barro-locatie Eemshaven. Om deze reden is hieronder een zeer beperkte beoordeling opgenomen, er zijn geen tracéopties bepaald. Een extra circuit is ook opgenomen in IP2022 van TenneT en komt overeen met deze ontwikkeling.

Wat betreft de occupatielaag bestaat het gebied tussen de twee hoogspanningsstations uit agrarisch gebied en industrie binnen de aangewezen Barro-locatie. Er zijn windturbines aanwezig die beperkingen kunnen vormen in de beschikbare ruimte. Binnen de netwerklaag kunnen de bestaande bovengrondse verbindingen beperkingen opleveren voor een nieuw te realiseren tracéoptie vanwege de ruimte die in combinatie met bestaande windturbines wordt ingenomen. Voor de ondergrondlaag zijn er geen aandachtspunten te verwachten. De beschikbare ruimte voor een nieuwe tracéoptie in combinatie met de huidige verbindingen en windturbines is een aandachtspunt voor deze verbinding. De verwachting is dat er voldoende mogelijkheden zijn voor een nieuw tracé.

## 11 Robuuste ontwikkeling Eindhoven

### 11.1 Omschrijving gebied en opgave

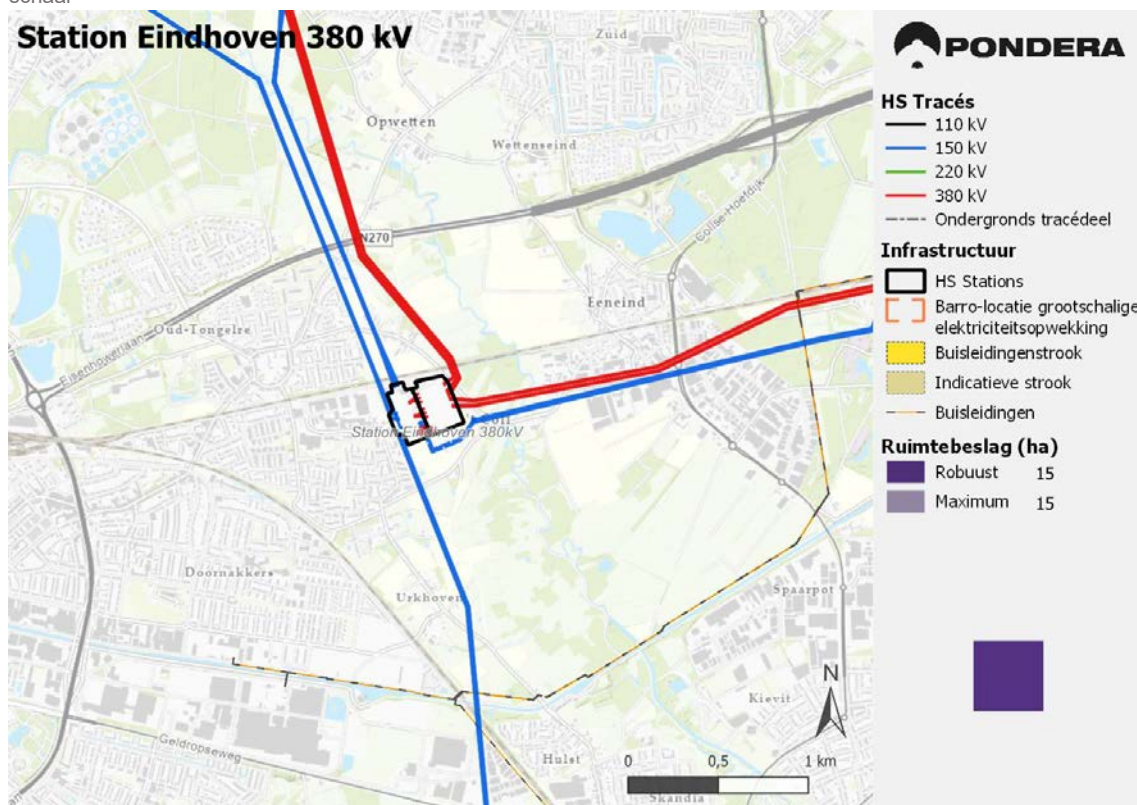
De omgeving van 380kV-station Eindhoven is divers met direct aan de oostzijde een NNN-gebied waar de Kleine Dommel doorheen stroomt, direct ten noorden een spoorweg en ten westen een bedrijventerrein dat overgaat in woonwijken van Eindhoven. Ten zuiden ligt een strook agrarisch gebied dat stedelijk gebied en NNN-gebied van elkaar scheidt. Er ligt ook een 150kV-station naast het 380kV-station.

Bij Eindhoven gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 11.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van circa 15 ha voor zowel het (robuust) minimum als het maximum.

Tabel 11.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Eindhoven

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Stations	10	10
Batterijen	5	5

Figuur 11.1 - Omgeving 380kV-station Eindhoven, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



### 11.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Het bestaande 380kV-station ligt tussen een bedrijventerrein en NNN-gebied met verspreide woningen in de directe omgeving. Plaatsing van de batterijen en het nieuwe 380kV-station geeft een grote kans op effecten door geluid op woningen. Er zijn geen risicocontouren aanwezig binnen

het zoekgebied. Als recreatiefunctie zijn er volkstuinten aanwezig nabij de N270. De beschikbare ruimte voor ontwikkeling van energie-infrastructuur is met name geconcentreerd bij landbouwgrond. De beoordeling voor de totale occupatieplaag is een grote kans op effecten (donkerblauwe aanduiding), voornamelijk vanwege aanwezige woningen in de directe omgeving.

**Effecten netwerklaag.** Nabij het 380kV-station is er een spoorweg (Eindhoven–Helmond), ten noorden is de N270 die verder oostelijk overgaat in de rijksweg A270. Er is een aantal bestaande hoogspanningsverbindingen die vanuit het noorden, oosten en westen bovengronds aanlanden op de bestaande hoogspanningsstations. Dit beperkt de beschikbare ruimte voor de realisatie van een nieuw 380kV-station en batterijen. Er is geen primaire waterkering in de omgeving aanwezig. Tabel 11.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is in Eindhoven, dit komt neer op een totaal van circa 15 ha. Ten oosten van het 380kV-station is een noord-zuid strook van NNN-gebied. Ruimte lijkt vooral beschikbaar ten oosten van deze NNN-strook tegen Eeneind aan. Vanwege de beperkt beschikbare ruimte is de kans op effecten op de totale netwerklaag als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrond.** De bodem rondom het bestaande 380kV-station is niet zettingsgevoelig. Er is geen overstromingskans met een terugkeertijd van 100 jaar. Ook is er geen Natura 2000-gebied aanwezig in de omgeving. Het beoogde ruimtebeslag van de energie-infrastructuur in de nabijheid van industriegebied Herzenbroeken beslaat zo'n 15 ha en zal op lokaal niveau een negatief effect op landschap hebben. Binnen de driehoek Collseweg, Molendijk–Loostraat en bestaande hoogspanningsverbinding (van noord naar zuid) lijkt er voor deze energie-infrastructuur maar beperkt ruimte te zijn. Verplaatsing naar het oosten betekent een directe aantasting van het samenhangende stroomgebied van de Kleine Dommel. De kans op effecten op landschap is middelgroot. Het gebied rondom de Kleine Dommel is ook als aardkundige waarde aangewezen. Er zijn geen bekende archeologische waarden aanwezig. Wel is er een hoge trefkans op archeologische waarden in de directe omgeving van het 380kV-station. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als middelgroot beoordeeld vanwege de landschappelijke effecten op het stroomgebied van de Kleine Dommel (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 11.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten zijn de beschikbare ruimte om de onderdelen te realiseren en de landschappelijke impact die dit op de omgeving heeft. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, zijn deze aandachtspunten mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 11.2 - Beoordeling lagen Eindhoven voor stations en batterijen

Laag	Duiding
Occupatie	3
Netwerk	2
Ondergrond	2

## 12 Robuuste ontwikkeling Graetheide/Chemelot

### 12.1 Omschrijving gebied en opgave

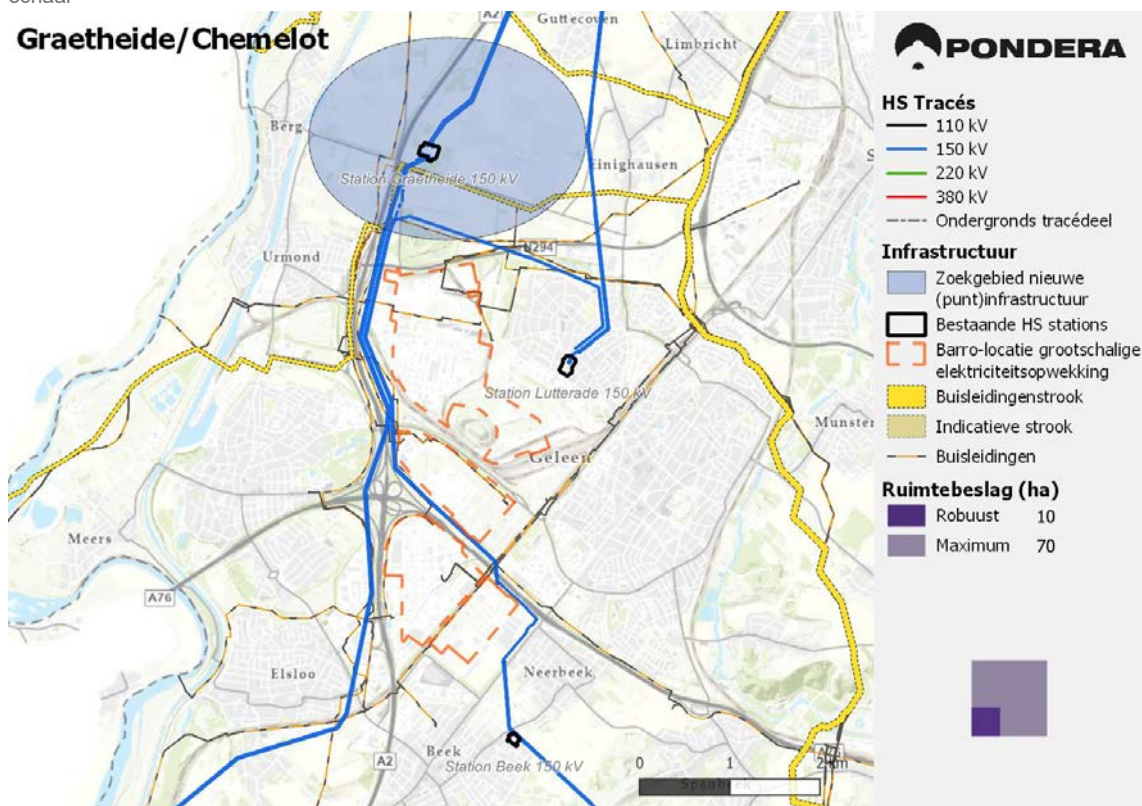
Op dit moment is er in Graetheide een 150kV-station aanwezig, in de nabije toekomst is hier ook een 380kV-station voorzien na 2031 (conform IP2022 TenneT). Dit 150kV-station ligt nabij het industriële complex Chemelot. Op dit complex ligt ook Barro-locatie Geleen. De Barro-locatie bestaat voornamelijk uit industriële bebouwing. De omgeving van het bestaande 150kV-station is agrarisch ingericht met aan de noordkant van de Barro-locatie NNN-gebied met vooral beheertypen met een lange ontwikkelingsduur. In de nabije omgeving liggen verschillende woonkernen: Geleen, Stein, Urmond, Neerbeek, Beek en Elsloo.

Bij Graetheide/Chemelot gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 12.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 10 ha en maximum circa 70 ha.

Tabel 12.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Graetheide/Chemelot

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Stations	10	10
Regelbare centrale	0	5
Elektrolyser	0	40
Batterijen	0	15

Figuur 12.1 - Omgeving Graetheide/Chemelot, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 12.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Er zijn geen woonkernen in de directe omgeving en de kans op effecten op de verspreide woningen is klein. Indien een nieuw 380kV-station nabij het bestaande 150kV-station wordt gerealiseerd, heeft dit overlap met landbouwareaal. De kans op effecten is groot, maar vanwege de beperkte oppervlakte zal de omvang van de effecten klein zijn. Binnen de Barro-locatie (en beperkt daarbuiten) is er sprake van risicocontouren van bestaande industriële activiteiten. Hierbij is er een kans op effecten op de regelbare centrale. Er zijn geen belangrijke recreatieve functies in de omgeving. De kans op effecten op de totale occupatielaag is voor het robuust minimum en maximum als middelgroot beoordeeld (aanduiding middelblauw) vanwege de effecten op landbouw en externe veiligheid.

**Effecten netwerklaag.** Er is geen primaire waterkering in de omgeving aanwezig. Tabel 12.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is in Graetheide, dit komt neer op een totaal van circa 10 ha voor het robuust minimum en circa 70 ha voor het maximum. De ruimte voor het minimum lijkt beschikbaar in de omgeving, zowel binnen als buiten de Barro-locatie. Bij het maximum kan dit ruimtebeslag binnen de Barro-locatie knellen met andere industriële ontwikkelingen. Er is voldoende ruimte om de NNN-gebieden in de omgeving te ontwijken om potentiële effecten (grotendeels) te voorkomen. De kans op effecten op totale netwerklaag is als klein beoordeeld voor het robuust minimum (lichtblauwe aanduiding). Voor het maximum ruimtebeslag is het mogelijk knellen van het ruimtebeslag met andere ontwikkelingen de reden voor het geven van een middelgrote kans op effecten (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrond.** De bodem rondom het bestaande 150kV-station is niet zettingsgevoelig, er is geen kans op effecten. Ook is er geen overstromingsrisico. Daarnaast is er geen Natura 2000-gebied aanwezig in de omgeving. Het beoogde ruimtebeslag van de energie-infrastructuur bij Graetheide/Chemelot varieert tussen de 10 en 65 ha en zal vooral op lokaal niveau een negatief effect op landschap hebben. Hierbij is aangenomen dat het huidige industriegebied bij Chemelot benut kan worden voor deze energie-infrastructuur. Op lokaal niveau zal dit leiden tot een vollere en meer industriële uitstraling van het Chemelot-terrein. De kans op negatieve effecten op landschap is klein en is naar verwachting goed te beperken. Er zijn enkele bekende archeologische waarden in de omgeving en volgens IKAW is er een middelhoge kans op het aantreffen van archeologische waarden. Deze waarden lijken goed ontweken te kunnen worden door de aanwezige ruimte, waardoor de kans op effecten klein is. De kans op effecten op totale ondergrondlaag is als klein beoordeeld voor het robuust minimum en maximum (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 12.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten bij deze locatie zijn het ruimtebeslag op landbouw en externe veiligheid op de Barro-locatie. Dit lijken goed te mitigeren aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, zijn dit aandachtspunten die mede de haalbaarheid bepalen.

Tabel 12.2 - Beoordeling lagen Graetheide/Chemelot voor regelbare centrale, stations en elektrolyzers

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	2	2
Netwerk	1	2
Ondergrond	1	1

## 13 Robuuste ontwikkeling Middenmeer

### 13.1 Omschrijving gebied en opgave

#### Puntinfrastructuur Kop van Noord-Holland

Op dit moment is er nog geen 380kV-infrastructuur noordelijker dan Beverwijk in Noord-Holland, maar deze is wel gepland in het IP2022 en meegenomen als gerealiseerd in de berekeningen van het netmodel die zijn uitgevoerd in het kader van de IEA. Waar de verbinding tussen het noorden en het zuiden van Noord-Holland komt en welke 380kV-stations hierbij horen is nog niet bekend en is onderwerp van lopende studies door TenneT. In de berekeningen voor deze IEA is uitgegaan van omgeving Middenmeer als aansluitlocatie voor windenergie op zee. In de praktijk kan de aanlanding ook in de omgeving van Den Helder plaatsvinden. Het ruimtebeslag van Middenmeer is daarom ook geprojecteerd en beoordeeld voor Den Helder in hoofdstuk 9. Een combinatie van ruimtebeslag tussen de locaties is uiteindelijk ook mogelijk, maar hier zijn de uitersten weergegeven. Op andere plaatsen in deze IEA wordt vaak gesproken van Middenmeer/Den Helder. Zie ook hoofdstuk 32 over verbindingen in de Kop van Noord-Holland.

De omgeving van Middenmeer bevat een 150kV-station en hier is ook een 380kV-station gepland door TenneT<sup>5</sup>. Het gebied is overwegend agrarisch met kassencomplexen, akkerland en bollenteelt. Verder liggen de rijksweg A7, een groot datacenter en verspreide woningen in de omgeving.

Bij Middenmeer gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 13.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 35 ha en maximum circa 405 ha.

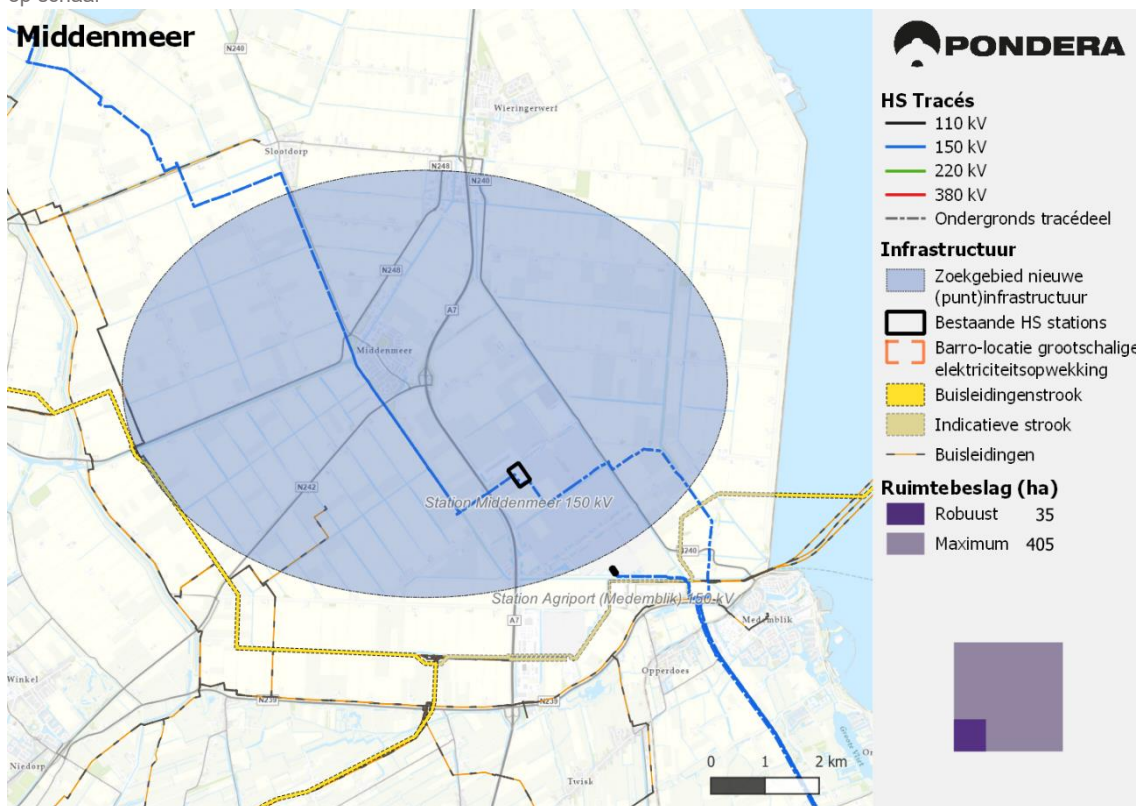
Tabel 13.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Middenmeer

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Stations	10	40
Converterstations	5	40
Batterijen	20	180
Elektrolyser	0	145

<sup>5</sup> Op dit moment heeft Middenmeer geen 380kV-station, maar de realisatie hiervan is wel opgenomen in IP2022. Voor deze effectbeoordeling wordt uitgegaan van een tweede extra 380kV-station.



Figuur 13.1 - Omgeving 150kV-station Middenmeer, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 13.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Het bestaande 150kV-station ligt niet in de buurt van woonkernen, de dichtstbijzijnde kern Middenmeer ligt op circa 3 km afstand. Er zijn enkele verspreide woningen aanwezig. Dit heeft een kleine kans op effecten. Het gebied heeft een sterk agrarisch karakter, nieuwe ontwikkelingen zullen waarschijnlijk ten koste gaan van deze landbouwgrond. Voor het robuuste ruimtebeslag is de kans op effecten klein, voor het maximum is er sprake van een middelgrote kans op effecten. Er zijn geen risicocontouren en recreatiegebieden aanwezig binnen het zoekgebied. De kans op effecten op de totale occupatielaag is voor het robuuste ruimtebeslag beoordeeld als een kleine kans op effecten (lichtblauwe aanduiding) en een middelgrote kans op effecten bij het maximum door het grote ruimtebeslag op landbouwgrond (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Nabij het 150kV-station is de rijksweg A7. Ook zijn er twee ondergrondse 150kV-verbindingen van en naar 150kV-station Middenmeer. De werking van deze infrastructuur wordt niet beïnvloed. Er is geen primaire waterkering in de omgeving aanwezig. Tabel 13.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is in Middenmeer. Voor het robuuste minimum gaat het om circa 35 ha, voor het maximum ruimtebeslag gaat het om circa 405 ha. Deze ruimte lijkt beschikbaar bij het gebruiken van landbouwgrond, dit heeft een kleine kans op effecten voor het robuuste minimum en een grote kans op effecten voor het maximum ruimtebeslag omdat het om een zeer groot ruimtebeslag gaat. Er is geen NNN-gebied in de nabijheid. De kans op effecten is als klein beoordeeld voor de totale netwerklaag voor het robuuste ruimtebeslag (lichtblauwe aanduiding). Vanwege de grote ruimtevraag in het maximum is de kans op effecten op de netwerklaag als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrond.** De bodem rondom het bestaande 150kV-station is beperkt zettingsgevoelig (0,01-0,3 meter). Dit geeft een kleine kans op effecten. De omgeving is gedeeltelijk overstromingsgevoelig voor een waterdiepte van circa 0,5 meter met een terugkeertijd van 100 jaar. Door het nemen van maatregelen (verhogen van vitale onderdelen) is de kans op effecten klein. Er is geen Natura 2000-gebied aanwezig in de omgeving. Ten zuiden en oosten van het station ligt een gebied met aardkundige waarden. Er zijn geen bekende archeologische waarden aanwezig. Wel is er gedeeltelijk een hoge trefkans op archeologische waarden in de directe omgeving van het station volgens het IKAW. Landschappelijk gezien is het een weinig kwetsbaar gebied met waarschijnlijk voldoende beschikbare ruimte tussen de grootschalige kassen. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is voor het robuust minimum en maximum als klein beoordeeld (aanduiding lichtblauw).

### Samenvatting

In Tabel 13.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunt bij het maximum is de beschikbare ruimte om de verschillende energie-infrastructuur te realiseren. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 13.2 - Beoordeling lagen Middenmeer voor stations, batterijen en elektrolyzers

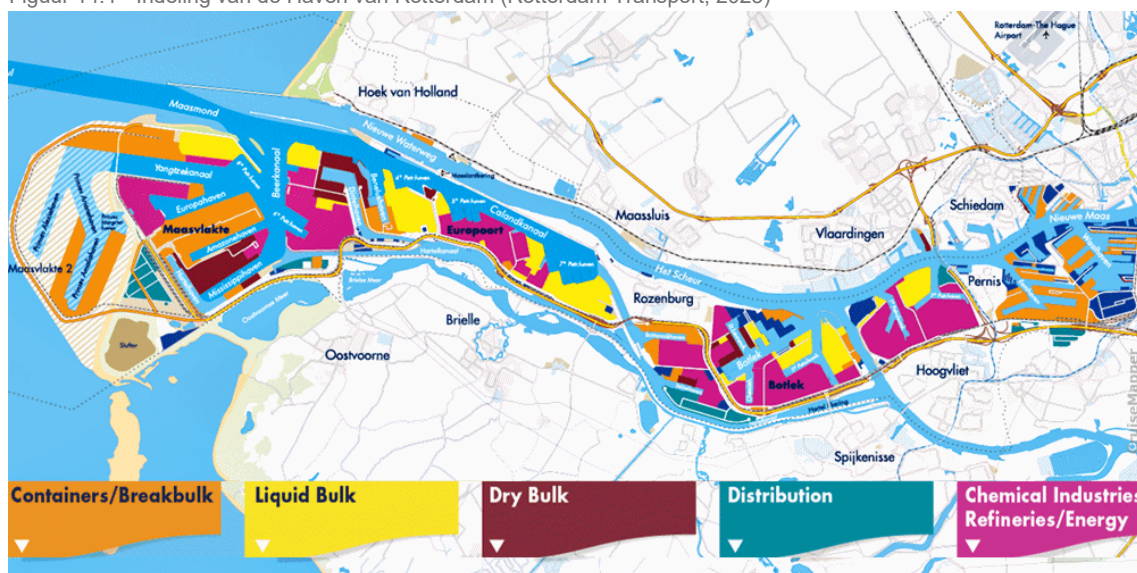
Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	1	2
Netwerk	1	3
Ondergrond	1	1

## 14 Robuuste ontwikkeling Rotterdams havengebied

### 14.1 Omschrijving gebied en opgave

Het Rotterdamse havengebied is wereldwijd een van de grotere havens met veel industrie en overige havenactiviteiten. Het intensief industriële gebied is opgedeeld in drie Barro-locaties: Rijnmond/Rotterdams Havengebied, Maasvlakte I en Maasvlakte II. Het gebied wordt omringd door de vaarwegen in de Maas en het Hartelkanaal. Het gebied kenmerkt zich door havengebonden activiteiten, waarbij een groot deel energiegerelateerd is (zie Figuur 14.1). Met name het landinwaartse deel (Botlek, Pernis) geeft ruimte aan chemische en energie-activiteiten die vooral gebruikmaken van fossiele bronnen. Naast deze bestaande is er ook nieuwe energie-infrastructuur voorzien te realiseren voor 2030, zoals elektrolyzers en de voorziene aanlandingen voor de windparken op zee IJmuiden Ver (Beta en Gamma) en Nederwiek 2.

Figuur 14.1 - Indeling van de Haven van Rotterdam (Rotterdam Transport, 2023)



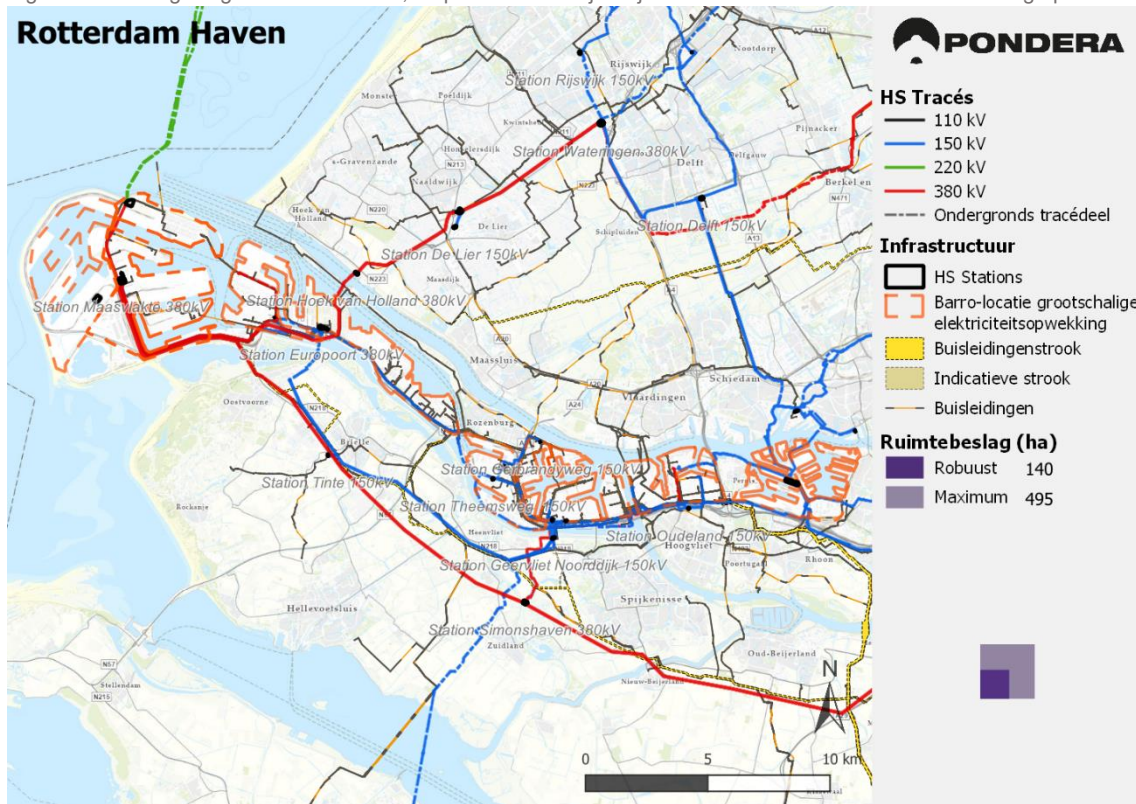
Natura 2000-gebied omringt het industrieel druk bebouwde gebied terwijl binnen de Barro-locaties beperkt NNN ligt (zoals de Mississippihaven) waar een beheertype met een korte ontwikkelingsduur voor geldt. Bij Rozenburg, Pernis, Heijplaat en richting de stad Rotterdam liggen woningen nabij de grenzen van de Barro-locaties (ca. 100 tot 300 meter vanaf de grens).

Voor het Rotterdamse havengebied gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 14.1. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 140 ha en maximum circa 495 ha.

Tabel 14.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij de Rotterdamse haven

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Regelbare centrale	0	25
Station	10	50
Converterstation	5	35
Elektrolyser	35	110
Batterijen	90	225
Kerncentrale	0	30
Importterminal	0	20

Figuur 14.2 - Omgeving Rotterdam haven, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 14.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Binnen de Barro-locaties liggen nauwelijks woningen. Bij Rozenburg, Pernis, Heijlplaat en richting het centrum van Rotterdam liggen woningen relatief dicht bij de grens van de Barro-locaties. Gezien het huidige industriële karakter van het gebied is de kans op extra effecten klein. Er is geen landbouwgrond aanwezig. Het gebied is grotendeels bedekt met PR  $10^{-6}$ -risicocontouren van de huidige aanwezige industrie. Er is een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid waarvoor naar verwachting maatregelen nodig zijn. Er zijn recreatieve functies aan de randen van de Barro-locaties (zoals Maasvlaktestrand en nabij Rozenburg) aanwezig. In de huidige situatie kunnen deze functies naast het industriële karakter van de haven bestaan, waardoor de kans op effecten op recreatie klein is. De kans op effecten op de totale occupatielaag is beoordeeld als een middelgrote kans op effecten (middelblauwe aanduiding) door de effecten op externe veiligheid.

**Effecten netwerklaag.** Er liggen enkele primaire waterkeringen in het gebied. Omdat deze voornamelijk aan de randen van de Barro-locaties liggen, is de kans op effecten klein. Verder zijn er verschillende spoorwegen, waterwegen, doorgaande wegen en een grote concentratie aan buisleidingen aanwezig. Wat betreft elektrische infrastructuur zijn er verschillende hoogspanningsstations en verbindingen aanwezig binnen en in de nabijheid van de Barro-locaties. Tabel 14.1 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is in het Rotterdamse havengebied, dit komt neer op een robuust minimum totaal van circa 140 ha en een maximum van circa 495 ha. Dit betekent dat een aanzienlijke hoeveelheid ruimte (mogelijk) nodig is. Daarnaast zijn er ook nog andere industriële ontwikkelingen. De hoeveelheid ruimtebeslag geeft een grote kans op effecten, de beschikbare ruimte buiten de Barro-locaties is ook beperkt. Zo goed als het volledige gebied is omringd door NNN-gebied; overlap is beperkt tot beheertypen

met een korte ontwikkelingsduur. Een uitbreiding van het gebied om het ruimtebeslag te realiseren geeft een middelgrote kans op effecten op NNN. De kans op effecten is als groot beoordeeld voor de totale netwerklaag (donkerblauwe aanduiding) door met name de omvang van het ruimtebeslag bij zowel minimum als maximum.

**Effecten ondergrond.** De bodem van de Barro-locaties is overwegend niet zettingsgevoelig en overstromingsgevoelig. De Voordelta, Voornes Duin en een klein deel van de Oude Maas zijn Natura 2000-gebieden die in de omgeving liggen. Er is een kans op effecten op deze gebieden door mogelijke externe werking<sup>3</sup> van aanvullend (bovenop bestaand) vermogen aan regelbare centrales op de habitatgebieden Solleveld en Kapittelduinen. Zoals is aangegeven varieert het totale ruimtebeslag van alle beoogde energie-infrastructuur in het Rotterdamse havengebied (tussen robuust en maximum). Dit zal op regionaal niveau een effect op landschap hebben. Op lokaal niveau zal het leiden tot een voller en meer industrieel beeld. Het negatieve effect op landschap is naar verwachting goed te beperken waarmee de kans op effecten klein is. Er zijn geen bekende of verwachte archeologische waarden of cultuurhistorische waarden aanwezig. Vooral de nabije aanwezigheid van Natura 2000-gebieden betekent een middelgrote kans op effecten voor de totale ondergrondlaag (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 14.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het grootste aandachtspunt voor de Rotterdamse haven is de toekomstig beschikbare ruimte om de onderdelen voor energie-infrastructuur te realiseren. Dit geldt zowel voor het robuuste minimum als voor het maximum. Het havengebied van Rotterdam is een groot gebied waarin keuzes voor de invulling of herontwikkeling van de ruimte in de toekomst mede bepalend zijn voor de haalbaarheid.

Tabel 14.2 - Beoordeling lagen Rotterdams havengebied

Laag	Duiding robuust	Duiding maximum
Occupatie	2	2
Netwerk	3	3
Ondergrond	2	2

## 15 Robuuste ontwikkelingen 380kV-stations

### 15.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 t/m 13 zijn verschillende robuuste ontwikkelingen gezamenlijk per locatie beoordeeld. Er is ook een aantal locaties waar sprake is van één robuuste ontwikkeling. In dit hoofdstuk worden twee locaties beoordeeld met als robuuste ontwikkeling een nieuw 380kV-station of onderdeel daarvan, zie Tabel 15.1. In Bijlage A zijn kaarten van deze locaties opgenomen.

Tabel 15.1 - Robuuste ontwikkelingen 380kV-stations

Locatie	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Dodewaard	10	Gelijk aan robuust
Simonshaven/omgeving <sup>6</sup>	10	Gelijk aan robuust

#### 380kV-station Simonshaven/omgeving

In de doorrekeningen die in deze studie gemaakt zijn en ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling is uitgegaan van omgeving Simonshaven als locatie waar de robuuste ontwikkeling voor een 380kV-station plaatsvindt. Echter dit kan ook in de ruimere omgeving van Simonshaven plaatsvinden, omdat andere locaties mogelijk meer wenselijk zijn. Het ruimtebeslag en de effecten zijn hieronder wel beoordeeld voor de omgeving van Simonshaven om daarmee een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft.

### 15.2 Beoordeling robuust ruimtebeslag

In Tabel 15.2 staat een korte omschrijving van het zoekgebied rondom de locaties voor de ontwikkelingen. De beoordeling en kleuraanduiding van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond staat in Tabel 15.3. Hierbij wordt een korte toelichting gegeven over de belangrijkste aandachtspunten per laag van de locatie.

Tabel 15.2 - Korte beschrijving zoekgebieden rondom de locaties

Locatie	Omschrijving zoekgebied rondom locaties
Dodewaard	Het huidige 380kV-station Dodewaard ligt in de Betuwe in agrarisch gebied. Nabijgelegen zijn spoorwegen (o.a. Betuwelijn) en de rijksweg A15 en enkele woonkernen. Er is ook een 150kV-station aanwezig, hiermee zijn er veel bovengrondse verbindingen aanwezig in het landschap.
Simonshaven	380kV-station Simonshaven ligt in een open gebied met agrarisch karakter waar de rivier Bernisse doorheen stroomt. Er liggen verspreid enkele woonkernen. Aan de oostzijde ligt een venige polder De Biert, tevens aardkundig waardevol gebied. In IP2022 van TenneT is een uitbreiding van het station ook opgenomen. Dit komt overeen met deze ontwikkeling.

Tabel 15.3 - Aanduiding verschillende locaties met een nieuw 380kV-station als ontwikkeling

Locatie	Omschrijving	Aanduiding
Dodewaard	Open agrarisch gebied.	1
Occupatie		
Netwerk	Spoorlijnen en rijksweg aanwezig.	1
Ondergrond	Natura 2000-gebied Rijntakken op circa 2 km afstand, aardkundige waarden, Nationaal Landschap en enkele bekende archeologische waarden aanwezig. Overstromingsgevoelig gebied (1,9-2,8 meter). Nog enigszins ruimte beschikbaar bij 380kV-station, direct buiten de grens van Nationaal Landschap Rivierenland.	2
Simonshaven	Open agrarisch gebied, buiten Haven industrieel complex (HIC)-gebied.	1
Occupatie		
Netwerk	Rondom het huidige station is vrijwel geheel NNN-gebied aanwezig waaronder ten oosten vochtig weidevogelgrasland, ook rondom Bernisse verschillende gebieden.	3

<sup>6</sup> Uitbreiding van dit station is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT, het IP2022.

Locatie	Omschrijving	Aanduiding
<i>Ondergrond</i>	Open landschap met aardkundige waarde en zettingsgevoelige bodem (0,3-1,0 meter). Ook is overstromingsgevoeligheid aandachtspunt (0,8-1,2 meter). Landschappelijke waarden in de nabijheid: stroomgebied van de Bernisse en de voormalige ambachtsheerlijkheid Biert.	2

## 16 Robuuste ontwikkelingen batterijen

### 16.1 Inleiding

#### Locaties batterijen

De locaties die in dit hoofdstuk worden besproken hebben als niet-robuste ontwikkeling de plaatsing van batterijen. Op locaties waar ook aanlanding van windenergie op zee is voorzien is het vanuit technisch en ruimtelijk perspectief logisch om ook batterijen te realiseren om te zorgen voor een efficiënt gebalanceerd energiesysteem. In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld. Hierdoor kan het zijn dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem bezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft, worden deze locaties in dit hoofdstuk wel beoordeeld voor Milieu & Ruimte.

In hoofdstuk 5 t/m 14 zijn verschillende robuuste ontwikkelingen gezamenlijk per locatie beoordeeld. Er is ook een aantal locaties waar sprake is van één robuuste ontwikkeling. In dit hoofdstuk worden locaties van hoogspanningsstations beoordeeld waar de (enkele) robuuste ontwikkeling de plaatsing van batterijen is.

Per locatie staat het robuuste ruimtebeslag van de ontwikkelingen in Tabel 16.1. De inpassingsmogelijkheden hiervan worden bekeken met behulp van dezelfde drie-lagenbenadering die in de eerdere hoofdstukken is toegepast en wordt gekeken naar het robuust ruimtebeslag en het maximumruimtebeslag. Indien het maximum ruimtebeslag anders wordt beoordeeld dan het robuuste ruimtebeslag, is dit aangegeven.

Tabel 16.1 - Hoogspanningsstations met robuuste knelpunten waarbij toepassing batterijen een robuuste ontwikkeling is

Locaties	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Arkel 150kV	5	10
Breukelen 150kV	5	10
Geervliet Noorddijk 150kV	5	10
Goes de Poel 150kV	5	15
Gouda 150kV	5	10
Harderwijk 150kV	5	10
Leiden 150kV	5	10
Nijmegen 150kV	5	10
Oterleek 150kV	5	15
Oudenrijn 150kV	5	10
Soest 150kV	5	10
Tiel 150kV	5	10
Tilburg Zuid 150kV	5	10
Utrecht Lage Weide 150kV	5	15
Velsen 150kV	5	15
Westwoud 150kV	5	30
Westerlee 380kV	5	Gelijk aan robuust
Wijdewormer 150kV	5	15

### 16.2 Beoordeling

In Tabel 16.2 staat een korte beschrijving per locatie en de directe omgeving waarin batterijen kunnen worden geplaatst. De beoordeling en effectaanduiding van de drie-lagenbenadering staat in Tabel 16.3, inclusief aandachtspunten die hierbij naar voren komen. Kaartbeelden van deze locaties zijn opgenomen in Bijlage A.



Tabel 16.2 - Drie-lagenbenadering: korte omschrijving van de locatie en directe omgeving voor ontwikkeling batterijen

Locaties	Omschrijving zoekgebied batterijen
<b>Arkel 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een deels dicht bebouwde omgeving direct langs een spoorweg. Ten noorden en westen grenst het 150kV-station aan sportvelden, waarachter de woonkern Hoogblokland ligt. In zuidwestelijke richting liggen vooral landbouwgronden achter het recreatiegebied. In de directe omgeving liggen enkele PR10 <sup>-6</sup> -contouren van risicobronnen. Ten noordoosten van de locatie ligt een bedrijventerrein, evenals in het zuidoosten voorbij de spoorweg waar het station aan grenst. Vanuit het zuidwesten komt er een bovengrondse 150kV-verbinding naar het station. Het hele gebied is aangewezen als Nationaal Landschap en rondom de woonkern Hoogblokland ligt een gebied met aardkundige waarden. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,1-1+ meter) en kennen een middelgrote overstromingskans (1,5-2 m). De locatie en de directe omgeving lijken beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Breukelen 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een relatief volle complexe omgeving, direct langs een spoorweg. De omgeving bestaat grotendeels uit landbouwgronden met verspreid daarin enkele recreatiegebieden en een bedrijventerrein. Zuidelijk van de locatie liggen twee PR10 <sup>-6</sup> -contouren van risicobronnen. Ten westen en zuiden de woonkernen Nieuwer Ter Aa en Breukelen. In het oosten grenst het station direct aan een spoorweg met daarachter een vaarweg (Amsterdam-Rijnkanaal). In het westen ligt rijksweg A2 en een 380kV-verbinding. Naar het station lopen twee bovengrondse 150kV-verbindingen en direct rondom het station liggen NNN-gebieden met een beheertype met een lange ontwikkelingsduur. De hele omgeving is aangewezen als Nationaal Landschap en ten westen van de locatie liggen gebieden met archeologische monumenten. De locatie en directe omgeving zijn beperkt zettingsgevoelig (0.01-0.05 m) en kennen een middelgrote overstromingskans (<0,5-1,5 m). De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Geervliet Noorddijk 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een relatief open en tegelijkertijd complexe omgeving direct aan een vaarweg. In de directe omgeving liggen met name landbouwgronden. De omgeving bestaat met name uit landbouwgronden. Direct ten oosten ligt een recreatiegebied en een PR10 <sup>-6</sup> -contour van risicobronnen. Op enige afstand liggen in het zuidoosten en westen twee woonkernen (Spijkenisse en Geervliet). Ten noorden van de vaarweg (Hartel,- en Scheepvaart- en Voedingskanaal) ligt het industrieterrein Botlek. Vanaf het station lopen veel verschillende elektra- en gasleidingen over en onder de vaarweg richting het Botlekgebied. Vanuit het zuiden komen drie 150kV-verbindingen waarvan één ondergronds. Westelijk loopt een ondergrondse 380kV-verbinding en direct oostelijk een (gas)buisleidingenstrook. Ten noorden bevinden zich twee vaarwegen (waarvan een ook NNN-gebied is) en een primaire waterkering. Het gebied direct zuidelijk van het station is aangewezen als archeologisch monument. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,5-1 m) en kennen een overstromingskans (<0,5-1 m). De locatie en de directe omgeving lijken beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Goes de Poel 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een relatief open omgeving langs bij twee rijkswegen (A58 en A256) ten westen van de woongrens Goes. De directe omgeving bestaat uit landbouwgronden met daarin enkele recreatiegebieden. In het noorden, en direct ten oosten van de locatie liggen woonkernen ('s Heer Hendrikskinderen en Goes). Aangrenzend aan de locatie ligt binnen Goes een bedrijventerrein. Naar het station lopen drie bovengrondse 150kV-verbindingen. Ten noorden loopt een spoorweg, en in het oosten en zuiden een rijksweg (A256, A58). Direct ten westen ligt een NNN-gebied met een beheertype met een snelle ontwikkelingsduur. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,1-1 m) en kennen geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Gouda 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een relatief complexe omgeving direct langs de Hollandsche IJssel (vaarweg), op de grens van de woonkern Gouda. Met aan de rand van de Hollandsche IJssel enkele stroken recreatiegebied. Ten zuiden van de locatie liggen overwegend open landbouwgronden. Naar het station lopen twee 150kV-verbindingen waarvan één ondergronds. Op enige afstand loopt in het zuiden een (gas)buisleiding. Ten westen van het station ligt een primaire waterkering. In de omgeving liggen enkele NNN-gebieden. De stationslocatie en directe omgeving zijn aangewezen als gebied met landschappelijk aardkundige waarden. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,3-1 m) en kennen een overstromingskans (<0,5-5 m). De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.

Locaties	Omschrijving zoekgebied batterijen
<b>Harderwijk 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een bosrijke omgeving die grotendeels is aangewezen als NNN en Natura 2000-gebied. Ten noorden ligt de woonkern Harderwijk en ten zuidwesten Ermelo, ten westen ligt een aanzienlijk recreatiegebied met daarbinnen enkele PR10 <sup>6</sup> -contouren (installatie). Aan de zuidkant liggen ook twee bedrijventerreinen. Van en naar het station lopen twee bovengrondse 150kV-verbindingen en ten noorden loopt de rijksweg A28. Het station is grotendeels omsloten door NNN-gebied, dat tevens is aangewezen als Natura 2000-gebied. De stationslocatie en het gebied daaromheen heeft landschappelijk aardkundige waarden en direct ten oosten van de locatie ligt een gebied met archeologische monumenten. De locatie en directe omgeving zijn beperkt zettingsgevoelig (0,0001-0,01 m) en kennen geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Leiden 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een zeer dichtbebouwde omgeving in de woonkern Leiden. De volledige omgeving bestaat uit woningen, nabijgelegen middenspanningstations en sportvelden. Vanuit het noorden lopen drie ondergrondse 150kV-verbindingen naar het station. Ten zuiden van de locatie ligt een beschermd stads- en dorpsgezicht. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,1-1 m) en kennen geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Nijmegen 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een zeer complexe en dichtbebouwde omgeving die direct zuidelijk grenst aan de Waal. Het station ligt binnen een Barro-locatie waar een zonnepark is gevestigd en woningbouw is voorzien. De directe omgeving van het station kent een industrieel karakter met havengebied en verschillende bedrijventerreinen. Het ligt op de grens van de woonkern Nijmegen. Het station ligt direct noordelijk van een primaire waterkering (buiten beschermd gebied) en ten westen ligt het Maas-Waalkanaal. Vanuit het noorden lopen drie bovengrondse 150kV-verbindingen naar het station, en vanuit het zuiden twee ondergrondse 150kV-verbindingen. Direct noordelijk van het station en de Waal ligt Natura 2000-gebied Rijntakken en ten oosten is een gebied als archeologisch en rijksmonument aangewezen. De locatie en directe omgeving zijn beperkt zettingsgevoelig (0,005-0,3 m) en kennen geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Oterleek 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een open agrarisch landschap, direct langs de Huigenvaart (vaarweg) en Oterleek (lintbebouwing <sup>7</sup> ). Tussen Oterleek en het station ligt nog een klein bedrijventerrein. De woonkernen Heerhugowaard, Ursem en Stompetoren liggen op enige afstand van het station. Daartussen ligt landbouwgrond met enkele kassen en kleine recreatiegebieden. Naar het station lopen vijf 150kV-verbindingen, waarvan een ondergronds. Ten oosten loopt een (gas)buisleidingstrook. Binnen Oterleek liggen archeologische monumenten en ten zuiden van het station ligt een dijk die is aangewezen als provinciaal monument. De zuidrand van de watergang is NNN. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,1-1 m). Het gebied ten zuiden van de Huigenvaart kent een overstromingskans (0,5-1,5 m). De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Oudenrijn 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een open agrarisch landschap, direct langs rijkswegen en verkeersknooppunt (Oudenrijn, A12-A2). Ten noorden, noordoosten en oosten van de locatie liggen de woonkernen De Meern, Leidsche Rijn, Utrecht, en Nieuwegein waar ook verschillende recreatiegebieden en bedrijventerreinen liggen. Naar het station lopen twee bovengrondse 150kV-verbindingen, en direct ten noorden en oosten liggen rijkswegen (A12, A2) die elkaar kruisen in een groot verkeersknooppunt. De locatie en directe omgeving zijn aangewezen als Nationaal Landschap. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,1-1 m) en kennen een overstromingskans (<0,5-2 m). De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.

<sup>7</sup> Lintbebouwing bestaat uit een langgerekte lijn van veelal vrijstaande bebouwing langs een weg, rivier of kanaal.

Locaties	Omschrijving zoekgebied batterijen
<b>Soest 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een open agrarisch landschap, direct langs een spoorweg. Ten oosten ligt een bedrijventerrein en de woonkern Amersfoort. Soest ligt ten westen op enige afstand. Verspreid in het landschap liggen enkele recreatiegebieden. Naar het station lopen twee bovengrondse 150kV-verbindingen, een in noordelijke en een in zuidelijke richting. Direct ten zuiden ligt een spoorweg. De stationslocatie en omgeving zijn aangewezen als Nationaal Landschap waar ook enkele provinciale monumenten aanwezig zijn. De locatie en directe omgeving zijn beperkt zettingsgevoelig (0,0001-0,1 m) en kennen geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Tiel 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt binnen de woonkern Tiel in een complexe en dichtbebouwde omgeving. Direct ten oosten ligt een bedrijventerrein met daarachter een recreatiegebied. Ten noorden, voorbij spoorwegen en een rijksweg (A15), ligt een industrieel havengebied. Ten oosten, voorbij het Amsterdam-Rijnkanaal, liggen landbouwgronden. Naar het station lopen drie 150kV-verbindingen, waarvan twee ondergronds. Op enige afstand ligt het Amsterdam-Rijnkanaal in het oosten, en de Boven-Rijn in het zuiden waaromheen NNN-, en Natura 2000-gebieden zijn aangewezen. De locatie en directe omgeving zijn beperkt zettingsgevoelig (0,01-0,3 m) en kennen een overstromingskans (0,5-5 m). De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Tilburg Zuid 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een volle en relatief complexe omgeving. In het noorden, westen en zuiden ligt de locatie direct tegen woonkernen (Tilburg, Goirle) en bedrijventerreinen. In zuidoostelijke richting liggen op korte afstand enkele kleine NNN-gebieden met een korte ontwikkelingsduur. Direct noordelijk van de locatie loop de rijksweg A15 en er komen twee ondergrondse 150kV-verbindingen aan bij het station. De locatie en directe omgeving zijn beperkt zettingsgevoelig (0,0001-0,1 m) en kent geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Utrecht Lage Weide 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt binnen een Barro-locatie in een complexe industriële omgeving. De Barro-locatie bestaat uit twee delen met daartussen een waterweg en huisvest de Lage Weide-centrale. De directe omgeving bestaat uit een industrieel bedrijventerrein met havenfunctie en ligt omsloten door de woonkernen Utrecht, Leidsche Rijn en Maarsen. Hier liggen meerdere PR10 <sup>6</sup> -contouren (installatie) en enkele recreatiegebieden. Naar de stationslocatie lopen drie ondergrondse 150kV-verbindingen. In de directe omgeving lopen naast de 150kV-verbindingen meerdere spoorwegen, waterwegen en rijksweg A2. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,01-1 m) en kennen een overstromingskans (<0,5-2 m). De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Velsen 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een zeer complexe en volle industriële omgeving direct ten noorden van het Noordzeekanaal. Het station grenst aan een woonkern van Beverwijk, maar wordt overwegend omringd door industriële bedrijventerreinen met een havenfunctie (Tata Steel). Hiertussen bevinden zich op enkele plaatsen kleine recreatiegebieden. Zowel binnen de stationslocatie als in de directe omgeving zijn meerdere PR10 <sup>6</sup> -contouren (installatie en inrichting) aanwezig. Naar het station lopen vijf ondergrondse 150kV-verbindingen. Het station grenst in het zuiden direct aan spoorwegen en havengebied, en in het westen aan een haven/waterweg. Ten noorden loopt op enige afstand een (gas)buisleidingstrook. De stationslocatie en de directe omgeving zijn aangewezen als gebied met landschappelijk aardkundige waarden, in de omgeving liggen ook enkele rijksmonumenten. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,01-0,5 m) en kent geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken zeer beperkt ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Westwoud 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een open agrarisch landschap in een strook lintbebouwing. In de directe omgeving liggen enkele kleine woonkernen (Hauwert, Zwaagdijk-Oost, Westwoud), enkele recreatiegebieden en kassen, en een bedrijventerrein. Naar het station lopen vier 150kV-verbindingen, waarvan drie ondergronds. Direct ten noorden van het station ligt een strook met landschappelijk aardkundige waarden, en in de directe omgeving zijn verschillende plekken aangewezen als archeologisch monument. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,1-0,5 m) en kennen geen overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.

Locaties	Omschrijving zoekgebied batterijen
<b>Westerlee 150/ 380kV</b>	Rondom 150/ 380kV-station Westerlee is veel intensieve kassenteelt aanwezig in combinatie met enkele woonkernen waardoor beschikbare ruimte schaars is in het zoekgebied. Op plekken waar geen bebouwing aanwezig is in de directe omgeving wordt deze ruimte benut voor bovengrondse hoogspanningsverbindingen.
<b>Wijdewormer 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een relatief open agrarische omgeving, direct te westen van een kleine woonkern (Neck). Verspreid in de omgeving liggen enkele bedrijventerreinen, kassen en recreatiegebieden. Naar het station lopen twee bovengrondse 150kV-verbindingen. Direct ten noorden loop een vaarweg (Ringvaart van de Wijde Wormer), en ten zuiden loopt op enige afstand loopt de rijksweg A7. Met name noordelijk van het 150kV-station liggen op meer dan 200 meter NNN-gebieden met een beheertype gericht op vogelsoorten (vochtig weidevogelgrasland). Het gebied ten noorden van de vaarweg kent verschillende cultuurhistorische en landschappelijke waarden (Werelderfgoed, aardkundige waarden, archeologische- en provinciale monumenten). Westelijk ligt Natura 2000-gebied Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,1-1+ m) en kennen een overstromingskans (0,5-1,5 m). Het gebied ten noorden van de vaarweg kent een middelgrote overstromingskans. De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de batterijen.

Tabel 16.3 - Beoordeling voor ontwikkelingen batterijen

Locatie	Beoordelingslaag	Omschrijving	Aanduiding
<b>Arkel 150kV</b>	Occupatie	De directe omgeving kent verschillende gebruiksfuncties, maar biedt voldoende locaties met open ruimte waardoor de kans op effecten als middelgroot wordt beoordeeld.	2
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	De locatie en directe omgeving kent landschappelijke waarden, is zettingsgevoelig (0,01-0,5 meter) en heeft een overstromingskans (0-1,6 meter). Hierdoor is er een middelgrote kans op effecten.	2
<b>Breukelen 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten op de occupatielaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Netwerk	De locatie is omsloten door verschillende (netwerk-)infrastructuren (waterwegen, spoorwegen, rijksweg en 380kV-verbindingen), maar noordelijk van het 150kV-station is ruimte beschikbaar, waardoor de kans op effecten als middelgroot wordt beoordeeld.	2
	Ondergrond	De locatie en directe omgeving kent landschappelijke waarden een overstromingskans (0,1-1,1 meter), en is zettingsgevoelig (0,01-0,5 meter). Hierdoor is er een middelgrote kans op effecten.	2
<b>Geervliet Noorddijk 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten op de occupatielaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Netwerk	De locatie is omsloten door verschillende (netwerk-)infrastructuren (waterwegen, boven en ondergrondse 150kV- en 380kV-verbindingen, (gas)buisleidingenstrook en een primaire waterkering). Er is een grote kans op effecten.	
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrondlaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
<b>Goes de Poel 150kV</b>	Occupatie	De directe omgeving kent verschillende gebruiksfuncties, maar biedt voldoende locaties met open ruimte waardoor de kans op effecten als middelgroot wordt beoordeeld.	2
	Netwerk	De bestaande (netwerk)infrastructuren laten ruimte over, waardoor er een kleine kans op effecten is.	1

Locatie	Beoordelingslaag	Omschrijving	Aanduiding
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrondlaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
<b>Gouda 150kV</b>	Occupatie	Ten zuiden van de locatie ligt veel open agrarisch gebied. Er is een middelgrote kans op effecten.	2
	Netwerk	Direct ten noorden ligt een vaarweg, in het westen een primaire waterkering, en in het zuiden een bestaand 150kV-tracé. Er is een middelgrote kans op effecten.	2
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrondlaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
<b>Harderwijk 150kV</b>	Occupatie	Ondanks de recreatiegebieden direct ten westen van het 150kV-station is er een kleine kans op effecten in deze laag.	1
	Netwerk	De directe omgeving kent vrijwel uitsluitend bosrijke gebieden die als NNN-gebied zijn aangewezen.	
	Ondergrond	De directe omgeving kent vrijwel uitsluitend bosrijke gebieden die als Natura 2000-gebied zijn aangewezen. Tevens kent het landschappelijk aardkundige waarden en archeologische monumenten.	
<b>Leiden 150kV</b>	Occupatie	De locatie en directe omgeving is vrijwel volledig benut door woonkernen.	
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrondlaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
<b>Nijmegen 150kV</b>	Occupatie	De stationslocatie en directe omgeving zijn vrijwel volledig ingevuld door bestaande bedrijventerreinen en woonkernen.	
	Netwerk	De aanwezigheid van waterwegen, waterkering en bestaande 150kV-verbindingen zorgen voor een middelgrote kans op effecten.	2
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrondlaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
<b>Oterleek 150kV</b>	Occupatie	De directe omgeving kent veel open agrarisch gebied.	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrondlaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
<b>Oudenrijn 150kV</b>	Occupatie	De directe omgeving kent veel open agrarisch gebied.	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	De locatie en directe omgeving kennen een overstromingskans. Met behulp van maatregelen is er een kleine kans op effecten.	1
<b>Soest 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten op de occupatielaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	De locatie en directe omgeving zijn in zijn geheel aangewezen als Nationaal Landschap. Dit heeft een middelgrote kans op effecten door landschap.	2
<b>Tiel 150kV</b>	Occupatie	De directe omgeving van de locatie bestaat geheel uit woonkern en bedrijventerrein. Echter, liggen er ten oosten van de locatie, voorbij de vaarweg, open landbouwgronden.	2

Locatie	Beoordelingslaag	Omschrijving	Aanduiding
	Netwerk	Vrijwel direct ten noorden locatie liggen spoorwegen en een rijksweg, en in oosten en zuiden door vaarweg.	2
	Ondergrond	De omgeving is overstromingsgevoelig.	1
<b>Tilburg Zuid 150kV</b>	Occupatie	De locatie ligt direct langs meerdere woonkernen en bedrijventerreinen.	
	Netwerk	Direct ten noorden en zuiden lopen een rijksweg en liggen NNN-gebieden.	1
	Ondergrond	De locatie en directe omgeving zijn grotendeels vrij van belemmeringen.	1
<b>Utrecht Lage Weide 150kV</b>	Occupatie	De locatie en directe omgeving is vrijwel volledig benut door bedrijventerreinen en woonkernen.	
	Netwerk	De locatie is omsloten door verschillende (netwerk) infrastructuur (waterwegen, spoorwegen, rijkswegen, en 150kV-verbindingen).	
	Ondergrond	De locatie en directe omgeving kennen een overstromingskans (0,2-1,2 meter). Met behulp van maatregelen is er een kleine kans op effecten.	1
<b>Velsen 150kV</b>	Occupatie	De locatie en directe omgeving is vrijwel volledig benut door bedrijventerreinen en woonkernen.	
	Netwerk	De locatie is omsloten door verschillende (netwerk) infrastructuur (waterwegen, spoorwegen, en 150kV-verbindingen).	
	Ondergrond	De locatie en directe omgeving zijn grotendeels vrij van belemmeringen.	1
<b>Westwoud 150kV</b>	Occupatie	De directe omgeving kent veel open agrarisch gebied.	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag op de locatie en in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrond-laag op de locatie en in de directe omgeving.	1
<b>Westerlee 150/380kV</b>	Occupatie	Dichtbebouwd gebied met stedelijk karakter en grote kassencomplexen.	2
	Netwerk	Zeer weinig beschikbare ruimte voor ontwikkelingen.	
	Ondergrond	Overstromingsgevoelig gebied (0,5 m), enkele archeologische waarden aanwezig.	2
<b>Wijdewormer 150kV</b>	Occupatie	De directe omgeving kent veel open agrarisch gebied.	1
	Netwerk	In de directe omgeving zijn beperkt (netwerk) infrastructuur aanwezig. De effecten hierop zijn naar verwachting goed te beperken.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten op de ondergrond-laag op de locatie en in de directe omgeving.	1

## 17 Robuuste ontwikkelingen regelbare centrales

### 17.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 t/m 13 zijn verschillende robuuste ontwikkelingen gezamenlijk per locatie beoordeeld. Er is ook een aantal locaties waar sprake is van één robuuste ontwikkeling. In dit hoofdstuk worden twee locaties beoordeeld waar de (enkele) robuuste ontwikkeling wordt bepaald door de regelbare centrales. Deze locaties zijn beide Barro-locaties voor grootschalige energieopwekking.

Per locatie staat het robuuste ruimtebeslag van de ontwikkelingen in Tabel 17.1. Ruimte voor regelbare centrales wordt bij voorkeur binnen de Barro-locaties gezocht of, bij gebrek aan ruimte binnen de locaties, in de directe omgeving. De inpassingsmogelijkheden hiervan worden onderzocht en beoordeeld met behulp van de drie lagen benadering. Eerst is er per locatie een omschrijving van elke laag. Daarna volgt per laag een beoordeling waarbij de kans op effecten met één van de drie kleuren wordt aangeduid.

Voor de locatie Terneuzen is additioneel sprake van (niet-robuste) ontwikkelingen die uit meerdere onderdelen van de energie-infrastructuur bestaan. De extra ruimte die hiervoor nodig is, is meegenomen in het maximum ruimtebeslag (zie Tabel 17.1). De beoordeling hiervan is in paragraaf 17.3 opgenomen.

Tabel 17.1 - Ruimtebeslag ontwikkelingen regelbare centrales (ha)

Locaties	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Buggenum	5	Gelijk aan robuust
Terneuzen/Sas van Gent	5	85

### 17.2 Beoordeling robuust ruimtebeslag

In Tabel 17.2 staat een korte beschrijving van elke locatie en de directe omgeving waarin regelbare centrales kunnen worden geplaatst. De beoordeling en kleuraanduiding van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond staat in Tabel 17.3, inclusief aandachtspunten die hierbij naar voren komen. Voor Buggenum is een kaart opgenomen in *Kaartenbijlage A*, voor Terneuzen/Sas van Gent zie Figuur 17.1.

Tabel 17.2 - Korte omschrijving van de locatie en directe omgeving voor ontwikkelingen regelbare centrales

Locaties	Omschrijving zoekgebied Regelbare centrales
<b>Buggenum</b>	Deze Barro-locatie ligt direct westelijk van de Maas met een voornamelijk agrarische omgeving. In de nabijheid liggen de woonkernen Haelen, Buggenum, Horn en Roermond. Direct ten westen ligt bedrijventerrein en zuidelijk ligt een recreatiegebied. Er komen meerdere bovengrondse 150kV-verbindingen samen bij het 150kV-station binnen de Barro-locatie en er loopt ook een 380kV-verbinding in het westen langs. Ten noorden van de locatie loopt een spoorweg. Enkele landbouwgebieden in de omgeving zijn ook aangewezen als NNN-gebied. De locatie is met de omgeving ten westen van de Maas geheel aangewezen als gebied met aardkundige waarden. In de directe omgeving liggen gebieden met een overstromingskans met een waterhoogte tussen de 2-5 meter boven maaiveld. De locatie is niet zettingsgevoelig. De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de regelbare centrales.
<b>Terneuzen/Sas van Gent</b>	De Barro-locatie bestaat uit verschillende complexe industriële gebieden tussen Terneuzen bij de Westerschelde en Sas van Gent bij de Belgische grens. De directe omgeving kenmerkt zich door een open agrarisch landschap met meerdere natuurlijke waterlichamen. De woonkernen Terneuzen, Sluiskil en Sas van Gent liggen in de nabije omgeving. Ook zijn hier enkele bedrijventerreinen en een recreatiegebied. In het noorden grenst de locatie direct aan de primaire waterkering van de Westerschelde. Binnen de Barro-locatie liggen verschillende (gas)buisleidingen, spoorwegen en een 150kV-verbinding. Het Kanaal Gent naar Terneuzen verbindt als vaarweg de verschillende onderdelen van de locatie. In de directe omgeving liggen ook enkele NNN-gebieden. De Westerschelde is aangewezen als Natura 2000-gebied en een

Locaties	Omschrijving zoekgebied Regelbare centrales
	deel van de haven, en gebieden ten westen van Terneuzen hebben landschappelijke en aardkundige waarden. De locatie is niet overstromingsgevoelig. De locatie is wel zettingsgevoelig (0,01-0,5 m). De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het robuuste ruimtebeslag van de regelbare centrales.

Tabel 17.3 - Drie-lagenbenadering: beoordeling voor ontwikkelingen regelbare centrales

Locaties	Omschrijving	Aanduiding
<b>Buggenum Occupatie</b>	Het betreft voornamelijk een open agrarisch gebied dat voldoende ruimte biedt.	1
<i>Netwerk</i>	De bestaande (netwerk)infrastructuur vormt geen grote belemmering. Wel moet rekening gehouden worden met een spoorweg in het noorden en de Maas in het oosten.	1
<i>Ondergrond</i>	De locatie en directe omgeving zijn aangewezen als gebied met aardkundige waarden en kent een overstromingskans. De effecten zijn naar verwachting goed te beperken. Vooral lokaal een negatief landschappelijk effect.	2
<b>Terneuzen Occupatie</b>	Een groot deel van de directe omgeving bestaat uit open agrarisch gebied.	1
<i>Netwerk</i>	Bestaande (gas)buisleidingen, 150kV-verbindingen (boven- en ondergronds), waterwegen, spoorwegen, primaire waterkeringen en NNN-gebieden zowel binnen de Barro-locatie als de directe omgeving, kunnen een lichte beperking vormen. Kleine kans op effecten.	1
<i>Ondergrond</i>	De locatie en directe omgeving zijn zo goed als vrij van ruimtelijke beperkingen. Vooral lokaal een negatief landschappelijk effect.	1

## 17.3 Beoordeling maximum ruimtebeslag Terneuzen/Sas van Gent

### 17.3.1 Omschrijving gebied en opgave

Het maximale ruimtebeslag ontstaat bij de Barro-locatie Terneuzen/Sas van Gent (hierna Terneuzen) in structuurkeuze 2, optie 2 (gespreide aanlanding windenergie op zee) waarbij de aanlanding bij Terneuzen is en niet in Borssele. Daarin ontstaat een knelpunt door een tekort aan geïnstalleerd vermogen van elektrolyzers, batterijen en hoogspanningsstations.

Bij Terneuzen/Sas van Gent gaat het om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 17.4. Dit levert een totaal ruimtebeslag op van (robuust) minimum circa 5 ha (zie ook par 17.1) en maximum circa 85 ha.

Tabel 17.4 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Terneuzen/ Sas van Gent

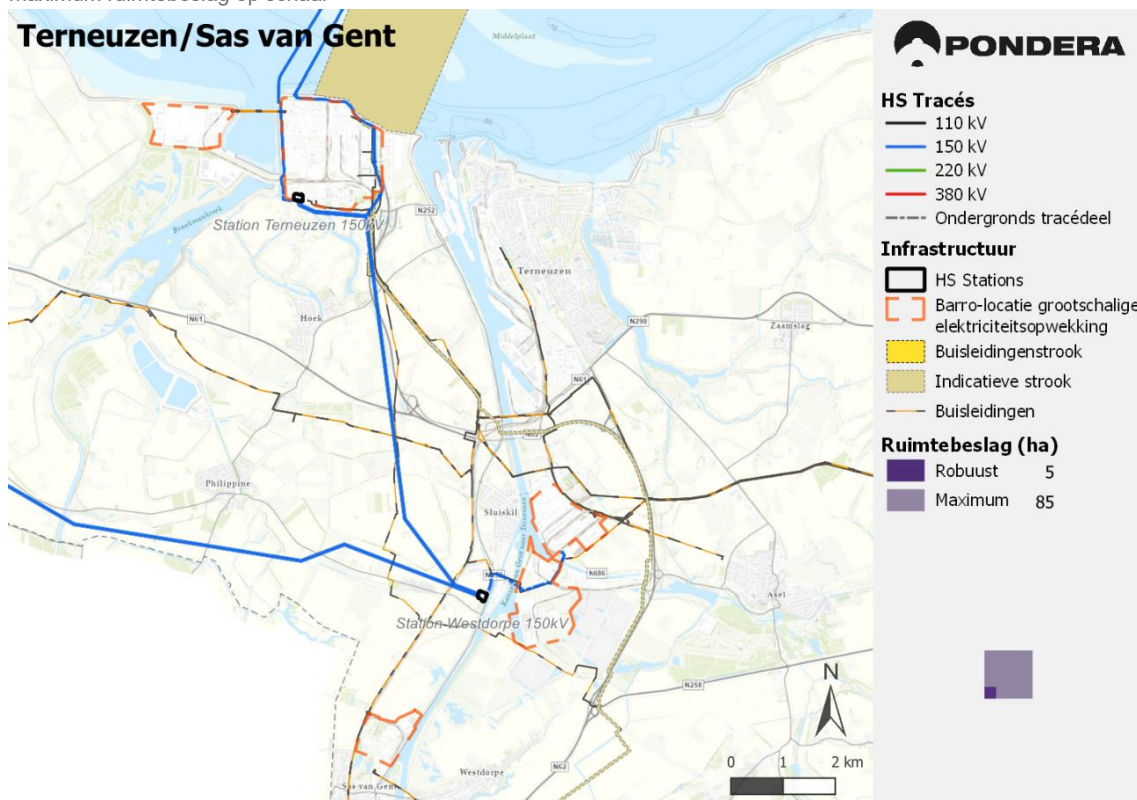
Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
<b>Regelbare centrale</b>	5	5
<b>Station</b>	0	10
<b>Converterstation</b>	0	10
<b>Elektrolyser</b>	0	20
<b>Batterijen</b>	0	40

Van dit maximum ruimtebeslag is met name sprake indien er gekozen wordt voor aanlanding van windenergie op zee bij Terneuzen in plaats van Borssele. Dit kan ook implicaties hebben voor de elektriciteitsverbindingen van en naar Terneuzen. Dat is in deze beoordeling niet meegenomen, maar vormt onderdeel van de structuurkeuze 2 (zie Bijlage XIb). Deze Barro-locatie bestaat uit vijf deellocaties die verspreid liggen over drie afzonderlijke gebieden. Twee noordelijk gelegen deellocaties ten westen van Terneuzen, een zuidelijk gelegen deelgebied ten noorden van Sas van Gent, en twee deellocaties daartussen in ten westen van Sluiskil. Bij elkaar hebben deze vijf deellocaties een oppervlak van circa 800 ha. Alle deel-



locaties liggen direct langs een vaarweg (Westerschelde tevens Natura 2000-gebied, of Kanaal Gent-Terneuzen). Deze Barro-locatie wordt overwegend door de chemische industrie benut en in de deellocatie nabij Terneuzen bevindt zich de gasgestookte warmtekrachtcentrale ELSTA van DOW gelegen naast een 150kV-station. In de beoordeling wordt er ingegaan op de verschillende deellocaties, de beoordeling is gezamenlijk.

Figuur 17.1 - Omgeving van Barro-locaties Terneuzen/Sas van Gent, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



### 17.3.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Binnen de vijf deellocaties wordt het grootste deel van de ruimte benut voor (chemische) industriefuncties en is daarom gekenmerkt als bedrijventerrein. Te midden van deze industriële faciliteiten liggen verschillende PR10<sup>-6</sup>-contouren van chemische installaties (waaronder ammoniak, en biogas). Dit betekent een middelgrote kans op effecten op het gebied van externe veiligheid. De open ruimte die hier niet door benut wordt bestaat met name uit grasland. Binnen de deellocaties liggen circa 50 woningen.

In de directe omgeving van de twee Barro-deellocaties nabij Terneuzen liggen met name landbouwgronden met een recreatiegebied en de woonkern Hoek. Vrijwel direct ten oosten van deze deellocaties ligt de woonkern Terneuzen waar meerdere havenfaciliteiten aan grenzen en enkele recreatiegebieden liggen. Binnen een straal van 1 km rondom deze deellocaties liggen circa 100 woningen en drie PR10<sup>-6</sup>-contouren van propaantanks. Deze onderdelen hebben een kleine kans op effecten.

In de directe omgeving van de deellocaties nabij Sluiskil liggen meerdere bedrijventerreinen, waaronder een havenfaciliteit en kassen. Ook liggen er enkele recreatiegebieden. Ten oosten ligt de woonkern Axel waar ook een groter recreatiegebied ligt. Buiten deze woonkernen liggen met name landbouwgronden. Binnen een straal van 1 km rondom deze deellocaties liggen circa 1.400 woningen en enkele PR10<sup>-6</sup>-contouren.

In de directe omgeving van de deellocatie nabij Sas van Gent ligt de woonkern direct tegen de Barro-locatie. Hier liggen ook meerdere bedrijventerreinen, waaronder havenfaciliteiten, en meerdere kleine recreatiegebieden. Westelijk ligt de woonkern Westdorpe waar ook drie kleine recreatiegebieden liggen. Buiten deze woonkernen liggen met name landbouwgronden. Binnen een straal van 1 km rondom deze deellocaties liggen circa 1.600 woningen.

De deellocaties en directe omgeving geven voor de totale occupatielaag (bebouwing, landbouw, externe veiligheid en recreatie) een middelgrote kans op effecten vanwege vooral de aanwezige risicocontouren (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Binnen de deellocaties nabij Terneuzen staat de gasgestookte warmtekrachtcentrale ELSTA van DOW naast een 150kV-station. Ook zijn er verschillende 150kV-verbindingen (bovengronds en ondergronds), buisleidingenstroken en spoorwegen aanwezig. Daarnaast ligt aan de grens met de Westerschelde een primaire waterkering. Het functioneren van deze infrastructuur wordt niet beperkt door de ontwikkelingen, dit betekent een kleine kans op effecten.

Bij de deellocaties nabij Sluiskil liggen een ondergrondse 150kV-verbinding, meerdere spoorwegen met goederenstations en buisleidingen (buisleidingenstrook nabij de locaties). Deze infrastructuur wordt niet beperkt door de ontwikkelingen van energie-infrastructuur, dus is er sprake van een kleine kans op effecten. In de nabijheid zijn enkele NNN-gebieden aan de zuid- en oostzijde aanwezig. Deze hebben deels beheertypen met een lange ontwikkelingsduur. Hierdoor is er een middelgrote kans op effecten.

Binnen de deellocatie nabij Sas van Gent loopt een enkele spoorweg naar een goederenstation. Dit heeft een kleine kans op effecten. In de nabijheid zijn enkele NNN-gebieden aan de noord- en oostzijde aanwezig. Deze hebben deels beheertypen met een lange ontwikkelingsduur. Hierdoor is er een middelgrote kans op effecten.

In de directe omgeving van de deellocaties nabij Terneuzen liggen meerdere boven- en ondergrondse 150kV-verbindingen en verschillende (gas)buisleidingen. Deze locaties liggen direct zuidelijk van de Westerschelde en ten westen van de sluis- en havenfaciliteiten bij de ingang naar het Kanaal van Gent naar Terneuzen. Zuidelijk van deze deellocaties bevinden zich verschillende NNN-gebieden met beheertypen met een deels lange ontwikkelingsduur. Direct ten noorden ligt een brede buisleidingenstrook die de Westerschelde oversteekt. Hier geldt een middelgrote kans op effecten door de infrastructuur en NNN-gebieden.

Tabel 17.4 geeft het ruimtebeslag per onderdeel weer dat benodigd is, dit komt neer op een maximum van circa 85 ha. Deze ruimte is niet zondermeer beschikbaar binnen de Barro-locaties, dit vereist herontwikkeling van deze locaties of uitbreiding buiten de aangewezen Barro-locaties. Hierdoor is de kans op effecten middelgroot. Er is een middelgrote kans op effecten voor de totale netwerklaag is vanwege NNN-gebieden en ruimtebeslag (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** Binnen de Barro-locatie liggen geen onderdelen (zoals Natura 2000) uit de ondergrondlaag. In de directe omgeving van de deellocaties nabij Terneuzen ligt direct ten noorden het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe met vogel- en habitatrictlijnaanwijzing. Hier is een kleine kans op effecten. Dit gebied en gebieden direct ten zuiden van deze deellocaties zijn tevens aangemerkt als gebied met aardkundige waarden. Aardkundige waardevolle gebieden zijn ook aangewezen ten oosten van de deellocaties nabij Sluiskil. In de omgeving van alle vijf de deellocaties liggen verschillende archeologische monumenten. De ontwikkelingen hebben hier naar verwachting geen invloed op. Dit betekent een kleine kans op effecten. De deellocaties zelf zijn niet overstromingsgevoelig, maar enkele gebieden in de directe omgeving kennen wel een overstromingskans met een maximale waterdiepte van <0,5-5,0 m. De deellocaties zijn gedeeltelijk zettingsgevoelig (0,01-0,5 m). Het is mogelijk de potentiële effecten hierop te verminderen. Hierdoor is er een kleine kans op effecten. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 17.5 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Grootste aandachtspunt is het ruimtebeslag dat huidige of toekomstig grondgebruik beperkt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 17.5 - Beoordeling lagen Terneuzen/Sas van Gent voor het maximale ruimtebeslag

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	1

## 18 Robuuste ontwikkelingen verbindingen waterstof

### 18.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden tracéopties beoordeeld die als robuuste ontwikkeling in het waterstofnet naar voren komen. Uit de knelpuntenanalyse zijn enkele robuuste knelpunten in het waterstofnet naar voren gekomen. Deze knelpunten treden in alle scenario's op. Ook zijn er enkele verbindingen die nagenoeg in alle scenario's als knelpunt naar voren komen, maar in één specifiek alternatief niet. Ook deze verbindingen zijn meegenomen in de onderliggende analyse van de robuuste ontwikkelingen. De volgende trajecten/locaties zijn aangemerkt als robuust ontwikkeling in het waterstofnetwerk (zie Figuur 18.1 en Tabel 18.1).

In de beoordeling van de ontwikkelingen voor waterstofverbindingen is geen gebruikgemaakt van de lagenbenadering omdat de effecten van de waterstofverbindingen zeer beperkt en lokaal zijn en de verschillende lagen hierbij niet onderscheidend zijn.

Figuur 18.1 - Locaties (op buurtniveau) van de robuuste knelpunten in waterstofinfrastructuur



Tabel 18.1 - Robuuste ontwikkelingen in waterstofinfrastructuur incl. oorsprong van knelpunt en ruimtelijke ontwikkeling

Traject	Oorsprong knelpunt	Ruimtelijke ontwikkeling	Lengte ca. (km)	Alternatief?
Delfzijl	Vraag en productie gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	0,5	Aansluiten methaan importleiding
Chemelot	Vraag gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	6	-
IJmuiden	Productie gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	0,2	Andere verdeling bestaande leidingen over waterstof en methaan
Westelijk havengebied Amsterdam	Vraag gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	13	-
Schiphol	Vraag gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	8	-
Moerdijk	Vraag gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	3	-
Bergen op Zoom	Vraag gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	3	Andere verdeling bestaande leidingen over waterstof en methaan
<b>Niet-robust, wel in alle II3050-scenario's</b>				
Ommen-Twente	Opslag gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	50 (maximaal)	Andere verdeling bestaande leidingen over waterstof en methaan
Rotterdam-Alexander - Gouda	Productie gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	9.	Verplaatsen elektrolyzers
Maasvlakte Rotterdam	Productie gerelateerd	Aansluiting in of bij huidig tracé	N.B.	Verplaatsen elektrolyzers

## 18.2 Beoordeling

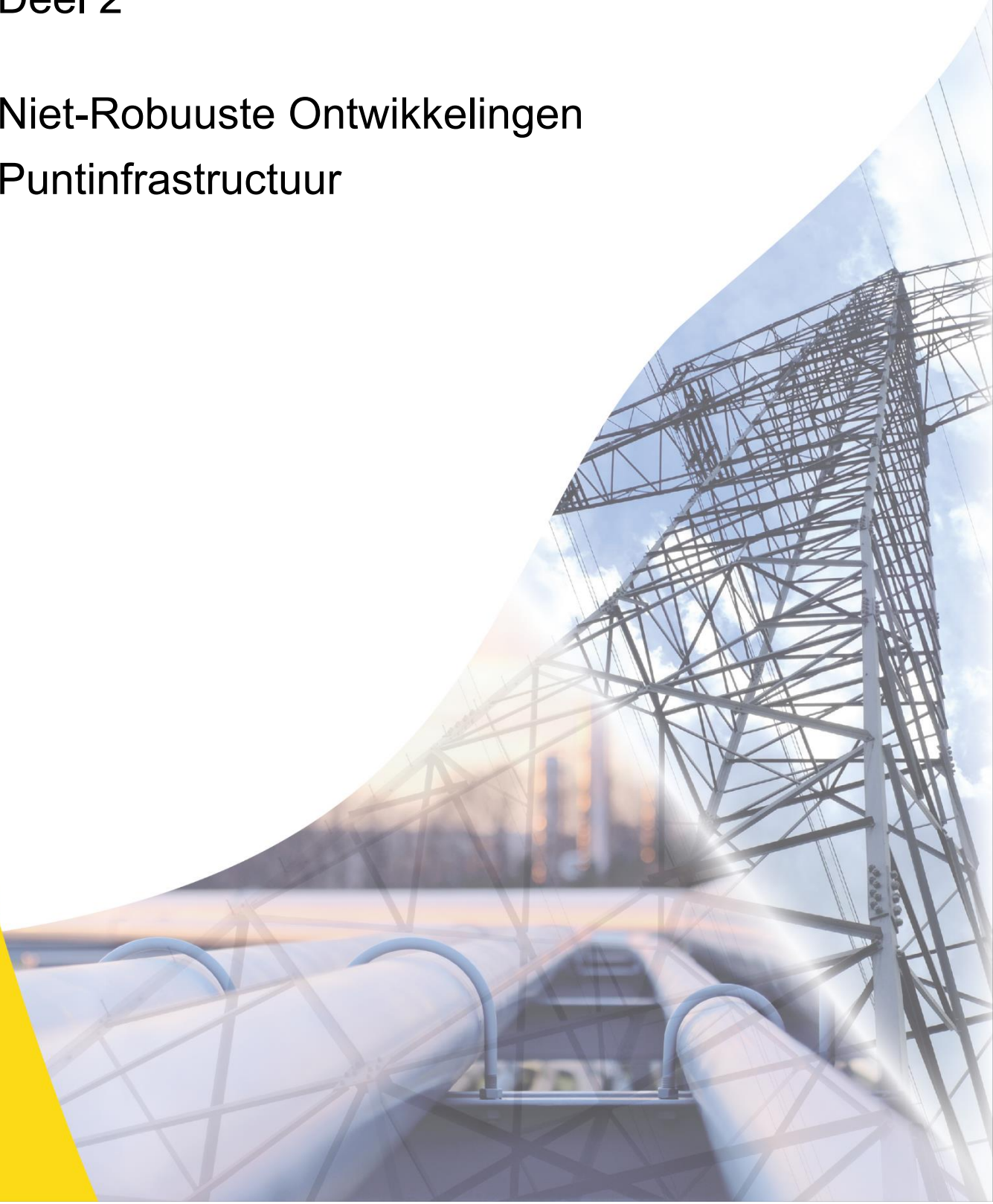
De in bovenstaande tabel opgenomen ontwikkelingen, zijn ontwikkelingen met ruimtebeslag. Omdat aangenomen wordt dat een nieuwe aansluitleiding in of nabij het huidige tracé kan worden aangelegd, is er sprake van een (relatief) gering ruimtebeslag (circa 5 meter breed). Er kan bij enkele knelpunten gekozen worden voor een ontwikkeling waarin er – vanuit het waterstofnetwerk bezien – geen ruimtebeslag is. Dit is het geval voor de robuuste knelpunten bij IJmuiden en Bergen op Zoom. Het geringe ruimtebeslag en de op nationale schaal geringe lengte van de robuuste ontwikkelingen voor waterstofverbindingen, maakt dat dit wordt beoordeeld als een kleine kans op effecten (aangeduid met lichtblauw). Dit geldt voor alle drie de lagen, zie Tabel 18.2. De bijna-robuste knelpunten Ommen–Twente en de verbindingen in Rotterdam zijn naast een ontwikkeling met ruimtebeslag (nieuwe verbinding), ook op te lossen door andere keuzes te maken. Voor Ommen–Twente betekent dit een andere keuze in de verdeling tussen de bestaande leidingen. Hiermee wordt een ruimtelijke ingreep voorkomen. Voor de verbindingen in de regio Rotterdam is de locatiekeuze van de elektrolyzers bepalend voor het optreden van de knelpunten. Als deze dicht bij het waterstofnetwerk worden geplaatst, is de lengte van een nieuwe aansluitleiding zo gering dat deze niet relevant is om te beoordelen in deze IEA. Deze keuze heeft echter wel gevolgen voor de elektriciteitsinfrastructuur. Door enerzijds mogelijke gevolgen voor de elektriciteitsinfrastructuur en anderzijds een nieuwe aansluitleiding is hier sprake van een middelgrote kans op effecten (middelblauw aanduiding, Tabel 18.2). Dit geldt voor alle drie de lagen.

Tabel 18.2 - Aanduiding waterstofinfrastructuur

Ontwikkeling	Aanduiding
Bij robuuste knelpunten waterstofinfrastructuur	1
Bij bijna-robuste knelpunten waterstofinfrastructuur	2

Deel 2

Niet-Robuuste Ontwikkelingen  
Puntinfrastructuur



## 19 Ontwikkelingen Diemen (niet-robust)

### 19.1 Omschrijving gebied en opgave

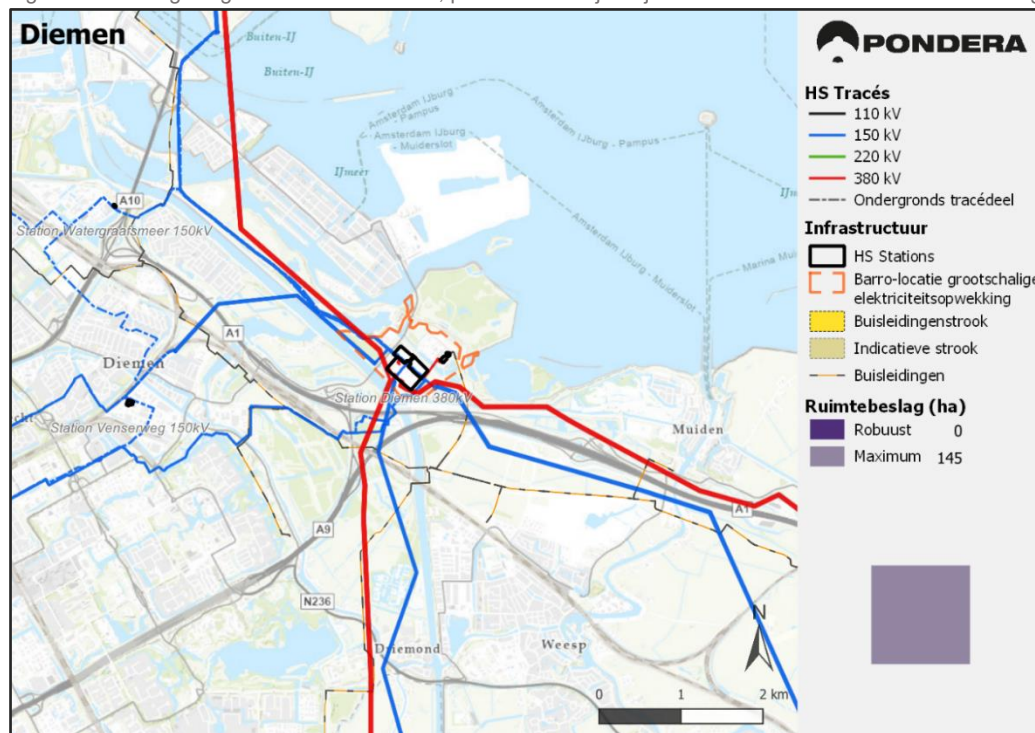
Bij Diemen is er geen robuust ruimtebeslag, enkel een maximum ruimtebeslag. Het maximale ruimtebeslag ontstaat bij structuurkeuze 1, optie 2 (diepe aanlanding windenergie op zee). In dat geval is er diepe aanlanding van windenergie op zee bij Diemen. Het gaat om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 19.1. Dit levert een totaal maximum ruimtebeslag op van circa 145 ha. Naast de ontwikkelingen hier beschreven en beoordeeld, wordt er rond 2030 in de omgeving het nieuwe 380kV-station Weesp voorzien (TenneT, 2022), zie hiervoor ook Bijlage XIV *Beschrijving 2030*.

Tabel 19.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Diemen

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Stations	0	20
Batterijen	0	55
Elektrolyser	0	55
Converterstation	0	15

De Barro-locatie biedt onvoldoende ruimte voor het ruimtebeslag van de ontwikkelingen. De locatie ligt op een eiland omsloten door het Amsterdam-Rijnkanaal, het IJmeer en de Muidertrekvaart. De locatie bestaat uit een groot deelgebied en twee kleine naastgelegen deellocaties (circa 1 ha) die voornamelijk bestaan uit water, waarvan er bij één een met aanlegsteiger voor pleziervaart. In totaal hebben de drie gebieden van deze Barro-locatie een oppervlak van circa 80 ha. Hierbinnen staan drie hoogspanningsstations en een elektriciteitscentrale. Hieronder volgt de beoordeling van de ontwikkelingen.

Figuur 19.1 - Omgeving Barro-locatie Diemen, parse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 19.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** De twee kleine deellocaties van de Barro-locatie bestaan grotendeels uit waterlichamen. Het grote deelgebied wordt voor een aanzienlijk deel gebruikt door de hoogspanningsstations en elektriciteitscentrales. Rondom de centrales ligt in het noordelijke deel van de locatie een gebied dat is aangeduid als landbouwgrond. Ten zuidoosten van de Barro-locatie ligt ook landbouwgebied. Het maximale ruimtebeslag heeft een grote kans op effecten op dit gebied omdat realisatie hiervan mogelijk ten koste gaat van deze functie. Binnen de locatie liggen enkele woningen en een PR10<sup>-6</sup>-risicocontour voor de opslag van afvalstoffen van de centrale. Buiten de Barro-locatie ligt direct ten noorden een klein bedrijventerrein met havenfaciliteit, met vlak bij een recreatiegebied in de vorm van een dunne strook. Ten noorden van deze strook ligt de woonkern IJburg op een kunstmatig eiland op circa 500 meter afstand van de Barro-locatie. De woonkern Diemen ligt ten westen van de locatie op een afstand van circa 1,5 km. Muiden, Weesp en Driemond liggen op vergelijkbare afstand in het oosten en zuiden. Tussen deze woonkernen en de locatie ligt met name landbouwgrond. Een deel hiervan wordt ingezet voor woningbouw in de toekomst. Noordoostelijk van de locatie ligt het IJmeer. Binnen een straal van 1 km rondom de locatie liggen circa 3.000 woningen en enkele kleine PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (propaantanks). De kans op effecten op de totale occupatielaag is als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). De reden hiervoor is kans op effecten op landbouw, recreatie en woonkernen.

**Effecten netwerklaag.** Binnen de Barro-locatie liggen twee 380kV-stations, een 150kV-station behorende bij twee gasgestookte (STEG) elektriciteitscentrales van Vattenfall die ook warmte leveren. Daarvoor lopen meerdere boven- en ondergrondse 380kV- en 150kV-verbindingen naar deze locatie vanuit het oosten, zuiden en noordwesten. Direct ten noorden en oosten grenst de locatie aan NNN-gebied en een primaire waterkering. Buiten de Barro-locatie liggen het Amsterdam-Rijnkanaal, het IJmeer en Muidertrekvaart. In het zuiden liggen de rijkswegen A1 en A9, een verkeersknooppunt, en spoorwegen. In het noordoosten en zuidwesten bestaat een groot deel van de directe omgeving uit NNN-gebied. De locatie en directe omgeving bieden m.b.t. netwerk(infrastructuur) (rijks-, spoor-, en waterwegen, waterkeringen, bestaande hoogspannings- en buisleidingen, ruimtebeslag en NNN-gebieden) zeer beperkt ruimte voor het maximale ruimtebeslag. De kans op effecten voor de totale netwerklaag is beoordeeld als groot (donkerblauwe aanduiding). De reden hiervoor is de grote omvang, en de beperkte mogelijkheid tot het verminderen van de effecten.

**Effecten ondergrondlaag.** Binnen de Barro-locatie ligt in het noorden een klein gebied dat is aangegeven als provinciaal monument en werelderfgoed (Hollandse Waterlinie). Verder wordt de locatie volledig omringd door de Hollandse Waterlinie. Uitbreiding van het gebied geeft een grote kans op effecten. Ook zijn er archeologische monumenten en aardkundige waarden in de omgeving aanwezig. Het gebied kent geen overstromingskans. Op korte afstand ligt noordoostelijk van de locatie een Natura 2000-gebied met vogelrichtlijnaanwijzing (Markermeer & IJmeer). In de directe omgeving liggen overstromingsgevoelige gebieden (0-1,6 meter). De locatie en directe omgeving is zettingsgevoelig (0,5-1+ m). Het is mogelijk de potentiële effecten hierop te verminderen. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is beoordeeld als groot (donkerblauwe aanduiding). De reden hiervoor is de aanwezigheid van werelderfgoed en aanwezigheid van Natura 2000.



### Samenvatting

In Tabel 19.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Grootste aandachtspunten zijn nabijheid van woonkernen, aanwezigheid van overige infrastructuur en dat komt samen in te weinig beschikbare ruimte. Ook is er een grote kans op effecten op Natura 2000-gebieden en werelderfgoed. Dit zijn belangrijke aandachtspunten waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van deze ontwikkelingen (grotendeels) niet haalbaar is op deze locatie.

Tabel 19.2 - Beoordeling lagen Diemen voor, stations, elektrolyzers, batterijen en converterstations

Laag	Duiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

## 20 Ontwikkelingen Geertruidenberg (niet-robust)

### 20.1 Omschrijving gebied en opgave

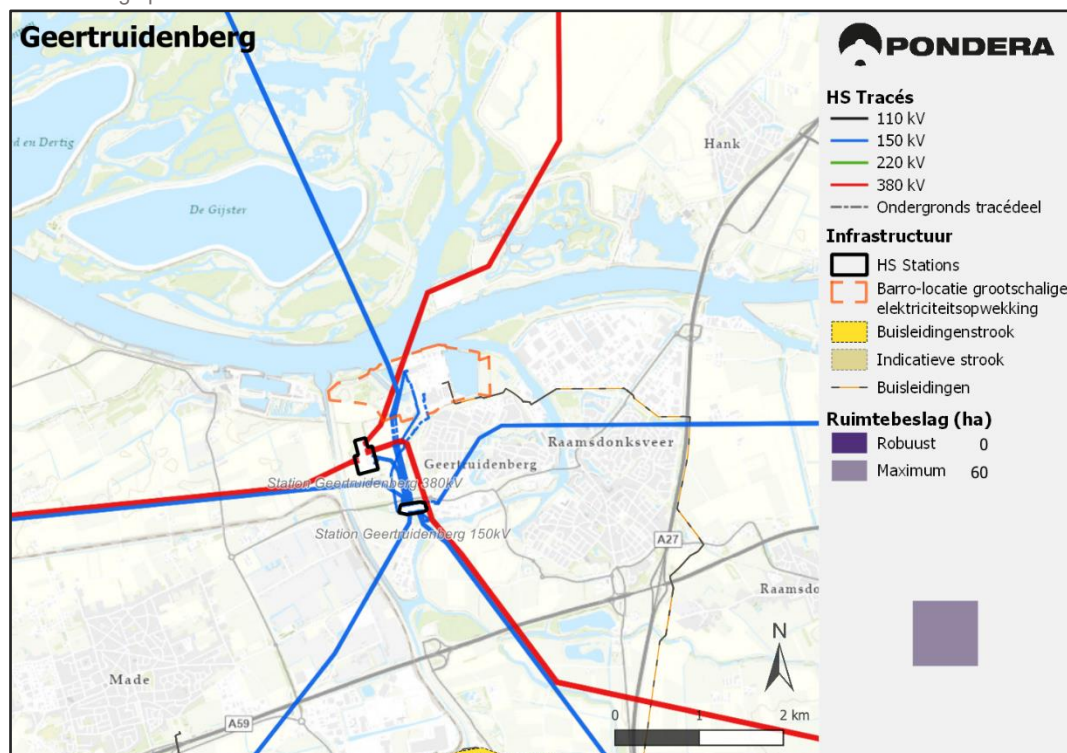
Bij Geertruidenberg is er geen robuust ruimtebeslag, enkel een maximum ruimtebeslag indien er aansluiting is van windenergie op zee (dit is niet in alle scenario's het geval). Het gaat om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 20.1. Dit levert een totaal maximum ruimtebeslag op van circa 60 ha.

Tabel 20.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Geertruidenberg

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
Stations	0	10
Converterstation	0	5
Batterijen	0	25
Elektrolyser	0	20

De Barro-locatie biedt onvoldoende ruimte voor het ruimtebeslag van de benodigde ontwikkelingen. De locatie ligt direct langs een vaarweg in het deltagebied waar het Hollandsch Diep zich opsplijst in de Nieuwe Merwede en de Bergsche Maas. Zuidelijk van Natura 2000-gebied de Biesbosch. De locatie bestaat uit één aaneengesloten gebied met daarin de kolengestookte Amercentrale van RWE. Binnen de locatie liggen zich koelwater- en havenfaciliteiten (waaronder een koeltoren). Vanaf de centrale lopen meerdere 150kV-verbindingen richting een 150kV-station ten zuiden van de Barro-locatie waar ook een 380kV-station ligt. Hieronder volgt de beoordeling van de ontwikkelingen.

Figuur 20.1 - Omgeving Barro-locatie Geertruidenberg, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## 20.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Binnen de Barro-locatie wordt de ruimte grotendeels benut door de Amer-centrale, bijbehorende faciliteiten waaronder een haven en koelwaterinstallaties. In het oosten en het westen liggen kleine landbouw gebieden en er bevindt zich één verblijfsobject binnen de Barro-locatie. In de directe omgeving, direct ten zuiden van de Barro-locatie, ligt de woonkern Geertruidenberg, in het oosten grenzend aan Raamsdonkveer. Direct westelijk van de locatie ligt de woonkern Drimmelen. Dit geeft een grote kans op effecten voor woonkernen. Rondom Geertruidenberg liggen ook enkele recreatiegebieden, evenals een bedrijventerrein. Hier is een kleine kans op effecten. Ten zuidwesten van de locatie liggen met name landbouwgronden waarin de twee hoogspanningsstations liggen. Dit fungeert ook als uitloopgebied voor de woonkernen in de omgeving. Op wat grotere afstand ligt een aanzienlijk kassencomplex. Binnen een straal van 1 km rondom de locatie liggen circa 3.400 woningen en drie PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van lpg-installaties. Naar verwachting is er een grote kans op effecten door invloed op de nabijgelegen woonkernen. De kans op effecten op de totale occupatielaag is als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Binnen de Barro-locatie staat een elektriciteitscentrale waar twee bovengrondse en drie ondergrondse 150kV-verbindingen liggen richting het nabijgelegen 150kV-station. Hier ligt ook het 380kV-station dichtbij. Vanaf deze twee stations lopen bovengronds zowel een 150kV- als 380kV-verbindingen door de Barro-locatie in noordelijke richting. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Daarnaast ligt er een primaire waterkering door de Barro-locatie. Dit geeft een kleine kans op effecten. In het oosten en het westen zijn er delen aangewezen als NNN-gebied. Hier is een middelgrote kans op effecten. De Barro-locatie, twee hoogspanningsstations en de woonkern Geertruidenberg zijn omringd door de waterwegen Amertak en Wilhelminakanaal, Donge en Noordergat, en de Bergsche Maas. Deze (netwerk)infrastructuren lopen door in de directe omgeving van de Barro-locatie. Het maximale ruimtebeslag van circa 60 hectare lijkt inpasbaar, maar dit kan ten koste gaan van andere ontwikkelingen en huidige bestemmingen in de directe omgeving van het Amergebied. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld vanwege het ruimtebeslag en de aanwezigheid van NNN-gebied en bovengrondse hoogspanningsinfrastructuur (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** Direct ten noorden van de locatie ligt het Natura 2000-gebied de Biesbosch met een vogel- en habitatrictlijnaanwijzing. De kans op effecten op het gebied is klein. Dit gebied is tevens aangewezen als werelderfgoed (Hollandse Waterlinie) en als landschappelijk gebied met aardkundige waarden. Door de ligging aan de overzijde van de rivier is hier een kleine kans op effecten. Binnen de woonkern Geertruidenberg ligt nog een locatie met archeologische monumenten en stads- en dorpsgezichten. Hier is een kleine kans op effecten. De locatie en omgeving kent een overstromingskans (1,5-2 m) en is licht zettingsgevoelig (<0,1 meter). Het is mogelijk de potentiële effecten hierop te verminderen waardoor er een kleine kans op effecten is. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is als kleine beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 20.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het grootste aandachtspunt is de nabije ligging van de woonkern van Geertruidenberg. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 20.2 - Beoordeling lagen Geertruidenberg voor, stations, elektrolyzers, batterijen en converterstations

Laag	Duiding
Occupatie	3
Netwerk	2
Ondergrond	1

## 21 Ontwikkelingen Maasbracht (niet-robust)

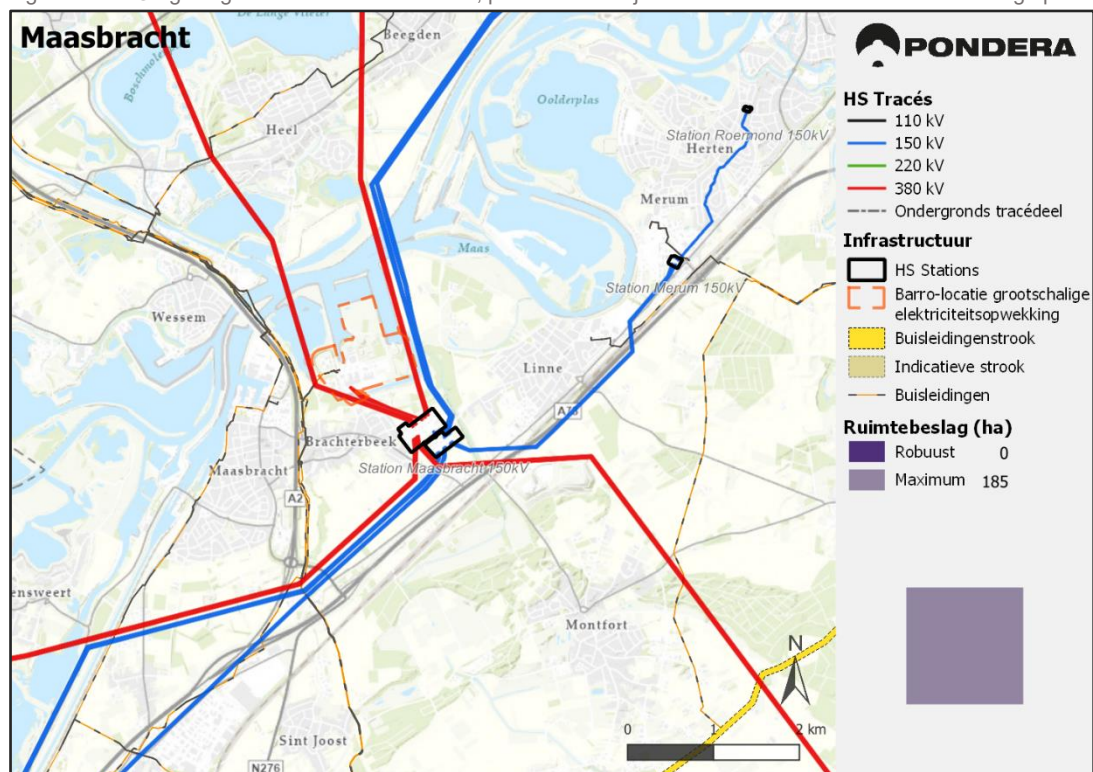
### 21.1 Omschrijving gebied en opgave

Bij Maasbracht is er geen robuust ruimtebeslag, enkel een maximum ruimtebeslag (met uitzondering van ruimte op het bestaande station voor een nieuwe verbinding (zie hoofdstuk 3). Het maximale ruimtebeslag ontstaat bij diepe aanlanding windenergie op zee (structuurkeuze 1). Het gaat om nieuwe ontwikkelingen van de onderdelen van energie-infrastructuur genoemd in Tabel 21.1. Dit levert een totaal maximum ruimtebeslag op van circa 185 ha.

Tabel 21.1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Maasbracht

Onderdeel	Robuust ruimtebeslag (ha)	Maximum ruimtebeslag (ha)
<b>Stations</b>	0	20
<b>Regelbare centrale</b>	0	10
<b>Batterijen</b>	0	85
<b>Elektrolyser</b>	0	55
<b>Converterstation</b>	0	15

Figuur 21.1 - Omgeving Barro-locatie Maasbracht, paarse vierkantjes = robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



De Barro-locatie biedt onvoldoende ruimte voor het maximale ruimtebeslag van de benodigde installaties. De Barro-locatie ligt direct langs een vaarweg (Maas) in een gebied met een relatief complexe combinatie van vaarwegen, plassen, havenfaciliteiten en andere waterlichamen. De locatie bestaat uit één aaneengesloten gebied van 81 ha waarin de gasgestookte (STEG) Clauscentrale van RWE zich bevindt. Binnen de locatie bevinden zich koelwaterfaciliteiten (waaronder twee koeltorens). Vanaf de centrale loopt een bovengrondse 380kV-verbinding richting een 380kV-station ten zuiden van de Barro-locatie waar ook een 150kV-station ligt.

## 21.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** Binnen de Barro-locatie wordt grofweg de helft van de ruimte benut door de Clauscentrale en bijbehorende faciliteiten. Te midden van deze faciliteiten liggen twee PR-10<sup>-6</sup>-contouren van gasinstallaties en enkele woningen. De overige ruimte bestaat met name uit open gras- en kleine bosgebieden die deels als landbouwgrond zijn aangemerkt. In de directe omgeving, ten oosten, zuiden en westen liggen de woonkernen Linne, Brachterbeek en Maasbracht. Tussen deze woonkernen en de Barro-locatie liggen voornamelijk landbouwgronden, een recreatiegebied (camping) en een bedrijventerrein. Bij het maximum ruimtebeslag is er een grote kans op effecten op landbouwgrond en recreatie. Ten noorden van de locatie, voorbij de Maas bevinden zich meerdere recreatieplassen en woonkernen in een omgeving van landbouwgronden. Binnen een straal van 1 km rondom de locatie liggen circa 1.250 woningen en een PR10<sup>-6</sup>-risicocontour van een gasinstallatie. De kans op effecten op de totale occupatielaag is als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). De reden hiervoor zijn kans op effecten op landbouw en recreatie.

**Effecten netwerklaag.** Binnen de Barro-locatie staat een elektriciteitscentrale waar een bovengrondse 380kV-verbinding vandaan loopt richting het zuidelijk gelegen Maasbracht 380kV-station, waar het Maasbracht 150kV-station direct naast ligt. Hiervandaan lopen in alle windrichtingen bovengrondse hoogspanningsverbindingen. Deze lopen direct langs de oost-, zuid- en westgrens van de Barro-locatie. Door de locatie lopen ook delen van de primaire waterkering van de Maas. De Barro-locatie grenst in het noorden aan de Maas en enkele havenfaciliteiten. De Maas en aftakkingen daarvan meanderen hier door het landschap waarbij veel waterlichamen zijn ontstaan. Direct in het westen grenst de locatie aan een NNN-gebied, die ook oostelijk en noordelijk van de locatie liggen. In het westen ligt op korte afstand ook een (gas)buisleiding en rijksweg A2. In het zuiden, net voorbij de hoogspanningsstations liggen rijksweg A73 en een spoorweg. De kans op effecten op de totale netwerklaag is als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). De reden hiervoor is de grote omvang van het benodigde ruimtebeslag.

**Effecten ondergrondlaag.** In de directe omgeving liggen enkele gebieden met archeologische monumenten, met name in of nabij de woonkernen Linne, Brachterbeek en Maasbracht. Ten oosten van de locatie is een gebied aangewezen als rijksmonument. Direct ten noorden van de Maas, en zuidelijk van de spoorweg is het landschap volledig aangemerkt als aardkundig waardevol. De locatie en directe omgeving kennen een overstromingskans met een waterdiepte van 1,5-2 m en is beperkt zettingsgevoelig (<0,1 meter). Het is mogelijk de potentiële effecten hierop te verminderen. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag is als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). De reden hiervoor is de verspreide ligging van aardkundige waarden en rijksmonumenten.

### Samenvatting

In Tabel 21.2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het grootste aandachtspunt is het grote benodigde ruimtebeslag, waardoor er geen combinatie met andere functies mogelijk is. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 21.2 - Beoordeling lagen Maasbracht voor stations, elektrolyzers, batterijen en converterstations

Laag	Duiding
Occupatie	3
Netwerk	2
Ondergrond	2

## 22 Ontwikkelingen batterijen (niet-robust)

### 22.1 Omschrijving locaties en opgave

#### Locaties niet-robuste ontwikkelingen batterijen

De locaties die in dit hoofdstuk worden besproken hebben als niet-robuste ontwikkeling de plaatsing van batterijen. Op locaties waar ook aanlanding van windenergie op zee is voorzien is het vanuit technisch en ruimtelijk perspectief logisch om ook batterijen te realiseren om te zorgen voor een efficiënt gebalanceerd energiesysteem. In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld. Hierdoor kan het zijn dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem bezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft, worden deze locaties in dit hoofdstuk wel beoordeeld voor het thema Milieu & Ruimte.

In de verschillende scenario's zijn batterijen geplaatst nabij hoogspanningsstations om extra infrastructuur (verbindingen en HS-stations) te vermijden. In dit hoofdstuk wordt de plaatsing van batterijen bij hoogspanningsstations (110kV, 150kV, 220kV en 380kV) beoordeeld waar dit een oplossingsrichting is. Op deze locaties vormen batterijen een niet-robuste ontwikkeling (in tegenstelling tot hoofdstuk 16, waar het gaat om robuuste ontwikkelingen). Het beoordeelde ruimtebeslag geldt daarmee als maximum.

Per locatie staat het maximale ruimtebeslag van de ontwikkelingen in Tabel 22.1. De inpassingsmogelijkheden hiervan worden bekeken aan de hand van de drie lagen. Eerst is er per locatie een omschrijving van elke laag. Daarna volgt per laag een beoordeling waarbij de kans op effecten wordt aangeduid.

Tabel 22.1 - Locaties (rondom hoogspanningsstations) met batterijen als niet-robuste ontwikkeling

Locaties	Maximum ruimtebeslag (ha)
Winsum Ranum 110kV	15
Zeewolde 150kV	10
Dronten 150kV	15
Vijfhuizen 150kV	10
Westdorpe 150kV	10
Meeden 110kV	10
Burgum 110kV	5
Moerdijk 150kV*	5
Anna Paulowna 150kV	15

\* Bij Moerdijk is in Bijlage XV *Verschillen- en gevoeligheidsanalyse* uitgebreid ingegaan op ruimtebeslag bij aanlanding van windenergie op zee op deze locatie. Het maximum ruimtebeslag is dan veel groter.

## 22.2 Beoordeling

In Tabel 22.2 staat een korte beschrijving van elke locatie en de directe omgeving waarin batterijen kunnen worden geplaatst. De beoordeling en effectaanduiding van de drie-lagenbenadering staat in Tabel 22.3, inclusief aandachtspunten die hierbij naar voren komen. Kaarten van deze locaties zijn opgenomen in Bijlage A.

Tabel 22.2 - Korte omschrijving van de locatie en directe omgeving voor ontwikkeling batterijen (niet-robuust)

Locaties	Omschrijving zoekgebied batterijen
<b>Winsum Ranum 110kV</b>	Dit station ligt in een open agrarisch landschap. In de directe omgeving liggen de woonkernen Baflo, Obergum en Eenrum met verspreid in het landschap woningen (boerderijen). Bij deze woonkernen liggen meerdere kleine recreatiegebieden en enkele bedrijventerreinen. Op enkele plaatsen bevindt zich ook een klein bosgebied. Vanaf het 110kV-station loopt een bovengronds 110kV-verbinding richting het zuiden. Circa 1 km ten westen van het 110kV-station loopt een spoorweg. Op iets grotere afstand liggen ten noorden en zuiden twee vaarwegen (Kanaal Baflo-Mensingeweer, Mensingeweesterloopdiep). Vrijwel direct ten westen van de locatie bevinden zich drie gebieden met archeologische- en rijksmonumenten. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,01-0,3 m). De locatie en directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Zeewolde 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een open agrarisch landschap op de grens van een bosgebied. In de directe omgeving liggen enkele recreatiegebieden te midden van het bosgebied zich zuidelijk van het station bevindt. Er liggen acht PR10 <sup>6</sup> -contouren (gewasbescherming-, propaan-, lpg-faciliteiten) in de omgeving waarvan er zes binnen het bedrijventerrein ten oosten van de locatie liggen. De landbouwgronden waarin het station ligt, worden van het bosgebied gescheiden door een waterweg direct zuidelijk van de stationslocatie (Hoge Vaart). Naar het station lopen drie bovengrondse 150kV-verbindingen in noordoostelijke, en zuidwestelijke richting. De bosgebieden zijn aangemerkt als NNN-gebied maar hebben een korte ontwikkelingsduur. Landschappelijke aardkundige waarden zijn aanwezig in de gehele omgeving. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,01-0,3 m). De locatie en directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Dronten 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een voornamelijk open agrarisch landschap in een dunne strook bosgebied direct langs een waterweg. In de directe omgeving bevinden zich meerdere stukken bosgebied. De woonkern Dronten ligt ten oosten van de locatie met aangrenzend meerdere recreatiegebieden. In het noorden, zuiden en westen liggen voornamelijk open landbouwgronden. Direct zuidelijk van het 150kV-station ligt een bovengronds 150kV-tracé, direct noordelijk een vaarweg (Lage Vaart). De strook bosgebieden waarin het station ligt is aangewezen als NNN-gebied maar hebben een korte ontwikkelingsduur. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,01-0,3 m). De locatie en directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Vijfhuizen 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt tussen een bedrijventerrein en rijksweg A9 in een voornamelijk agrarisch landschap. In de directe omgeving liggen meerdere recreatiegebieden, bedrijventerreinen en enkele gebieden met bos. Direct ten oosten van het station ligt een bedrijventerrein, met op grotere afstand de woonkern Zwanenburg. De woonkern Haarlem ligt ten westen van de stationslocatie. In de directe omgeving liggen 18 PR10 <sup>6</sup> -contouren (propaan-, en lpg-faciliteiten). Het 150kV-station ligt direct naast een 380kV-station. Tussen de twee stations lopen ondergrondse 150kV-verbindingen, die ook in oostelijke, zuidelijke en westelijke richting de omgeving in lopen. Vanuit het noorden komt een bovengronds 380kV-verbinding aan op het station. In zuidelijke richting loopt een ondergronds 380kV-tracé. Noordelijk van de locatie loopt een vaarweg (Ringvaart van de Haarlemmermeerpolder (noordelijk gedeelte)), met daarachter een rijksweg (A200) met verkeersknooppunt en spoorweg. Ten oosten loopt de rijksweg A9 met daarachter een (gas)buisleidingenstrook. Ten noorden van de spoorweg is het landschap als NNN-gebied aangewezen. Zowel ten noorden als ten zuiden van de locatie ligt ook een NNN-gebied. De locatie en directe omgeving zijn grotendeels aangewezen als werelderfgoed (Stelling van Amsterdam). Noordelijk van de locatie liggen gebieden met landschappelijk aardkundige waarden en gebieden met archeologische- en provinciale monumenten. De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,01-1 m). De locatie en directe omgeving lijken beperkt ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.



Locaties	Omschrijving zoekgebied batterijen
<b>Westdorpe 150kV</b>	Dit 150kV-station ligt in een relatief complexe omgeving direct ten westen van een waterweg en Barro-locatie. De locatie is omsloten door landbouwgronden waarin verschillende industriële bedrijventerreinen en havenfaciliteiten liggen. Noordelijk van de locatie ligt de woonkern Sluiskil waar ook een recreatiegebied bij ligt. Oostelijk van de vaarweg liggen ook enkele kassen en gebieden met bos. In de directe omgeving liggen elf PR10 <sup>-6</sup> -contouren (propaan-, biogas- en lpg-faciliteiten). Naar het station lopen drie 150kV-verbindingen, waarvan één ondergronds richting de Barro-locatie in het oosten. De twee bovengrondse verbindingen lopen in westelijke richting waar ze een spoorweg kruisen. Zuidelijk van de locatie ligt een (gas)buisleiding en direct oostelijk een vaarweg (Zijkanaal D van het Kanaal van Gent naar Terneuzen). De locatie en directe omgeving zijn zettingsgevoelig (0,01-0,3 m). De locatie en directe omgeving lijken beperkt ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Meeden 110kV</b>	Dit 110kV-station ligt in een voornamelijk open agrarisch gebied en is een knooppunt voor verschillende (netwerk)infrastructuren. De directe omgeving bestaat vrijwel volledig uit landbouwgronden, met in de nabijheid van de stationslocatie enkele bosgebieden. De woonkern Meeden ligt ten noordwesten van de locatie, waaraan enkele recreatiegebieden grenzen. Naast het station ligt ook een 220kV- en 380kV-station. In totaal lopen hier zes 110kV-verbindingen naartoe, waarvan twee ondergronds. Twee hiervan lopen in oostelijke en zuidelijke richting parallel aan bovengrondse 380kV-verbindingen, waarvan er ook een in noordelijke richting loopt. Parallel aan het noordelijke 380kV-verbinding ligt ook een 220kV-verbinding. Direct ten westen van de stationslocatie loop een (gas)buisleidingenstrook in noord-zuid richting. Ten noorden van de locatie ligt een gebied met landschappelijk aardkundige waarden en een archeologisch monument. De locatie en directe omgeving zijn beperkt zettingsgevoelig (0,005-0,1 m). De locatie en directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Burgum 110kV</b>	Deze stations liggen binnen een Barro-locatie direct noordelijk van het Burgemer Mar (waterplas) in een voornamelijk agrarische omgeving. Direct ten oosten loopt de waterweg Kuikhornstervaart. In de omgeving liggen de woonkernen Burgum, Noardburgum en Jistrum. Op korte afstand liggen in het noorden twee recreatiegebieden. De locatie wordt omsloten door NNN-gebieden met ten hoogste een middellange ontwikkelingsduur. Vanuit noordelijke richting komen verschillende bovengrondse 110kV- en 220kV-verbindingen aan op de locatie. De gehele omgeving is aangewezen als Nationaal Landschap. Binnen de Barro-locatie is een aanzienlijk gebied ingevuld met een zonnepark. In de directe omgeving liggen gebieden met een middelgrote en grote overstromingskans (tot 1 m) en de locaties is zettingsgevoelig (0,01-0,1 m). De locatie en de directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Moerdijk 150kV</b>	Dit station ligt binnen een Barro-locatie in een zeer complexe industriële omgeving. De locatie grenst direct zuidelijk aan het Hollandsch Diep en is omringd door landbouwgronden met in de directe omgeving meerdere woonkernen (Moerdijk, Klundert, Zevenbergen) en recreatiegebieden. Binnen de Barro-locatie liggen verschillende PR10 <sup>-6</sup> -contouren (installatie en inrichting) en is beperkt ruimte beschikbaar. Met name de (netwerk)infrastructuur maakt deze locatie zeer complex. Er loopt een groot aantal (gas)buisleidingen naar deze Barro-locatie, evenals een 150kV-verbinding waarlangs ook een 380kV-verbinding loopt en spoorwegen. De locatie wordt omringd door een primaire waterkering en kleine NNN-gebieden. Direct ten zuiden ligt een rijksweg (A17/A59) en een kleine vaarweg (Rode Vaart-Noord). Het Hollandsch Diep en het gebied te noorden daarvan is aangemerkt als Natura 2000-gebied en Nationaal Landschap, waar ook landschappen met aardkundige waarden liggen. De directe omgeving laat een overstromingskans (<0,5-5,0 m) zien en de locatie is zettingsgevoelig (0,1-1 m). De locatie en de directe omgeving lijken beperkt ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.
<b>Anna Paulowna 150kV</b>	Dit station ligt in een open agrarisch landschap met bollenteelt. In de directe omgeving liggen de woonkernen Julianadorp, Breezand en Anna Paulowna. Daarnaast zijn er lintbebouwing <sup>8</sup> en verspreide woningen in het agrarisch landschap aanwezig. Nabij het station ligt een provinciale weg en de vaarweg Noord-Hollands Kanaal. Ook ligt er een buisleidingenstrook ten zuiden van het station. Op enkele plaatsen bevindt zich ook een klein bosgebied. De locatie en directe omgeving lijken voldoende ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van de batterijen.

<sup>8</sup> Lintbebouwing bestaat uit een langgerekte lijn van veelal vrijstaande bebouwing langs een weg, rivier of kanaal.

Tabel 22.3 - Beoordeling voor ontwikkeling batterijen (niet-robust)

Locatie	Beoordelingslaag	Omschrijving	Aanduiding
<b>Winsum Ranum 110kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag gaat mogelijk wel ten koste van landbouwgrond in de directe omgeving.	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten. De reden hiervoor is de zeer beperkte aanwezigheid van bestaande (netwerk)infrastructuren in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten. De ontwikkeling heeft naar verwachting een kleine kans op effecten op alle aspecten van de ondergrondlaag.	1
<b>Zeewolde 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag gaat mogelijk wel ten koste van landbouwgrond in de directe omgeving.	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten. De reden hiervoor is de zeer beperkte aanwezigheid van bestaande (netwerk)infrastructuren in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten. De reden hiervoor is de zeer beperkte aanwezigheid van relevante ondergrondaspecten in de directe omgeving.	1
<b>Dronten 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag gaat mogelijk wel ten koste van landbouwgrond in de directe omgeving.	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten. De reden hiervoor is de zeer beperkte aanwezigheid van bestaande (netwerk)infrastructuren in de directe omgeving.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten. De reden hiervoor is de zeer beperkte aanwezigheid van relevante ondergrondaspecten in de directe omgeving.	1
<b>Vijfhuizen 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten. Er is aansluiting bij een bestaand bedrijventerrein.	1
	Netwerk	Er is een middelgrote kans op effecten. De reden hiervoor is de aanwezigheid van verschillende boven- en ondergrondse hoogspanningsverbindingen, rijkswegen en verkeersknooppunten, en een waterweg die de ruimtelijke inpassing bemoeilijken.	2
	Ondergrond	Er is een middelgrote kans op effecten. De reden hiervoor is de werelderfgoedstatus van de locatie en een groot deel van de directe omgeving (Stelling van Amsterdam).	2
<b>Westdorpe 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten. Aandachtspunt is een risicocontour op enige afstand.	1
	Netwerk	Er is een middelgrote kans op effecten. De reden hiervoor is de aanwezigheid van verschillende boven- en ondergrondse hoogspanningsverbindingen, een (gas)buisleiding en een spoorweg.	2
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten. De reden hiervoor is de zeer beperkte aanwezigheid van relevante ondergrondaspecten in de directe omgeving.	1
<b>Meeden 110kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag gaat mogelijk wel ten koste van landbouwgrond in de directe omgeving.	1
	Netwerk	Er is een middelgrote kans op effecten. De reden hiervoor is de aanwezigheid van verschillende boven- en ondergrondse hoogspanningsverbindingen, en een (gas)buisleiding.	2
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten. De reden hiervoor is de zeer beperkte aanwezigheid van relevante ondergrondaspecten in de directe omgeving.	1

Locatie	Beoordelingslaag	Omschrijving	Aanduiding
<b>Burgum 110/220kV</b>	Occupatie	Het betreft voornamelijk een open agrarisch gebied dat voldoende ruimte biedt. Het ruimtebeslag gaat mogelijk wel ten koste van landbouwgrond in de directe omgeving.	1
	Netwerk	Het gebied wordt omsloten door NNN-gebied en direct ten oosten loopt een waterweg. Vanwege het beperkte ruimtebeslag is de kans op effecten klein.	1
	Ondergrond	Er is een middelgrote kans op effecten. Het gehele gebied is aangeduid als Nationaal Landschap, en er zijn gebieden met overstromingskansen (0-0,7 meter). De effecten hierop zijn naar verwachting te beperken. Vooral lokaal is er een negatief landschappelijk effect.	2
<b>Moerdijk 150kV</b>	Occupatie	Er is een kleine kans op effecten. Ondanks de vele aanwezige gebruiksfuncties bestaat een deel van de directe omgeving uit open agrarisch gebied. De Barro-locatie Moerdijk bestaat uit industrieel gebied	1
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten. Bestaande (gas)buisleidingen, 380kV- en 150kV-verbindingen, waterwegen, rijkswegen, spoorwegen, primaire waterkeringen en NNN-gebieden zowel binnen de Barro-locatie als de directe omgeving vormen een ruimtelijke beperking. Echter, vanwege het beperkte ruimtebeslag is de kans op effecten klein.	1
	Ondergrond	Er is een middelgrote kans op effecten. De locatie en directe omgeving zijn overstromingsgevoelig (0-1,3 meter) waarvoor mogelijk extra maatregelen getroffen moeten worden. Vooral lokaal is er een negatief landschappelijk effect.	2
<b>Anna Paulowna 150kV</b>	Occupatie	Er is een middelgrote kans op effecten. Er is in de omgeving veel agrarisch grondgebruik (bollenteelt). Direct ten zuiden van de locatie is een Gasunie locatie met een risicocontour.	2
	Netwerk	Er is een kleine kans op effecten. Er zijn een buisleidingenstrook, vaarweg en bestaande 150kV-verbindingen (ondergronds en bovengronds) aanwezig in de omgeving, maar deze worden niet belemmerd door de ontwikkelingen.	1
	Ondergrond	Er is een kleine kans op effecten. De omgeving heeft geen aandachtspunten vanuit de ondergrondlaag.	1

## 23 Ontwikkelingen batterijen en elektrolyzers (niet-robust)

### 23.1 Omschrijving locaties en opgave

In de doorrekeningen zijn batterijen (zie tekstkader vorig hoofdstuk m.b.t. locaties batterijen) en elektrolyzers geplaatst nabij hoogspanningsstations om extra infrastructuur te vermijden (zie ook vorige hoofdstukken). In dit hoofdstuk wordt de plaatsing van batterijen en elektrolyzers bij locaties van hoogspanningsstations (110kV, 150kV, 220kV en 380kV) beoordeeld waar beide ontwikkelingen (batterijen en elektrolyzers) naast elkaar worden toegepast. Deze knelpunten en ontwikkelingen zijn niet-robust en spelen alleen voor het maximum ruimtebeslag. Dit is alleen relevant voor de locatie Lelystad, zie Tabel 23.1 voor het ruimtebeslag.

Tabel 23.1 - Locatie (rondom hoogspanningsstation) met ontwikkeling batterijen en elektrolyzers (niet-robust)

Locatie	Maximum ruimtebeslag batterijen (ha)	Maximum ruimtebeslag elektrolyzers (ha)
Lelystad 150/380kV	5	5

### 23.2 Beoordeling

In Tabel 23.2 staat een korte beschrijving de locatie Lelystad en de directe omgeving waarin batterijen kunnen worden geplaatst. De beoordeling en effectaanduiding staat in Tabel 23.3, inclusief aandachtspunten die hierbij naar voren komen. Kaarten zijn opgenomen in Bijlage A.

Tabel 23.2 - Korte omschrijving locatie en directe omgeving voor ontwikkeling batterijen en elektrolyzers (niet-robust)

Locaties	Omschrijving zoekgebied batterijen
Lelystad 150/380kV	Het 150kV- en 380kV-station liggen binnen een Barro-locatie ten noorden van Lelystad in een omgeving met een open karakter en agrarisch grondgebruik. Een deel van de Barro-locatie ligt in het IJsselmeer (NNN-, en Natura 2000-gebied), waar een klein kunstmatig eiland een energiecentrale en zonnepark huisvest. Het tweede deel van deze Barro-locatie ligt op land, direct grenzend aan de primaire waterkering van het IJsselmeer en tussen de rijksweg A6. In de directe omgeving liggen enkele kleine waterwegen. Op het 150kV- en 380kV-station komen ieder twee bovengrondse verbindingen aan. De gehele omgeving op land is aangewezen als gebied met aardkundige waarde. In noordoostelijke richting ligt een gebied dat is aangewezen als archeologisch monument. De locatie en de directe omgeving lijken voldoende fysieke ruimte te bieden voor het ruimtebeslag van batterijen en elektrolyzers. Naast de ontwikkeling van batterijen die hier beschreven en beoordeeld wordt, wordt er rond 2030 in de omgeving een nieuw 380kV-station vanwege een klantvraag voorzien (TenneT, 2022), zie hiervoor ook Bijlage XIV <i>Beschrijving 2030</i> .

Tabel 23.3 - Beoordeling voor ontwikkeling batterijen (niet-robust)

Locaties	Aandachtspunten drie-lagenbenadering	Aanduiding
Lelystad Occupatie	Het betreft voornamelijk een open agrarisch gebied dat voldoende ruimte biedt.	1
Netwerk	Het gebied wordt omsloten door een primaire waterkering, een rijksweg en enkele kleine waterwegen.	2
Ondergrond	De locatie en directe omgeving zijn aangewezen als gebied met aardkundige waarden waarvoor mogelijk extra maatregelen getroffen moeten worden. Het deel in het IJsselmeer ligt in Natura 2000-gebied. Vooral lokaal is er een negatief landschappelijk effect. De effecten zijn naar verwachting goed te beperken.	2

## 24 Ontwikkelingen elektrolyzers (niet-robuust)

### 24.1 Omschrijving locaties en opgave

In de doorrekeningen zijn elektrolyzers geplaatst nabij hoogspanningsstations om extra infrastructuur te vermijden. In dit hoofdstuk wordt de plaatsing van elektrolyzers op locaties van hoogspanningsstations (110kV, 150kV, 220kV en 380kV) beoordeeld waar dit een ontwikkeling is. Op deze locaties is er behoefte aan waterstofproductie als (niet-robuust) knelpunt en hierbij zijn er geen knelpunten van andere punt-infrastructuur. Dit knelpunt en de ontwikkeling van elektrolyzers zijn niet-robuust en spelen alleen voor het maximum ruimtebeslag. Dit is alleen relevant voor de locatie 110kV-station Marnezijl bij Bolsward, zie Tabel 24.1 voor het ruimtebeslag.

Tabel 24.1 - Locatie (rondom hoogspanningsstations) met ontwikkeling elektrolyzers (niet-robuust)

Locaties	Maximum ruimtebeslag (ha)
Marnezijl 110kV (Bolsward)	5

### 24.2 Beoordeling

In Tabel 24.2 staat een korte beschrijving van de locatie Marnezijl en de directe omgeving waarin batterijen kunnen worden geplaatst. De beknopte beoordeling en effectaanduiding staat in Tabel 24.3, inclusief aandachtspunten die hierbij naar voren komen. Kaarten zijn opgenomen in Bijlage A.

Tabel 24.2 - Korte omschrijving van de locatie en directe omgeving

Locatie	Omschrijving zoekgebied elektrolyzers
Marnezijl 110kV (Bolsward)	Station Marnezijl ligt aan de westzijde van Bolsward en ligt tussen twee bedrijventerreinen (oost- en westzijde. Ook liggen een provinciale weg en rijksweg A7 bij het station. De omgeving rondom de woonkern Bolsward bestaat uit agrarisch grondgebied, overwegend grasland, met verspreide woningen. Ten zuiden van de A7 ligt het Nationaal Landschap Zuidwest Friesland.

Tabel 24.3 - Beoordeling voor ontwikkeling elektrolyzers (niet-robuust)

Locaties	Omschrijving	Aanduiding
Marnezijl 110kV Occupatie	Woonkern Bolsward in de nabijheid, daarnaast een bedrijventerrein en open agrarisch gebied. Kleine kans op effecten.	1
Netwerk	Rijksweg A7 en aan noordzijde van station bovengrondse hoogspanningsverbinding. Ruimtebeslag van de ontwikkeling is beperkt, hierdoor een kleine kans op effecten.	1
Ondergrond	Enkele archeologisch bekende waarden in de omgeving, zuidelijk van A7 Nationaal Landschap Zuidwest Friesland, dit is te vermijden. Kleine kans op effecten.	1

Deel 3

Niet-Robuuste Ontwikkelingen  
Verbindingen



## 25 Ontwikkeling verbinding Beverwijk–Oostzaan 380kV (niet-robuust)

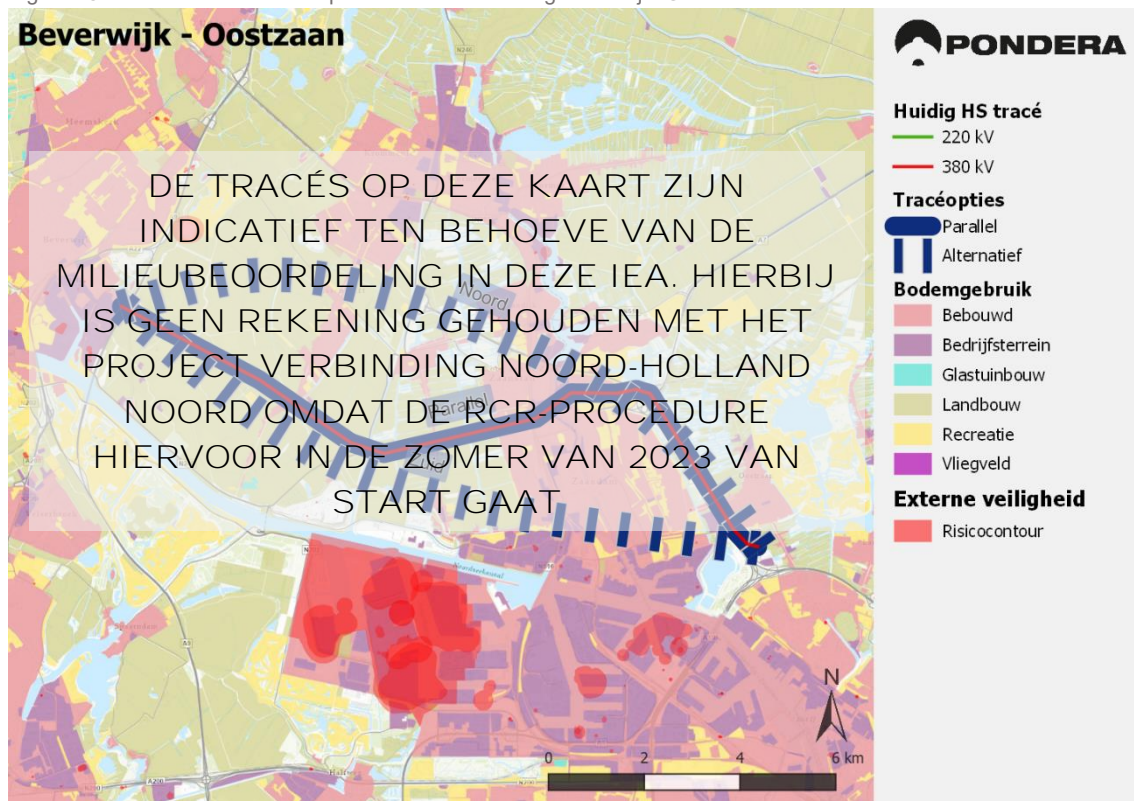
### 25.1 Beschrijving verbinding Beverwijk–Oostzaan

#### Verbinding(en) Noord-Holland Noord

Na het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA gaat de RCR-procedure voor de verbinding(en) Noord-Holland Noord van start (zomer 2023). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure.

De bovengrondse 380kV-verbinding Beverwijk–Oostzaan (BVW-OZN) ligt in het poldergebied tussen Beverwijk en Zaandam en doorkruist Zaandam richting 380kV-station Oostzaan dat aan de zuidkant van Oostzaan ligt. Het landschap is enerzijds agrarisch grasland in de polder en anderzijds stedelijk gebied rondom Zaandam. Het grasland is deels ook aangewezen als Natura 2000-gebied: Polder Westzaan en Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske. Er zijn hieronder drie tracéopties (Figuur 25.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 25.1 - Verschillende tracéopties voor de verbinding Beverwijk–Oostzaan



#### (1) Beverwijk–Oostzaan parallel

Vanuit 380kV-station Beverwijk ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding richting Oostzaan. Hierbij wordt de Westerpolder gekruist en ligt de tracéoptie ten zuiden van Assendelft.

Vervolgens kruist de tracéoptie Natura 2000-gebied Polder Westzaan en betreedt daarna het stedelijk van

Zaandam tot aan knooppunt Zaandam van de rijkswegen A7 en de A8. De tracéoptie ligt vervolgens oostelijk parallel aan de rijksweg A8 in Natura 2000-gebied Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske in zuidelijke richting tot aan 380kV-station Oostzaan. Hierbij wordt ook stedelijk gebied van Oostzaan gekruist. De lengte van de tracéoptie is circa 15 km, wat een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup> betekent.

#### (2) Beverwijk–Oostzaan noordzijde

De tracéoptie aan de noordzijde van de bestaande 380kV-verbinding ligt nabij Beverwijk in agrarisch grasland en gaat tussen de woonkernen Assendelft en Delftbuurt door. Bij het bereiken van de rijksweg A8 volgt de tracéoptie deze weg parallel richting 380kV-station Oostzaan. Hierbij kruist de tracéoptie zo min mogelijk stedelijk gebied in Koog aan de Zaan en beperkt de kruising van Natura 2000-gebied Polder Westzaan. Vanaf verkeersknooppunt Zaandam ligt de tracéoptie parallel met de bestaande 380kV-verbinding. De lengte van de tracéoptie is circa 15 km, wat een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup> betekent.

#### (3) Beverwijk–Oostzaan zuidzijde

Vanuit 380kV-station Beverwijk ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande verbinding tot aan de zuidzijde van Assendelft. Daar gaat de tracéoptie richting het Noordzeekanaal zoveel mogelijk om Natura 2000-gebied Polder Westzaan heen. Daarna kruist de tracéoptie de zuidkant van Zaandam waar veel havenactiviteiten aanwezig zijn. De tracéoptie passeert aan de noordzijde de Noorder IJplas en landt aan bij 380kV-station Oostzaan. De lengte van de tracéoptie is circa 15 km, wat een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 25.2 Beoordeling

#### (1) Beverwijk–Oostzaan parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt voor een deel in stedelijk gebied van Zaandam. Dit dichtbebouwde gebied is lastig te vermijden, hierdoor is er een grote kans op effecten die lastig te mitigeren zijn. Ook ligt een deel in agrarisch grasland. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er ligt één PR10<sup>-6</sup>-risicocontour nabij de tracéoptie. Er worden twee recreatiegebieden (wandergebieden) aan de randen van Zaandam gekruist. De (extra) effecten op deze recreatieve functies zijn klein omdat de tracéoptie hier parallel ligt aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. De bebouwing heeft een grote kans op effecten die lastig te mitigeren zijn. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande 380kV-verbinding. Daarnaast is er een deel paralleligging met een spoorweg tussen Zaandam en Purmerend en de rijksweg A8. Verder worden de rijkswegen A7, A8 en A9, een buisleidingenstrook en tweemaal een spoorweg gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 15 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup>. Deze ruimte is niet beschikbaar in het stedelijk gebied van Zaandam, hier is een grote kans op effecten die lastig te mitigeren zijn. Er wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 30%) NNN-gebieden gekruist nabij Beverwijk, Westzaan en Oostzaan, waaronder weidevogelgebied. Door de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding is de kans op (extra) effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de beperkte ruimte in stedelijk gebied.



**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zeer zettingsgevoelig over het hele tracé (>0,5 m) voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Natura 2000-gebieden Polder Westzaan en IJperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske worden beiden gekruist. Bij de eerstgenoemde gaat de verbinding middendoor het gebied, voor de tweede is het beperkt tot de westrand van het gebied. Hier is een grote kans op effecten. Deze gebieden zijn ook aangewezen als aardkundig waardevol en als provinciaal weidevogelbroedgebied. Er worden enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW is beperkt. Nabij Beverwijk wordt Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam en het nog relatief gave slagenlandschap ten westen van Zaandam gekruist (Bijzonder Provinciaal Landschap). Ondanks het parallel lopen aan de bestaande verbinding is de kans op landschappelijke effecten groot. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 25.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het stedelijk gebied, de beperkte ruimte en de doorkruising van de Stelling van Amsterdam zijn belangrijke aandachtspunten waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van deze verbinding op de wijze als hierboven aangegeven (bovengronds tracé) niet haalbaar is.

Tabel 25.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Beverwijk–Oostzaan parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

#### (2) Beverwijk–Oostzaan noordzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt voor een deel in stedelijk gebied van Koog aan de Zaan. Dit dichtbebouwd gebied is lastig te vermijden, hierdoor is er een grote kans op effecten die moeilijk te mitigeren zijn. Ook ligt een deel in agrarisch grasland. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen zes PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie. Dit zijn risicocontouren met een kleine omvang en er is naar verwachting een kleine kans op effecten. Er worden twee recreatiegebieden (wandelgebieden) aan de randen van Zaandam gekruist. De (extra) effecten op deze recreatieve functies zijn klein omdat de tracéoptie hier parallel ligt aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de grote kans op effecten op bebouwing.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de rijksweg A8 tussen Assendelft en 380kV-station Oostzaan en hierbij deels ook met de bestaande 380kV-verbinding. Verder wordt de rijkswegen A7, A8 en A9, een buisleidingenstrook en tweemaal een spoorweg gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 15 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup>. Deze ruimte is niet beschikbaar in het stedelijk gebied van Koog aan de Zaan, hier is een grote kans op effecten die lastig te mitigeren zijn. Er wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 30%) NNN-gebieden gekruist nabij Beverwijk, Assendelft en Oostzaan die mede de functie van weidevogelbroedgebied hebben. Deze doorkruisingen hebben grote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zeer zettingsgevoelig over het hele tracé (>0,5 m) voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Natura 2000-gebieden Polder Westzaan en IJperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske worden beiden gekruist. Hier is een grote kans op effecten. Deze gebieden zijn ook aangewezen als aardkundig waardevol en als provinciaal weidevogelbroedgebied. Er worden enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW is beperkt. Nabij Beverwijk wordt Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam en het nog vrij gave veenlandschap tussen Zaandijk en Assendelft gekruist (Bijzonder Provinciaal Landschap). Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 25.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het stedelijk gebied, de beperkte ruimte en de doorkruising van de Stelling van Amsterdam zijn belangrijke aandachtspunten waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van deze verbinding op de wijze als hierboven aangegeven (bovengronds tracé) niet haalbaar is.

Tabel 25.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Beverwijk–Oostzaan noordzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

### (3) Beverwijk–Oostzaan zuidzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt voor een deel in stedelijk gebied van Zaandam. Dit dichtbebouwde gebied is lastig te vermijden. Om zoveel mogelijk effecten te voorkomen ligt deze tracéoptie in het havengebied van Zaandam. Desondanks worden er woningen gekruist en is hier sprake van een grote kans op effecten die lastig te mitigeren zijn. Ook ligt een deel in agrarisch grasland tussen Beverwijk en Zaandam. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen enkele PR10<sup>6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie in het havengebied. Bij Zaandam worden volkstuinten gekruist, potentiële effecten op deze recreatieve functie zijn klein door de bovengrondse aanleg van de tracéoptie. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de grote kans op effecten op bebouwing.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt deels parallel met de bestaande 380kV-verbinding vanaf Beverwijk. Verder worden de rijkswegen A8 en A9, een buisleidingenstrook en een spoorweg gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 15 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup>. Deze ruimte is niet beschikbaar in het stedelijk gebied van Zaandam, hier zijn potentiële effecten lastig te verminderen. Er wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 15%) NNN-gebieden gekruist nabij Beverwijk en Westzaan. Door de deels parallelle ligging met bestaande bovengrondse verbinding is de kans op (extra) effecten klein. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de beperkte ruimte in stedelijk gebied.

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zeer zettingsgevoelig over het hele tracé (>0,5 m) voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Natura 2000-gebied Polder Westzaan wordt aan de zuidrand gekruist. Hier is een grote kans op effecten. Dit gebied is ook aangewezen als aardkundig waardevol gebied en als provinciaal weidevogelbroedgebied. Er worden enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW is

laag. Nabij Beverwijk wordt Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam gekruist. Ondanks parallelloop met de bestaande verbinding en de nieuwe samenhang met het Noordzeekanaal is de kans op (extra) effecten groot en zijn de effecten lastig te mitigeren. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 25.3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het stedelijk gebied, de beperkte ruimte, de doorkruising van de Stelling van Amsterdam en NNN en Natura 2000 zijn belangrijke aandachtspunten waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van deze verbinding op de wijze als hierboven aangegeven (bovengronds tracé) niet haalbaar is.

Tabel 25.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Beverwijk–Oostzaan zuidzijde

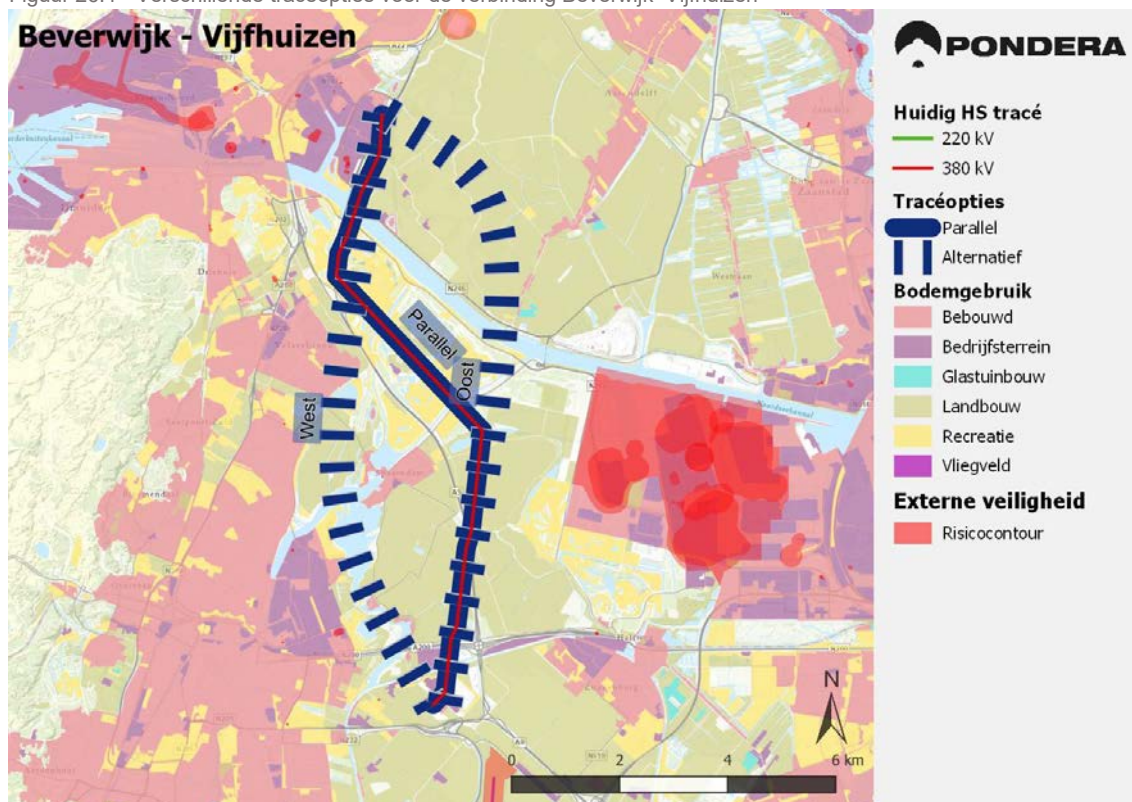
Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

## 26 Ontwikkeling verbinding Beverwijk–Vijfhuizen 380kV (niet-robuust)

### 26.1 Beschrijving verbinding Beverwijk–Vijfhuizen

De bovengrondse 380kV-verbinding Beverwijk–Vijfhuizen (BVW-VHZ) ligt tussen Amsterdam en de woonkernen aan de kust. In dit gebied liggen het Noordzeekanaal, de rijksweg A9, een aantal NNN-gebieden, agrarisch grasland en enkele recreatiegebieden. Ook ligt hier de Stelling van Amsterdam. Er zijn hieronder drie tracéopties (Figuur 26.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 26.1 - Verschillende tracéopties voor de verbinding Beverwijk–Vijfhuizen



#### (1) Beverwijk–Vijfhuizen parallel

Vanuit 380kV-station Beverwijk ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding richting Vijfhuizen. Ook ligt de tracéoptie grotendeels parallel aan de rijksweg A9 tot aan 380kV-station Vijfhuizen. De bestaande 380kV-verbinding kruist het Noordzeekanaal ondergronds (circa 900 meter). Daarna kruist de tracéoptie recreatiegebied Spaarnwoude (tevens NNN) en de golfbaan. Vervolgens ligt de tracéoptie in agrarisch grasland dat tevens als NNN-gebied fungeert tot aan 380kV-station Vijfhuizen. De lengte van de tracéoptie is circa 10 km, wat een ruimtebeslag van circa 1 km<sup>2</sup> betekent.

#### (2) Beverwijk–Vijfhuizen westzijde

Vanuit 380kV-station Beverwijk ligt de tracéoptie gedeeltelijk parallel aan de bestaande 380kV-verbinding richting Vijfhuizen en rijksweg A9. De bestaande 380kV-verbinding kruist het Noordzeekanaal ondergronds (circa 900 meter). Daarna kruist de tracéoptie recreatiegebied Spaarnwoude (tevens NNN). Vervolgens ligt de tracéoptie aan de rand van Velsersbroek en Haarlem waar ook stedelijk gebied en

bedrijventerrein wordt gekruist. De tracéoptie kruist vervolgens het water de Buiten Liede en de rijksweg A200 om aan te landen bij 380kV-station Vijfhuizen. De lengte van de tracéoptie is circa 10 km, wat een ruimtebeslag van circa 1 km<sup>2</sup> betekent.

### (3) Beverwijk–Vijfhuizen oostzijde

De tracéoptie aan de oostzijde van de bestaande 380kV-verbinding vermijdt zoveel mogelijk de Stelling van Amsterdam. Vanuit 380kV-station Beverwijk gaat de tracéoptie in oostelijke richting door agrarisch grasland parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Beverwijk–Oostzaan tot ten zuiden van Assendelft. Hier buigt de tracéoptie af richting het Noordzeekanaal en kruist het kanaal (ondergronds) ten westen van het havengebied van Amsterdam. Hierna voegt de tracéoptie zich bij de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding en volgt deze parallel tot aan 380kV-station Vijfhuizen. De lengte van de tracéoptie is circa 15 km, wat een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 26.2 Beoordeling

### (1) Beverwijk–Vijfhuizen parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt nabij 380kV-station Beverwijk bij stedelijk gebied. In de buurt van Beverwijk en in de omgeving van 380kV-station Vijfhuizen wordt agrarisch grasland gekruist. De invloed op landbouw is vanwege de bovengrondse ligging beperkt. Er liggen drie PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie op het bedrijventerrein naast 380kV-station Beverwijk. Het recreatiegebied Spaarnwoude en een naastgelegen golfbaan worden gekruist. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten, ondanks de ligging parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding, daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande 380kV-verbinding. Daarnaast is er deels parallelligging met rijksweg A9 en voor een klein deel van de tracéoptie met een buisleidingenstrook. Vanwege de bovengrondse aanleg is er een kleine kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding. Verder worden de rijksweg A9, een spoorweg en viermaal de buisleidingenstrook gekruist. Aandachtspunt is het kruisen van het Noordzeekanaal, de huidige verbinding ligt hier ondergronds. Dit is hier ook uitgangspunt en daarmee wordt functies van de bestaande infrastructuur niet beperkt. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 10 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1 km<sup>2</sup>. Er worden over een groot deel van de tracéoptie (circa 60%) NNN-gebieden gekruist die veelal de functie van weidevogelbroedgebied hebben. Vanwege de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding is de kans op effecten op deze gebieden als middelgroot ingeschat. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig over het hele tracé voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied of Natura 2000-gebied aanwezig. Ten noorden van 380kV-station Vijfhuizen kruist de tracéoptie een aardkundig waardevol gebied. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW is laag. Over bijna de volledige lengte van de tracéoptie wordt Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam gekruist en Bijzonder Provinciaal Landschap Spaarnwoude en omgeving. Ondanks parallelloop met de bestaande verbinding is de kans op effecten groot. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 26.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van de Stelling van Amsterdam is een belangrijk aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit punt mede de haalbaarheid.

Tabel 26.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Beverwijk–Vijfhuizen parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	3

#### (2) Beverwijk–Vijfhuizen westzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt nabij 380kV-station Beverwijk bij woonkernen van Beverwijk, Velsersbroek en Haarlem. Voor Beverwijk en Haarlem geldt dat de tracéoptie met name nabij bedrijventerrein aansluitend bij deze woonkernen ligt. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen, waar het gaat om woningen, met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. Er wordt voor circa 20% van de tracéoptie agrarisch grasland gekruist. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen zes PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie op de bedrijventerreinen bij 380kV-station Beverwijk en Haarlem. Het recreatiegebied Spaarnwoude, recreatieplas Westbroekplas, Fort benoorden Spaarndam, recreatiegebied Schoteroog en de nabijgelegen jachthaven, recreatiegebied Veerplas en volkstuinten nabij 380kV-station Vijfhuizen worden gekruist. Deze recreatiegebieden fungeren als uitloopgebied van de woonkernen in de omgeving. Het realiseren van een bovengrondse verbinding heeft een grote kans op effecten op deze recreatiefuncties. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt gedeeltelijk parallel met de bestaande 380kV-verbinding en rijksweg A9. Verder worden de rijksweg A9, een spoorweg en driemaal een buisleidingenstrook gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Aandachtspunt is het kruisen van het Noordzeekanaal, de huidige verbinding ligt hier ondergronds. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 10 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1 km<sup>2</sup>. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 30%) NNN-gebieden gekruist die deels als weidevogelbroedgebied fungeren. Dit is voor een groot deel aan de rand van woonkernen, hierdoor is er sprake van een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege kruisen van NNN-gebieden, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig over het hele tracé voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied of Natura 2000-gebied aanwezig. Ten noorden van 380kV-station Vijfhuizen kruist de tracéoptie een aardkundig waardevol gebied en provinciaal beschermde weidevogelgebieden (onder meer bij Spaarndam). Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist en is er een archeologische verwachting volgens het IKAW. Over de volledige lengte van de tracéoptie wordt Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam gekruist en Bijzonder Provinciaal Landschap Spaarnwoude en omgeving. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 26.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De aanwezigheid van recreatiegebieden en de doorkruising van de Stelling van Amsterdam zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 26.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Beverwijk–Vijfhuizen westzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	2
Ondergrond	3

### (3) Beverwijk–Vijfhuizen oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt bij 380kV-station Beverwijk bij stedelijk gebied. Verspreid over een groot deel van de tracéoptie wordt agrarisch grasland gekruist. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen twee PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie op het bedrijventerrein naast 380kV-station Vijfhuizen. Er worden geen belangrijke recreatieve functies gekruist. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Vanaf Beverwijk ligt de tracéoptie een deel parallel met de bovengrondse 380kV-verbinding Beverwijk–Oostzaan en voor het laatste deel is er parallellegging met de bestaande verbinding Beverwijk–Vijfhuizen. Verder worden de rijksweg A9, een spoorweg en tweemaal een buisleidingenstrook gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Aandachtspunt is het kruisen van het Noordzeekanaal, de huidige verbinding ligt hier ondergronds. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 15 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup>. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 40%) NNN-gebieden gekruist. Nabij Vijfhuizen betreft dit Vochtig weidevogelgrasland. Omdat op dit deel van het tracé sprake is van een parallel loop met het bestaande tracé betreft dit een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middenblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig over het hele tracé voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied of Natura 2000-gebied aanwezig. Ten noorden van 380kV-station Vijfhuizen kruist de tracéoptie een aardkundig waardevol gebied. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW is beperkt. Nabij de 380kV-stations Beverwijk en Vijfhuizen kruist de tracéoptie Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam en het loopt door Bijzonder Provinciaal Landschap Spaarnwoude en omgeving. Ondanks parallelloop met bestaande bovengrondse verbindingen is de kans op effecten groot. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 26.3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van de Stelling van Amsterdam en NNN zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 26.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Beverwijk–Vijfhuizen oostzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	3

## 27 Ontwikkeling verbinding Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel 380kV (niet-robuust)

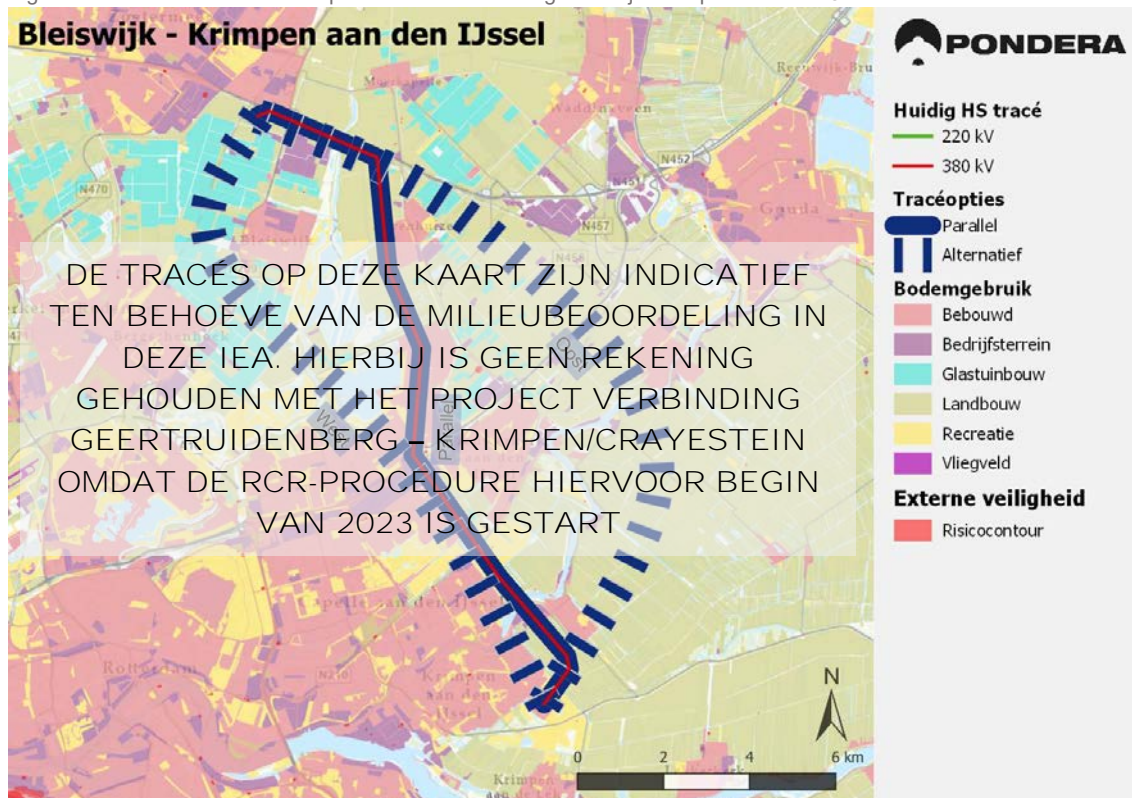
### 27.1 Beschrijving verbinding Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel

#### Verbinding Geertruidenberg – Krimpen/Crayestein

Gedurende het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA is begin 2023 de RCR-procedure opgestart voor de verbinding tussen Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of Crayestein. Zie hiervoor: [Hoogspanningsverbinding 380 kV Geertruidenberg - Krimpen aan den IJssel of Crayestein \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/onderwerpen/energie/energie-infrastructuur/hoogspanningsverbinding-380-kv-geertruidenberg-krimpen-aan-den-ijssel-of-crayestein). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure.

De bovengrondse 380kV-verbinding Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel (BWK-KIJ) ligt in gemengd stedelijk en landelijk gebied waar de IJssel doorheen meandert. De woonkernen Krimpen, Capelle en Nieuwerkerk aan den IJssel, Berkel en Rodenrijs, Bleiswijk, Zevenhuizen en Moordrecht liggen in de directe omgeving. Het agrarisch gebied betreft grasland op venige bodem, maar rondom Bleiswijk liggen ook grote kassecomplexen. Er zijn hieronder drie tracéopties (Figuur 27.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 27.1 - Verschillende tracéopties voor de verbinding Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel





(1) Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel parallel

Vanuit 380kV-station Bleiswijk ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding richting 380kV-station Krimpen aan den IJssel. De tracéoptie ligt een stuk parallel aan rijksweg A12 en het spoor tussen Utrecht en Den Haag. De tracéoptie gaat in zuidelijke richting westelijk langs Zevenhuizen en door de Rotterdamse Wijk Nesselande. Na het kruisen van de rijksweg A20 ligt de tracéoptie tussen Capelle en Nieuwerkerk aan den IJssel en kruist de Hollandsche IJssel tussen Ouderkerk en Krimpen aan den IJssel. Daarna landt de tracéoptie aan bij 380kV-station Krimpen aan den IJssel. De lengte van de tracéoptie is circa 15 km, wat een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup> betekent.

(2) Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel oostzijde

Vanuit 380kV-station Bleiswijk ligt de tracéoptie voor het eerste deel parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding richting 380kV-station Krimpen aan den IJssel en rijksweg A12. De tracéoptie ligt ten noorden van Zevenhuizen, na deze woonkern buigt de tracéoptie in zuidoostelijke richting af richting de Hollandsche IJssel. Hier wordt de rijksweg A20 en de woonkernen Moordrecht en Gouderak gekruist. Na de Hollandsche IJssel ligt de tracéoptie parallel met de bestaande bovengrondse 150kV-verbinding Krimpen-Gouda tot aan 380kV-station Krimpen aan den IJssel. Hierbij wordt de woonkern Ouderkerk aan den IJssel nog gekruist. De lengte van de tracéoptie is circa 20 km, wat een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup> betekent.

(3) Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel westzijde

Vanuit 380kV-station Bleiswijk gaat de tracéoptie in zuidelijke richting over een kassengebied en gaat zuidelijk langs de woonkern Bleiswijk en de Willem-Alexander roeibaan. De tracéoptie gaat in zuidelijke richting westelijk langs Zevenhuizen en door de Rotterdamse Wijk Nesselande. Bij Nesselande voegt de tracéoptie zich bij de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel. Na het kruisen van de rijksweg A20 ligt de tracéoptie tussen Capelle en Nieuwerkerk aan den IJssel en kruist de Hollandsche IJssel tussen Ouderkerk en Krimpen aan den IJssel. Daarna landt de tracéoptie aan bij 380kV-station Krimpen aan den IJssel. De lengte van de tracéoptie is circa 20 km, wat een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup> betekent.

## 27.2 Beoordeling

(1) Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist meerdere stedelijke gebieden, het gaat om de woonkernen van Krimpen aan den IJssel, Ouderkerk aan den IJssel, Capelle aan den IJssel, Nieuwerkerk aan den IJssel, de Rotterdamse wijken Zevenkamp en Nesselande en Zevenhuizen. Door de zeer beperkte ruimte is het lastig om potentiële effecten op woonkernen te verminderen, de kans op effecten is daarmee groot. Over een deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, nabij Krimpen aan den IJssel gaat het om grasland, meer richting Bleiswijk ligt akkerland. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Er liggen nabij de tracéoptie zeven PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren met een beperkte omvang, de kans op effecten is klein. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: wandelgebied bij 380kV-station Krimpen aan den IJssel, wandelgebied en golfbaan bij Capelle aan den IJssel en een camping en bungalowpark bij Zevenhuizen. Gezien de paralleligging met de bestaande bovengrondse verbinding is de kans op (extra) effecten middelgroot. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van meerdere woonkernen.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. Daarnaast is er deels parallelloop met een buisleidingenstrook en rijksweg A12. Vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding klein. De tracéoptie kruist meerdere spoorwegen, rijkswegen A12 en A20 en een buisleidingenstrook. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij het kruisen van de Hollandsche IJssel wordt de primaire waterkering gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op (extra) effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 15 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup>. De ruimte bij stedelijk gebied en de aansluiting op 380kV-station Bleiswijk is zeer beperkt waardoor potentiële effecten lastig te verminderen zijn. Hier is een grote kans op effecten. NNN-gebied wordt enkel gekruist bij de Hollandsche IJssel. De kans op effecten is klein. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in zettingsgevoelig gebied voor het realiseren van de masten, bij Krimpen aan den IJssel meer dan bij Bleiswijk. Bij Krimpen aan den IJssel ligt een grondwaterbeschermingsgebied, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Er wordt geen Natura 2000-gebied of provinciaal beschermd weidevogelgebied gekruist. Met betrekking tot landschap loopt deze tracéoptie op twee plekken door Nationaal Landschap Groene Hart. Dit betekent voor landschap een grote kans op effecten. Er wordt bij Zevenhuizen aardkundig waardevol gebied gekruist. Er worden geen bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert maar is over het algemeen laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten, vooral vanwege de effecten op landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 27.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van woonkernen, de beperkt beschikbare ruimte en kruisen van het Groene Hart zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid. Die haalbaarheid is op basis van de beoordeling hierboven onzeker.

Tabel 27.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

#### (2) Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist enkele stedelijke gebieden, het gaat om de woonkernen van Moordrecht en Gouderak, Ouderkerk aan den IJssel en Krimpen aan den IJssel. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. Over een deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, nabij Krimpen aan den IJssel gaat het om grasland, meer richting Bleiswijk ligt akkerland. Bij Zevenhuizen worden ook kassencomplexen gekruist. De invloed op land- en tuinbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Er liggen drie PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van beperkte omvang nabij de tracéoptie, de kans op effecten is klein. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: sportcomplex bij Moordrecht, volkstuinten bij Ouderkerk aan den IJssel en wandelgebied bij 380kV-station Krimpen aan den IJssel. Voor een groot deel is de kruising parallel met de bestaande bovengrondse verbindingen, waardoor de kans op (extra) effecten klein is. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt deels parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding, rijksweg A12 en de 150kV-verbinding Gouda-Krimpen. Daarnaast is er deels parallelloop met een buisleidingenstrook, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding klein. De tracéoptie kruist meerdere spoorwegen, rijkswegen A12 en A20 en een buisleidingenstrook. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij het kruisen van de Hollandsche IJssel wordt de primaire waterkering gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 20 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup>. De ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Bleiswijk is zeer beperkt waardoor potentiële effecten lastig te verminderen zijn. Hier is een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 30%) NNN-gebieden gekruist die deels als vochtig weidevogelgrasland zijn aangemerkt. Dit is met name geconcentreerd in het poldergebied ten noordoosten van Ouderkerk aan den IJssel. Vanwege de parallelloop met de bovengrondse 150kV-verbinding wordt de verbinding extra zichtbaar voor weidevogels wat leidt tot een grote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Bleiswijk en effecten op NNN, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in zettingsgevoelig gebied voor het realiseren van de masten, dit is meer het geval bij Krimpen aan den IJssel dan bij Bleiswijk. Bij Krimpen aan den IJssel ligt een grondwaterbeschermingsgebied, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op (extra) effecten klein. Er wordt geen Natura 2000-gebied gekruist maar wel provinciaal beschermde gebieden voor weidevogels. Met betrekking tot landschap loopt deze tracéoptie op twee plekken door Nationaal Landschap Groene Hart. Dit betekent voor landschap een grote kans op effecten. Er wordt op verschillende plekken van de tracéoptie aardkundig waardevol gebied gekruist. Door grotendeels parallelligging is hier een middelgrote kans op effecten. Er worden geen bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert maar is over het algemeen laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten, vooral vanwege het doorkruisen van het Groene Hart, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 27.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De beperkt beschikbare ruimte en het kruisen van het Groene Hart zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 27.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel oostzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	3
Ondergrond	3

### (3) Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel westzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist meerdere stedelijke gebieden, het gaat om de woonkernen van Krimpen aan den IJssel, Ouderkerk aan den IJssel, Capelle aan den IJssel, Nieuwerkerk aan den IJssel en Rotterdamse wijken Zevenkamp en Nesselande. Door de zeer beperkte ruimte is het lastig om potentiële effecten op woonkernen te verminderen, de kans op effecten is daarmee groot. Bij Krimpen aan den IJssel kruist de tracéoptie agrarisch grasland. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Daarnaast wordt bij Bleiswijk een groot kassengebied doorkruist. Ligging boven de kassen is praktisch lastig toepasbaar, dit heeft een grote kans op effecten. Er liggen drie PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van

beperkte omvang nabij de tracéoptie, de kans op effecten is klein. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: wandelgebied bij 380kV-station Krimpen aan den IJssel, wandelgebied en golfbaan bij Capelle aan den IJssel en strand bij de Zevenhuizerplas, het Hoge Bergse Bos en de Rotte zuidoostelijk van Bergschenhoek. Met name de grote concentratie aan recreatiefuncties zuidoostelijk van Bergschenhoek hebben een grote kans op effecten omdat hier geen parallelligging is met een bestaande verbinding. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van meerdere woonkernen en recreatiefuncties en de lastige praktische uitvoerbaarheid boven het kassengebied, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt gedeeltelijk parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding (tussen Nesseland en 380kV-station Krimpen aan den IJssel). Daarnaast is er deels parallelloop met een spoorweg en buisleidingenstrook. Vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding klein. De tracéoptie kruist meerdere spoorwegen, rijksweg A20 en een buisleidingenstrook. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij het kruisen van de Hollandsche IJssel wordt de primaire waterkering gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 20 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup>. De ruimte bij stedelijk gebied en de aansluiting op 380kV-station Bleiswijk is zeer beperkt waardoor potentiële effecten lastig te verminderen zijn. Hier is een grote kans op effecten. NNN-gebied wordt enkel gekruist bij de Hollandsche IJssel, de kans op effecten is klein. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in zettingsgevoelig gebied voor het realiseren van de masten, bij Krimpen aan den IJssel meer dan bij Bleiswijk. Bij Krimpen aan den IJssel ligt een grondwaterbeschermingsgebied, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Er wordt geen Natura 2000-gebied of provinciaal beschermd weidevogelgebied gekruist. Met betrekking tot landschap loopt deze tracéoptie op één plek door Nationaal Landschap Groene Hart. Daarnaast doorsnijdt deze tracéoptie op een nieuw punt het stroomgebied van de Rotte. Dit betekent voor landschap een grote kans op effecten. Er wordt bij Bleiswijk en Bergschenhoek aardkundig waardevol gebied gekruist. Er worden geen bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert maar is over het algemeen laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten, vooral vanwege de effecten op landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 27.3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van woonkernen, de beperkt beschikbare ruimte en doorkruising van het Groene Hart zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 27.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Bleiswijk–Krimpen aan den IJssel westzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

## 28 Ontwikkeling verbinding Borssele–Rilland 380kV (niet-robuust)

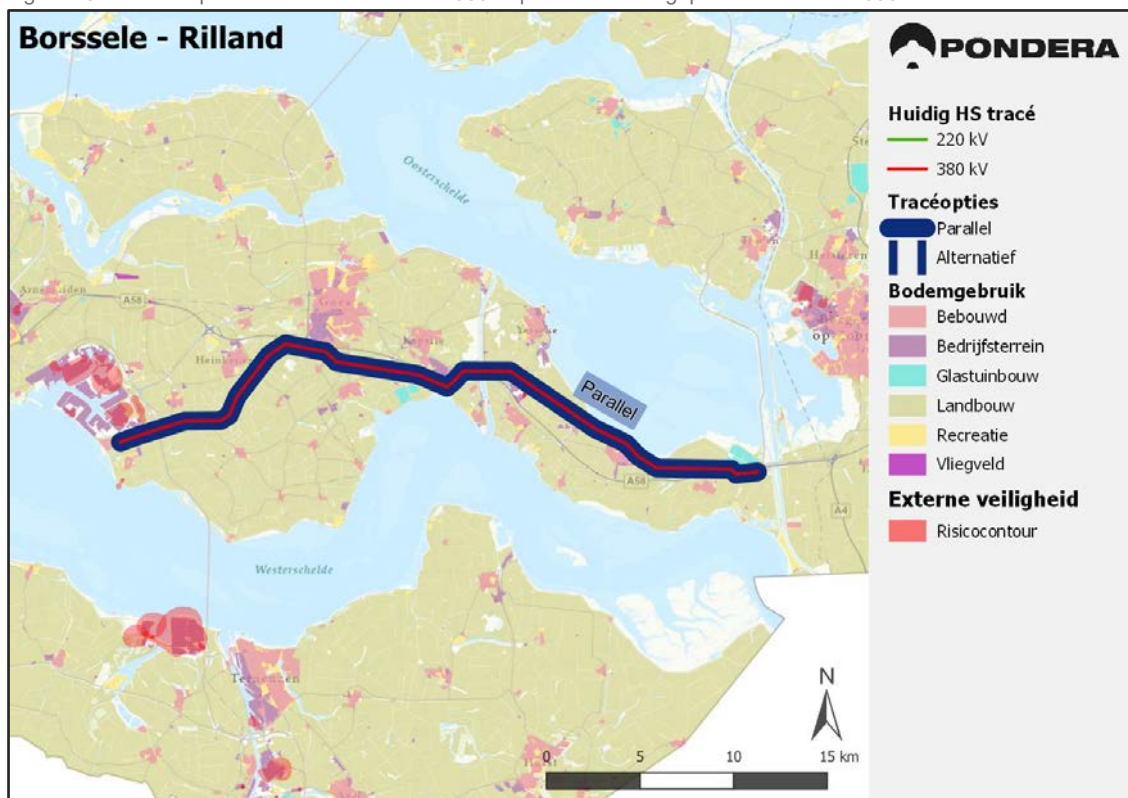
### 28.1 Beschrijving verbinding

De bestaande bovengrondse 380kV-verbinding (BSL-RLL) wordt geamoveerd (verwijderen) en vervangen door een nieuw 380kV-verbinding langs een andere route. Dit is onderdeel van het TenneT project Zuid-West 380kV, waarin ook een nieuwe 380kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg wordt gerealiseerd (TenneT, 2022).

Omdat de bovengrondse 380kV-verbinding die door TenneT wordt geamoveerd en de vervanging een recent goed onderzochte (en daarmee logisch gekozen) route volgt, worden in dit hoofdstuk geen alternatieve tracéopties bekeken (Figuur 28.1) voor de ontwikkeling Borssele–Rilland. De in deze IEA onderzochte ontwikkeling betreft een nieuwe verbinding van twee circuits bovenop de verbinding (met vier circuits) die momenteel wordt aangelegd.

De tracéoptie vertrekt vanaf het 380kV-station Borssele ten zuiden van het industriële cluster Borssele, het loopt vervolgens door agrarische gebieden langs meerdere kleine en middelgrote woonkernen. De route sluit op veel delen aan bij bestaande infrastructures en komt aan bij het 380kV-station Rilland, dat naast enkele kassen ligt. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 28.1 - Tracéoptie voor Borssele–Rilland 380kV parallel aan de geplande Zuid-West 380kV



#### (1) Parallel toekomstige verbinding Zuid-West 380kV west

De tracéoptie vertrekt bij Borssele vanuit het 380kV-station Borssele waarnaast nog 380kV- en 150kV-station liggen. De tracéoptie loopt richting het oosten en parallel met de bestaande 150kV-verbinding richting de woonkern Goes. Hierbij loopt de tracéoptie overwegend door landbouwgronden en kruist een (gas)buisleidingenstrook. Zuidelijk van Goes sluit de tracéoptie aan bij de rijksweg A58 en loopt daar parallel aan tot de oversteek van de waterweg Kanaal door Zuid-Beveland. Daarbij worden bestaande (gas)buisleidingenstroken, twee spoorwegen en de rijksweg A58 zelf gekruist. Na de bovengrondse oversteek van de waterweg volgt de tracéoptie een route die parallel aan een spoorweg en (gas)buisleidingenstrook loopt tot het bij het 380kV-station in Rilland aan komt.

Op deze route heeft de tracéoptie overlap met de woonkernen Goes, Biezelinghe, Oostdijk en Kribbendijke. Ook is er overlap met verschillende bedrijventerreinen waaronder een kassencomplex nabij 380kV-station Rilland en elf PR10<sup>-6</sup>-contouren. De tracéoptie overlapt ook met meerdere gebieden met archeologische monumenten en loopt voornamelijk door gebieden met een zeer lage tot middelhoge trefkans op archeologische waardevolle objecten. Nabij Goes en Kruijningen doorkruist de tracéoptie een klein gebied met hoge trefkans. De gehele route loopt zettingsgevoelige (0,1-1 m) gebieden.

## 28.2 Beoordeling

#### (1) Parallel toekomstige verbinding Zuidwest 380kV west

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie loopt overwegend over landbouwgronden en overlapt met een klein aantal woonkernen (o.a. Schore, Eversdijk en Kruijningen). Een aandachtspunt hierbij is de overlap met enkele bedrijventerreinen, kassen en risicocontouren. Naar verwachting zijn er mogelijkheden om de potentiële effecten hierop te verminderen. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Er wordt relatief veel bestaande (netwerk)infrastructuur gekruist. Ondanks de grote mate van parallellegging met bestaande (netwerk)infrastructuur, worden bestaande (gas)buisleidingen en -stroken, rijks- en waterwegen, en spoorbanen meerdere keren gekruist. Ook worden er kleine stukken NNN-gebied doorkruist, met deels een korte ontwikkelingsduur, dit heeft een kleine kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** Over het gehele tracé liggen zettingsgevoelige gebieden, dit geeft een middelgrote kans op effecten. De tracéoptie ligt direct aangrenzend aan Natura 2000-gebieden Oosterschelde en Westerschelde & Saeftinghe, maar kruist deze gebieden niet. De ligging nabij deze vogelrichtlijngebieden leidt echter wel tot een grote kans op effecten vanwege aanvaringslachtoffers. De tracéoptie doorsnijdt het waardevolle landschap Zak van Zuid-Beveland. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vanwege effecten op natuur en landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

Tabel 28.1 bevat de beoordeling van het parallelle tracé. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen de aandachtspunten mede de haalbaarheid.

Tabel 28.1 - Beoordeling lagen tracéoptie (niet-robuust) parallel toekomstige verbinding Zuidwest 380kV west

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	3

## 29 Ontwikkeling verbinding Crayestein–Krimpen aan den IJssel 380kV (niet-robuust)

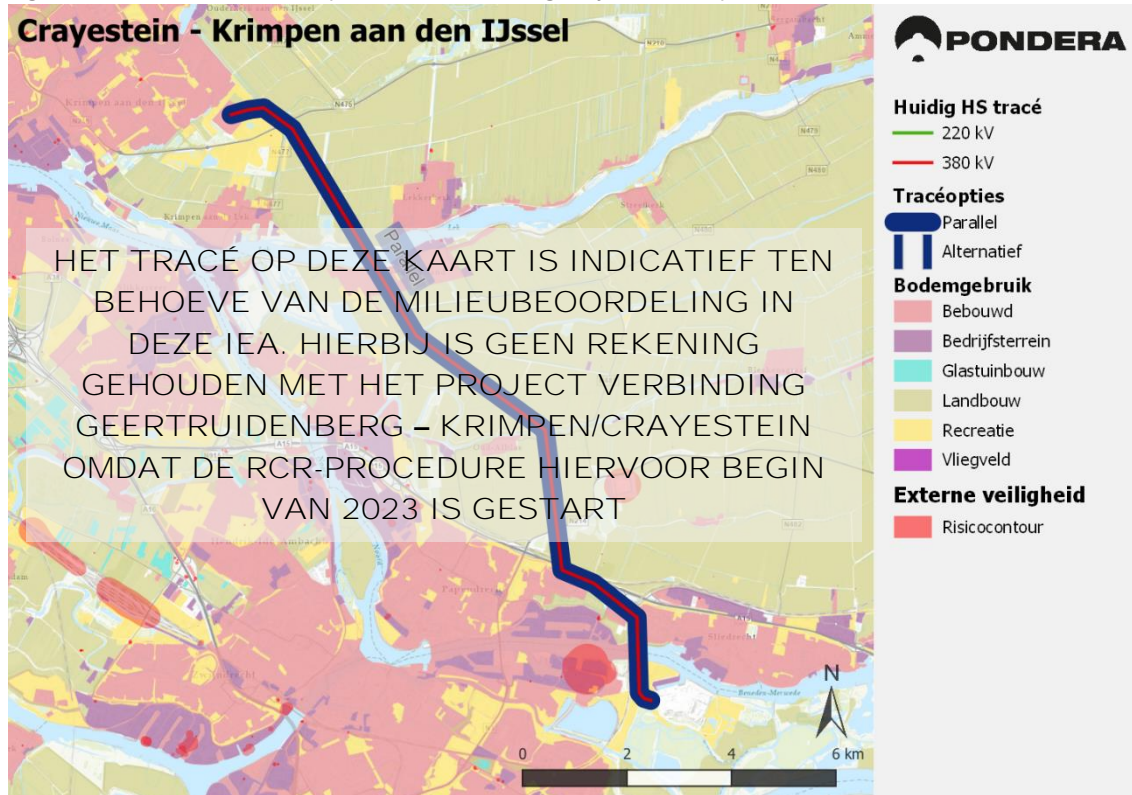
### 29.1 Beschrijving verbinding Crayestein–Krimpen aan den IJssel

#### Verbinding Geertruidenberg – Krimpen/Crayestein

Gedurende het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA is begin 2023 de RCR-procedure opgestart voor de verbinding tussen Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of Crayestein. Zie hiervoor: [Hoogspanningsverbinding 380 kV Geertruidenberg - Krimpen aan den IJssel of Crayestein \(rvo.nl\)](#). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure.

De bovengrondse 380kV-verbinding Crayestein–Krimpen aan den IJssel (CST-KIJ) ligt in gemengd stedelijk en landelijk gebied waar de rivieren Merwede en Lek bepalend zijn in het landschap. De woonkernen Sliedrecht, Papendrecht, Alblasserdam, Nieuw-Lekkerkerk, Lekkerkerk en Krimpen aan den IJssel liggen in de directe omgeving. Het agrarisch gebied betreft grasland op venige bodem. Er is één tracéoptie geformuleerd die parallel loopt aan de bestaande bovengrondse verbinding. Door de beperkte ruimte in het gebied en de relatief korte afstand zijn er geen reële alternatieve tracéopties bekeken (Figuur 29.1). De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 29.1 - Verschillende tracéopties voor de verbinding Crayestein–Krimpen aan den IJssel





(1) Crayestein–Krimpen aan den IJssel parallel

Vanuit 380kV-station Crayestein ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding richting 380kV-station Krimpen aan den IJssel. De tracéoptie kruist de Merwede en ligt tussen de woonkernen van Sliedrecht en Papendrecht in, waar ook de rijksweg A15 wordt gekruist. Het agrarisch gebied kenmerkt zich door lintbebouwing<sup>9</sup> aan watergangen, er worden meerdere lintbebouwingsstroken gekruist. In noordelijke richting kruist de tracéoptie woonkern Nieuw-Lekkerkerk, NNN-gebied en landt aan bij 380kV-station Krimpen aan den IJssel aan de oostzijde van deze woonkern. De lengte van de tracéoptie is circa 15 km, wat een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 29.2 Beoordeling

(1) Crayestein–Krimpen aan den IJssel parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist meerdere stedelijke gebieden, het gaat om de woonkernen van Sliedrecht, Papendrecht, Nieuw-Lekkerland en Lekkerkerk. Met name Nieuw-Lekkerland wordt dwars gekruist. Ook zijn er meerdere lintbebouwingsstroken aanwezig. Door beperkte ruimte is het lastig om de potentiële effecten op woonkernen te verminderen, de kans op effecten is daarmee groot. Over een deel van de tracéoptie wordt agrarisch grasland gekruist. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen twee PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie waarvan er één afkomstig is van Chemour nabij 380kV-station Crayestein. Hier is een middelgrote kans op effecten. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: golfbaan bij 380kV-station Crayestein, volkstuinten bij Nieuw-Lekkerland en wandelgebied bij Krimpen aan den IJssel. Gezien de paralleligging met de bestaande bovengrondse verbinding is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van meerdere woonkernen.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. De tracéoptie kruist meerdere spoorwegen, rijksweg A15 en een buisleidingenstrook. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij het kruisen van de Merwede en de Lek worden primaire waterkeringen gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op (extra) effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 15 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup>. De ruimte bij stedelijk gebied en bij lintbebouwing is zeer beperkt waardoor potentiële effecten lastig te verminderen zijn. Hier is een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 40%) NNN-gebieden gekruist. Met name tussen Oud-Alblas en 380kV-station Krimpen aan den IJssel ligt het grootste deel van de tracéoptie in NNN-gebied. Door de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding is de kans op effecten klein. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in zettingsgevoelig gebied voor het realiseren van de masten. Het gebied bij Nieuw-Lekkerland en Lekkerkerk zijn grondwaterbeschermingsgebied, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Er wordt geen Natura 2000-gebied gekruist, wel ligt de tracéoptie langs de Boezems van Kinderdijk. De tracéoptie doorkruist grote oppervlaktes aan provinciale leefgebieden open grasland (weidevogelbroedgebieden). Met betrekking tot landschap loopt deze tracéoptie in zijn geheel door Nationaal Landschap Groene Hart. Dit betekent voor landschap een grote kans op effecten. Er wordt op verschillende plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties

<sup>9</sup> Lintbebouwing bestaat uit een langgerekte lijn van veelal vrijstaande bebouwing langs een weg, rivier of kanaal.

van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege doorkruising van Nationaal Landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 29.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van woonkernen, de beperkt beschikbare ruimte en doorkruising van Nationaal Landschap zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 29.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Crayestein–Krimpen aan den IJssel parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

## 30 Ontwikkeling verbinding Geertruidenberg–Tilburg 380kV (niet-robuust)

### 30.1 Beschrijving verbinding Geertruidenberg–Tilburg

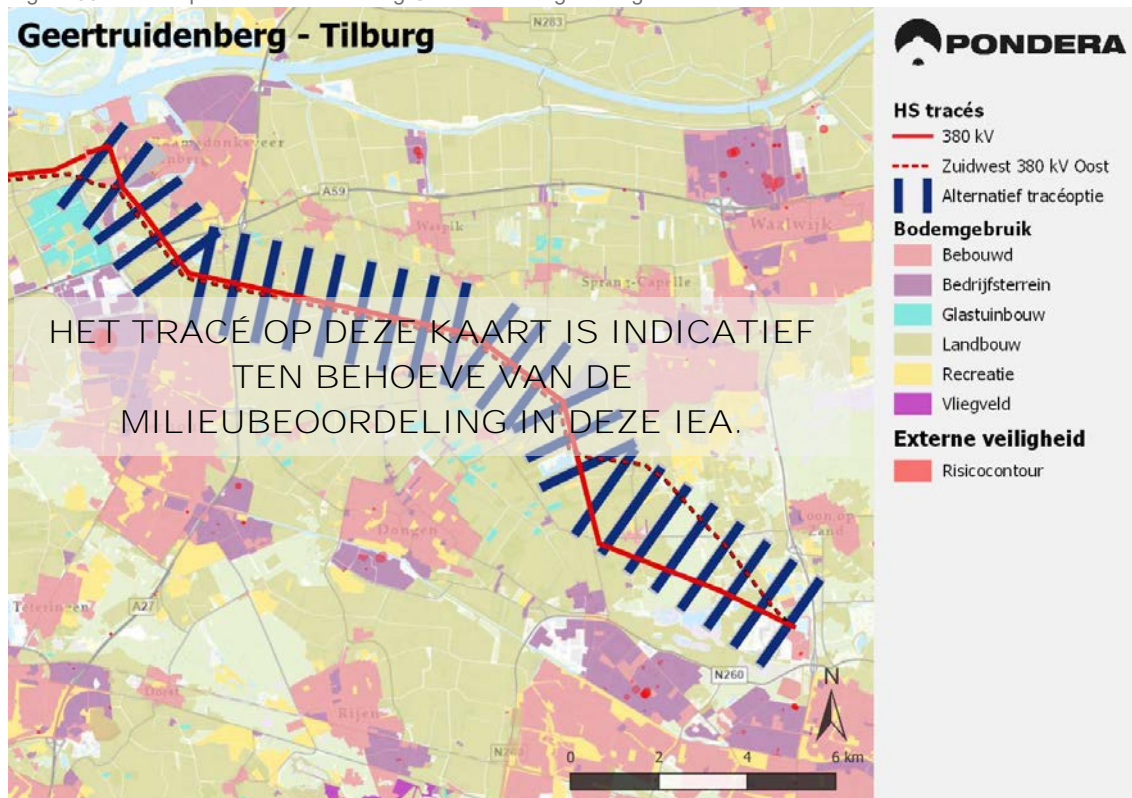
#### Verbindingen Zuid-West 380kV Oost

Op dit moment is de procedure voor de aanpassing van de 380kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg via Halsteren/Geertruidenberg bijna doorlopen. Er wordt een extra 380kV-station gerealiseerd in Halsteren. Daarnaast wordt een nieuwe verbinding tussen Rilland en Tilburg gerealiseerd: Zuid-West 380kV Oost. Dit project is inmiddels vergund en het tracé is bekend (zie: [TenneT projectenatlas Zuid-West 380kV Oost](#)).

Uit de voor deze IEA gebruikte scenario's blijkt dat in de toekomst mogelijk nog een extra 380kV-verbinding (niet-robust) nodig zal zijn tussen Rilland-Halsteren, Halsteren- Geertruidenberg en Geertruidenberg – Tilburg, bovenop de nu in voorbereiding zijnde verbinding Zuid-West 380kV Oost. De beoordeling van de milieueffecten van deze extra verbinding is per deeltracé gedaan. Dit hoofdstuk betreft het deeltracé Geertruidenberg–Tilburg (GT-TLB).

De bovengrondse 380kV-verbinding Geertruidenberg–Tilburg (GT-TLB) ligt in overwegend landelijk gebied met afwisselend landbouw, natuur, verspreide woningen en (kleinere) woonkernen. De woonkernen Raamsdonk, Waspik, Oosterhout, 's Gravenmoer, Dongen, Sprang-Capelle, Kaatsheuvel en Tilburg liggen in de directe omgeving. Het agrarisch gebied betreft een mix van grasland en akkerbouw.

Figuur 30.1 Tracéoptie voor de verbinding Geertruidenberg–Tilburg



Er is recent tracéonderzoek gedaan en een milieueffectrapportage opgesteld voor de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Daaruit is een tracé gekozen voor deze nieuwe 380kV-verbinding. In deze IEA is zoveel mogelijk aangesloten bij deze bevindingen en daarom is ervoor gekozen alleen een

enkele (zoveel mogelijk parallelle) tracéoptie voor een extra 380kV-verbinding te onderzoeken in het gebied rond de bestaande 380kV verbinding GT-TLB en de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost (zie Figuur 30.1).

#### (1) Geertruidenberg–Tilburg

Vanuit 380kV-station Geertruidenberg ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding richting 380kV-station Tilburg. Ten zuiden van Geertruidenberg kruist de tracéoptie rijkswegen A59 en A27 en buigt af in oostelijke richting waarbij een NNN-gebied wordt gekruist. Vervolgens zal de optie tussen de woonkernen Dongen en 's-Gravenmoer door lopen in oostelijke richting. Na deze woonkernen kruist het NNN-gebied Huis ter Heide voordat het aanlandt bij 380kV-station Tilburg. De lengte van de tracéoptie is circa 20 km, wat een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup> betekent.

## 30.2 Beoordeling

#### (1) Beoordeling Geertruidenberg–Tilburg

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist nabij 380kV-station Geertruidenberg een deel van de woonkern Geertruidenberg. Naar verwachting kunnen effecten op deze woonkern met tracéoptimalisaties (deels) voorkomen worden. Over een deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, een mix van grasland en akkerbouw. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Er liggen geen PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden waaronder een zwemplas bij Geertruidenberg. Gezien de ligging die grotendeels parallel ligt aan de bestaande en nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen is de kans op (extra) effecten klein. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt deels parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding en de nieuwe 380kV-verbinding van Zuid-West 380kV Oost. De tracéoptie kruist rijkswegen A59 en A27. De functie van deze infrastructuur wordt niet beperkt. Bij het kruisen van de Donge wordt een primaire waterkering gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten op waterkeringen klein, maar wel een grote kans op effecten op vaarwegen. De tracéoptie heeft een lengte van circa 20 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup>. De ruimte bij de aansluiting op 380kV-Geertruidenberg is beperkt vanwege de vele bovengrondse verbindingen die aanwezig zijn. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 20%) NNN-gebieden gekruist. Het gaat hier met name om een agrarisch natuurgebied ten noordwesten van 's Gravenmoer en Huis ter Heide ten noordwesten van Tilburg. Door de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding en de nieuw te realiseren 380kV-verbinding van Zuid-West 380kV Oost is de kans op (extra) effecten beperkt, met uitzondering van het tracédeel door het NNN Huis ter Heide. De kans op effecten op NNN wordt daarom als middelgroot beoordeeld. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding) vooral vanwege de beperkte ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Geertruidenberg.

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt niet in zettingsgevoelig gebied of in een beschermingszone voor waterwinning. De kans op effecten is daarom klein. De tracéoptie kruist geen Natura 2000-gebied. De tracéoptie doorsnijdt ten noorden van Oosterhout het kleinschalige landschap van het stroomgebied van het Kromgat en de Donge. De kans op effecten op landschap is klein als gevolg van de parallelle ligging met bestaande 380kV-verbinding. Er wordt geen aardkundig waardevol gebied gekruist. Er zijn enkele bekende archeologische waarden aanwezig nabij de tracéoptie, de archeologische verwachting volgens het IKAW is overwegend laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie

beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 30.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De beperkt beschikbare ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Geertruidenberg is een belangrijk aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit punt mede de haalbaarheid.

Tabel 30.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Geertruidenberg–Tilburg

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	1

## 31 Ontwikkeling verbinding Halsteren–Geertruidenberg 380kV (niet-robust)

### 31.1 Beschrijving verbinding Halsteren–Geertruidenberg

De 380kV-verbinding Halsteren–Geertruidenberg is op dit moment nog onderdeel van de verbinding Rilland-Geertruidenberg waar in de toekomst het nieuwe 380kV-station Halsteren aan wordt toegevoegd dat als 'tussenstation' voor de verbinding Rilland-Geertruidenberg kan worden gezien. Het 380kV-station Halsteren<sup>10</sup> is opgenomen in het IP2022.

#### **Verbindingen Zuid-West 380kV Oost**

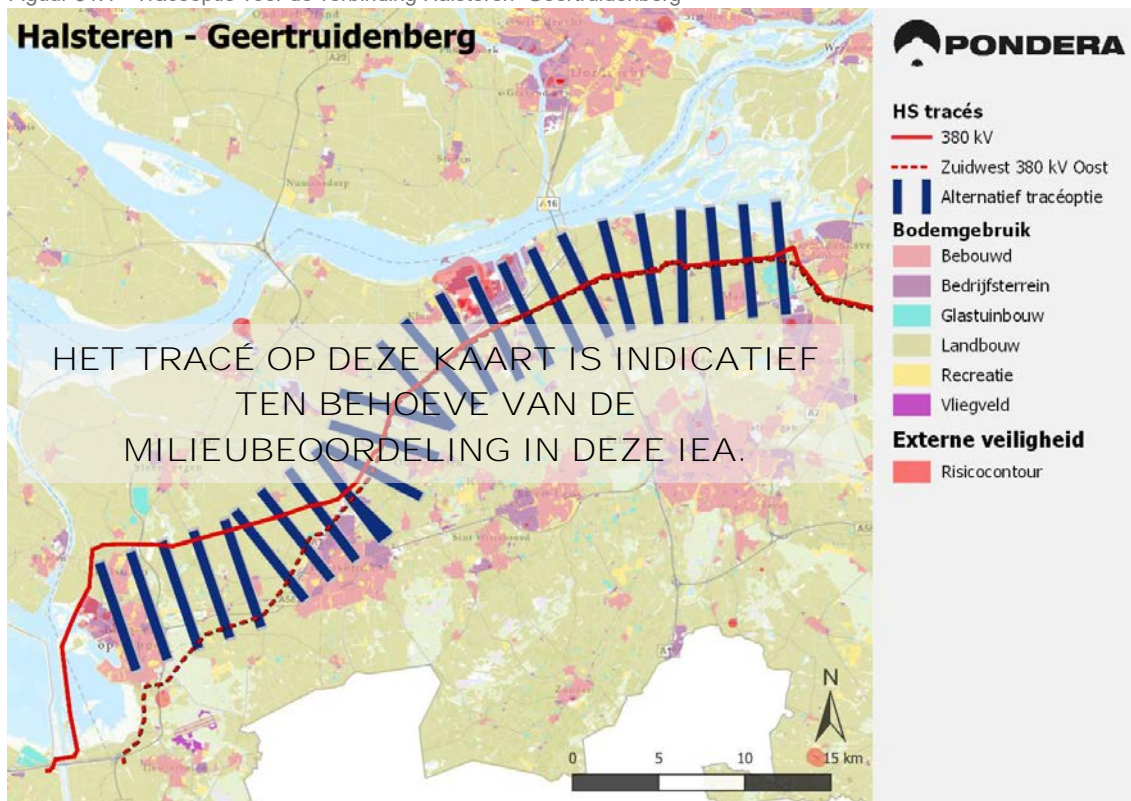
Op dit moment is de procedure voor de aanpassing van de 380kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg via Halsteren/Geertruidenberg bijna doorlopen. Er wordt een extra 380kV-station gerealiseerd in Halsteren. Daarnaast wordt een nieuwe verbinding tussen Rilland en Tilburg gerealiseerd: Zuid-West 380kV Oost. Dit project is inmiddels vergund en het tracé is bekend (zie: [TenneT projectenatlas Zuid-West 380kV Oost](#)).

Uit de voor deze IEA gebruikte scenario's blijkt dat in de toekomst mogelijk nog een extra verbinding (niet-robust) nodig zal zijn tussen Rilland-Halsteren, Halsteren- Geertruidenberg en Geertruidenberg – Tilburg, bovenop de nu in voorbereiding zijnde verbinding Zuid-West 380kV Oost. De beoordeling van de milieueffecten van deze extra verbinding is per deeltracé gedaan. Dit hoofdstuk betreft het deeltracé Halsteren - Geertruidenberg.

De verbinding ligt in overwegend landelijk gebied met hoofdzakelijk landbouw, verspreide woningen en kleinere woonkernen. De woonkernen Halsteren, Oud Gastel, Zevenbergen en Made liggen in de directe omgeving. Het agrarisch gebied betreft een mix van grasland en akkerbouw waarbij de laatste dominant is. Er is recent tracéonderzoek gedaan en een milieueffectrapportage opgesteld voor de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Daaruit is een tracé gekozen voor deze nieuwe 380kV-verbinding. In deze IEA wordt zoveel mogelijk aangesloten bij deze bevindingen en daarom is ervoor gekozen alleen een enkele tracéoptie voor een extra 380kV-verbinding te onderzoeken in het gebied parallel aan de bestaande 380kV verbinding Halsteren - Geertruidenberg en de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost (zie Figuur 31.1). Voor de beoordeling wordt er vanuit gegaan dat een nieuwe verbinding zoveel mogelijk parallel ligt met de andere twee.

<sup>10</sup> 380kV-station Halsteren had in eerdere versies van de Investeringsplannen van TenneT de werknaam Kijkuit.

Figuur 31.1 - Tracéoptie voor de verbinding Halsteren–Geertruidenberg



### Halsteren–Geertruidenberg

Vanuit 380kV-station Halsteren ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Rilland-Geertruidenberg richting 380kV-station Geertruidenberg. Ten oosten van 380kV-station Halsteren ligt de tracéoptie tussen de woonkernen van Halsteren en Lepelstraat en kruist de rijksweg A4. De tracéoptie ligt vervolgens in het agrarisch gebied tussen Halsteren en Roosendaal en buigt dan richting het noorden. Hier ligt de tracéoptie parallel aan de rijksweg A17 richting Moerdijk. Bij Moerdijk gaat de tracéoptie westelijk en kruist de rijksweg A16/A59 en spoorwegen ten noorden van Zevenbergschen Hoek. Daarna sluit de tracéoptie aan bij 380kV-station Geertruidenberg. De lengte van de tracéoptie is circa 50 km, wat een ruimtebeslag van circa 5 km<sup>2</sup> betekent.

## 31.2 Beoordeling

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist bij Lepelstraat, Moerstraten, Standdaarbuiten en Hooge Zwaluwe een deel van de woonkernen. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (van de ligging) (deels) voorkomen worden. Over een groot deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, een mix van grasland en akkerbouw. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Er ligt één PR10<sup>-6</sup>-risicocontour van beperkte omvang nabij de tracéoptie, de kans op effecten is klein. De tracéoptie kruist een recreatiegebied (wandelgebied) bij Lepelstraat, hier is een kleine kans op (extra) effecten vanwege parallelligging met de bestaande verbinding. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Rilland-Geertruidenberg en de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Tussen Roosendaal en Zevenbergsche Hoek ligt de tracéoptie deels parallel met een buisleidingenstrook, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding klein. De tracéoptie kruist rijksweg A4 en enkele keren een buisleidingenstrook. Tussen Moerdijk en Geertruidenberg worden tweemaal spoorwegen en rijkswegen A16/A59 gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij 380kV-station Geertruidenberg wordt een primaire waterkering gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 50 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 5 km<sup>2</sup>. De ruimte bij de aansluiting op station Geertruidenberg is beperkt vanwege de vele bovengrondse verbindingen die aanwezig zijn. Dit heeft een middelgrote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 5%) NNN-gebieden gekruist. De gebieden liggen verspreid over de tracéoptie, vanwege de parallelligging met de bestaande bovengrondse verbinding is de kans op (extra) effecten klein. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Geertruidenberg, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in beperkt zettingsgevoelig gebied. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. De tracéoptie kruist geen Natura 2000-gebied. Er wordt op twee plekken over een kleine lengte aardkundig waardevol gebied gekruist. De parallelle tracéoptie snijdt door enkele West-Brabantse (voormalige) krekens en door het landschap van de Brabantse Wal. De tracéoptie ligt langs beschermd dorpsgezicht Den Hout waar openheid in het landschap in de bestemming is opgenomen. Omdat hier reeds een bovengrondse 150kV-verbinding ligt, is de kans op effecten middelgroot. Dit geeft een middelgrote kans op effecten voor landschap. Er zijn geen bekende archeologische waarden aanwezig nabij de tracéoptie, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert maar is overwegend laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 31.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De beperkt beschikbare ruimte bij de aansluiting op Geertruidenberg is een belangrijk aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit punt mede de haalbaarheid.

Tabel 31.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Halsteren–Geertruidenberg

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	2



## 32 Ontwikkeling verbinding Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam

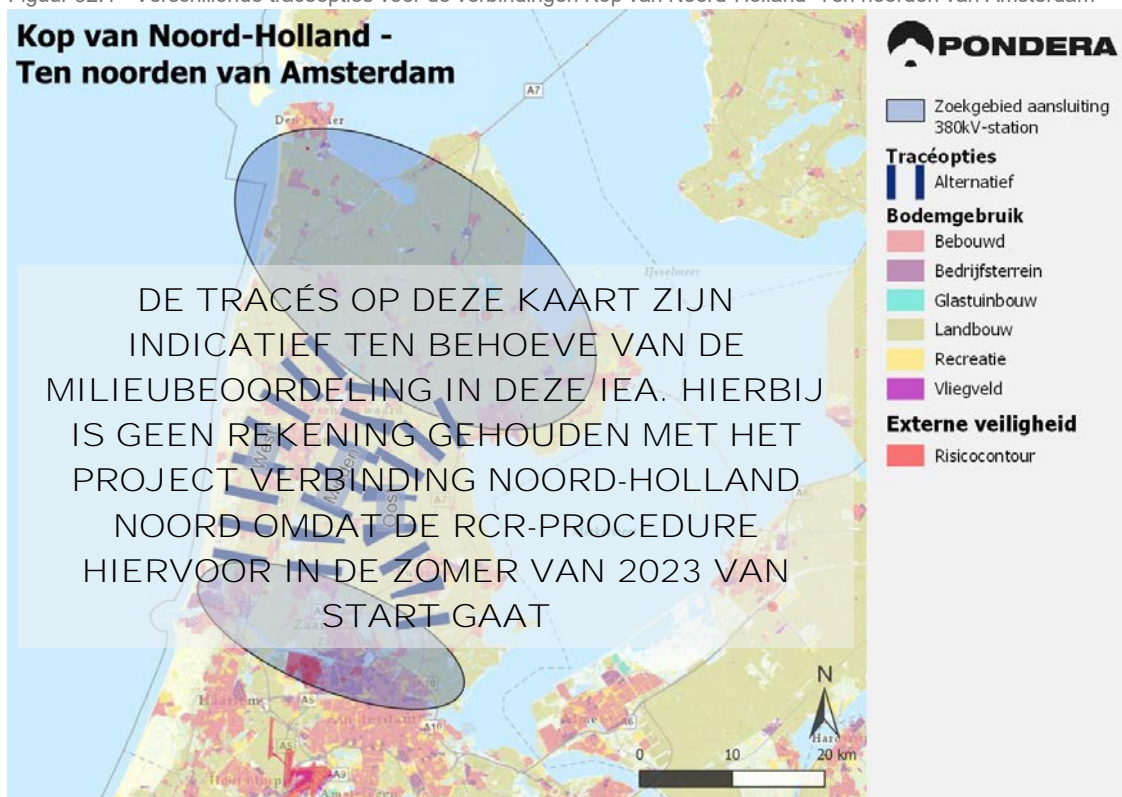
### 32.1 Beschrijving verbinding Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam

#### Verbindingen Kop van Noord-Holland

Op dit moment is er nog geen 380kV-verbinding noordelijker dan Beverwijk in Noord-Holland, maar deze is wel gepland in het IP2022 en meegenomen als gerealiseerd in de berekeningen van het netmodel die zijn uitgevoerd in het kader van de IEA. Waar de verbinding tussen het noorden en het zuiden van Noord-Holland komt en welke 380kV-stations hierbij horen is nog niet bekend. Daarom zijn de tracéopties en de beoordeling van een hoger abstractieniveau en geven enkel indicatief aan wat de kans op effecten kan zijn. Na het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA gaat de RCR-procedure voor de verbinding Noord-Holland Noord van start (zomer 2023). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure.

Naast de geplande verbinding van twee circuits die op dit moment onder studie is van TenneT, zijn er mogelijk nog twee 380kV-circuits nodig om in 2050 te voldoen aan de transportbehoefte van elektriciteit. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding van windenergie op zee in de Kop van Noord-Holland aan land komt (structuurkeuze 1 en 2 in Bijlage VIII). De geplande verbinding ligt grofweg tussen de (te bouwen) 380kV-stations in de omgeving Middenmeer en Den Helder aan de noordzijde en in een band van oost naar west ten noorden van Amsterdam (Figuur 32.1). Tussen de gebieden waar grofweg een aansluiting op een 380kV-station moet komen, betreft het vooral poldergebied. Het landschap is hier grotendeels agrarisch van karakter met een aantal grotere woonkernen zoals Heerhugowaard en Alkmaar. Hieronder zijn drie tracéopties met hoog abstractieniveau beschreven en daarna beoordeeld (Figuur 32.1).

Figuur 32.1 - Verschillende tracéopties voor de verbindingen Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam



(1) Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam oostzijde  
 Vanuit de Kop van Noord-Holland volgt de oostelijke tracéoptie de bovengrondse 150kV-verbinding Oterleek-Westwoud parallel tot aan 150kV-station Oterleek. Vanaf dit station volgt de tracéoptie de 150kV-verbinding Wijdewormer-Oterleek in zuidoostelijke richting en komt westelijk langs Purmerend. Daarna arriveert de tracéoptie in het gebied ten noorden van Amsterdam. Het betreft voornamelijk agrarisch gebied dat voor een groot deel ook als NNN-gebied is aangewezen. Verder wordt Natura 2000-gebied Eilandspolder en de Stelling van Amsterdam gekruist. De lengte van de tracéoptie is minimaal 35 km, wat een ruimtebeslag van minimaal 3,5 km<sup>2</sup> betekent.

(2) Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam midden  
 De midden tracéoptie gaat door agrarisch gebied vanaf de omgeving van 150kV-station De Weel in zuidelijke richting parallel aan de 150kV-verbinding Oterleek-De Weel tot aan Oterleek. Dit gaat door stedelijk gebied van Heerhugowaard. Vanaf station Oterleek volgt de tracéoptie parallel de 150kV-verbinding Velsen-Oterleek tot aan de omgeving ten noorden van Amsterdam. De tracéoptie kruist voornamelijk agrarisch gebied, nabij Heemskerk is dit ook als NNN-gebied aangewezen. Verder wordt Natura 2000-gebied Eilandspolder en de Stelling van Amsterdam gekruist. De lengte van de tracéoptie is minimaal 30 km, wat een ruimtebeslag van minimaal 3 km<sup>2</sup> betekent.

(3) Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam westzijde  
 De westelijke tracéoptie ligt start iets ten noorden van 150kV-station De Weel en gaat westelijk langs de woonkernen Heerhugowaard, Alkmaar en Heiloo. Waar mogelijk is er parallelligging met bovenregionale infrastructuur zoals de N9. Ten zuiden van Heiloo gaat de tracéoptie oostwaarts richting de A9 die parallel

richting het zuiden wordt gevolgd tot het gebied ten noorden van Amsterdam. De tracéoptie kruist voornamelijk agrarisch gebied, nabij Heemskerk is dit ook als NNN-gebied aangewezen. Verder gaat het tracé dicht langs een aantal woonkernen zoals Uitgeest en kruist de tracéoptie aardkundige waarden en de Stelling van Amsterdam. De lengte van de tracéoptie is circa 30 km, wat een ruimtebeslag van circa 3 km<sup>2</sup> betekent.

## 32.2 Beoordeling

(1) Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt grotendeels (circa 85%) in landbouwgebied en heeft nauwelijks overlap met woonkernen. Wel gaat het tracé langs een aantal woonkernen zoals Ursum en Purmerend. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt, ook voor woonkernen is er een kleine kans op effecten. Er zijn geen grote PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren in de omgeving van de tracéoptie. Er worden geen belangrijke recreatiegebieden gekruist. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** Tussen de nog te bepalen 380kV-stations voor aansluiting van de tracéoptie ligt deze volledig parallel met wegen en bovengrondse 150kV-verbindingen (Oterleek-Westwoud en Wijdewormer-Oterleek). Daarnaast worden enkele spoorwegen en nabij Heerhugowaard de bestaande buisleidingenstrook gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 35 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 3,5 km<sup>2</sup>. Hiervan wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 40%) NNN-gebieden gekruist met het zwaartepunt nabij de Schermer en de Beemster. Ondanks de parallele ligging met bestaande verbindingen leidt de lengte van doorkruising (circa 10 km) door weidevogelrijke gebieden tot een grote kans op effecten op het NNN. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig over het hele gebied en zuidelijk van de Beemster zelfs zeer zettingsgevoelig (>0,5 m) voor het realiseren van de masten. Er is nabij Hoorn een grondwaterbeschermingsgebied aanwezig, vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten beperkt tot de masten. Natura 2000-gebied Eilandspolder wordt dwars gekruist. Dit gebied fungeert tevens als belangrijk broedgebied voor weidevogels. Ondanks de al aanwezige verbinding is de kans op (extra) effecten groot. De kans op effecten op landschap is groot. De tracéoptie doorsnijdt over een aanzienlijke lengte de Stelling van Amsterdam. Ook wordt op twee plekken het landschap rond de Westfriese Omringdijk doorsneden. Er liggen verspreid bekende archeologische waarden, maar over het algemeen is er een lage verwachting op archeologische waarden volgens de IKAW. Tussen Oterleek en Purmerend wordt Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam gekruist. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, ondanks de parallelloop met een bestaande verbinding, daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 31.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De doorkruising van NNN- en Natura 2000-gebied en van de Stelling van Amsterdam zijn belangrijke aandachtspunten.

Tabel 32.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	3
Ondergrond	3

(2) Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam midden

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt grotendeels (circa 85%) in landbouwgebied maar overlapt ook de woonkern van Heerhugowaard. Hier ligt de bestaande 150kV-verbinding ondergronds waarmee de tracéoptie parallel ligt. Hier is de kans op effecten groot. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen geen risicocontouren nabij de tracéoptie. Er worden geen belangrijke recreatiegebieden gekruist. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van de woonkern Heerhugowaard.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bovengrondse 150kV-verbindingen (Oterleek-De Weel en Velsen-Oterleek). Daarnaast worden er enkele spoorwegen en viermaal dezelfde buisleidingenstrook gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 30 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 3 km<sup>2</sup>. Hiervan wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 20%) NNN-gebieden gekruist met het zwaartepunt ten zuiden van de Schermer. Ondanks de parallelle ligging met bestaande verbindingen leidt de lange doorkruising (circa 10 km) door weidevogelrijke gebieden tot een grote kans op effecten op het NNN. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig over het hele gebied en ten zuiden van de Schermer zelfs zeer zettingsgevoelig (>0,5 m) voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Natura 2000-gebied Eilandspolder wordt aan de westelijke rand gekruist. Dit gebied fungeert tevens als belangrijk broedgebied voor weidevogels. Ondanks de al aanwezige verbinding is de kans op (extra) effecten middelgroot. Voor deze tracéoptie is de kans op effecten op landschap groot. Naast het over een aanzienlijke lengte doorsnijden van de Stelling van Amsterdam en op twee plekken doorsnijden van het landschap rond de Westfriese Omringdijk, ligt de tracéoptie deels langs de N242 en snijdt langs droogmakerij Berkmeer (Bijzonder Provinciaal Landschap). Er liggen verspreid bekende archeologische waarden, maar over het algemeen is er een lage verwachting op archeologische waarden volgens het IKAW. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is daarom, ondanks de parallelloop met een bestaande verbinding, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Samenvatting**

In Tabel 32.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De doorkruising van de Stelling van Amsterdam, woonkernen en NNN zijn belangrijke aandachtspunten.

Tabel 32.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	3
Ondergrond	3

(3) Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam westzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt grotendeels (circa 85%) in landbouwgebied maar overlapt ook met een aantal woonkernen: Heiloo, Limmen, Uitgeest en Heemskerk. Naar verwachting is optimalisatie van het tracé mogelijk. Uitzondering hierop is Uitgeest. Hier ligt de tracéoptie tussen het Uitgeestermeer en Uitgeest in waardoor er weinig ruimte is voor uitwijken. Hier is de kans op effecten groot. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen geen grote risicocontouren nabij de tracéoptie, dit is een kleine kans op effecten. Er worden verschillende recreatiefuncties gekruist: enkele sportparken en wandelgebieden. Bij Uitgeest wordt een recreatieplas met jachthaven en strand gekruist. De kans op effecten op deze recreatieve functies is groot. Met name bij het Uitgeestermeer is er beperkte mogelijkheid voor mitigatie van effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt vanaf Heiloo richting het zuiden parallel met de A9. Daarnaast worden er enkele spoorwegen en driemaal dezelfde buisleidingenstrook gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Er wordt geen primaire waterkering gekruist. De tracéoptie heeft een lengte van circa 30 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 3 km<sup>2</sup>. Hiervan worden verspreid over de tracéoptie delen van NNN-gebieden (circa 25%) gekruist met het zwaartepunt vanaf Uitgeest en zuidelijker. De kans op effecten is groot omdat deze fungeren als weidevogelbroedgebied. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten voor een groot deel van de tracéoptie met uitzondering van het gebied ten westen van Alkmaar en Heiloo. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied of Natura 2000-gebied aanwezig. Wel is bijna het gehele gebied ten westen van Alkmaar, Limmen en zuidelijker provinciaal aangewezen weidevogelgebied. Voor deze tracéoptie is de kans op effecten op landschap groot. Naast de Stelling van Amsterdam en het landschap rond de Westfriese Omringdijk, doorsnijdt de westelijke tracéoptie het waardevolle landschap tussen Bergen en Alkmaar en tussen Egmond (aan den Hoef en – Binnen) en Heiloo (Bijzonder Provinciaal Landschap Noord-Kennemerland). Er liggen verspreid bekende archeologische waarden, over een groot deel van de tracéoptie is een middelhoge archeologische verwachting volgens het IKAW. Tussen Alkmaar en Heemskerk ligt een groot gebied met aardkundige waarden dat wordt gekruist. Vanaf Uitgeest en zuidelijker wordt Unesco-werelderfgoed Stelling van Amsterdam gekruist, dit is een grote kans op effecten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is daarom, ondanks de parallelloop de A9, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 32.3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De doorkruising van de Stelling van Amsterdam, recreatieve functies en NNN zijn belangrijke aandachtspunten.

Tabel 32.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Kop van Noord-Holland–Ten noorden van Amsterdam

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

### 33 Ontwikkeling verbinding Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg 380kV (niet-robuust)

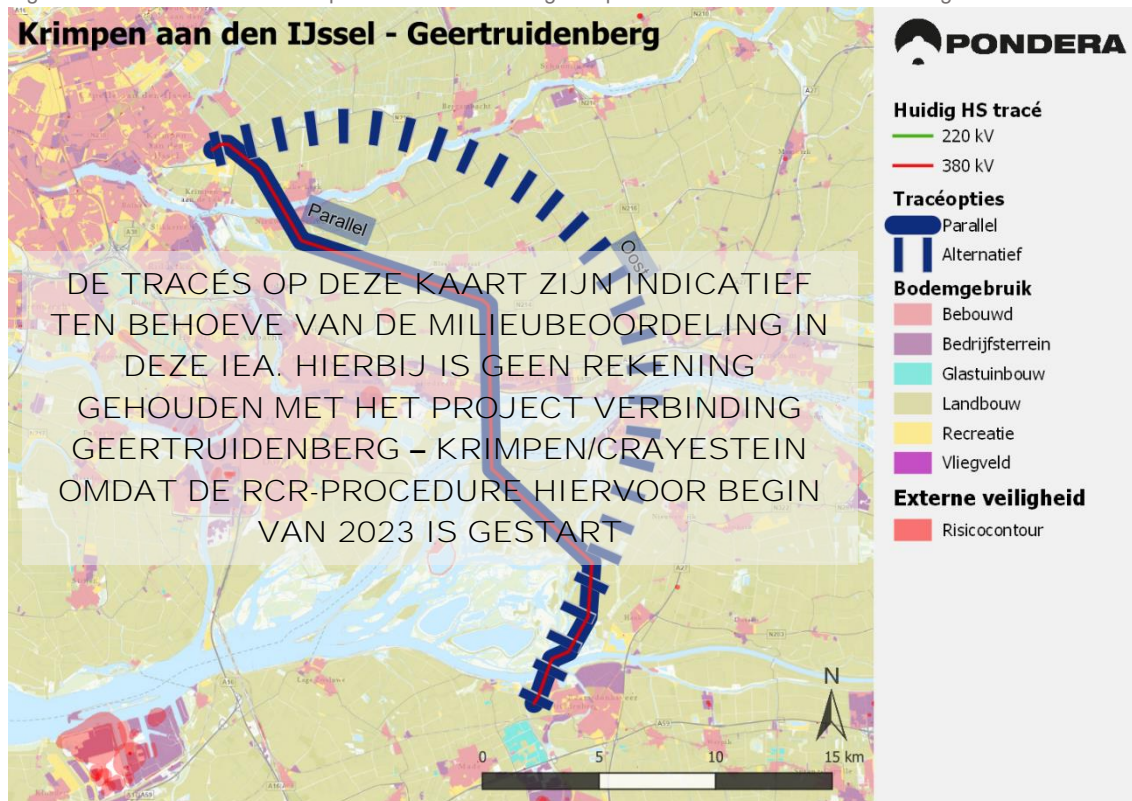
#### 33.1 Beschrijving verbinding Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg

**Verbinding Geertruidenberg – Krimpen/Crayestein**

Gedurende het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA is begin 2023 de RCR-procedure opgestart voor de verbinding tussen Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of Crayestein. Zie hiervoor: [Hoogspanningsverbinding 380 kV Geertruidenberg - Krimpen aan den IJssel of Crayestein \(rvo.nl\)](#). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure.

De bovengrondse 380kV-verbinding Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg (KIJ-GT) ligt in gemengd stedelijk en landelijk gebied waar de rivieren Lek, Beneden Merwede, Nieuwe Merwede en Bergsche Maas bepalend zijn in het landschap. De woonkernen Nieuw-Lekkerkerk, Lekkerkerk, Sliedrecht, Hardinxveld-Giessendam, Werkendam en Geertruidenberg liggen in de directe omgeving. Het agrarisch gebied betreft grasland op venige bodem ten noorden van de Beneden Merwede en akkerland ten zuiden hiervan. Er zijn hieronder twee tracéopties (Figuur 33.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding. Een westelijke tracéoptie is niet meegenomen omdat een doorkruising van de Biesbosch en het stedelijk gebied daaromheen niet realistisch is.

Figuur 33.1 - Verschillende tracéopties voor de verbinding Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg



#### (1) Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg parallel

Vanuit 380kV-station Krimpen aan den IJssel ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding richting 380kV-station Geertruidenberg. De tracéoptie kruist bij Lekkerkerk de rivier de Lek en kruist aan de overzijde de woonkern van Nieuw-Lekkerland. Ten zuiden van Nieuw-Lekkerland splitst de tracéoptie zich van de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Crayestein–Krimpen aan den IJssel en gaat meer westelijk richting Bieskensgraaf. De tracéoptie gaat verder richting het zuiden en ligt tussen de vergroeide woonkernen van Sliedrecht en Hardinxveld-Giessendam waarna de Beneden Merwede wordt gekruist. Hier wordt een deel van Natura 2000-gebied Biesbosch gekruist. Na kruising van de Nieuwe Merwede gaat de optie zoveel mogelijk oostelijk om de Biesbosch heen, dit gebied wordt met name nog nabij 380kV-station Geertruidenberg en de Bergsche Maas gekruist om aan te landen bij het 380kV-station. De lengte van de optie is circa 35 km, wat een ruimtebeslag van circa 3,5 km<sup>2</sup> betekent.

#### (2) Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg oostzijde

Vanuit 380kV-station Krimpen aan den IJssel gaat de tracéoptie in oostelijke richting en zuidelijk langs de woonkern Bergambacht en kruist hier de Lek. Verder naar het zuiden kruist de tracéoptie de woonkern van Giessenburg, een spoorweg en rijksweg A15. De Boven Merwede wordt oostelijk van Boven-Hardinxveld gekruist, de woonkern van Werkendam wordt zoveel mogelijk vermeden. Ten noordoosten van Hank voegt de tracéoptie samen met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding tot aan 380kV-station Geertruidenberg. Hier wordt het Natura 2000-gebied Biesbosch gekruist. De lengte van de tracéoptie is circa 45 km, wat een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 33.2 Beoordeling

#### (1) Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist twee stedelijke gebieden, het gaat om de woonkernen van Nieuw-Lekkerland, Lekkerkerk, Sliedrecht en Hardinxveld-Giessendam. Nieuw-Lekkerland wordt dwars gekruist en ook de samengegroeide woonkernen van Sliedrecht en Hardinxveld-Giessendam bieden weinig ruimte waar geen belemmeringen aanwezig zijn (voornamelijk woningen). Daarnaast zijn er meerdere lintbebouwingsstroken<sup>11</sup> aanwezig. Door de beperkte ruimte is het lastig om potentiële effecten op woonkernen te verminderen, de kans op effecten is daarmee groot. Over een deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, ten noorden van de Beneden Merwede gaat het om grasland, ten zuiden hiervan om akkerbouw. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Er liggen nabij de tracéoptie vier PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van beperkte omvang, de kans op effecten is klein. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: wandelgebied bij Krimpen aan den IJssel, en een jachthaven bij Hank. Gezien de parallellegging met de bestaande bovengrondse verbinding is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van meerdere woonkernen met weinig mogelijkheden tot vermindering van potentiële effecten.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. De tracéoptie kruist spoorwegen bij Sliedrecht, rijksweg A15 en een buisleidingenstrook. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij het kruisen van de Lek, Beneden Merwede, Nieuwe Merwede en Bergsche Maas worden primaire waterkeringen gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 35 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 3,5 km<sup>2</sup>. De ruimte bij stedelijk gebied en bij lintbebouwing is zeer beperkt waardoor potentiële effecten lastig te verminderen zijn. Ook is de beschikbare ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Geertruidenberg

<sup>11</sup> Lintbebouwing bestaat uit een langgerekte lijn van veelal vrijstaande bebouwing langs een weg, rivier of kanaal.

zeer beperkt door de grote hoeveelheid verbindingen die er reeds aanwezig zijn. Hier is een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 40%) NNN-gebieden gekruist. Het gaat hier om de Biesbosch aan de oostzijde op verschillende plekken en tussen Bieskensgraaf en 380kV-station Krimpen aan den IJssel. Door de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding) vooral vanwege de beperkte ruimte.

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in zettingsgevoelig gebied voor het realiseren van de masten. Het gebied bij Nieuw-Lekkerland en Lekkerkerk zijn grondwaterbeschermingsgebied en bij de Bergsche Maas ligt een beschermingszone voor rivierwaterwinning. Vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. De tracéoptie kruist het Natura 2000-gebied Biesbosch een aantal keer tussen 380kV-station Geertruidenberg en Sliedrecht. Tevens worden provinciaal beschermde gebieden voor open grasland (weidevogelgebieden) gekruist in de Alblasserwaard. Ondanks parallelligging met de bestaande 380kV-verbinding is hier een grote kans op effecten. Door het kruisen Nationaal Park De Biesbosch en de Nationale Landschappen Groene Hart en Hollandse Waterlinie (tevens Wereld Erfgoed) is de kans op effecten op landschap groot. Er wordt op verschillende plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Er worden geen bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert maar is overwegend laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De tracéoptie ligt ten oosten van de Biesbosch in Unesco-werelderfgoed Hollandse Waterlinie, ondanks de parallelligging met de bestaande 380kV-verbinding is hier de kans op effecten groot. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van de Hollandse Waterlinie en de Biesbosch, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 33.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van woonkernen, de beperkt beschikbare ruimte, het kruisen van de Biesbosch en Hollandse Waterlinie zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 33.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	3

### (2) Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist enkele woonkernen, het gaat om Laag Blokland, Giessenburg en Werkendam. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. Er zijn echter ook verschillende stroken lintbebouwing aanwezig. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Over een groot deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist met een mix van grasland en akkerland. De invloed op landbouw is vanwege de bovengrondse ligging klein. Er liggen drie PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van beperkte omvang nabij de tracéoptie, de kans op effecten is klein. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: twee wandelgebieden en een camping tussen Krimpen aan den IJssel en Bergambacht, een sportcomplex bij Giessenburg, een motorcrossbaan bij Boven-Hardinxveld, een sportcomplex en wandelgebied bij Werkendam en een jachthaven bij Hank. Naar verwachting kunnen de potentiële effecten op de recreatiegebieden met tracéoptimalisatie (deels) verminderd worden. Voor de totale occupatielaag is de kans op



effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de effecten op de aanwezige stroken lintbebouwing.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt bij het 380kV-station Geertruidenberg voor een deel parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. Bij Krimpen aan den IJssel ligt de tracéoptie deels parallel met een buisleidingenstrook, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. De tracéoptie kruist een buisleidingenstrook, bovengrondse 150kV-verbinding, spoorweg en rijksweg A15. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij het kruisen van de Lek, Boven Merwede en Bergsche Maas worden primaire waterkeringen gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten op waterkeringen klein, maar wel een grote kans op effecten op vaarwegen. De tracéoptie heeft een lengte van circa 45 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup>. De beschikbare ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Geertruidenberg is zeer beperkt door de grote hoeveelheid verbindingen die reeds aanwezig zijn. Hier is een grote kans op effecten. Er wordt verspreid over de tracéoptie (circa 30%) NNN-gebieden gekruist. Het gaat hier om de Biesbosch aan de oostzijde op verschillende plekken en tussen Laag Blokland en Krimpen aan den IJssel. Dit heeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding) vooral vanwege de beperkte ruimte bij de aansluiting op 380kV-station Geertruidenberg en effecten op NNN.

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in zettingsgevoelig gebied voor het realiseren van de masten. Het gebied tussen Lekkerkerk en Krimpen aan den IJssel is grondwaterbeschermingsgebied en bij de Bergsche Maas ligt een beschermingszone voor rivierwaterwinning. Vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. De tracéoptie kruist het Natura 2000-gebied Biesbosch aan de zuidoostzijde een aantal keer. Tevens worden provinciaal beschermde gebieden voor open grasland (weidevogelgebieden) gekruist in de Alblasserwaard. Ondanks paralleligging is hier een grote kans op effecten. Door het kruisen Nationaal Park De Biesbosch en de Nationale Landschappen Groene Hart en Hollandse Waterlinie (tevens Wereld Erfgoed) zijn ook hier de kansen op negatieve effecten op landschap groot. Er wordt op verschillende plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Er worden geen bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert maar is overwegend laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De tracéoptie ligt ten oosten van de Biesbosch in Unesco-werelderfgoed Hollandse Waterlinie, hier is de kans op effecten groot. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van de Hollandse Waterlinie en de Biesbosch.

### Samenvatting

In Tabel 33.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De beperkt beschikbare ruimte, het kruisen van de Biesbosch en Hollandse Waterlinie zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 33.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Krimpen aan den IJssel–Geertruidenberg oostzijde

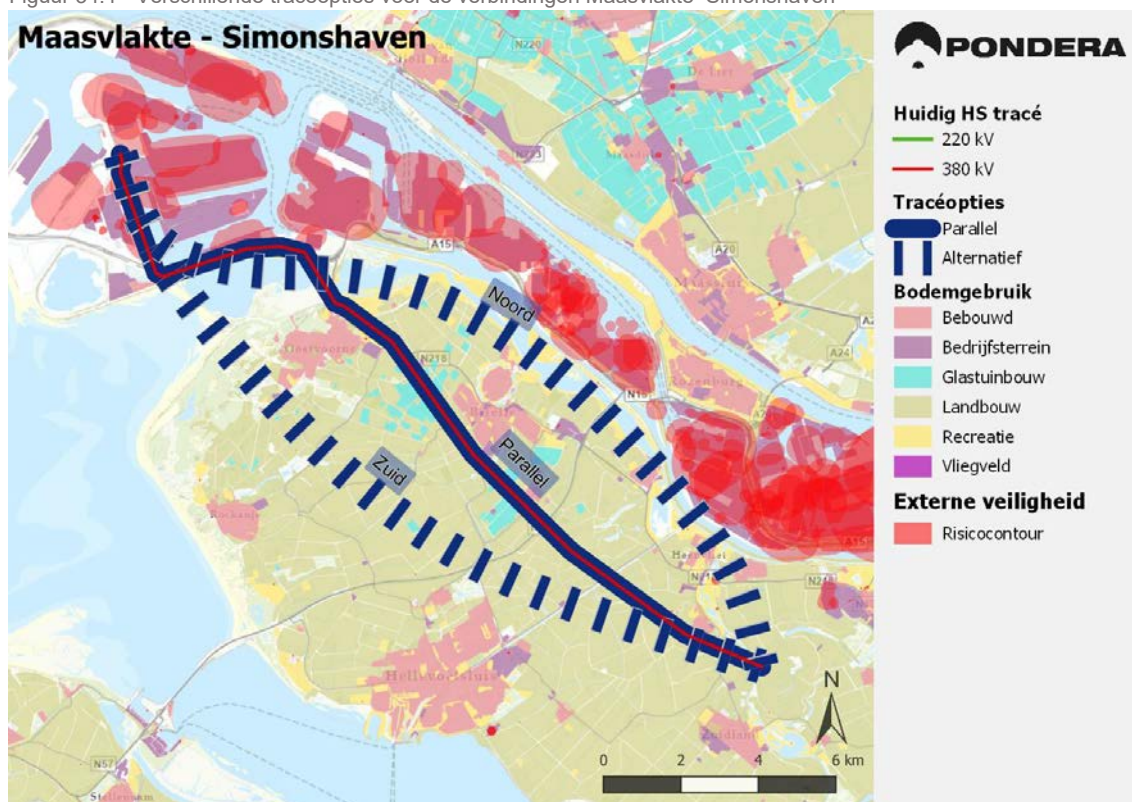
Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	3
Ondergrond	3

## 34 Ontwikkeling verbinding Maasvlakte–Simonshaven 380kV (niet-robuust)

### 34.1 Beschrijving verbinding Maasvlakte–Simonshaven

De bovengrondse 380kV-verbinding Maasvlakte–Simonshaven (MVL-SMH) ligt zowel op de industriële Maasvlakte van de haven van Rotterdam als in het meer landelijke gebied van Voorne-Putten. Op de Maasvlakte is de ruimte beperkt door een hoge concentratie aan industriële activiteiten, op Voorne-Putten liggen diverse woonkernen in de omgeving en heeft het landschap een meer agrarisch karakter. Er zijn hieronder drie tracéopties (Figuur 34.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 34.1 - Verschillende tracéopties voor de verbindingen Maasvlakte–Simonshaven



#### (1) Maasvlakte–Simonshaven parallel

Vanuit 380kV-station Maasvlakte ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding richting Simonshaven. Tot aan het Brielse Meer ligt de tracéoptie ook parallel met de bovengrondse 380kV-verbinding Maasvlakte-Nieuwe Waterweg. Tussen het Oostvoornse en Brielse Meer gaat de tracéoptie ten noorden van Oostvoorne langs en kruist een kassengebied. Na het zuidelijk kruisen van Brielle wordt wederom een kassengebied gekruist en ligt de tracéoptie aan de zuidkant van Abbenbroek. Na het kruisen van de Bernisse wordt de tracéoptie aangesloten op 380kV-station Simonshaven. De lengte van de tracéoptie is circa 25 km, wat een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup> betekent.

### (2) Maasvlakte–Simonshaven noordzijde

Van 380kV-station Maasvlakte tot aan het Brielse Meer ligt de tracéoptie parallel met de bovengrondse 380kV-verbindingen Maasvlakte-Nieuwe Waterweg en Maasvlakte–Simonshaven. De tracéoptie gaat vervolgens ten noorden van het Brielse Meer over de smalle strook land tussen het Hartelkanaal en het Brielse Meer. Deze strook wordt gevolgd tot aan Heenvliet. Hier gaat de tracéoptie tussen Heenvliet en Geervliet parallel aan de Bernisse richting 380kV-station Simonshaven. De lengte van de tracéoptie is circa 25 km, wat een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup> betekent.

### (3) Maasvlakte–Simonshaven zuidzijde

Vanuit 380kV-station Maasvlakte ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding richting Simonshaven tot aan de westzijde van het Oostvoornse Meer, hier wordt de Brielse Gatdam gekruist (Natura 2000-gebied Voordelta en Voornse Duin). De tracéoptie gaat ten zuiden van Oostvoorne in zuidoostelijke richting door agrarisch akkerland ten noorden van Hellevoetsluis langs. Ten zuiden van Abbenbroek kruist de tracéoptie de Bernisse en landt aan bij 380kV-Simonshaven. De lengte van de tracéoptie is circa 25 km, wat een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 34.2 Beoordeling

### (1) Maasvlakte–Simonshaven parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist de randen van de woonkernen van Oostvoorne, Brielle, Vierpolders en Abbenbroek. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. Bij ligging op Voorne-Putten wordt met name agrarisch akkerbouw gekruist en twee kassengebieden nabij Brielle. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen verschillende PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie, het gaat hier met name om het gedeelte dat op de Maasvlakte ligt waar veel contouren overlappen met de tracéoptie. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: een vakantiepark nabij het Brielse Meer, volkstuinten nabij Brielle en Vierpolders, en een wandelgebied langs de Bernisse. Gezien de parallelligging met de bestaande bovengrondse verbinding is de kans op (extra) effecten klein. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de mogelijke effecten op het aspect externe veiligheid.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. Daarnaast is er deels parallelligging met een buisleidingenstrook op meerdere stukken van de tracéoptie. Op de Maasvlakte is er parallelloop met spoorwegen, andere hoogspanningsinfrastructuur en de eerdergenoemde buisleidingenstrook. Vanwege de bovengrondse aanleg is er een kleine kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding. Nabij het Oostvoornse Meer wordt een primaire waterkering gekruist, met bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 25 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup>. De ruimte op de Maasvlakte is zeer beperkt vanwege de hoge dichtheid aan industriële activiteiten en geplande ontwikkelingen, zoals aanlandingen van Netten op zee Ijmuiden Ver Beta, Gamma en Nederwiek 2. Dit geeft een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 10%) NNN-gebieden gekruist, nabij het Oostvoornse Meer (met een korte ontwikkelingsduur). De tracéoptie eindigt in NNN-gebied met een beheertype met middellange ontwikkelingsduur. Door de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding is de kans op (extra) effecten klein. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte bij de aansluiting op het station, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** Het oostelijk deel van de tracéoptie is zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Natura 2000-gebied Voornes Duin wordt aan de noordoostzijde gekruist nabij het Oostvoornse Meer maar dit betreft het habitatrictlijngebied van het gebied. De tracéoptie ligt nabij Natura 2000-gebied Voordelta. Vanwege doorkruising met habitatrictlijngebied is er een middelgrote kans op effecten. De tracéoptie loopt weliswaar parallel aan een bestaand tracé, maar vormt wel een nieuwe doorkruising van het (voormalige) krekenslandschap langs De Holle Mare. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op landschap. Nabij het Oostvoornse Meer, Brielle en ten westen van Abbenbroek is aardkundig waardevol gebied aanwezig. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 34.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De beschikbare ruimte op de Maasvlakte is een belangrijk aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit punt mede de haalbaarheid.

Tabel 34.1 Beoordeling lagen tracéoptie Maasvlakte–Simonshaven parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	3
Ondergrond	2

#### (2) Maasvlakte–Simonshaven noordzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist de randen van de woonkernen van Zwartewaal, Heenvliet, Geervliet en Abbenbroek. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracé-optimalisatie (deels) voorkomen worden. Er wordt op een klein deel van de tracéoptie, tussen Geervliet en 380kV-station Simonshaven, agrarisch akkerland gekruist. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen verschillende PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie, het gaat hier met name om het gedeelte dat op en nabij de Maasvlakte ligt waar veel contouren overlappen met de tracéoptie. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. De tracéoptie kruist over een groot deel verschillende recreatiegebieden. De strook tussen het Brielse Meer en het Hartelkanaal is van recreatief belang met onder andere een fietspad, golfbaan, camping en wandelgebied. De tracéoptie heeft grote kans op effecten op de recreatieve functies. Ook langs de Bernisse is een recreatiegebied (wandelgebied) en volkstuintjes aanwezig. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt gedeeltelijk parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbindingen Maasvlakte–Nieuwe Waterweg en Maasvlakte–Simonshaven. Daarnaast is er deels paralleligging met een buisleidingenstrook, spoorwegen en overige hoogspanningsinfrastructuur (op de Maasvlakte). Door bovengrondse aanleg is er een kleine kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding. De primaire waterkering parallel aan het Hartelkanaal ligt op een groot deel van de tracéoptie parallel. Deze lange parallelloop heeft een grote kans op effecten op deze waterkering. De tracéoptie heeft een lengte van circa 25 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup>. De ruimte op de Maasvlakte is zeer beperkt vanwege de hoge dichtheid aan industriële activiteiten en geplande ontwikkelingen aanlandingen van netten op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma en Nederwiek 2. Dit geeft een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 10%) NNN-gebieden gekruist, nabij het Brielse

Meer en het Hartelkanaal waaronder gebieden met beheertypen met een lange ontwikkelingsduur. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding) vooral vanwege de beperkte ruimte en vanwege de parallelloop met een primaire waterkering.

**Effecten ondergrondlaag.** Het oostelijk deel van de tracéoptie is zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. De tracéoptie ligt nabij Natura 2000-gebied Voordelta bij de Maasvlakte. Door de parallelloop met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding is hier een kleine kans op effecten. Nabij 380kV-station Simonshaven is aardkundig waardevol gebied aanwezig. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist bij Heenvliet en Geervliet, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert tussen een lage en een middelhoge trefkans. Beide dorpskernen zijn tevens aangewezen als beschermd dorpsgezicht. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten op de dorpsgezichten kan door tracéoptimalisatie worden beperkt. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 34.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De beschikbare ruimte op de Maasvlakte, recreatie en parallelloop met de primaire waterkering zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 34.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Maasvlakte–Simonshaven noordzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	3
Ondergrond	2

### (3) Maasvlakte–Simonshaven zuidzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist de randen van de woonkernen van Oostvoorne en Nieuwenhoorn. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. Vanaf de ligging op Voorne-Putten wordt met name agrarisch akkerbouwgebied gekruist. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen verschillende PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie. Het gaat hier met name om het gedeelte dat op de Maasvlakte ligt waar veel contouren overlappen met de tracéoptie. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op het aspect externe veiligheid. De tracéoptie kruist bij Oostvoorne een camping en een landgoed. De kans op effecten is middelgroot. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door effecten op externe veiligheid en recreatie.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt op de Maasvlakte parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. Op de Maasvlakte is er parallelloop met spoorwegen, andere hoogspanningsinfrastructuur en een buisleidingenstrook. Door bovengrondse aanleg is er een kleine kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding. Daarnaast is er een klein deel (Brielse Gatdam) waar de tracéoptie parallel loopt met de primaire waterkering. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. De tracéoptie heeft een lengte van circa 25 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup>. De ruimte op de Maasvlakte is zeer beperkt vanwege de hoge dichtheid aan industriële activiteiten en geplande ontwikkelingen zoals de aanlandingen van Netten op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma en Nederwiek 2. Dit geeft een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 20%) NNN-gebieden gekruist, bij de Brielse

Gatdam, de duinen bij Oostvoorne en verschillende (haaks liggende) stroken tussen Oostvoorne en 380kV-station Simonshaven. Vanwege de hoge natuurwaarden is dit een grote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte en het kruisen van NNN-gebieden, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** Het oostelijk deel van de tracéoptie is zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Natura 2000-gebieden Voordelta en Voornes Duin worden gekruist nabij het Oostvoornse Meer. Het kruisen van deze gebieden heeft een grote kans op effecten. Het doorkruisen van het Voornse duinlandschap en het landschap langs de Strypse Wetering heeft een grote kans op effecten op landschap. Nabij het Oostvoornse Meer, noord-oosten van Rockanje en ten westen van Abbenbroek is aardkundig waardevol gebied aanwezig. Ook worden er twee bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege het kruisen van de Natura 2000-gebieden en landschappelijke effecten, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 34.3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De beschikbare ruimte op de Maasvlakte en het kruisen van natuurgebieden (Natura 2000 en NNN) zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 34.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Maasvlakte–Simonshaven zuidzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	3
Ondergrond	3

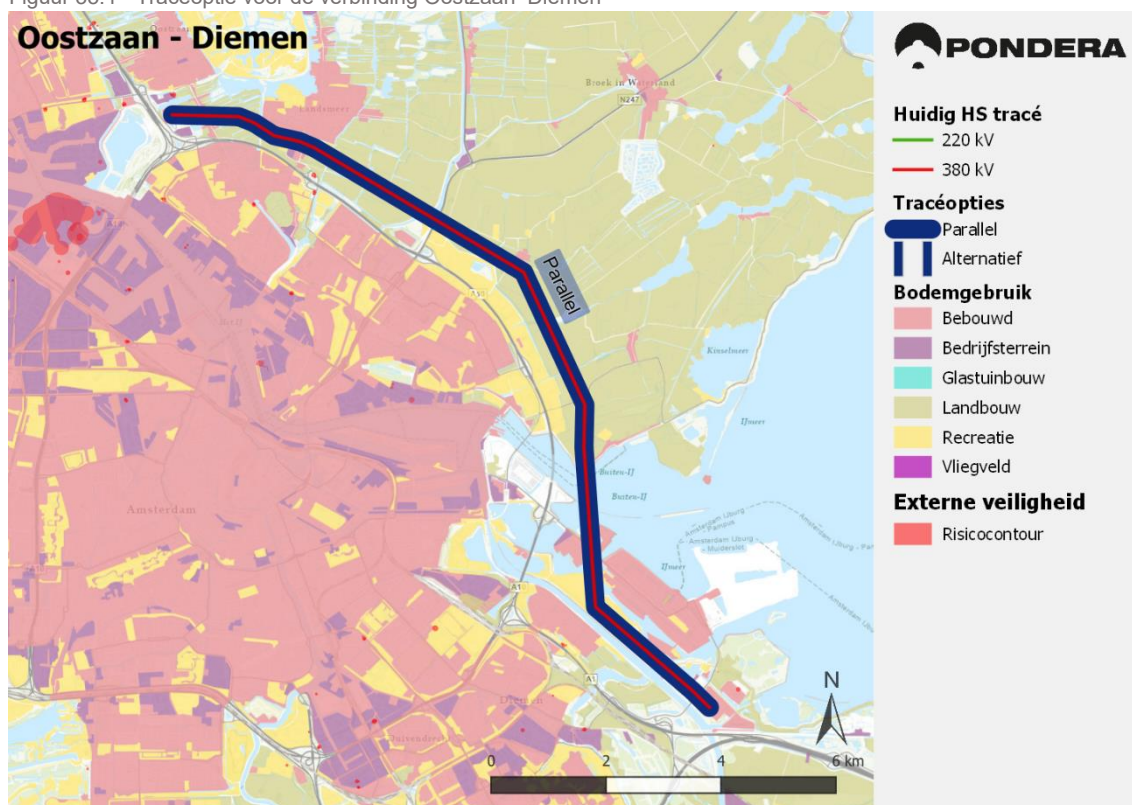
## 35 Ontwikkeling verbinding Oostzaan–Diemen 380kV (niet-robuust)

### 35.1 Beschrijving verbinding Oostzaan–Diemen

De bovengrondse 380kV-verbinding Oostzaan–Diemen (OZN-DMN) ligt bij Amsterdam aan de noord-oostelijke kant en ligt voor een groot deel op enige afstand parallel met de rijksweg A10. Het eerste deel betreft open poldergebied tot het punt waar het IJmeer wordt gekruist. Hier is er veel water, stedelijk gebied (IJburg) tot de aansluiting op station Diemen. Er is hieronder enkel een tracéoptie (Figuur 35.1) parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding beschreven en daarna beoordeeld.

De reden hiervoor is de beperkte ruimte aan de zuidkant van de tracéoptie (dit is geheel stedelijk gebied van Amsterdam) en het traceringsprincipe van een zo kort mogelijke route (waardoor er geen logisch tracé aan de noordzijde is). De omschrijving van de tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 35.1 - Tracéoptie voor de verbinding Oostzaan–Diemen



#### Oostzaan–Diemen parallel

De tracéoptie ligt parallel aan de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Oostzaan–Diemen. Vanaf 380kV-Oostzaan ligt de tracéoptie grotendeels in agrarisch grasland, maar kruist de rand van de woonkern Landsmeer. De tracéoptie ligt op enige afstand parallel aan de rijksweg A10 en buigt in zuidelijke richting mee. Hier wordt het IJmeer gekruist, waarbij ook enkele primaire waterkeringen en de woonkern van Steigereiland en IJburg worden gekruist. Via het Diemerpark landt de verbinding aan op 380kV-station Diemen. De lengte van de tracéoptie is circa 15 km, wat een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 35.2 Beoordeling

### Oostzaan–Diemen parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist de woonkern Landsmeer aan de zuidzijde en kruist de woonkernen Steigereiland en IJburg. Tussen 380kV-station Oostzaan en Durgerdam wordt grotendeels agrarisch grasland gekruist. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen twee PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie, dit betreft in beide gevallen een tankstation bij de rijksweg A10. Er worden verschillende recreatiefuncties gekruist: volkstuinen en wandelgebied nabij Landsmeer, een golfbaan, volkstuinen en sportaccommodatie bij Amsterdam Noord en het wandelgebied Diemerpark bij Diemen. Vanwege de parallelligging met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding is er een middelgrote kans op effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van meerdere woonkernen.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande 380kV-verbinding en op enige afstand grotendeels met rijksweg A10. Verder wordt de bovengrondse 150kV-verbinding Diemen-Wijdewormer gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Nabij Diemen is er een aantal hoogspanningsverbindingen die aanlanden op het 380kV-station waardoor de ruimte voor aansluiting van een nieuwe verbinding beperkt is. Rondom het IJmeer wordt meerdere malen een primaire waterkering gekruist. Door de bovengrondse ligging is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 15 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 1,5 km<sup>2</sup>. De beschikbare ruimte rondom 380kV-station Diemen is beperkt. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 20%) NNN-gebieden gekruist bij het IJmeer en het landdeel ten noorden hiervan. Ondanks de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte om aan te landen bij 380kV-station Diemen, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig over het hele tracé voor het realiseren van de masten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Aan de oostelijke rand wordt het Natura 2000-gebied Markermeer en IJmeer gekruist. Verspreid over de tracéoptie worden meerdere aardkundig waardevolle gebieden gekruist. Grote delen van Waterland zijn door de provincie aangewezen als beschermde weidevogelgebieden. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW is laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Nabij station Diemen wordt werelderfgoed Hollandse Waterlinie voor een klein deel gekruist. Vanwege het sterk veranderde karakter van het landschap en de reeds veel aanwezige hoogspanningsinfrastructuur is dit een middelgrote kans op effecten. De tracéoptie snijdt door de Bijzondere Provinciale Landschappen Oostzaner- en IJperveld en Waterland. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding), vooral vanwege de kruising met Natura 2000-gebied.

### Samenvatting

In Tabel 35.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van woonkernen, de beperkte ruimte bij de aansluiting op station Diemen en het kruisen van Natura 2000-gebied zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.



Tabel 35.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Oostzaan–Diemen parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	2
Ondergrond	3

## 36 Ontwikkeling verbinding Rilland–Halsteren 380kV (niet-robust)

### 36.1 Beschrijving verbinding Rilland–Halsteren

De 380kV-verbinding Rilland–Halsteren is op dit moment nog onderdeel van de verbinding Rilland-Geertruidenberg waar in de toekomst het nieuwe 380kV-station Halsteren aan wordt toegevoegd dat als ‘tussenstation’ voor de verbinding Rilland-Geertruidenberg kan worden gezien. Het 380kV-station Halsteren<sup>12</sup> is opgenomen in het IP2022.

#### **Verbindingen Zuid-West 380kV Oost**

Op dit moment is de procedure voor de aanpassing van de 380kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg via Halsteren/Geertruidenberg bijna doorlopen. Er wordt een extra 380kV-station gerealiseerd in Halsteren. Daarnaast wordt een nieuwe verbinding tussen Rilland en Tilburg gerealiseerd: Zuid-West 380kV Oost. Die verbinding zal echter niet via 380kV-station Halsteren lopen. Dit project is inmiddels vergund en het tracé is bekend (zie: [TenneT projectenatlas Zuid-West 380kV Oost](#)).

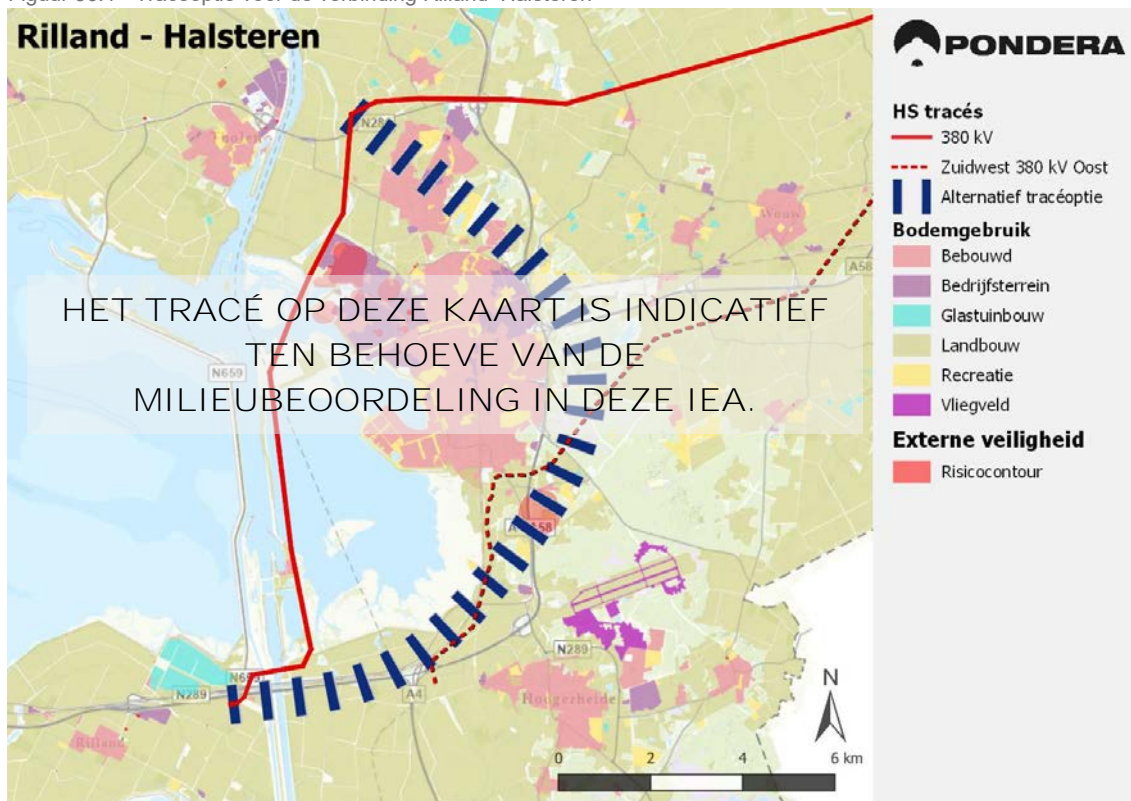
Uit de voor deze IEA gebruikte scenario's blijkt dat in de toekomst mogelijk nog een extra 380kV-verbinding (niet-robust) nodig zal zijn tussen Rilland-Halsteren, Halsteren- Geertruidenberg en Geertruidenberg – Tilburg, bovenop de nu in voorbereiding zijnde verbinding Zuid-West 380kV Oost. De beoordeling van de milieueffecten van deze extra verbinding is per deeltracé gedaan. Dit hoofdstuk betreft het deeltracé Rilland - Halsteren.

De huidige verbinding gaat ten oosten van de Kreekraksluizen door het water via het Markiezaatsmeer en het Bergsche Diep en ligt zo ten westen van Bergen op Zoom. Het merendeel van dit tracé ligt in Natura 2000-gebied Markiezaat en Zoommeer. Er is recent tracéonderzoek gedaan en een milieueffectrapportage opgesteld voor de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Dit tracé loopt echter niet naar 380kV-station Halsteren, waardoor voor de beoordeling in deze IEA niet volledig kan worden aangesloten bij het MER voor de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Uit dit MER is wel gebleken dat een parallel tracé door het Natura-2000 gebied geen optie is.

Er is hieronder een tracéoptie (Figuur 36.1) beschreven en daarna beoordeeld ten oosten van het Markiezaatsmeer en het Bergsche Diep. Het oostelijke tracé volgt deels het tracé van de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost en buigt dan ten oosten van Bergen op Zoom naar het noorden richting 380kV-station Halsteren. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat het tracé, net als het tracé van de nieuwe 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost, deels ondergronds zal worden gerealiseerd ter hoogte van de Brabantse Wal.

<sup>12</sup> 380kV-station Halsteren had in eerdere versies van de Investeringsplannen van TenneT de werknaam Kijkuit.

Figuur 36.1 - Tracéoptie voor de verbinding Rilland–Halsteren



#### Rilland–Halsteren oostzijde

Vanuit 380kV-station Rilland volgt de tracéoptie tot ongeveer ter hoogte van de rijksweg A58 ten oosten van Bergen op Zoom de tracéoptie van de nog te bouwen 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost tussen Rilland en Tilburg. Na het kruisen van de Kreekrak kruist de tracéoptie de rijkswegen A4 en A58 en loopt parallel aan de spoorweg tussen Bergen op Zoom en Vlissingen tot aan de rand van Bergen op Zoom. De tracéoptie gaat daarna in noordoostelijke richting en kruist rijkswegen A4/A58 en doorsnijdt Natura 2000-gebied Brabantse Wal. Hier wordt de geplande Zuid-West 380kV Oost-verbinding ondergronds aangelegd, dit is voor deze tracéoptie dan ook op deze plek het uitgangspunt. Tussen knooppunt Markiezaat tot na de Brabantse Wal ligt de geplande verbinding ondergronds. Direct daarna splitst de tracéoptie zich af van het geplande Zuidwest 380kV-verbinding en gaat deze noordwestwaarts en kruist de rijksweg A58 en een spoorlijn. Vervolgens kruist de tracéoptie rijksweg A4 en komt via een bedrijventerrein in Halsteren bij het nieuwe 380kV-station Halsteren. De lengte van de tracéoptie is circa 25 km, wat een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 36.2 Beoordeling

#### Rilland–Halsteren oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist bij Bergen op Zoom en Halsteren een deel van de woonkern. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. Over een deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, een mix van grasland en akkerbouw. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Er liggen twee PR10<sup>6</sup>-risicocontouren van beperkte omvang nabij de tracéoptie, de kans op effecten is klein. De tracéoptie kruist verschillende recreatiefuncties: een camping bij Zuidgeest, een gepland bungalowpark bij Zoomvliet,

een schietbaan, camping en wandelgebied ten oosten van Bergen op Zoom en twee maneges en een sportpark bij Halsteren. Met tracéoptimalisatie is de kans op effecten op recreatiefuncties middelgroot. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van recreatiefuncties.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel aan de geplande verbinding Zuidwest 380kV tot ten oosten van Bergen op Zoom. Ook is er over een groot deel parallelloop met een buisleidingenstrook, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Verder worden de rijkswegen A4 en A59 en een spoorweg gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Bij de Kreekrak wordt een primaire waterkering gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten op waterkeringen klein. Er is echter een grote kans op effecten op vaarwegen. De tracéoptie heeft een lengte van circa 25 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup>. De ruimte bij de aansluiting op Rilland is beperkt vanwege de vele bovengrondse verbindingen die aanwezig zijn. Dit heeft een middelgrote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 40%) NNN-gebieden gekruist, met beheertypen met veelal een lange ontwikkelingsduur. Het gaat hier met name om de Brabantse Wal. Hier ligt de tracéoptie ondergronds en wordt ook aangenomen dat een nieuwe verbinding hier ondergronds wordt aangelegd. Door de ondergrondse aanleg is de kans op effecten op NNN-gebieden middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de doorsnijding van de Brabantse Wal (NNN), als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt overwegend in niet zettingsgevoelig gebied. Er is ten oosten van Halsteren een grondwaterbeschermingsgebied aanwezig, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. De tracéoptie kruist Natura 2000-gebied Brabantse Wal. De kans op effecten is hier groot. De tracéoptie doorsnijdt de West-Brabantse linies bij Schans De Roovere en meerdere landgoederen en bosgebieden binnen het landschap van de Brabantse Wal. Dit geeft een grote kans op effecten voor landschap. Er wordt ten zuiden van Bergen op Zoom aardkundig waardevol gebied gekruist. Er is één bekende archeologische waarde aanwezig nabij de tracéoptie, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert maar is overwegend beperkt. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege het kruisen van Natura 2000-gebieden en landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 36.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De doorkruising van de Brabantse Wal (NNN en landschap) en Natura 2000-gebieden zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

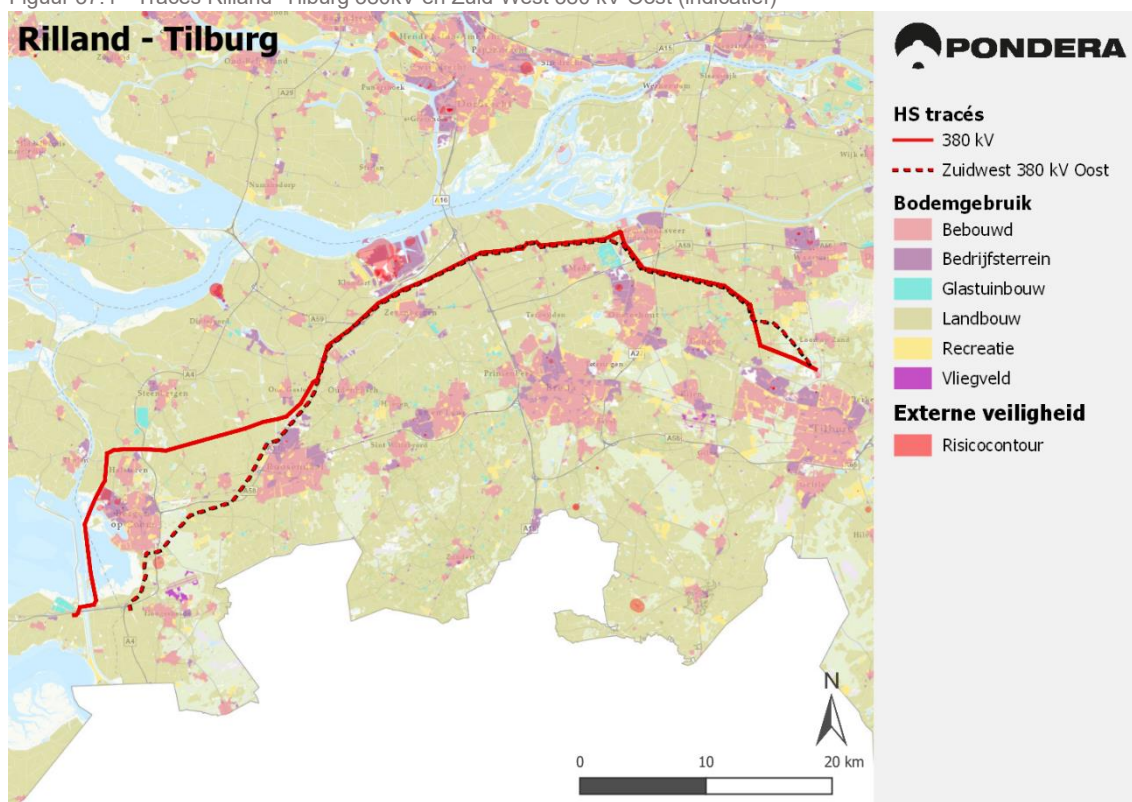
Tabel 36.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Rilland–Halsteren oostzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	3

### 37 Ontwikkeling verbinding Rilland–Tilburg 380kV (niet-robust)

De verbinding Rilland-Tilburg 380kV is onderdeel van het TenneT project Zuid-West 380kV Oost waarvoor de procedure bijna doorlopen is.<sup>13</sup> Hiervoor is inmiddels een voorkeurstracé gekozen, is een milieueffectrapportage opgesteld en een inpassingsplan vastgesteld.<sup>14</sup> Voor de effectbeoordeling van het tracé Zuid-West 380 kV Oost wordt verwezen naar het daarvoor opgestelde milieueffectrapport. In Figuur 37.1 is het bestaande tracé Rilland – Halsteren – Geertruidenberg – Tilburg opgenomen en het nieuwe tracé voor het TenneT project Zuid-West 380kV Oost. Deze tracés lopen vanaf Oud-Gastel tot het gebied ten zuidwesten van Kaatsheuvel parallel aan elkaar.

Figuur 37.1 - Tracés Rilland–Tilburg 380kV en Zuid-West 380 kV Oost (indicatief)



Uit de voor deze IEA gebruikte scenario's blijkt dat in de toekomst mogelijk nog een extra verbinding (niet-robust) nodig zal zijn tussen Rilland en Tilburg, bovenop de nu in voorbereiding zijnde Zuid-West 380 kV Oost. Voor de effectbeoordeling van deze extra verbinding is in deze IEA ervoor gekozen dit in drie tracédelen op te knippen, die in de afzonderlijke hoofdstukken 30, 31 en 36 zijn beoordeeld.

<sup>13</sup> De verbinding is weer onderdeel van het grotere TenneT project Zuid-West 380kV, waarin ook een nieuwe 380kV-verbinding tussen Borssele en Rilland wordt gerealiseerd (TenneT, Zuid-West 380 kV, 2023).

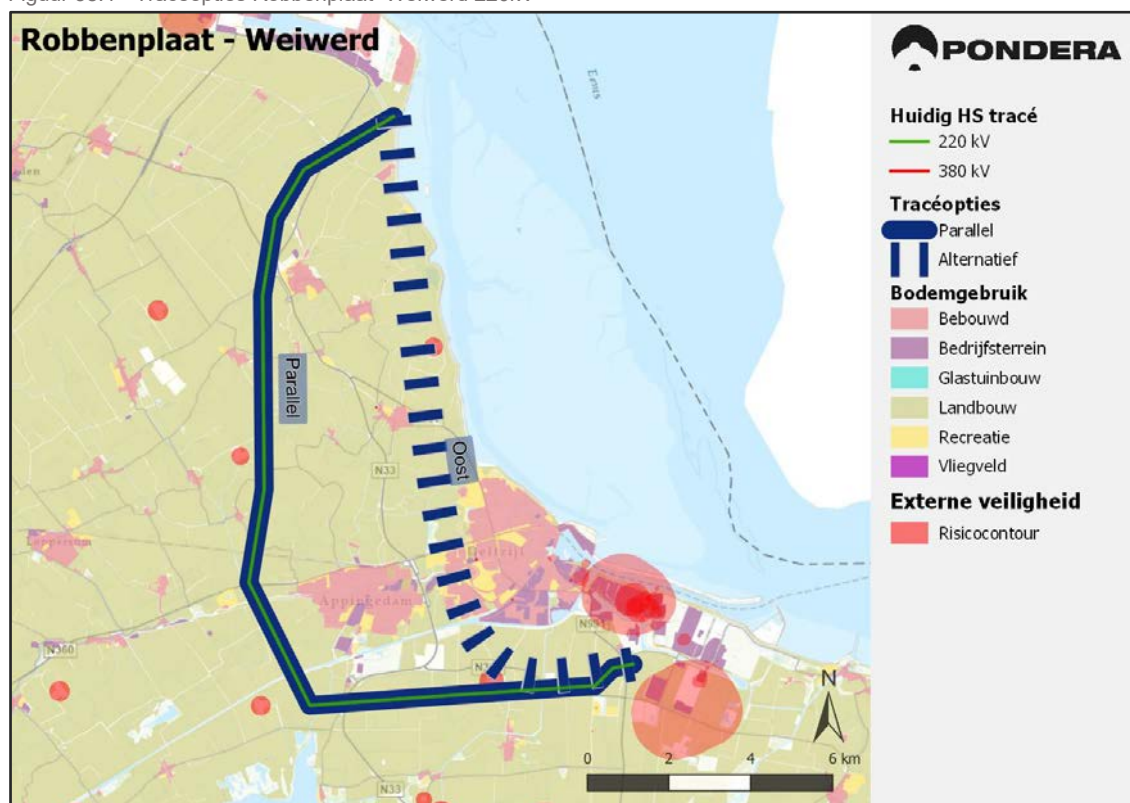
<sup>14</sup> Ministerie van Economische Zaken en Ministerie van Infrastructuur en Milieu; 2019: Milieueffectrapportage ZW 380kV [www.rvo.nl/sites/default/files/2015/06/ZW380%20concept%20MER%20Bro%20ZWwest%202015%20met%20oplegnotitie%20over%20west%20irt%20oost.pdf](http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/06/ZW380%20concept%20MER%20Bro%20ZWwest%202015%20met%20oplegnotitie%20over%20west%20irt%20oost.pdf)

## 38 Ontwikkeling verbinding Robbenplaat–Weiwerd 220kV (niet-robust)

### 38.1 Beschrijving verbinding Robbenplaat–Weiwerd

De omgeving van de bestaande bovengrondse 220kV-verbinding Robbenplaat–Weiwerd (RBB-WEW) bestaat overwegend uit agrarisch gebied met enkele woonkernen waarvan Appingedam en Delfzijl de grootste zijn. Nabij 220kV-station Weiwerd ligt het industriële gebied van Delfzijl, bij Robbenplaat ligt de Eemshaven met eveneens industriegebied. Er zijn hieronder twee tracéopties (Figuur 36.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 220kV-verbinding. Een derde tracéoptie westelijk van de huidige verbinding is niet meegenomen omdat dit gebied ruimtelijk niet veel verschilt van het huidige tracé, maar wel extra tracélengte toevoegt en daarmee meer kans op effecten voor de directe omgeving.

Figuur 38.1 - Tracéopties Robbenplaat–Weiwerd 220kV



#### (1) Robbenplaat–Weiwerd parallel

De bestaande 220kV-verbinding loopt vrijwel geheel door een open landschap waar het grondgebruik met name uit landbouw bestaat. In het noorden ligt de tracéoptie vanaf de zuidelijke punt van het industriële Eemshavengebied. Het tracé gaat vooral door landbouwgebieden, zo lang het ten oosten en zuiden van de woonkernen Appingedam en Delfzijl loopt. De optie komt bij Delfzijl uit in de havenomgeving die zich net als de Eemshaven kenmerkt als bedrijfs- en industrieterrein. Verspreid in het landschap liggen meerdere kleinere woonkernen en relatief veel archeologische monumenten. De lengte van de tracéoptie is circa 25 km, wat een ruimtebeslag van circa 2,5 km<sup>2</sup> betekent.

## (2) Robbenplaat–Weiwerd oostzijde

Deze tracéoptie ligt vrijwel uitsluitend door landbouwgebieden en wijkt daarbij in oostelijke richting af van de bestaande 220kV-verbinding waarbij de kust gevolgd wordt. De tracéoptie loopt net ten oosten van de woonkern Holwierde en loopt vervolgens tussen de woonkernen Appingedam en Delfzijl door. Hierbij is er met beide woonkernen beperkte overlap. Met name tussen deze woonkernen is overlap met recreatieve gebieden en een bedrijventerrein. Ten zuiden hiervan sluit de tracéoptie aan bij de bestaande 220kV-verbinding richting 220kV-station Weiwerd. De lengte van de tracéoptie is circa 20 km, wat een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup> betekent.

## 38.2 Beoordeling

### (1) Robbenplaat–Weiwerd parallel

**Effecten occupatielaag.** Deze tracéoptie sluit nauw aan bij de bestaande 220kV-verbinding en loopt vrijwel uitsluitend door landbouwgebieden. Daarbij vindt overlap plaats met enkele kleine woonkernen: Spijn, Godlinze, en Oosterwijtwerd. Ook is er overlap met drie recreatiegebieden. Dit betreft een schietbaan en een landgoed ten westen van Appingedam. Verder liggen er twee PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (installatie) nabij de tracéoptie. Gezien de parallelligging met de bestaande 220kV-verbinding is de kans op (extra) effecten door een nieuwe verbinding klein. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt vanaf de Eemshaven tot het zuidwesten van Appingedam parallel aan een bestaande buisleidingenstrook. Deze wordt op verschillende plaatsen gekruist, evenals de spoorweg tussen Groningen en Delfzijl en de 110kV-verbinding Dellerweerde-Geefsweer. De parallelloop met de buisleidingenstrook geeft een kleine kans op effecten vanwege bovengrondse aanleg. De overige kruisingen met infrastructuur leiden niet tot grote effecten aangezien de functies niet worden gehinderd. Het resterende deel van de tracéoptie loopt parallel met de 110kV-verbinding Dellerweerde-Geefsweer. Er is geen overlap met NNN-gebied, ook al komt deze op korte afstand bij onder meer Eekwerd en het Schildmeer. Om deze reden, en vanwege de parallele ligging met de bestaande verbinding, is er een kleine kans op effecten op NNN. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is mogelijk zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Er is geen drinkwaterbeschermingsgebied aanwezig. Deze parallele tracéoptie doorkruist een waardevol landschap tussen Spijk en Appingedam, het (voormalige) stroomgebied van de Fivel, Fivelingo. De verwachting is dat bij deze tracéoptie (negatieve) effecten op landschap te beperken zijn. Er is een kleine kans op effecten. Met name tussen de Eemshaven en Appingedam liggen langs de tracéoptie relatief veel archeologische monumenten. Hier is er ook een hoge verwachting vanuit het IKAW. Daarnaast ligt de tracéoptie ook dicht bij het beschermd dorpsgezicht van Spijk. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Ten zuidwesten van Appingedam liggen landschappelijke gebieden met aardkundige waarde. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding) vanwege de parallelloop met de bestaande 220kV-verbinding en daarmee beperkte (extra) effecten.

### Samenvatting

In Tabel 38.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Er zijn enkele (beperkte) aandachtspunten aanwezig: nabijheid van enkele woonkernen en waardevol landschap. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze aandachtspunten mede de haalbaarheid.

Tabel 38.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Robbenplaat–Weiwerd parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	1
Ondergrond	1

#### (2) Robbenplaat–Weiwerd oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie loopt vrijwel uitsluitend door landbouwgebieden. Tussen Appingedam en Delfzijl worden woonkernen gekruist. Dit is aan de randen van voornoemde plaatsen en hierbij wordt gebied gekruist met woningen, bedrijventerrein en recreatiegebied (sportcentrum). Ook liggen er twee PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (installatie) nabij de tracéoptie. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de beperkte ruimte tussen de woonkernen Appingedam en Delfzijl.

**Effecten netwerklaag.** Vanaf de Eemshaven tot de aansluiting bij de bestaande 220kV-verbinding aan de kant van Appingedam worden twee buisleidingen en één spoorweg gekruist. Dit leidt niet tot effecten aangezien de functies niet worden gehinderd. Het resterende deel tot aan 220kV-station Weiwerd ligt parallel aan 110kV-verbinding Dellerweerde-Geefsweer. De tracéoptie heeft een lengte van circa 20 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup>. Er is geen ruimtebeslag op NNN-gebied. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is mogelijk zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Er is geen drinkwaterbeschermingsgebied aanwezig. Nabij 220kV-station Robbenplaat ligt de tracéoptie dichtbij Natura 2000-gebied Waddenzee. De nabijheid ervan kan leiden tot grote effecten in de vorm van aanvaringslachtoffers onder vogels. Er ontstaat met deze tracéoptie een nieuwe infrastructurele lijn in het landschap, die samenhang heeft met de kustlijn langs de Robbenplaat. De verwachting is dat bij deze variant (negatieve) effecten op landschap enigszins te beperken zijn. Dit geeft een kleine kans op effecten. Met name tussen de Eemshaven en Delfzijl liggen langs de tracéoptie relatief veel archeologische monumenten. Hier is er ook een hoge verwachting vanuit het IKAW. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege de nabijheid van Natura 2000-gebied, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 38.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De nabijheid van Natura 2000-gebied Waddenzee is het grootste aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit aandachtspunt mede de haalbaarheid.

Tabel 38.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Robbenplaat–Weiwerd oostzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	1
Ondergrond	3

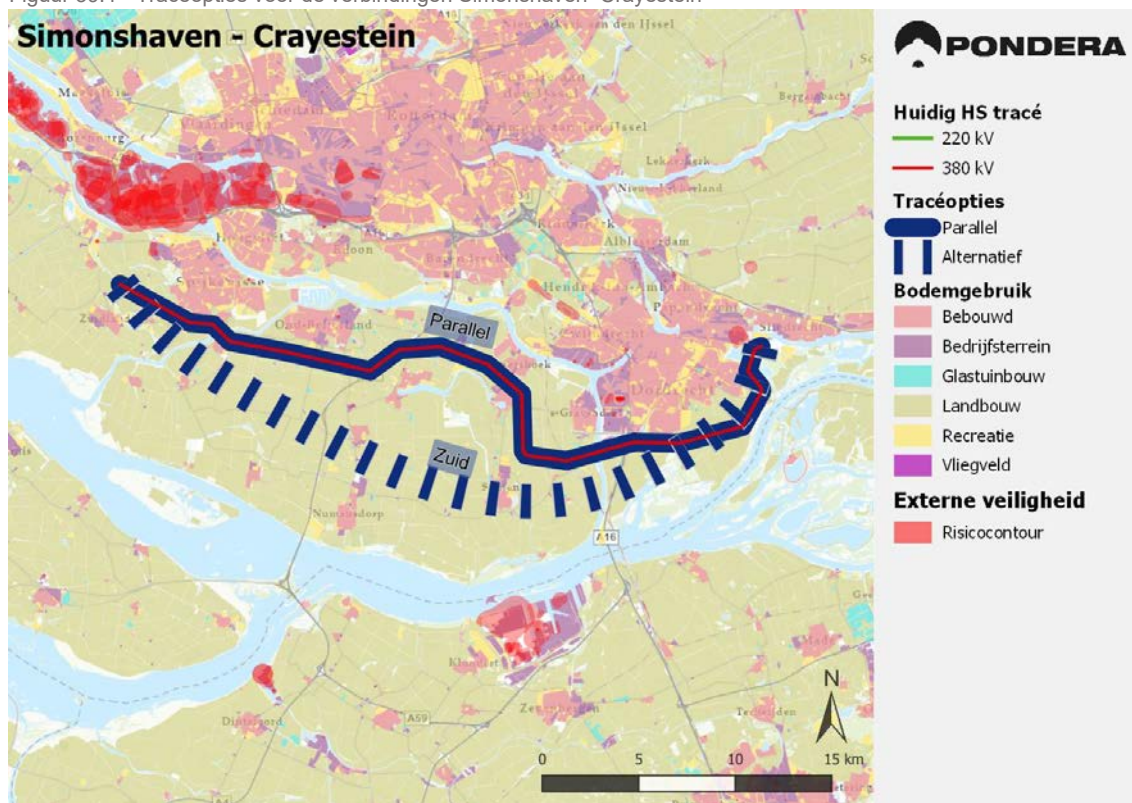


## 39 Ontwikkeling verbinding Simonshaven–Crayestein 380kV (niet-robuust)

### 39.1 Beschrijving verbinding Simonshaven–Crayestein

De bovengrondse 380kV-verbinding Simonshaven–Crayestein ligt op Voorne-Putten, in de Hoeksche Waard en tussen Dordrecht en de Biesbosch. Op Voorne-Putten en in de Hoeksche Waard liggen verspreid woonkernen en is het landschappelijk karakter met name agrarisch. Op het Eiland van Dordrecht ligt de stad Dordrecht, met daaromheen agrarisch gebied en de Hollandsche Biesbosch. Aan de rand van de Biesbosch ligt 380kV-station Crayestein. Er zijn hieronder twee tracéopties (Figuur 39.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding. Een noordelijke tracéoptie wordt niet zinvol geacht vanwege de grote dichtheid aan woonkernen.

Figuur 39.1 - Tracéopties voor de verbindingen Simonshaven–Crayestein



#### (1) Simonshaven–Crayestein parallel

Vanuit 380kV-station Simonshaven ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding richting Crayestein. De tracéoptie ligt tussen Spijkenisse en Nieuw-Beijerland en kruist de rijksweg A29. In een noordelijke boog gaat de tracéoptie om de Binnenbedijkte Maas en Natura 2000-gebied Oudeland van Strijen heen. Ten zuiden van Dordrecht kruist de tracéoptie de Dordtsche Kil en rijksweg A16. Langs de rand van de Biesbosch en de Nieuwe Merwede gaat de tracéoptie over overwegend agrarisch akkerland richting 380kV-station Crayestein. Tot aan het Brielse Meer ligt de tracéoptie ook parallel met de bovengrondse 380kV-verbinding Maasvlakte-Nieuwe Waterweg. Tussen het Oostvoornse en Brielse Meer gaat de tracéoptie ten noorden van Oostvoorne langs en kruist een kassengebied. Na het zuidelijk kruisen van Brielle wordt wederom een kassengebied gekruist en ligt de tracéoptie aan de zuidkant van Abbenbroek. Na het kruisen van de Bernisse landt de tracéoptie aan bij 380kV-station Crayestein. De lengte van de tracéoptie is circa 45 km, wat een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup> betekent.

#### (2) Simonshaven–Crayestein zuidzijde

Vanuit 380kV-station Simonshaven ligt de tracéoptie parallel aan de Bernisse richting de Spui. De tracéoptie vervolgt in zuidoostelijke richting ten noorden van Piershil en ten zuiden van Klaaswaal. Op deze manier gaat de tracéoptie zuidelijk om Natura 2000-gebied Oudeland van Strijen heen. Na het kruisen van de Dordtsche Kil en rijksweg A16 voegt de tracéoptie zich bij de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Smonshaven–Crayestein tot aan 380kV-station Crayestein. De lengte van de tracéoptie is circa 45 km, wat een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 39.2 Beoordeling

#### (1) Simonshaven–Crayestein parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist de randen van de woonkernen van Spijkenisse, Nieuw-Beijerland, Puttershoek, Maasdam en Dordrecht. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. Over een groot deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, voor het merendeel akkerland en nabij 380kV-station Simonshaven grasland. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Er liggen vijf PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie. Dit zijn risicocontouren met een kleine omvang, zoals die van een tankstation, de verwachting is dat de kans op effecten vermeden kan worden door de tracéoptie op voldoende afstand te leggen. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: volkstuinen nabij Nieuw en Oud Beijerland, sportcomplex tussen Puttershoek en Maasdam en volkstuinen, een wandelgebied en een golfbaan bij Dordrecht. Gezien de parallelligging met de bestaande bovengrondse verbinding is de kans op (extra) effecten klein. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. Daarnaast is er voor een groot deel parallelligging met een buisleidingenstrook en enkele aparte buisleidingen. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding klein. De tracéoptie kruist meerdere buisleidingen, de spoorweg tussen Rotterdam en Breda, rijkswegen A29 en A16. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Tussen Voorne-Putten en Hoeksche Waard, Hoeksche Waard en Eiland van Dordrecht en nabij 380kV-station Crayestein worden primaire waterkeringen gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 45 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup>. De ruimte nabij de aansluiting op 380kV-station Crayestein is zeer beperkt door de aanwezigheid van natuur, spaarbekken en recreatiefunctie. Hier is een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 10%) NNN-

gebieden gekruist, waaronder gebieden met een beheertype met een lange ontwikkelingsduur. Bij 380kV-station Simonshaven, polder de Biert, de Nieuwe Dordtse Biesbosch aan de zuidzijde van Dordrecht en bij het Moldiep bij 380kV-station Crayestein worden relatief grote delen van NNN-gebieden gekruist. Door de reeds aanwezige bovengrondse 380kV-verbinding is de kans op (extra) effecten klein. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte bij 380kV-station Crayestein, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** Een groot deel van de tracéoptie is zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Het gebied ten zuidoosten van Dordrecht betreft grondwaterbeschermingsgebied, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Natura 2000-gebied Biesbosch wordt nabij 380kV-station Crayestein aan de rand gekruist. Door de parallelloop met de bestaande bovengrondse verbinding is hier een kleine kans op effecten. Met betrekking tot landschap loopt deze tracéoptie voor het grootste deel dwars door Nationaal Landschap Hoeksche Waard. Vanwege paralleligging betekent dit voor landschap een middelgrote kans op effecten. Er wordt op verschillende plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW varieert en is hoog rondom Puttershoek. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege doorsnijding van Nationaal Landschap, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 39.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Doorkruising Nationaal Landschap en de beschikbare ruimte bij 380kV-station Crayestein zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 39.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Simonshaven–Crayestein parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	3
Ondergrond	2

#### (2) Simonshaven–Crayestein zuidzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist de woonkernen van Simonshaven, Piershil en Dordrecht. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (van de ligging) (deels) voorkomen worden. Over een groot deel van de tracéoptie wordt agrarisch gebied gekruist, voor het merendeel akkerland en nabij 380kV-station Simonshaven grasland. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging klein. Er liggen geen PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie. De tracéoptie kruist verschillende recreatiegebieden: vakantiepark en volkstuinten nabij Simonshaven en wandelgebied en een golfbaan bij Dordrecht. Nabij Simonshaven kunnen naar verwachting effecten met tracéoptimalisatie (deels) worden verminderd. Nabij Dordrecht is er paralleligging met de bestaande bovengrondse verbinding waardoor de kans op effecten klein is. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt niet parallel aan overige infrastructuur tot aan het zuiden bij Dordrecht waar de tracéoptie parallel loopt met de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. De tracéoptie kruist meerdere buisleidingen, de spoorweg tussen Rotterdam en Breda, rijkswegen A29 en A16. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Tussen Voorne-Putten en Hoeksche Waard,

Hoeksche Waard en Eiland van Dordrecht en nabij 380kV-station Crayestein worden primaire waterkeringen gekruist. Vanwege de bovengrondse ligging is de kans op effecten klein. De tracéoptie heeft een lengte van circa 45 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup>. De ruimte nabij de aansluiting op 380kV-station Crayestein is zeer beperkt door natuur, spaarbekken en recreatiefunctie. Hier is een grote kans op effecten. Er worden over een deel van de tracéoptie (circa 35%) NNN-gebieden gekruist.

Bij 380kV-station Simonshaven polder de Biert, tussen Numansdorp en Strijen, de Nieuwe Dordtse Biesbosch aan de zuidzijde van Dordrecht en bij het Moldiep bij 380kV-station Crayestein zijn er grotere gebieden die worden gekruist, waaronder gebieden met een beheertype met een lange ontwikkelingsduur. De kans op effecten is middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege de beperkte ruimte bij 380kV-station Crayestein en effecten op NNN-gebieden, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** Een groot deel van de tracéoptie is zettingsgevoelig of beperkt zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Het gebied ten zuidoosten van Dordrecht betreft grondwaterbeschermingsgebied, vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Natura 2000-gebied Biesbosch wordt nabij 380kV-station Crayestein aan de rand gekruist. Door de parallelloop met de bestaande bovengrondse verbinding is hier een kleine kans op effecten. Met betrekking tot landschap loopt deze tracéoptie voor het grootste deel dwars door Nationaal Landschap Hoeksche Waard (zonder parallelligging met een bestaande verbinding). Dit betekent voor landschap een grote kans op effecten. Er wordt op verschillende plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Ook worden er enkele bekende archeologische waarden gekruist, de archeologische verwachting volgens het IKAW is laag. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege doorsnijding van Nationaal Landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 39.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Doorkruising Nationaal Landschap en de beschikbare ruimte bij Crayestein zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepalen deze punten mede de haalbaarheid.

Tabel 39.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Simonshaven–Crayestein zuidzijde

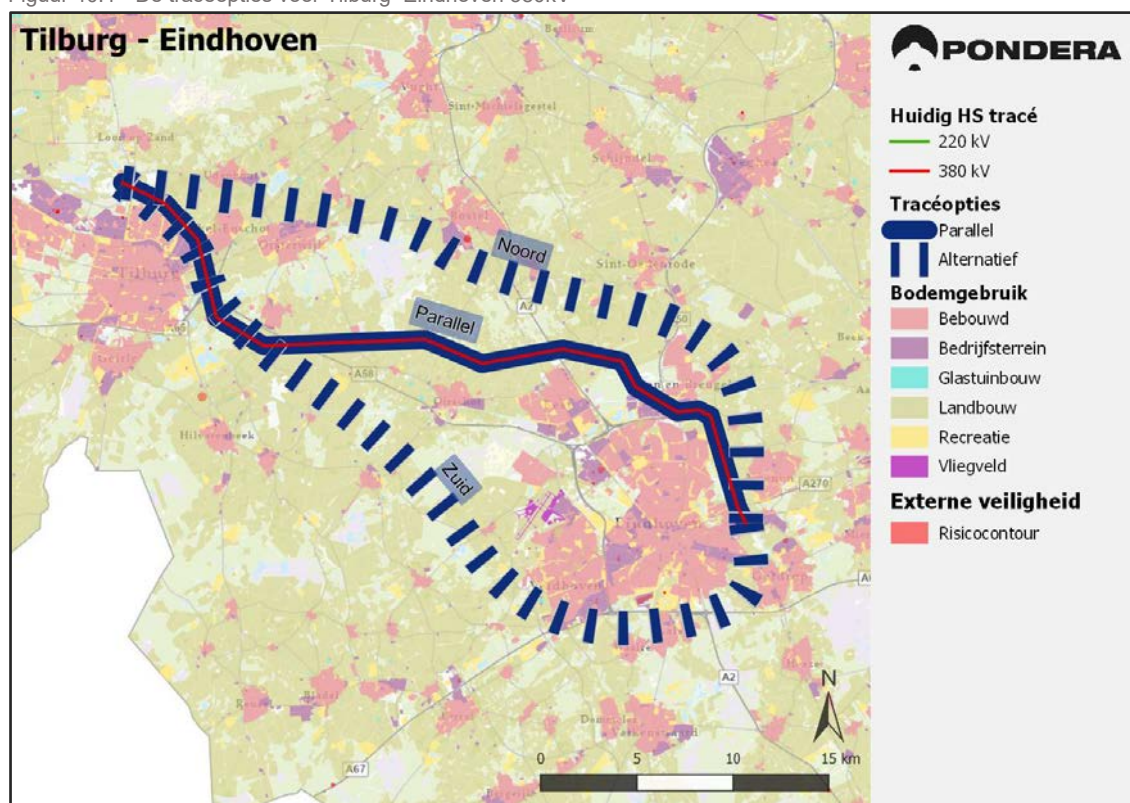
Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	3
Ondergrond	3

## 40 Ontwikkeling verbinding Tilburg–Eindhoven 380kV (niet-robust)

### 40.1 Beschrijving verbinding Tilburg–Eindhoven

De bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Tilburg–Eindhoven (TLB-EHV) ligt langs stedelijke gebieden en landbouwgebieden met diverse woonkernen en verschillende natuurgebieden (NNN en Natura 2000). Er zijn hieronder drie tracéopties (Figuur 40.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 380kV-verbinding.

Figuur 40.1 - De tracéopties voor Tilburg–Eindhoven 380kV



#### (1) Tilburg–Eindhoven parallel

De bestaande 380kV-verbinding loopt langs stedelijke landschappen en landbouwgebieden met daarin diverse woonkernen. In het westen loopt de tracéoptie vanaf het 380kV-station ten noorden van Tilburg. Het 380kV-station wordt omringd door NNN-gebieden. De tracéoptie loopt om de stad heen waarna het in oostelijke richting door landbouwgebieden een deel langs de rijksweg A56 richting Eindhoven loopt. Het komt tussen verschillende woonkernen aan in het noorden van Eindhoven. De tracéoptie loopt vanaf hier om Eindhoven heen richting het 380kV-station in het oosten dat grenst aan stedelijk gebied en verder omsloten is door NNN-gebieden. De lengte van de tracéoptie is circa 45 km, dit betekent een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup>.

#### (2) Tilburg–Eindhoven noordzijde

Deze tracéoptie ligt grotendeels door landbouwgebieden met meerdere woonkernen en wijkt daarbij in noordelijke richting af van de tracéoptie parallel aan de bestaande 380kV-verbinding. Vertrekkend vanuit Tilburg is er overlap met tien kleine- tot (middel)grote woonkernen: Udenhout, Haaren, Boxtel,

Lennisheuvel, Boskant, Son en Breugel, Nederwetten, Nuenen, en Eindhoven. Er is overlap met circa tien tot vijftien PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (installatie) en circa vijf recreatieve gebieden. Ook kruist de tracéoptie deels verschillende NNN-gebieden en Natura 2000-gebied Kampina & Oisterwijkse Vennen. De lengte van de tracéoptie is circa 45 km, dit betekent een ruimtebeslag van circa 4,5 km<sup>2</sup>.

### (3) Tilburg–Eindhoven zuidzijde

Deze tracéoptie sluit het eerste deel aan bij het bestaande 380kV-tracé. Het ligt dicht langs grote stedelijke gebieden en door landbouwgebied met enkele (kleine) tot (middel)grote woonkernen. Daarbij ontstaat overlap met: Tilburg, Berkel-Enschot, Veldhoven, Aalst, Eindhoven, en Geldrop. Ook kruist de tracéoptie verschillende NNN-gebieden en Natura 2000-gebieden Kempenland-West en Leenderbos, Groote Heide en De Plateaux. De lengte van de tracéoptie is circa 50 km, dit betekent een ruimtebeslag van circa 5 km<sup>2</sup>.

## 40.2 Beoordeling verbinding Tilburg–Eindhoven

### (1) Tilburg–Eindhoven parallel

**Effecten occupatielaag.** Deze tracéoptie sluit nauw aan bij het bestaande 380kV-verbinding en loopt dicht langs grote stedelijke gebieden en door landbouwgebied. Er is overlap met meerdere (middel)grote woonkernen: Tilburg, Berkel-Enschot, Son en Breugel, en Eindhoven. Daarbij is overlap met circa 10-15 recreatieve gebieden. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op recreatie. Mogelijk kan tracé-optimalisatie deze effecten beperken. Ook liggen er circa tien PR10<sup>-6</sup>-contouren (installatie en inrichting) bij bedrijventerreinen die worden gekruist, dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie doorkruist op meerdere locaties verschillende bestaande (netwerk) infrastructuur, waarbij in de meeste gevallen geen sprake is van een parallelligging. Rondom Tilburg worden zowel (gas)buisleidingen, spoorwegen, rijkswegen en een bovengrondse 150kV-verbinding gekruist. Buiten stedelijke gebieden wordt ten zuiden van Moergestel opnieuw een (gas)buisleiding en rijksweg A65 gekruist. Richting het noorden van Oirschot worden opnieuw een bovengrondse 150kV-verbinding, (gas)buisleidingen, en een waterweg gekruist. Ten noorden van Best worden vervolgens nog een (gas)buisleiding, spoorweg en rijksweg gekruist. Op weg naar het 380kV-station Eindhoven vindt nog een kruising plaats met een (gas)buisleiding, rijksweg en een 150kV-verbinding. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Dit betekent een kleine kans op effecten op infrastructuur. Over het hele tracé worden op verschillende plaatsen NNN-gebieden doorkruist. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is niet zettingsgevoelig vanwege het zandige karakter. Grondwater-beschermingsgebieden zijn aanwezig tussen Moergestel en Oisterwijk en bij Son en Breugel. Door de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Er is geen kruising van Natura 2000-gebieden. De parallelle tracéoptie scheert langs de Mortelen en doorsnijdt het stroomgebied van de Beerze. Dit betekent een middelgrote kans op effecten voor landschap. Er is overlap met archeologische monumenten op elf plekken. Met name tussen Eindhoven, Nuenen en Son en Breugel liggen veel van deze locaties. Hier liggen ook gebieden met een landschappelijk aardkundige waarde en een rijksmonument. Vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 40.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten zijn het kruisen van woonkernen, NNN-gebieden en effecten op landschap. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, zijn dit de aandachtspunten die mede bepalend zijn voor de haalbaarheid.

Tabel 40.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Tilburg–Eindhoven parallel

Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	2

#### (2) Tilburg–Eindhoven noordzijde

**Effecten occupatielaag.** Deze tracéoptie loopt grotendeels door landbouwgebieden met meerdere woonkernen en wijkt daarbij in noordelijke ligging af van het bestaande 380kV-tracé. Vertrekkend vanuit Tilburg is er overlap met tien kleine- tot (middel)grote woonkernen: Udenhout, Haaren, Boxtel, Lennisheuvel, Liempde, Boskant, Son en Breugel, Nederwetten, Nuenen, en Eindhoven. Dit betekent een middelgrote kans op effecten. Er is overlap met circa tien tot vijftien PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (installatie), dit heeft naar verwachting een kleine kans op effecten vanwege de aard van de risicobronnen. Er worden vijf recreatieve gebieden gekruist, dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van woonkernen en recreatiegebieden.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie laat parallelligging zien met bestaande (gas)buisleidingen, spoorwegen, en een bestaande 150kV-verbinding. Over het hele tracé wordt op verschillende plaatsen NNN-gebieden doorkruist, met deels een middellange ontwikkelingsduur. Dit heeft een middelgrote kans op effecten. Vanaf het 380kV-station Tilburg loopt de tracéoptie in oostelijke richting tussen Udenhout en Berkel-Enschot door waar een spoorweg wordt gekruist. Ten westen en ten zuiden van Boxtel worden spoorwegen, de rijksweg A2 en twee buisleidingen gekruist. Hierna vervolgt de tracéoptie zijn route richting de 150kV-verbinding Den Bosch– Eindhoven waarbij de rijksweg A50 wordt gekruist. Over bijna de gehele tracéoptie tussen 380kV-station Tilburg en de 150kV-verbinding Den Bosch Eindhoven ligt de tracéoptie parallel aan een buisleidingenstrook. Vanaf deze 150kV-verbinding loopt de tracéoptie parallel met deze verbinding tot aan het 380kV-station Eindhoven en kruist daarbij nog een buisleiding. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt, er is een kleine kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is niet zettingsgevoelig vanwege het zandige karakter. Grondwaterbeschermingsgebied is aanwezig bij Haaren. Door de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. De tracéoptie kruist Natura 2000-gebied Kampina & Oisterwijkse Vennen wat tevens van aardkundige waarde is. Hier is een grote kans op effecten op natuur. De noordelijke tracéoptie scheert langs het Nationale Park Vincent van Gogh en de Mortelen en loopt bij Son via het beekdal van de Dommel naar het zuiden. Dit geeft een grote kans op effecten voor landschap. De tracéoptie heeft overlap met circa vijf archeologische monumenten en enkele cultuurhistorische rijksmonumenten. Ook doorkruist de tracéoptie in de omgeving van Son en Breugel en Nuenen een relatief groot aaneengesloten gebied met aardkundige waarden waarin meerdere archeologische monumenten zijn aangewezen. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding) vooral vanwege natuur en landschap.

### Samenvatting

In Tabel 40.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten zijn het kruisen van woonkernen, NNN-gebieden, Natura 2000-gebieden en landschap. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, zijn deze aandachtspunten mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 40.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Tilburg–Eindhoven noordzijde

Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	3

### (3) Tilburg–Eindhoven zuidzijde

**Effecten occupatielaag.** Deze tracéoptie sluit het eerste deel aan bij de bestaande bovengrondse 380kV-verbinding. De optie ligt dicht langs grote stedelijke gebieden en door landbouwgebied met enkele kleine woonkernen. Daarbij ontstaat overlap met de woonkernen van: Tilburg, Berkel-Enschot, Veldhoven, Aalst, Eindhoven en Geldrop. Hier is een middelgrote kans op effecten. Er vindt overlap plaats met circa 20 tot 25 recreatieve gebieden, dit betekent een middelgrote kans op effecten. De kruising van circa vijf tot tien PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (installatie), circa vijf tot tien bedrijventerreinen en enkele glastuinbouwgebieden leiden niet tot beïnvloeding van deze functies. Dit geeft een kleine kans op effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de overlap met de woonkernen en recreatiegebieden.

**Effecten netwerklaag.** Rondom Tilburg worden zowel (gas)buisleidingen, spoorwegen, rijkswegen (A58-A65) en een 150kV-verbinding gekruist. Daar waar de tracéoptie zich afsplitst van de bestaande 380kV-verbinding, ligt het parallel met een buisleiding tot aan de rijksweg A67. Hierbij worden nog twee buisleidingen gekruist. Tot aan Geldrop volgt de tracéoptie de rijksweg A67 parallel en kruist de bestaande 150kV-verbinding Eindhoven-Zuid-Hapert. Vervolgens is er parallelligging tot aan het 380kV-station Eindhoven met de 150kV-verbinding Maarheeze–Eindhoven-Oost. De functie van deze infrastructuur wordt niet beperkt door de kruisingen, dit betekent een kleine kans op effecten. Over het hele tracé wordt op verschillende plaatsen NNN-gebieden doorkruist, met bij Moergestel ook weidevogelrijk grasland. Dit heeft een grote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding) vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden.

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is niet zettingsgevoelig vanwege het zandige karakter. Grondwaterbeschermingsgebieden zijn aanwezig ten oosten van Veldhoven en ten zuiden van Eindhoven. Door de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. De tracéoptie kruist Natura 2000-gebieden Kempenland-West en Leenderbos, Grootte Heide en De Plateaux. Het laatste gebied is een vogelrichtlijn-gebied, dit betekent een grote kans op effecten. De zuidelijke tracéoptie loopt door het waardevolle landschap van de Oostelbeerse Heide. Dit geeft een middelgrote kans op effecten voor landschap. De tracéoptie heeft overlap met circa 10-15 archeologische monumenten en een enkele cultuurhistorische rijksmonumenten. Vanwege bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Tussen Oirschot, Best en Middelbeers doorkruist de tracéoptie meerdere gebieden met aardkundige waarden. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege het kruisen van Natura 2000-gebieden, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).



### Samenvatting

In Tabel 40.3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunten zijn het kruisen van woonkernen, NNN-gebieden en Natura 2000-gebieden. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, zijn deze aandachtspunten mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 40.3 - Beoordeling lagen tracéoptie Tilburg–Eindhoven zuidzijde

Laag	Beoordeling
Occupatie	2
Netwerk	3
Ondergrond	3

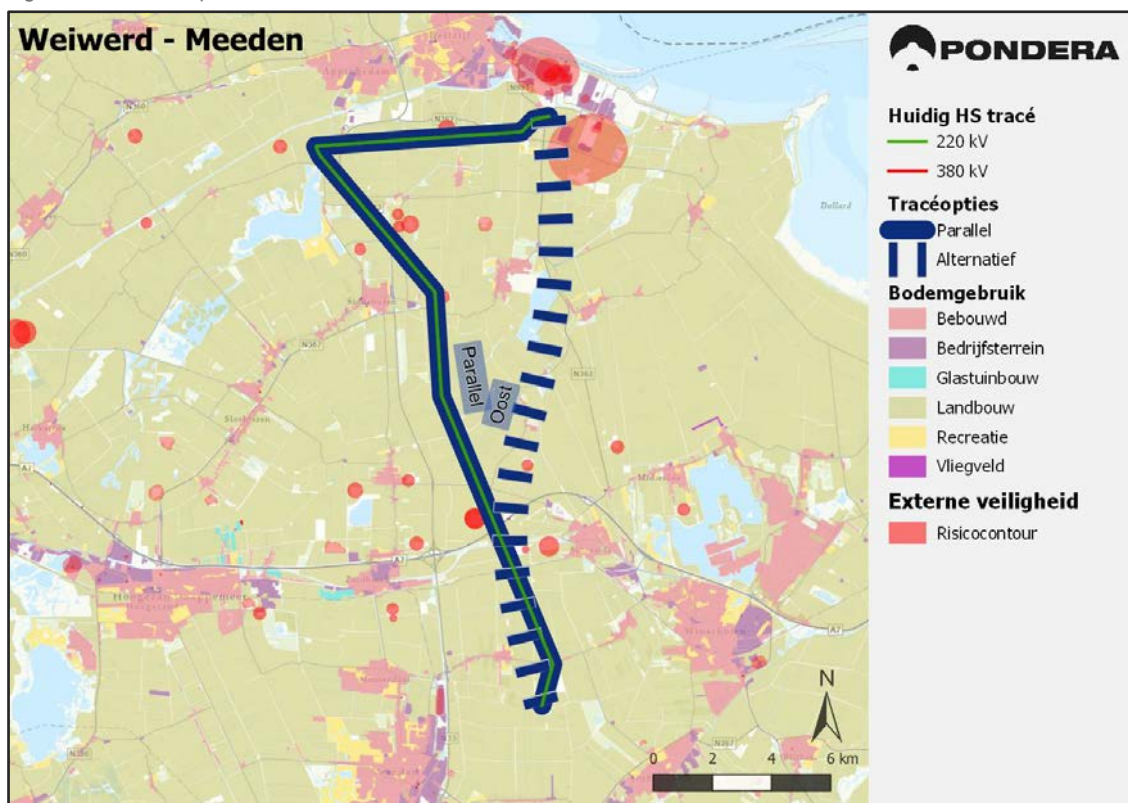
## 41 Ontwikkeling verbinding Weiwerd–Meeden 220kV (niet-robuust)

### 41.1 Beschrijving verbinding Weiwerd–Meeden

De bestaande bovengrondse 220kV-hoogspanningsverbinding Weiwerd–Meeden (WEW-MEE) loopt vrijwel geheel door een open landschap waar het grondgebruik met name uit landbouw bestaat. In het noorden vertrekt de bestaande verbinding vanuit het haven-/industriegebied van Delfzijl in westelijke richting tot het aansluit bij de 380kV-verbinding Meeden-Eemshaven. Het loopt daarna langs enkele kleine woonkernen in zuidelijke richting naar het 220kV-station in Meeden. Dit station ligt in een agrarisch landschap.

Er zijn hieronder twee tracéopties (Tabel 41.1) beschreven en daarna beoordeeld. De omschrijving van de parallelle tracéoptie komt overeen met het tracé van de bestaande 220kV-verbinding (tevens grotendeels een 380kV-verbinding).

Figuur 41.1 - Tracéopties Weiwerd–Meeden 220kV



#### (1) Weiwerd–Meeden parallel

Deze tracéoptie ligt parallel aan de bestaande 220kV-verbinding en loopt vrijwel uitsluitend door landbouwgebieden en overlapt daarbij niet met een woonkern. Ten zuiden van Delfzijl kruist de tracéoptie een recreatiegebied (schietbaan) en NNN-gebied Schildmeer. Er is langs de hele route overlap met vier PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (installatie). De lengte van de tracéoptie is circa 30 km, dit betekent een ruimtebeslag van circa 3 km<sup>2</sup>.

## (2) Weiwerd–Meeden oostzijde

Deze tracéoptie loopt vrijwel uitsluitend door landbouwgebieden en overlapt daarbij niet met een woonkern. Ten zuiden van Delfzijl en rondom Wagenborgen, Nieuwolda en Nieuw Scheemda overlapt de tracéoptie met enkele recreatiegebieden en NNN-gebied Hondshalstermeer. Bij het 220kV-station Weiwerd, en bij t' Waar is overlap met een bedrijventerrein. Er is langs het hele tracé overlap met circa drie PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren (installatie en inrichting). Ook doorkruist de tracéoptie het bestaande windpark Delfzijl Zuid dat aan oost- en westzijde van de N362 staat. De lengte van de tracéoptie is circa 20 km, dit betekent een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup>.

## 41.2 Beoordeling

### (1) Weiwerd–Meeden parallel

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt niet in woonkernen maar voornamelijk in open landbouwgebied. Hierbij worden er circa vier PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren gekruist. Nabij 220kV-station Weiwerd wordt een recreatiefunctie (schietbaan) gekruist. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt voor een groot deel parallel aan een buisleidingenstrook, vanwege bovengrondse aanleg is hier een kleine kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding. Nabij Scheemda wordt de A7 en de spoorweg tussen Groningen en Duitsland gekruist, ook zijn er enkele kruisingen met buisleidingen. De functie hiervan wordt niet gehinderd dus is er geen kans op effecten. De tracéoptie heeft een lengte van circa 30 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 3 km<sup>2</sup>. Er wordt een klein deel van het Schildmeer als NNN-gebied gekruist. Vooral vanwege de parallellegging met de bestaande 220kV-verbinding is de kans op effecten als klein beoordeeld voor de totale netwerklaag (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is mogelijk zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Er is geen drinkwaterbeschermingsgebied aanwezig. Er is geen Natura 2000-gebied aanwezig. De kans op effecten van de parallelle tracéoptie op landschap is klein. Er liggen geen bekende archeologische waarden bij de tracéoptie, ook is er maar een beperkt gebied met hogere archeologische verwachtingen volgens IKAW. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Ten zuidwesten van Appingedam liggen landschappelijke gebieden met aardkundige waarde. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten, gezien de parallelloop met de bestaande 220kV-verbinding en daarmee beperkte (extra) effecten, als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 41.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het grootste aandachtspunt is het kruisen van NNN. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit aandachtspunt mede de haalbaarheid.

Tabel 41.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Weiwerd–Meeden parallel

Laag	Beoordeling
Occupatie	1
Netwerk	1
Ondergrond	1

(2) Weiwerd–Meeden oostzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt niet in woonkernen maar voornamelijk in landbouwgebied. Hierbij worden er circa vier PR10<sup>6</sup>-risicocontouren gekruist. Nabij 220kV-station Weiwerd wordt een recreatiefunctie (motorcross) gekruist, evenals bij 't Waar (speeltuin). Ook kruist het tracé het windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding. Effecten kunnen met tracéoptimalisatie mogelijk worden voorkomen. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt voor een klein deel van de lengte parallel langs een buisleidingenstrook, door bovengrondse aanleg is hier een kleine kans op effecten door wederzijdse beïnvloeding. Nabij Scheemda wordt de A7 en de spoorweg tussen Groningen en Duitsland gekruist, ook zijn er enkele kruisingen met buisleidingen. De functies hiervan worden niet gehinderd dus is er een kleine kans op effecten. De tracéoptie heeft een lengte van circa 20 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup>. Er wordt een klein deel van het Hondshalstermeer als NNN-gebied gekruist. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is mogelijk zettingsgevoelig voor het realiseren van de masten. Er is geen drinkwaterbeschermingsgebied of Natura 2000-gebied aanwezig. De tracéoptie vormt een min of meer rechte, nieuwe infrastructurele lijn door het landschap van Oldambt en loopt voor een aanzienlijk deel in de lengterichting van het stroomgebied van het Termunterzijldiep. Dit effect is naar verwachting minder goed te beperken en geeft voor landschap een middelgrote kans op effecten. Ook liggen er geen bekende archeologische waarden bij de tracéoptie, ook is er maar een beperkt gebied met hogere archeologische verwachtingen volgens IKAW. Vanwege de bovengrondse aanleg zijn potentiële effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. Bij het Hondshalstermeer ligt een gebied met aardkundige waarde. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege de landschappelijke impact, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Samenvatting**

In Tabel 41.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Aandachtspunt is met name het kruisen van het NNN-gebied Hondshalstermeer. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 41.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Weiwerd–Meeden oostzijde

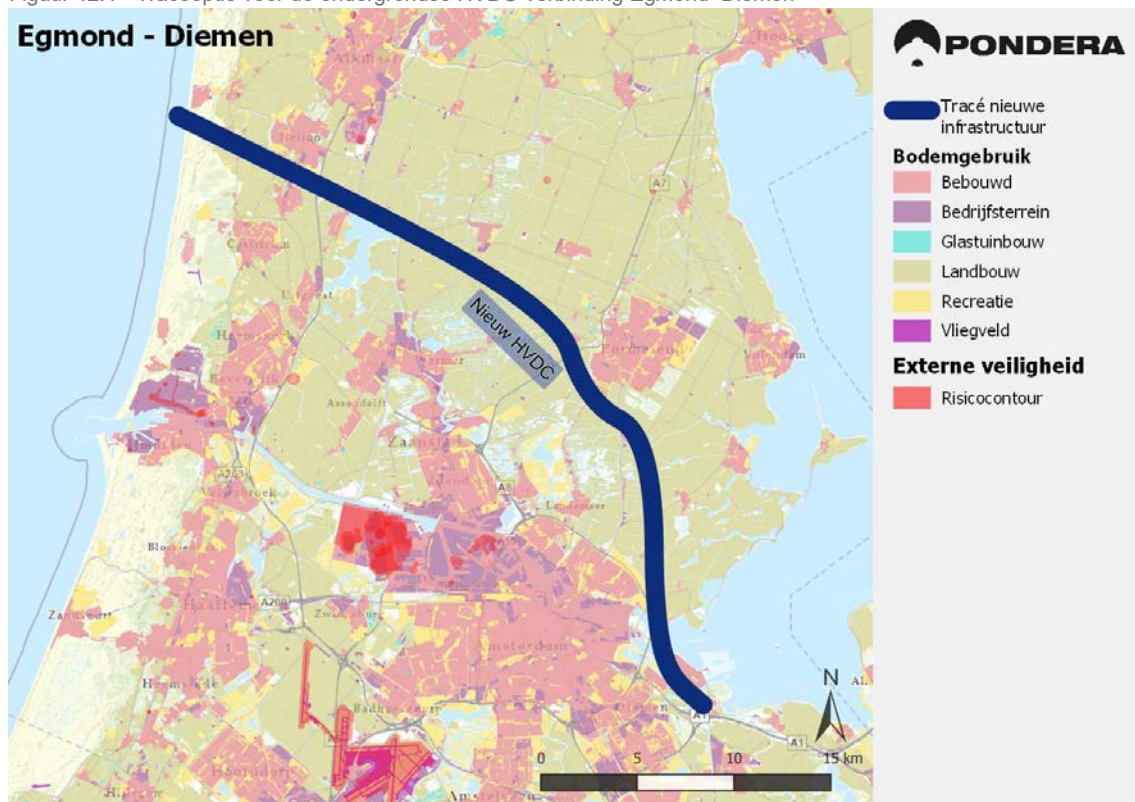
Laag	Beoordeling
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	2

## 42 Ontwikkeling ondergrondse HVDC<sup>15</sup> Egmond–Diemen 525kV (niet-robuust)

### 42.1 Beschrijving verbinding Egmond–Diemen

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling beschreven om een deel van de op zee opgewekte stroom te transporteren naar Diemen in plaats van te laten aanlanden nabij de kust (Middenmeer/Den Helder). Er is één tracéoptie geformuleerd voor de ondergrondse HVDC-kabel (High Voltage Direct Current) omdat door de beperkte aanlandingsmogelijkheden aan de kust weinig onderscheidende tracéopties ontwikkeld kunnen worden voor het hoge abstractieniveau van deze IEA. De tracéoptie wordt hierna beschreven en beoordeeld.

Figuur 42.1 - Tracéoptie voor de ondergrondse HVDC-verbinding Egmond–Diemen



#### (1) Egmond–Diemen

De locatie van aanlanding wordt bepaald door de plek waar het duingebied (Natura 2000-gebied Noordhollands Duinreservaat) het minst breed is. Dit is het geval aan de zuidkant van Egmond aan Zee. De tracéoptie komt overeen met één van de meegenomen tracéopties in Verkenning Aanlanding Netten Op Zee 2030 (VANOZ 2030). Aan de zuidkant van Egmond aan Zee kruist de tracéoptie Natura 2000-gebied Noordhollands Duinreservaat en gaat zuidelijk langs Heiloo. De tracéoptie vervolgd in oostelijke richting aan de zuidkant van de Beemster direct ten noorden van het Alkmaardermeer. Voor Purmerend gaat de tracéoptie zuidelijk om de woonkern heen en vermijdt zo Natura 2000-gebieden Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder en Ijperveld, Varkensland, Oostzanerveld en Twiske. De tracéoptie gaat

<sup>15</sup> HVDC = High Voltage Direct Current (direct current = gelijkstroom).

westelijk langs broek in Waterland en in zuidelijk richting naar het Buiten-IJ dat wordt gekruist richting het Diemerpark. Hier gaat de tracéoptie zuidoostelijk richting 380kV-station Diemen. De lengte van de tracéoptie is circa 60 km, wat een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup> betekent.

## 42.2 Beoordeling

### (1) Egmond–Diemen

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist een aantal kleinere woonkernen tussen Egmond en Amsterdam. Daarnaast kruist de tracéoptie bij IJburg (Amsterdam) de woonkern zeer dichtbij. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (deels) voorkomen worden. De tracéoptie kruist voor een groot deel landbouwgrond (wat deels ook is aangewezen als NNN-gebied). De ondergrondse aanleg van de tracéoptie kan in de polders leiden tot verzilting. Dit heeft een middelgrote kans op effecten. Tijdens de aanleg is er over een beperkte breedte hinder (circa 30 meter). Er liggen enkele PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van beperkte omvang in de nabijheid van de tracéoptie. Met tracéoptimalisatie is de verwachting dat de kans op effecten klein is. De tracéoptie kruist verschillende recreatieve functies, zoals stedelijk uitloopgebied, campings en bungalowparken. Met tracéoptimalisatie is de verwachting dat de kans op permanente effecten op recreatieve functies klein is. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door de effecten van mogelijke verzilting van landbouwgrond.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt tussen de Beemster en 380kV-station Diemen parallel met de bestaande bovengrondse 150kV-verbindingen Wijdewormer-Oterleek en Diemen-Wijdewormer. De laatste verbinding ligt ondergronds vanaf de Durgerdammerdijk bij het Buiten-IJ. Daarnaast kruist de tracéoptie enkele spoorwegen, rijkswegen A9 en A7 en een buisleidingenstrook. De functie van deze infrastructuur wordt niet aangetast. Er zijn meerdere primaire waterkeringen die worden gekruist, ten eerste de duinen bij Egmond aan Zee. Daarnaast zijn er enkele primaire waterkeringen rondom het IJ die worden gekruist. Het kruisen van de duinen is complex, ook gezien de Natura 2000-status van het gebied. Dit betekent een middelgrote kans op effecten. De tracéoptie heeft een lengte van circa 60 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 2 km<sup>2</sup>. Door de ondergrondse ligging is het ruimtebeslag beperkt en flexibel in te passen. Dat wil zeggen dat de kabel op een hoog detailniveau om objecten of belemmeringen heen kan worden gelegd. Er wordt over het gehele tracé verschillende NNN-gebieden gekruist. Het gehele deel in water is NNN-gebied. Op land kan boven een ondergrondse verbinding geen diepwortelende beplanting groeien, dit is wel mogelijk indien de aanleg met een gestuurde boring is. Effecten zijn met name te verwachten tijdens de aanleg. Met mogelijke tracéoptimalisaties (van de ligging) is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding). Dit komt vooral door het kruisen van NNN-gebieden en van de duinen bij Egmond aan Zee.

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt in zettingsgevoelig gebied. Dit geeft een uitdaging voor de aanleg van ondergrondse infrastructuur en vereist extra maatregelen, er is een grote kans op effecten. Er worden geen grondwaterbeschermingsgebieden gekruist. Natura 2000-gebieden Noordhollands Duinreservaat en Markermeer en IJmeer worden gekruist. Vanwege de ondergrondse aanleg zijn er vooral mogelijke effecten tijdens aanleg. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Er wordt op meerdere plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Ook zijn er meerdere bekende archeologische waarden aanwezig in de nabijheid van de tracéoptie. De archeologische verwachting volgens het IKAW varieert. De kans op effecten is middelgroot vanwege de ondergrondse aanleg. Daarbij wordt wel opgemerkt dat er sprake is van flexibiliteit voor het bepalen van de exacte ligging van het kabeltracé waarmee effecten beperkt kunnen worden. Werelderfgoed Stelling van Amsterdam wordt gekruist tussen Akersloot en

Purmerend, vanwege de ondergrondse aanleg is de kans op effecten klein. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege het doorkruisen van zettingsgevoelig gebied, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 42.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het kruisen van zettingsgevoelig gebied is een belangrijk aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit punt mede de haalbaarheid. Bij ondergrondse aanleg is er veel flexibiliteit in de ligging en aanleg van de tracéoptie, er kan hierdoor ook gekeken worden naar tracéoptimalisaties om de meest gevoelige gebieden te vermijden. In het geval van zettingsgevoeligheid is dit slecht mogelijk omdat dit in grote delen van Noord-Holland speelt.

Tabel 42.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Egmond–Diemen

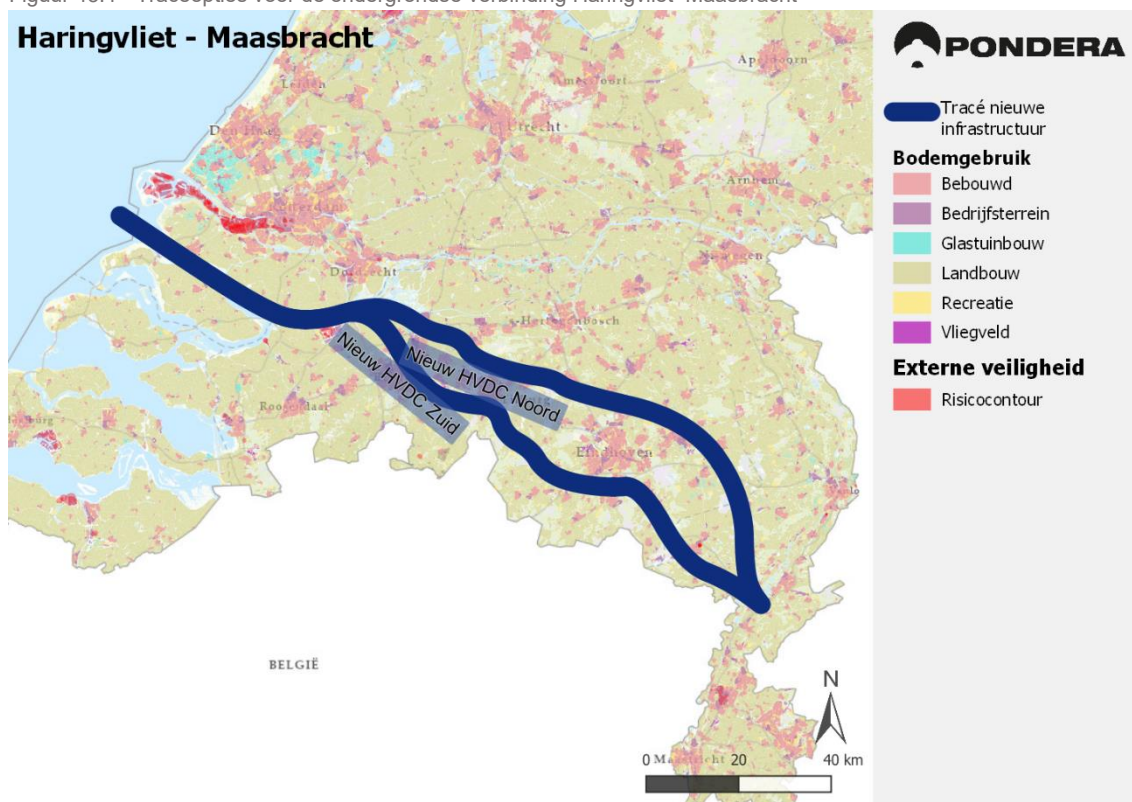
Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	3

## 43 Ontwikkeling ondergrondse HVDC Haringvliet–Maasbracht 525kV (niet-robuust)

### 43.1 Beschrijving verbinding Haringvliet–Maasbracht

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling beschreven om een deel van de op zee opgewekte stroom te transporteren naar Maasbracht in plaats van te laten aanlanden nabij de kust (Rotterdam). Er zijn twee tracéopties voor een ondergrondse HVDC-kabel die hierna beschreven en beoordeeld worden<sup>16</sup>.

Figuur 43.1 - Tracéopties voor de ondergrondse verbinding Haringvliet–Maasbracht



#### (1) Haringvliet–Maasbracht noordzijde

Op basis van de Verkenning Aanlanding Windenergie op Zee 2030 (VAWOZ, 2021) is er een tracéoptie die in zuidelijk Nederland verder landinwaarts via het water richting Geertruidenberg kan gaan. Deze optie is overgenomen voor beide tracéopties. Om deze reden kruist de tracéoptie de Haringvlietdam, het Haringvliet, Hollands Diep en de Amer. Vlak voor Geertruidenberg gaat de tracéoptie aan land en kruist hoofdzakelijk agrarisch gebied ten zuiden van de lijn Raamsdonk, Loon op Zand, Udenhout en Haaren. Ten zuidwesten van Boxtel kruist de tracéoptie de rand van Natura 2000-gebied Kampina en Oisterwijkse Vennen. De tracéoptie loopt verder tussen Sint-Oedenrode en Son en Breugel en ligt noordelijk van Helmond. Tussen grofweg Tilburg en Helmond ligt het tracé parallel aan de buisleidingenstrook waar ook de Delta Rhine Corridor is voorzien. Na Helmond buigt de tracéoptie zuidwaarts en nabij Meijel gaat de tracéoptie helemaal zuidelijk richting de Maas. De tracéoptie kruist de Maas en landt aan op 380kV-station

<sup>16</sup> In het project Delta Rhine Corridor wordt momenteel onderzocht of een HVDC-kabel in dat project wordt meegenomen. Naar verwachting is hierover na de zomer van 2023 meer duidelijk. Het is hierdoor mogelijk dat de HVDC-kabel hier ook ten zuiden van Helmond de SVB-strook blijft volgen.



Maasbracht. De lengte van de tracéoptie is circa 180 km, wat een ruimtebeslag van circa 5,5 km<sup>2</sup> betekent.

#### (2) Haringvliet–Maasbracht zuidzijde

Ook de zuidelijke tracéoptie gaat op basis van VAWOZ 2030 voor het eerste deel door het water. Deze tracéoptie komt net ten oosten van Lage Zwaluwe aan land en gaat in zuidelijke richting tussen Oosterhout en Breda door. Bij het bereiken van de rijksweg A58 loopt de tracéoptie parallel in oostelijke richting met deze weg tot aan Tilburg. Hier gaat de tracéoptie weer zuidelijk en kruist het Hilvarenbeek westelijk. Daarna wordt het Natura 2000-gebied Kempenland-West gekruist. Vervolgens gaat de tracéoptie ten zuiden van Waalre langs en kruist Natura 2000-gebied Leenderbos, Grootte Heide en De Plateaux. Bij Heeze buigt de tracéoptie in zuidelijke richting gedeeltelijk parallel met de rijksweg A2 en kruist hierbij Natura 2000-gebied Weerter- en Budelerbergen en Ringselven. De tracéoptie gaat zuidelijk van Weert in oostelijke richting en kruist ter hoogte van Maasbracht de Maas en landt aan bij 380kV-station Maasbracht. De lengte van de tracéoptie is circa 180 km, wat een ruimtebeslag van circa 5,5 km<sup>2</sup> betekent.

## 43.2 Beoordeling

#### (1) Haringvliet–Maasbracht noordzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist een aantal woonkernen tussen Geertruidenberg en Maasbracht. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (van de ligging) (deels) voorkomen worden. Vanaf het moment dat de tracéoptie nabij Geertruidenberg aan land komt, kruist de tracéoptie voor een groot deel landbouwgrond. De ondergrondse aanleg van de tracéoptie heeft geen permanente effecten op de landbouwfunctie. Tijdens aanleg is er over een beperkte breedte hinder (circa 30 meter). Er liggen enkele PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van beperkte omvang in de nabijheid van de tracéoptie. Met tracéoptimalisatie (van de ligging) is de verwachting dat de kans op effecten klein is. De tracéoptie kruist verschillende recreatieve functies, zoals zwemplassen en bungalowparken, met tracéoptimalisatie is de verwachting dat de kans op effecten klein is. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt tot aan Geertruidenberg parallel aan verschillende vaarwegen in het Haringvliet, Hollands Diep en Amer. Dit heeft een kleine kans op effecten tijdens de gebruiksfase. Bij de aanleg kan er wel tijdelijke hinder optreden voor scheepvaart. Daarnaast ligt de tracéoptie tussen Udenhout en Lieshout voor een groot deel parallel met een bestaande buisleidingstrook. In deze strook is ook de Delta Rhine Corridor voorzien. Hier is een middelgrote kans op effecten voor wederzijdse beïnvloeding. Ook worden er meerdere rijkswegen, buisleidingen en spoorwegen gekruist, de functie van deze infrastructuur wordt niet aangetast. Het kruisen van de Maas is technisch uitdagend gezien er een lange gestuurde boring nodig is in combinatie met een grindige bodem door Maasafzettingen. Er zijn meerdere primaire waterkeringen die worden gekruist: de Haringvlietdam, bij Geertruidenberg en bij Maasbracht. Met name de Haringvlietdam is een complexe waterkering, onderdeel van de Deltawerken. Hiervoor zijn maatregelen nodig om de waterveiligheid te waarborgen. Hierdoor is de kans op effecten middelgroot. De tracéoptie heeft een lengte van circa 180 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 5,5 km<sup>2</sup>. Door de ondergrondse ligging is het ruimtebeslag beperkt en flexibel in te passen. Dat wil zeggen dat de kabel op een hoog detailniveau om objecten of belemmeringen heen kan worden gelegd. Er worden over het gehele tracé verschillende NNN-gebieden gekruist. Het gehele deel in water is NNN-gebied. Op land kan boven een ondergrondse verbinding geen diepwortelende beplanting groeien, dit is wel mogelijk indien de aanleg met een gestuurde boring is. Met mogelijke tracéoptimalisaties is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten als middelgroot beoordeeld (middelblauwe

aanduiding). Dit is voornamelijk vanwege parallelligging met een buisleidingenstrook, kruisen primaire waterkeringen en NNN-gebied.

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt niet in zettingsgevoelig gebied. Er worden verschillende grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrije zones (voor strategische voorraden) gekruist bij Boxtel, Aarle-Rixtel, Deurne en tussen Meijel en Maasbracht. Dit geeft een aandachtspunt voor de realisatie van de kabels aangezien hier geen of met beperkte diepte gestuurde boringen mogelijk zijn. De kans op effecten is groot. Er worden meerdere Natura 2000-gebieden gekruist. Het gaat om watergebieden Haringvliet, Hollands Diep en Biesbosch en op land om Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen, Kampina en Oisterwijkse Vennen. De watergebieden kunnen niet vermeden worden en kennen hinder bij de aanleg van de tracéoptie. Na aanleg zal er geen effect zijn. Voor de Natura 2000-gebieden op land geldt dat met tracéoptimalisaties (van de ligging) doorkruising van deze gebieden waarschijnlijk vermeden kan worden. De kans op effecten is klein. Er wordt op meerdere plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Ook zijn er meerdere bekende archeologische waarden aanwezig in de nabijheid van de tracéoptie. De archeologische verwachting volgens het IKAW varieert. De kans op effecten is middelgroot vanwege de ondergrondse aanleg maar ook de grote flexibiliteit in exacte ligging van de tracéoptie. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is, vooral vanwege het doorkruisen van waterwingebieden en boringsvrije zones, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

### Samenvatting

In Tabel 43.1 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De doorkruising van grondwaterbeschermingsgebieden is een belangrijk aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit punt mede de haalbaarheid. Bij ondergrondse aanleg is er veel flexibiliteit in de ligging en aanleg van de tracéoptie, er kan hierdoor ook gekeken worden naar tracéoptimalisaties om de meest gevoelige gebieden te vermijden.

Tabel 43.1 - Beoordeling lagen tracéoptie Haringvliet–Maasbracht noordzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	3

### (2) Haringvliet–Maasbracht zuidzijde

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist een aantal woonkernen tussen Breda en Weert. Naar verwachting kunnen potentiële effecten op deze woonkernen met tracéoptimalisatie (van de ligging) (grotendeels) voorkomen worden. Vanaf het moment dat de tracéoptie nabij Lage Zwaluwe aan land komt, kruist de tracéoptie voor een groot deel landbouwgrond. De ondergrondse aanleg van de tracéoptie heeft geen permanente effecten op de landbouwfunctie. Tijdens aanleg is er over een beperkte breedte hinder (circa 30 meter). Er liggen enkele PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren van beperkte omvang in de nabijheid van de tracéoptie. Met tracéoptimalisatie is de verwachting dat de kans op effecten klein is. De tracéoptie kruist verschillende recreatieve functies, zoals zwemplassen, golfbanen en bungalowparken, met tracéoptimalisatie is de verwachting dat de kans op effecten klein is. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt tot aan Lage Zwaluwe parallel aan verschillende vaarwegen in het Haringvliet, Hollands Diep en Amer. Dit heeft een kleine kans op effecten tijdens de gebruiksfase. Bij de aanleg kan er wel tijdelijke hinder optreden voor scheepvaart. Daarnaast ligt de tracéoptie tussen Breda en Tilburg parallel met de rijksweg A58 en voor enkele kortere delen met rijksweg A2, spoorweg en

buisleiding. Ook worden er meerdere rijkswegen, buisleidingen en spoorwegen gekruist, de functie van deze infrastructuur wordt niet aangetast. Het kruisen van de Maas is technisch uitdagend gezien er een lange gestuurde boring nodig is in combinatie met een grindige bodem door Maasafzettingen. Er zijn meerdere primaire waterkeringen die worden gekruist: de Haringvlietdam, bij Lage Zwaluwe en bij Maasbracht. Met name de Haringvlietdam is een complexe waterkering, onderdeel van de Deltawerken. Hiervoor zijn maatregelen nodig om de waterveiligheid te waarborgen. Hierdoor is de kans op effecten middelgroot. De tracéoptie heeft een lengte van circa 180 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 5,5 km<sup>2</sup>. Door de ondergrondse ligging is het ruimtebeslag beperkt en flexibel in te passen. Dat wil zeggen dat de kabel op een hoog detailniveau om objecten of belemmeringen heen kan worden gelegd. Er wordt over het gehele tracé verschillende NNN-gebieden gekruist, met name rond Eindhoven zijn er grotere stukken NNN-gebied die worden doorkruist. Het gehele deel in water is NNN-gebied. Op land kan boven een ondergrondse verbinding geen diepwortelende beplanting groeien, dit is wel mogelijk indien de aanleg met een gestuurde boring is. Met mogelijke tracéoptimalisaties is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden en primaire waterkeringen, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De tracéoptie ligt niet in zettingsgevoelig gebied. Er worden verschillende grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrije zones (voor strategische voorraden) gekruist bij Oosterhout, Tilburg, Veldhoven, Heeze en tussen Weert en Maasbracht. Dit is een aandachtspunt voor de ondergrondse realisatie van de kabels aangezien hier geen of met beperkte diepte gestuurde boringen mogelijk zijn. De kans op effecten is groot. Er worden meerdere Natura 2000-gebieden gekruist. Het gaat om watergebieden Haringvliet, Hollands Diep en Biesbosch en op land om Kempenland-West, Leenderbos, Groote Heide en De Plateaux en Weerter- en Budelerbergen en Ringselven. De watergebieden kunnen niet vermeden worden en kennen hinder bij de aanleg van de tracéoptie. Na aanleg zal er geen effect zijn. Voor de Natura 2000-gebieden op land geldt dat met tracéoptimalisaties doorkruising van deze gebieden waarschijnlijk vermeden kan worden. De kans op effecten is klein. Er wordt op meerdere plekken aardkundig waardevol gebied gekruist. Ook zijn er meerdere bekende archeologische waarden aanwezig in de nabijheid van de tracéoptie. De archeologische verwachting volgens het IKAW varieert. De kans op effecten is middelgroot vanwege de ondergrondse aanleg maar ook de grote flexibiliteit in exacte ligging van de tracéoptie. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding) vooral vanwege het doorkruisen van waterwingebieden en boringsvrije zones.

### Samenvatting

In Tabel 43.2 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. De doorkruising van grondwaterbeschermingsgebieden is een belangrijk aandachtspunt. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze verbinding, dan bepaalt dit punt mede de haalbaarheid. Bij ondergrondse aanleg is er veel flexibiliteit in de ligging en aanleg van de tracéoptie, er kan hierdoor ook gekeken worden naar tracéoptimalisaties om de meest gevoelige gebieden te vermijden.

Tabel 43.2 - Beoordeling lagen tracéoptie Haringvliet–Maasbracht zuidzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	3

## 44 Bronnen

Arcadis. (2011). *Inpasbaarheid energie-initiatieven Sloegebied*.

Rotterdam Transport. (2023, 01 03). Opgehaald van <https://rotterdamtransport.com/maps-port-of-rotterdam/#gallery-2>

TenneT. (2022). Opgehaald van Ontwerpinvesteringsplan Net op land 2022-2031: <https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/investeringsplannen>

TenneT. (2022, Mei). *Projectatlas*. Opgehaald van <https://tennet.projectatlas.app/zuid-west-380kv-oost/visualisatie/>

TenneT. (2023, 03 20). *Zuid-West 380 kV*. Opgehaald van <https://www.zuid-west380kv.nl/>

VAWOZ, 2. (2021). *Verkenning Aanlanding Windenergie op Zee 2030*.

Zeeland Seaports. (2016). *Plan-MER Bestemmingsplannen Sloegebied - Gemeente Borsele, Vlissingen en Zeeland Seaports*.

# BIJLAGE XIa Kaartenbijlage A

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectenanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Roel van Ooij, Kyra de Haan, Joeri de Bekker,  
Roland van der Vliet

**Nagekeken door**  
Mariëlle de Sain

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Robuuste ontwikkelingen verbindingen	2
1.2	Figuren robuuste ontwikkelingen 380kV-stations	4
1.3	Robuuste ontwikkelingen batterijen	6
1.4	Figuren robuuste ontwikkelingen regelbare centrales	24
1.5	Niet-robuuste ontwikkelingen batterijen	25
1.6	Niet-robuuste ontwikkelingen batterijen en elektrolyzers	34
1.7	Niet-robuuste ontwikkelingen elektrolyzers	35
1.8	Niet-robuuste ontwikkelingen verbindingen	36

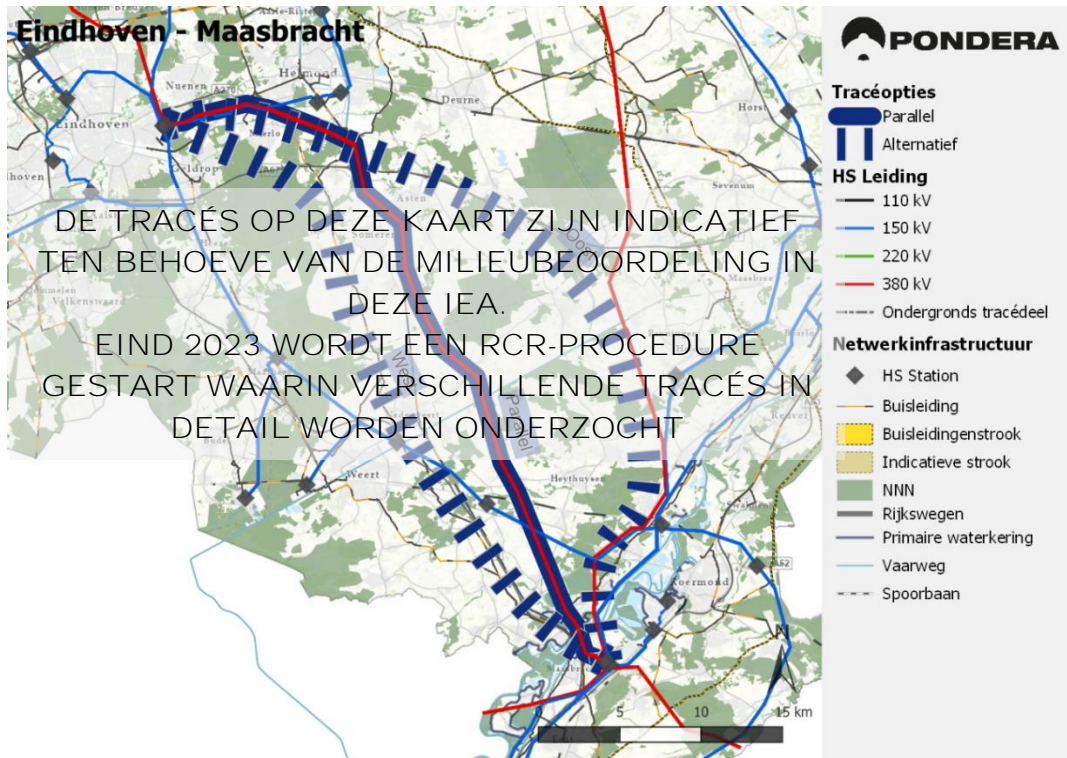
## 1 Inleiding

In deze bijlage zijn kaarten opgenomen als naslagwerk voor de beoordeling van Milieu & Ruimte voor puntinfrastructuur en verbindingen uit Bijlage XIa van de IEA van PEH. In de volgende paragrafen staat per type ontwikkeling één of meerdere kaarten. Bij puntinfrastructuur gaat het om één kaart, bij verbindingen gaat het om drie kaarten met relevante aspecten van de netwerk- en ondergrondlaag.

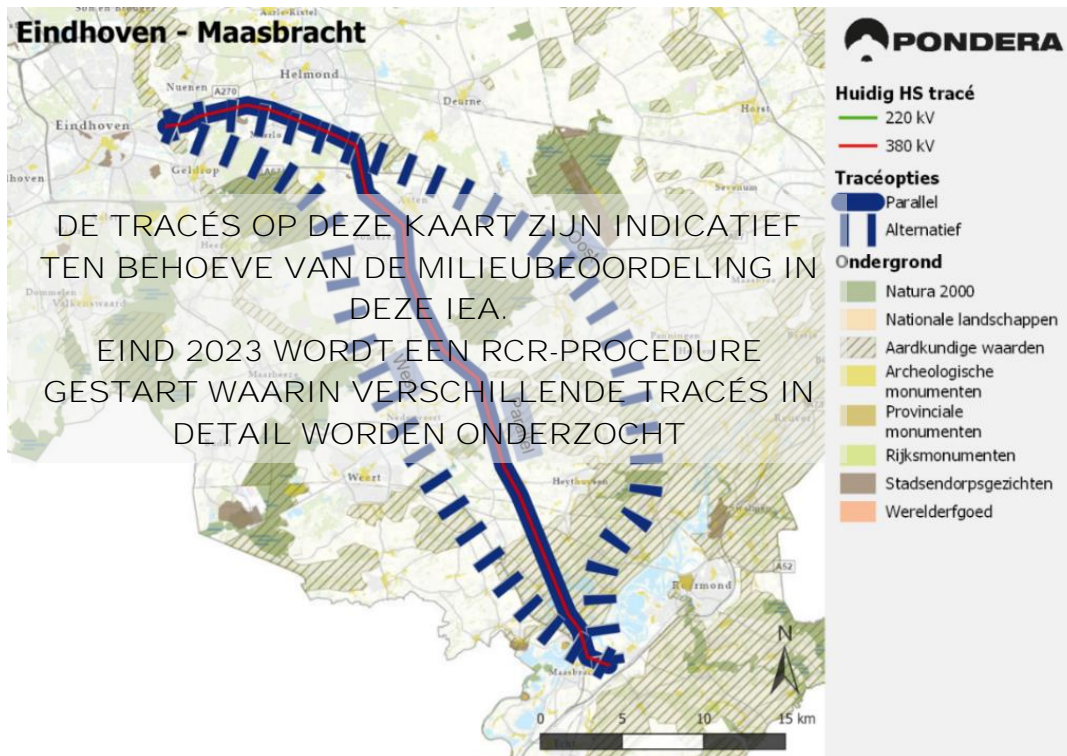


### 1.1 Robuuste ontwikkelingen verbindingen

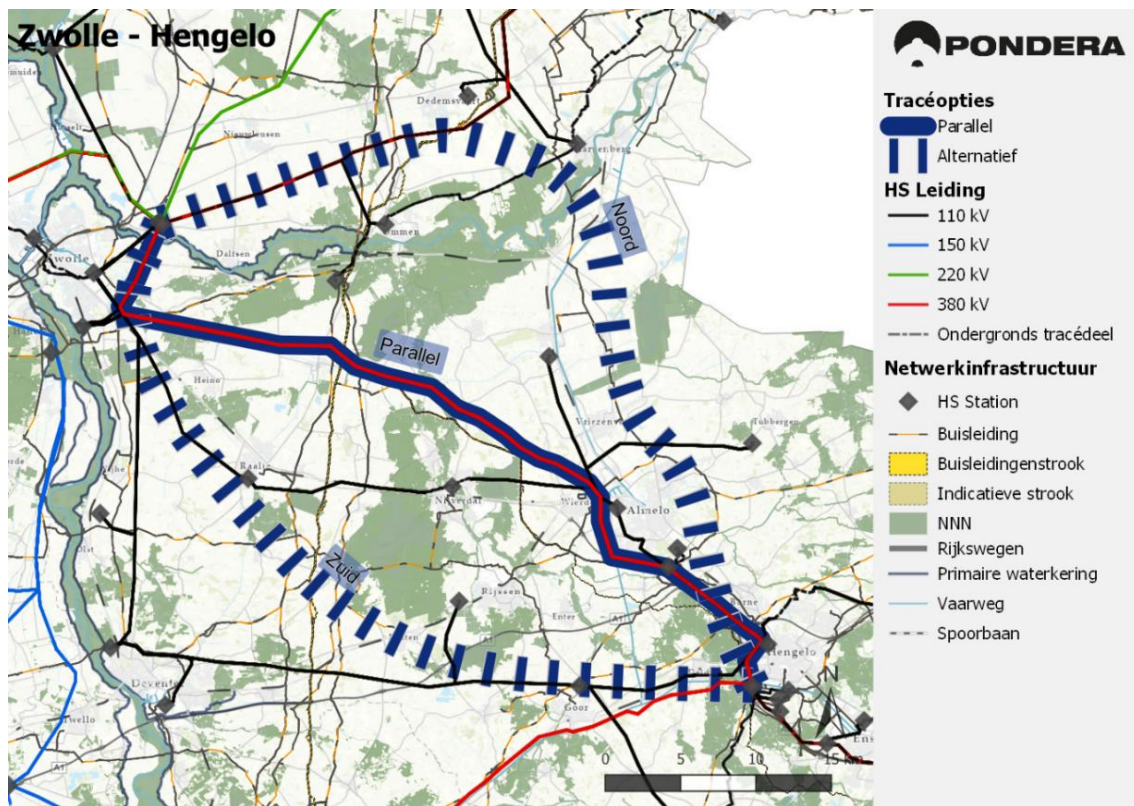
Figuur 1-1 Verschillende tracéopties voor verbinding Eindhoven-Maasbracht met netwerklaag als achtergrond



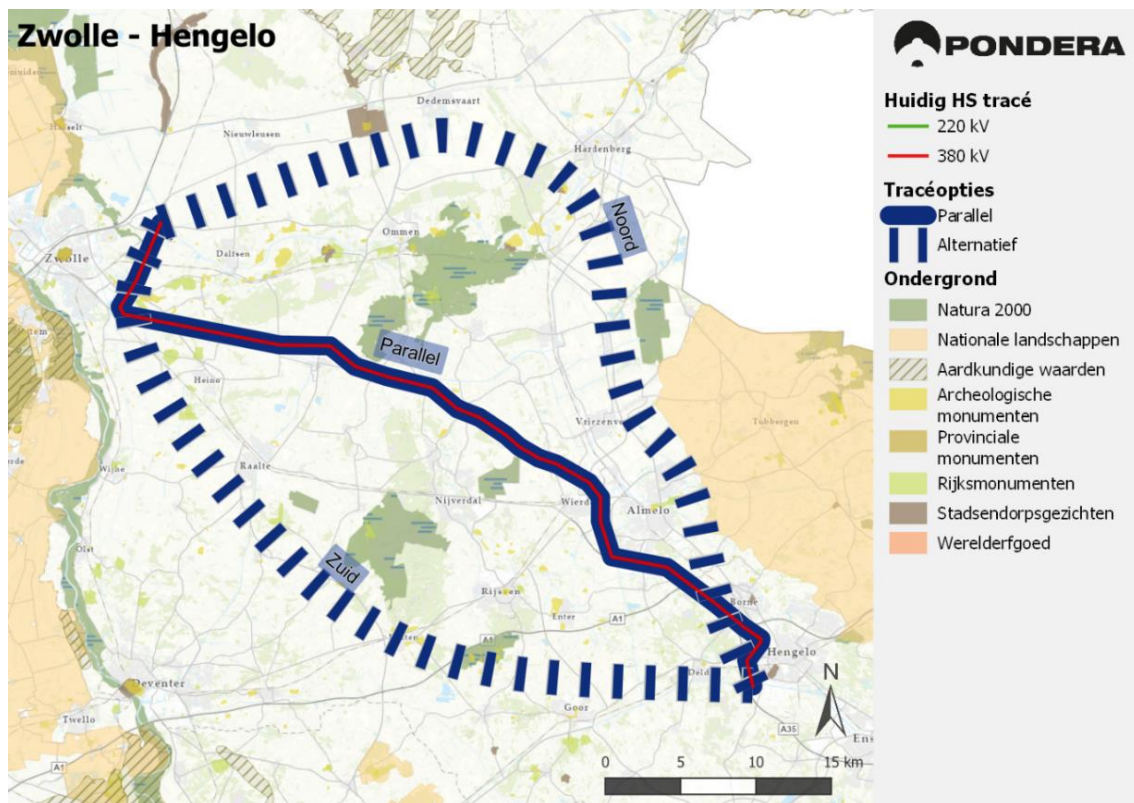
Figuur 1-2 Verschillende tracéopties voor verbinding Eindhoven-Maasbracht met ondergrondlaag als achtergrond



Figuur 1-3 Verschillende tracéopties voor verbinding Zwolle-Hengelo met netwerklaag als achtergrond

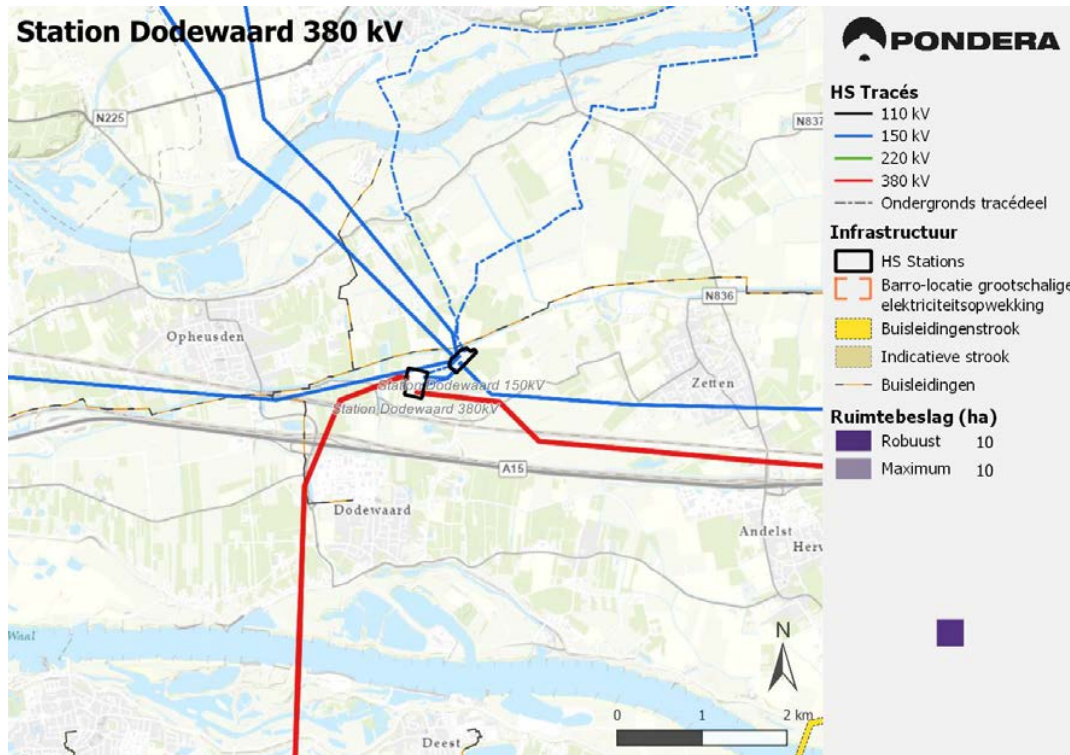


Figuur 1-4 Verschillende tracéopties voor verbinding Zwolle-Hengelo met ondergrondlaag als achtergrond



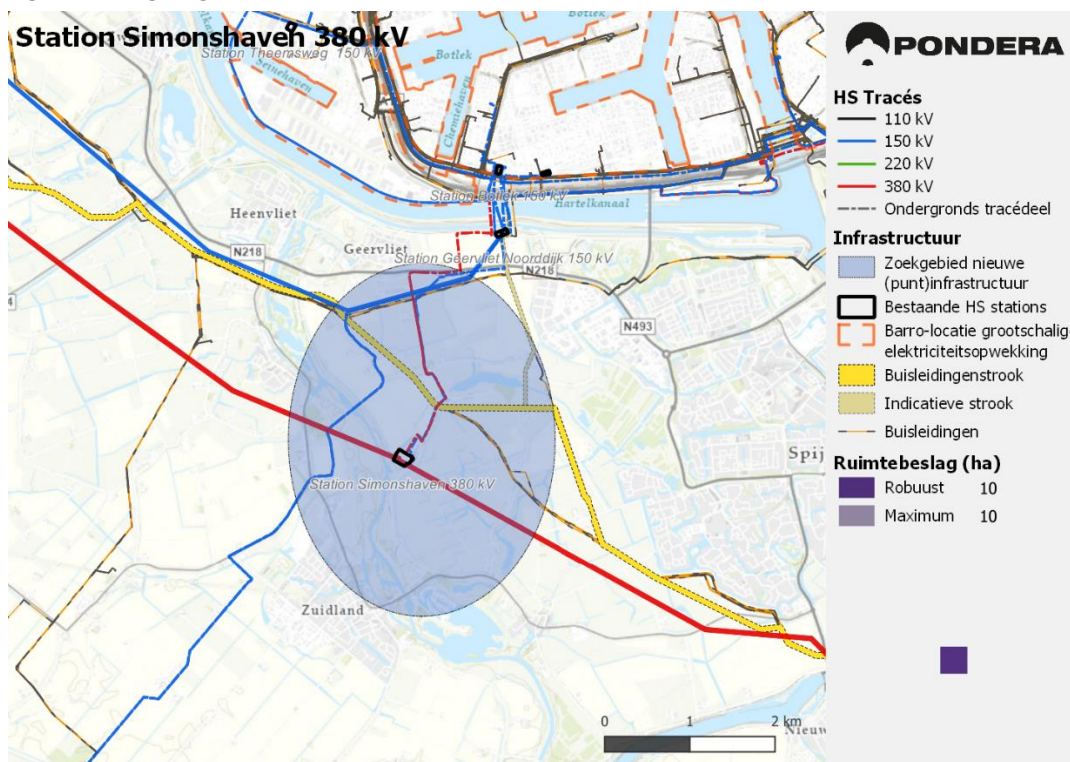
## 1.2 Figuren robuuste ontwikkelingen 380kV-stations

Figuur 1-5 Omgeving station Dodewaard



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-6 Omgeving station Simonshaven\*



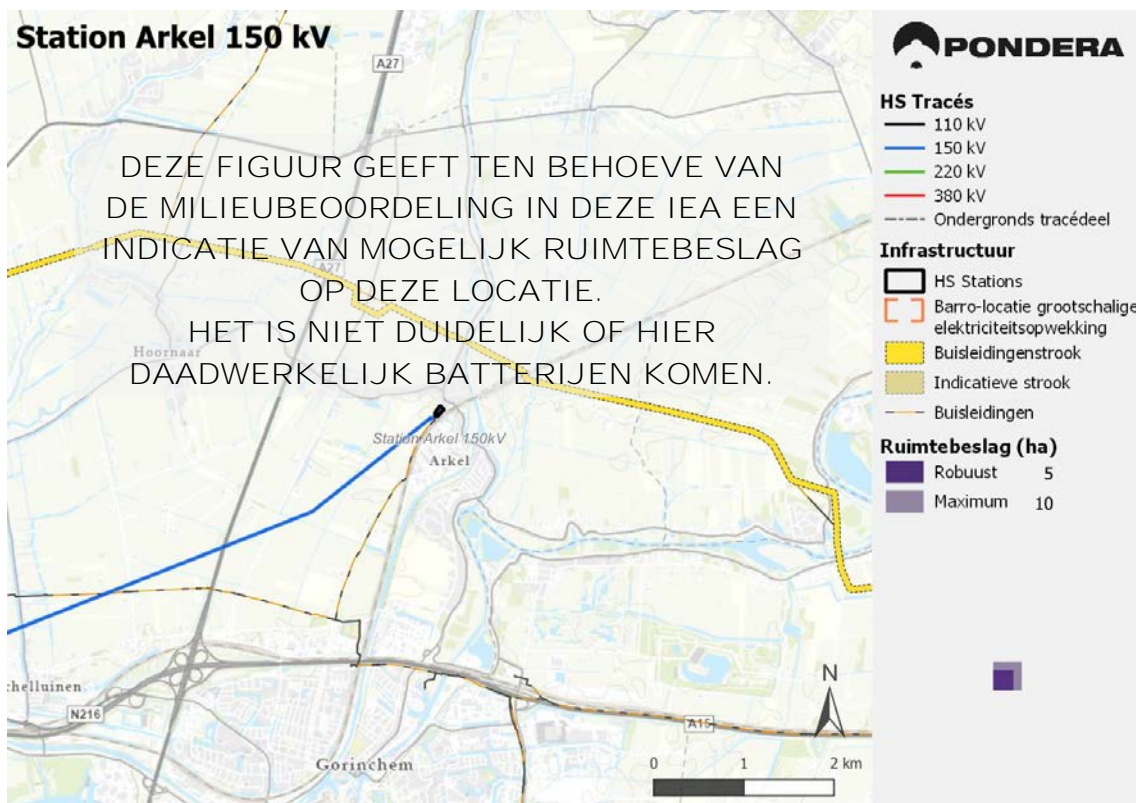
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.  
 \* Deze is al opgenomen in het nieuwe investeringsplan van TenneT, IP2022.

### 1.3 Robuuste ontwikkelingen batterijen

#### Locaties batterijen

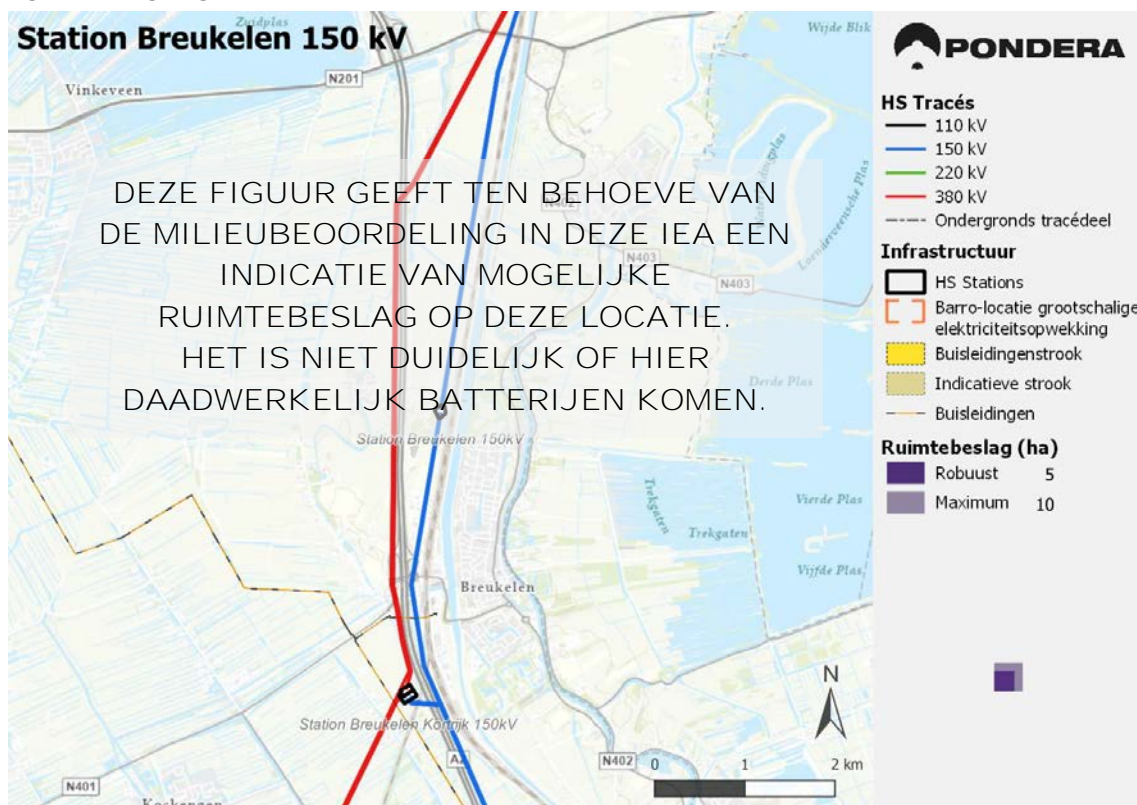
In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld en vanuit technisch en ruimtelijk perspectief logisch gepositioneerd nabij hoogspanningsstations. Het is uiteraard mogelijk dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem of andere afwegingen bezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beoordeling te kunnen maken op het aspect Milieu & Ruimte zijn in deze bijlage concrete locaties opgenomen.

Figuur 1-7 Omgeving station Arkel



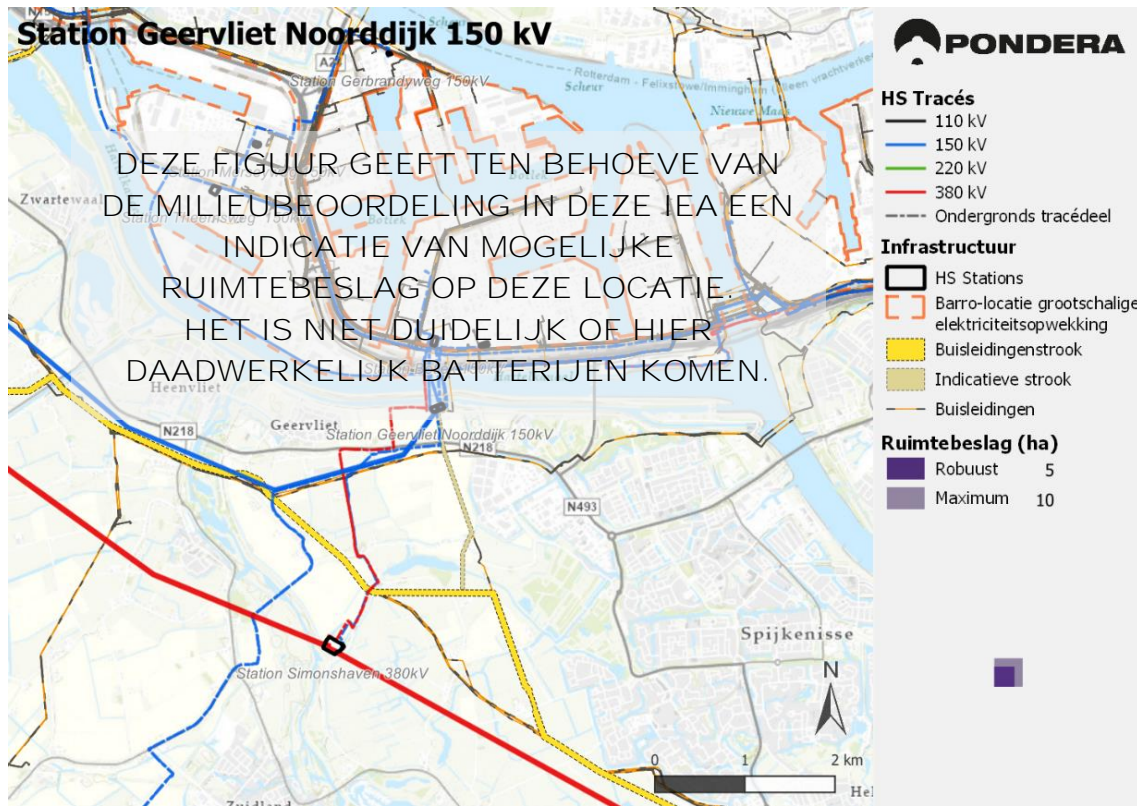
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-8 Omgeving station Breukelen



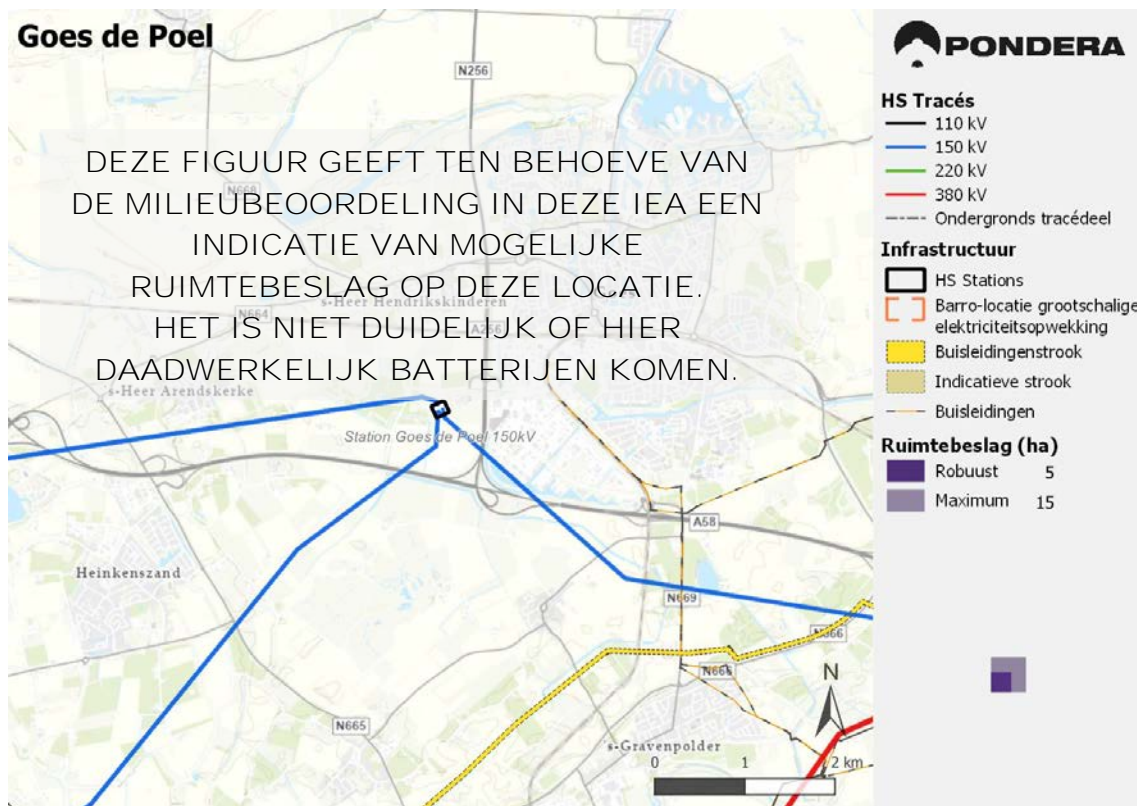
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-9 Omgeving station Geervliet Noorddijk



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

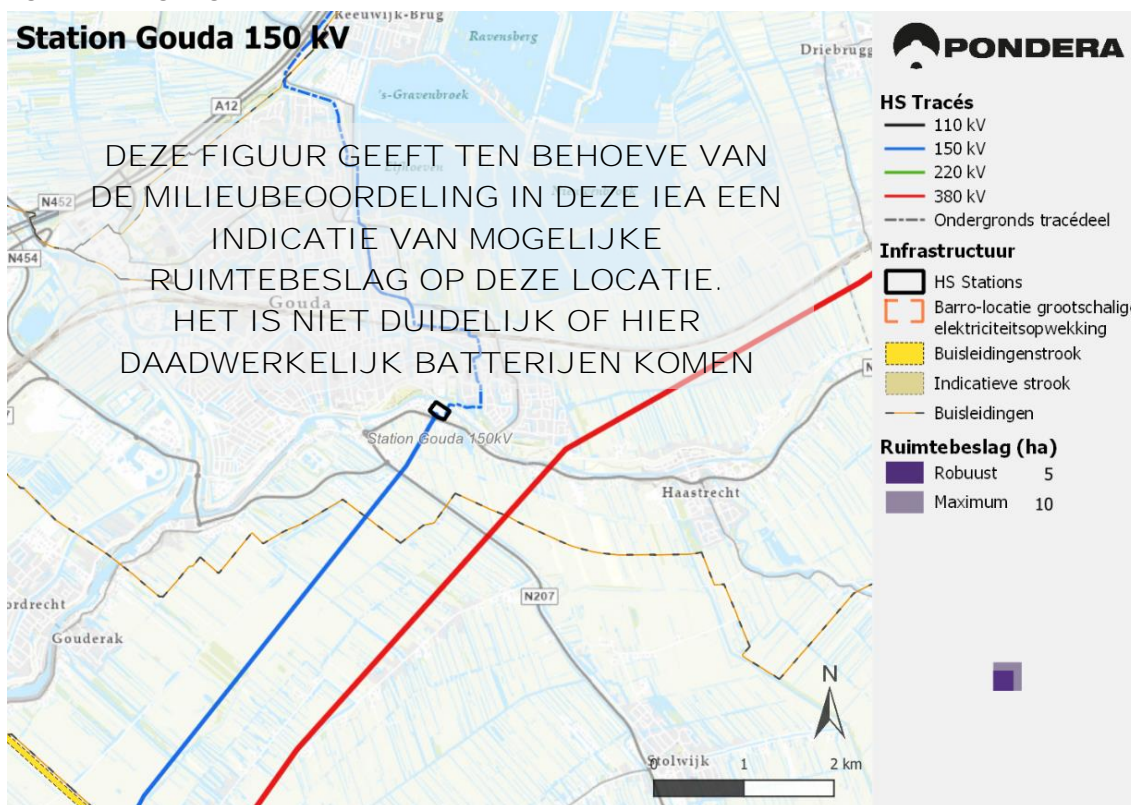
Figuur 1-10 Omgeving station Goes de Poel



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

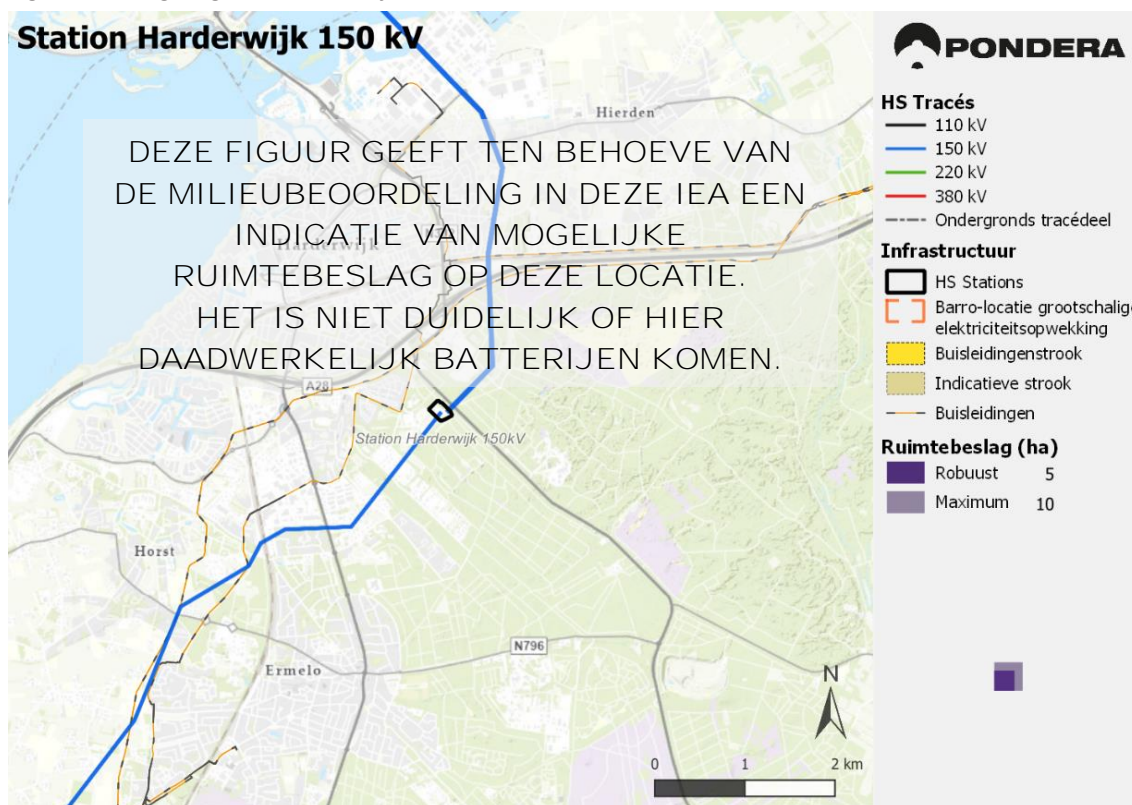


Figuur 1-11 Omgeving station Gouda



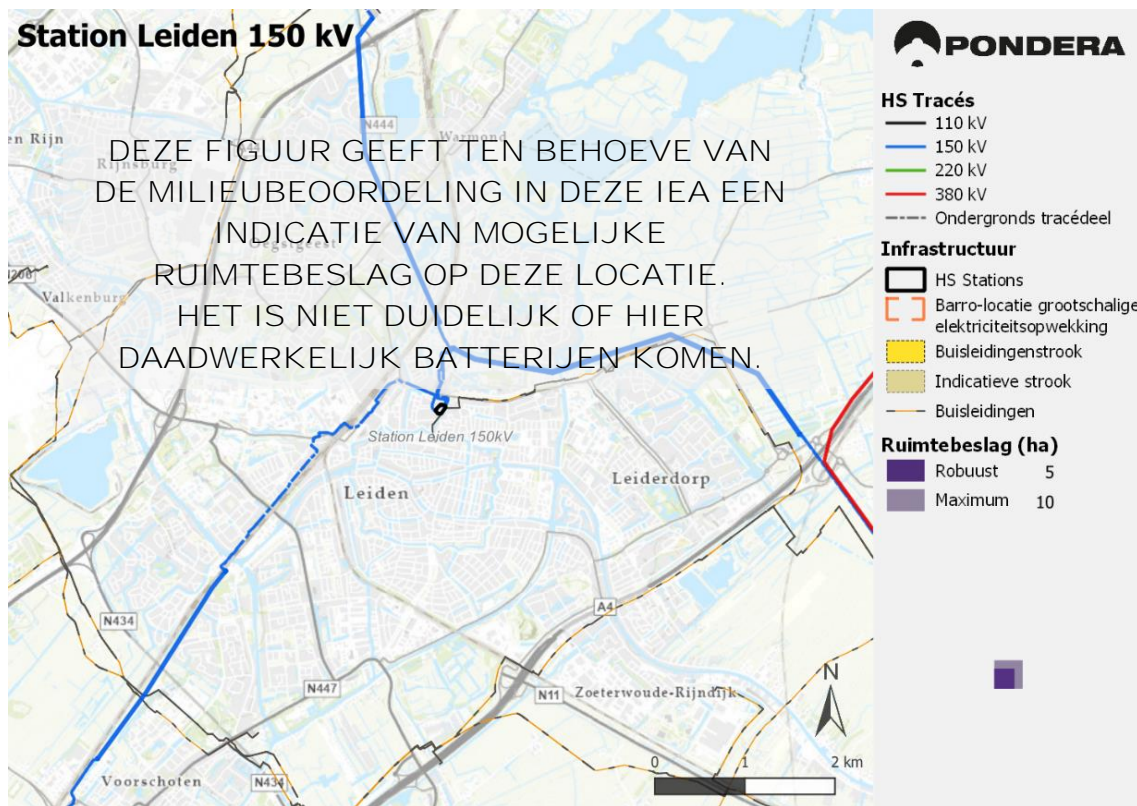
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-12 Omgeving station Harderwijk,



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-13 Omgeving station Leiden



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-14 Omgeving station Nijmegen



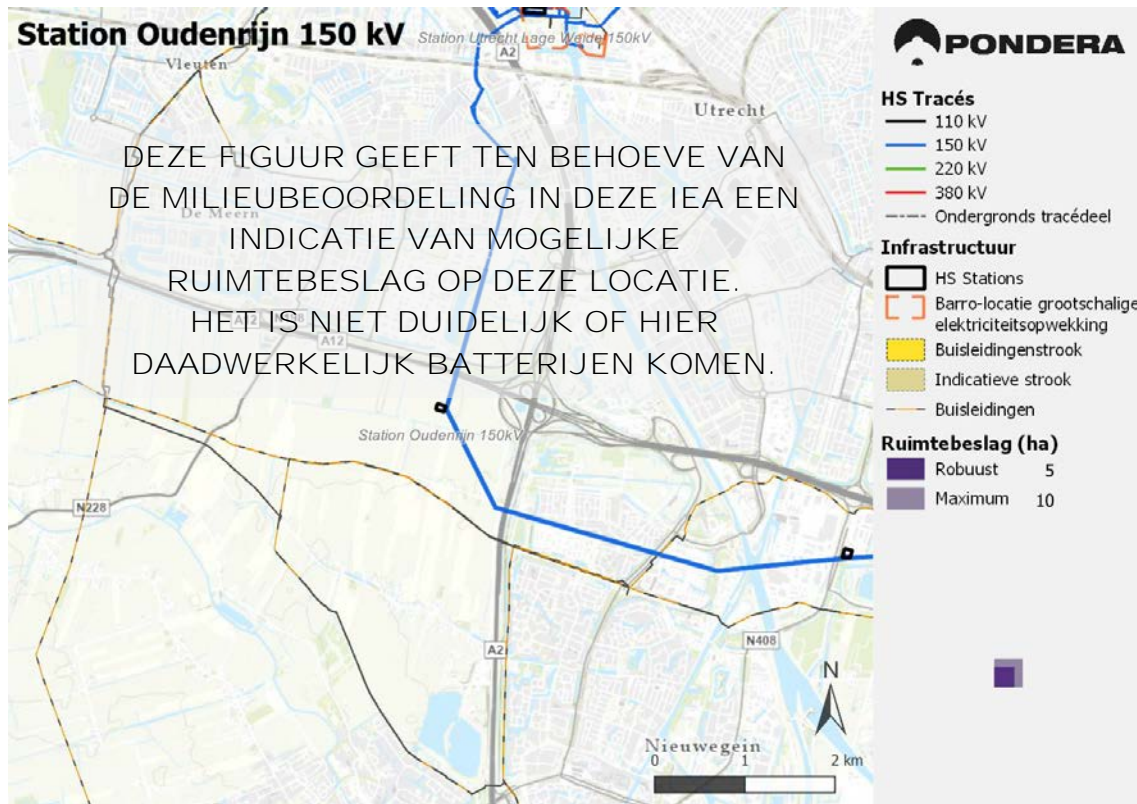
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-15 Omgeving station Oterleek



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

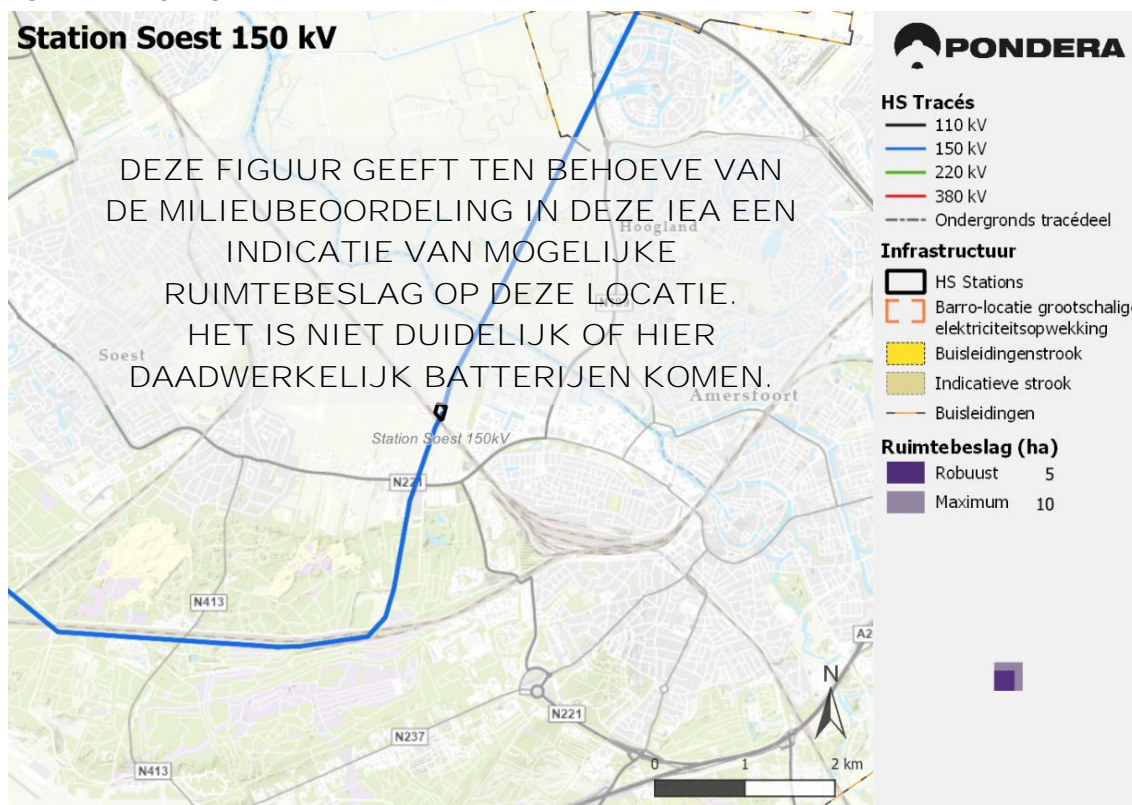
Figuur 1-16 Omgeving station Oudennrijn



DEZE FIGUUR GEEFT TEN BEHOEVE VAN DE MILIEUBEOORDELING IN DEZE IEA EEN INDICATIE VAN MOGELIJKE RUIMTEBESLAG OP DEZE LOCATIE. HET IS NIET DUIDELIJK OF HIER DAADWERKELIJK BATTERIJEN KOMEN.

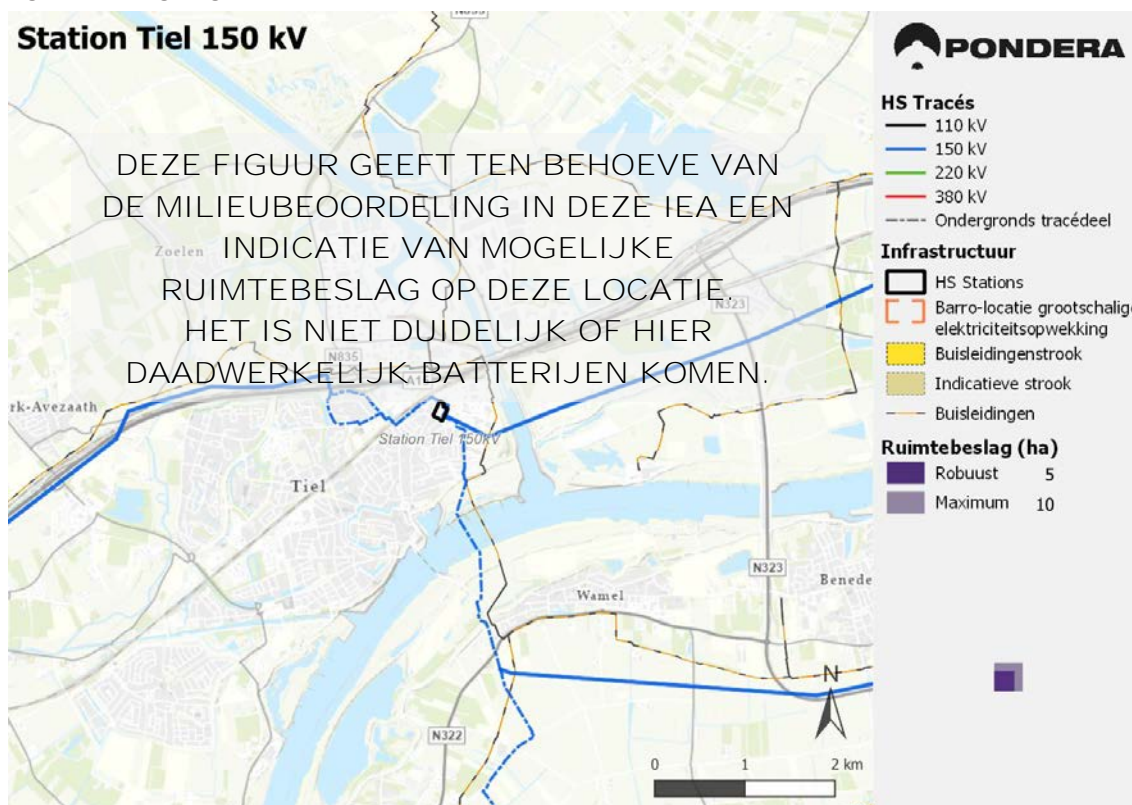
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-17 Omgeving station Soest



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

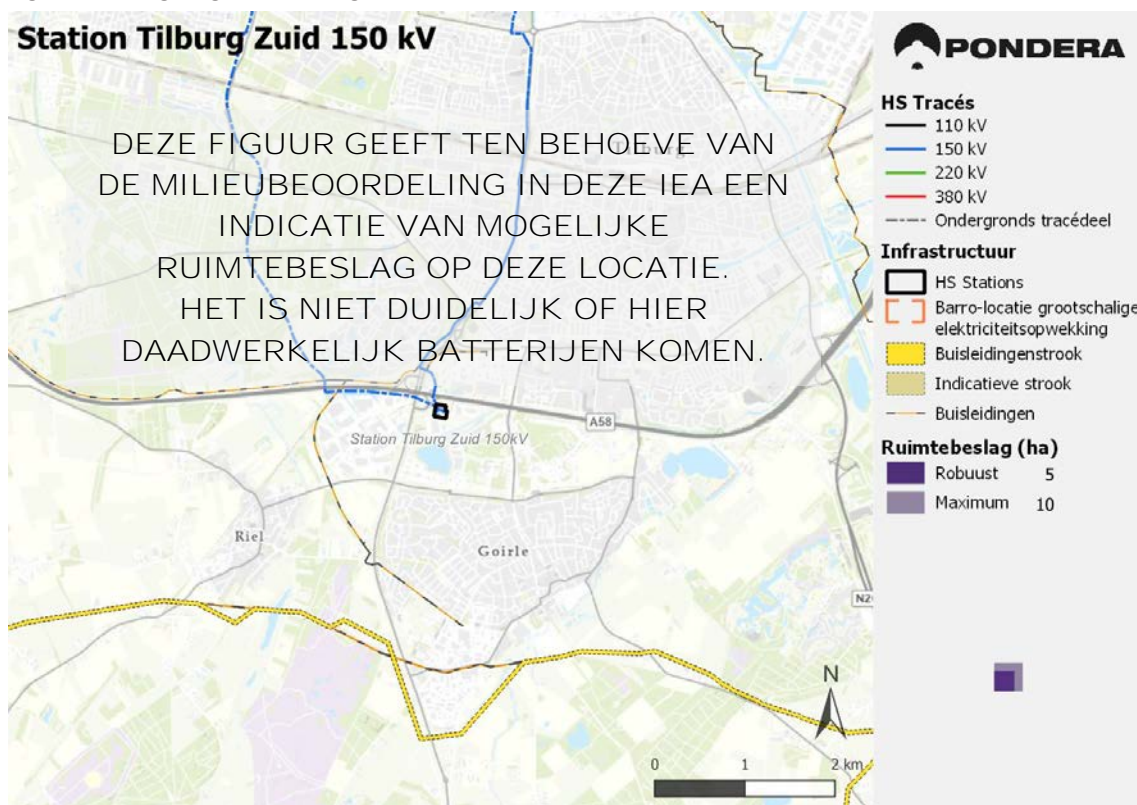
Figuur 1-18 Omgeving station Tiel



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

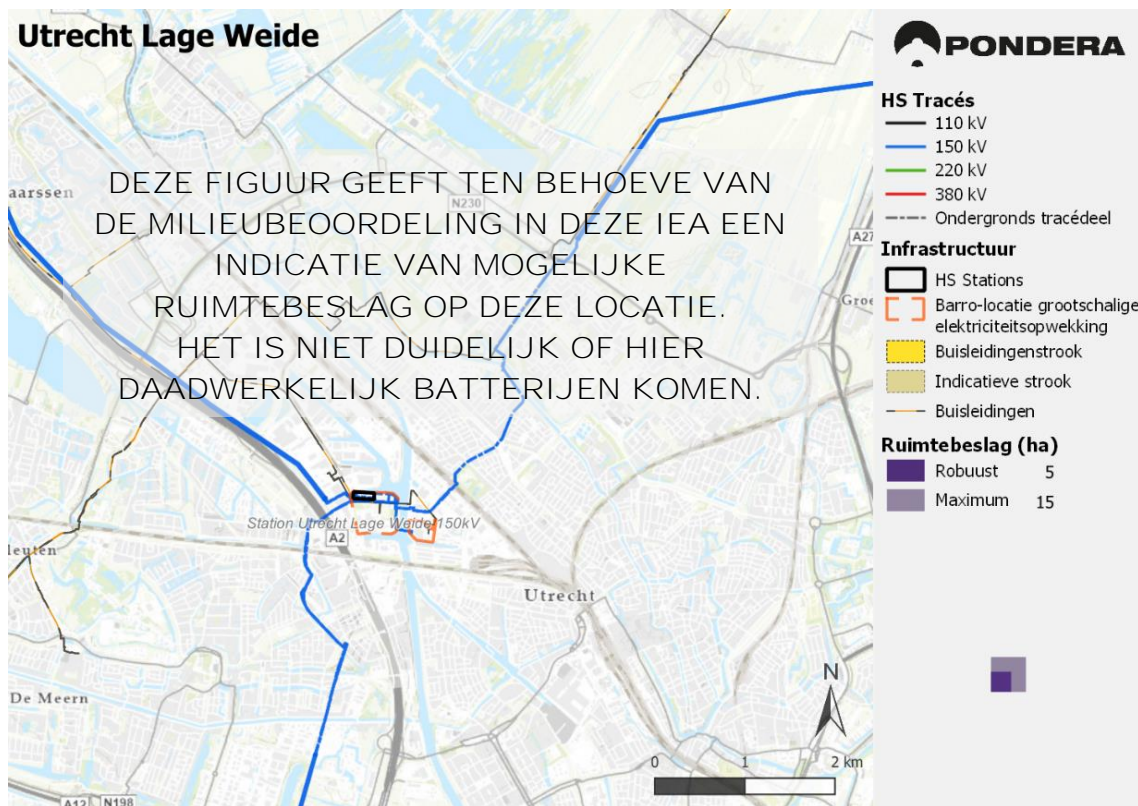


Figuur 1-19 Omgeving station Tilburg Zuid



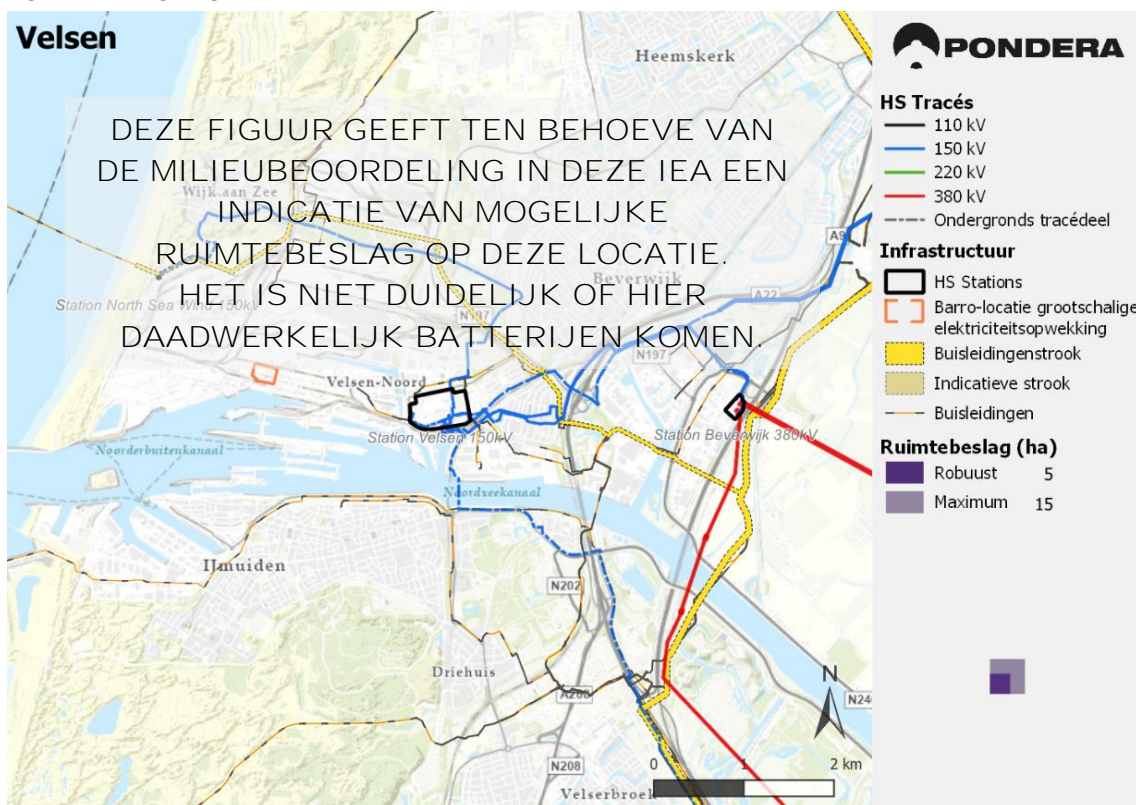
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-20 Omgeving station Utrecht Lage Weide



De parse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-21 Omgeving station Velsen



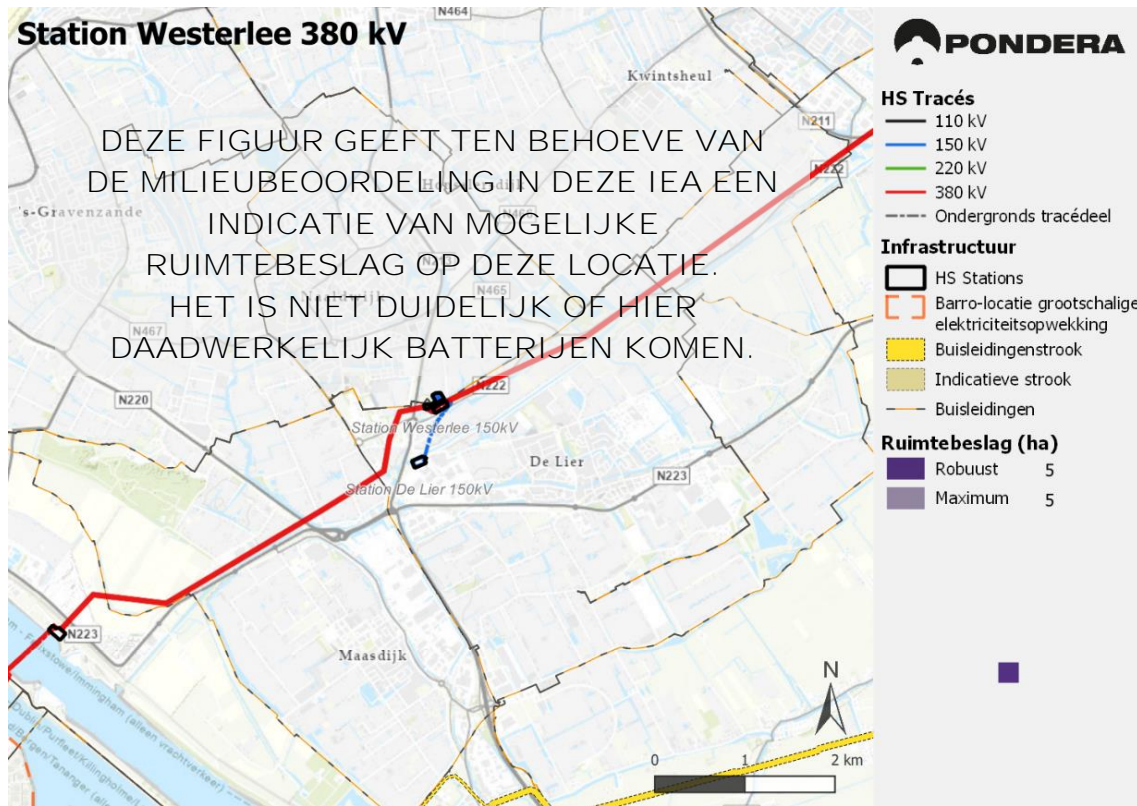
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-22 Omgeving station Westwoud



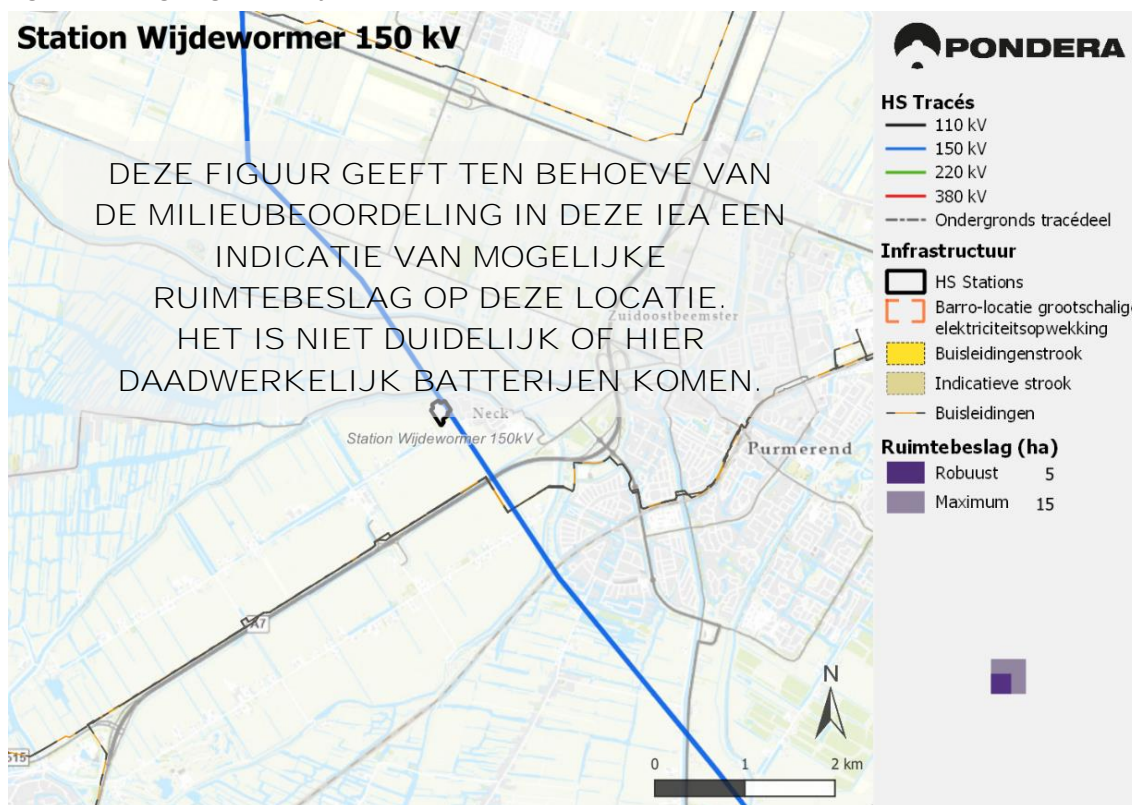
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-23 Omgeving station Westerlee



De parse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

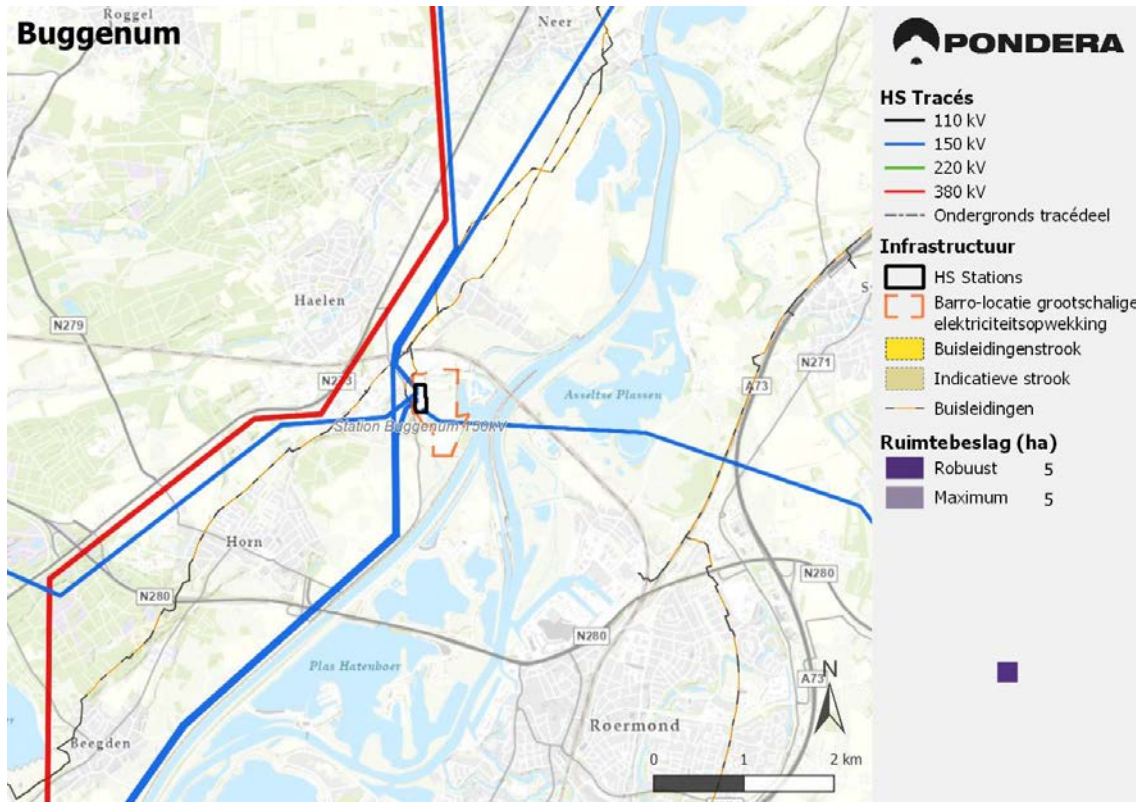
Figuur 1-24 Omgeving station Wijdewormer



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

### 1.4 Figuren robuuste ontwikkelingen regelbare centrales

Figuur 1-25 Omgeving Barro-locatie Buggenum



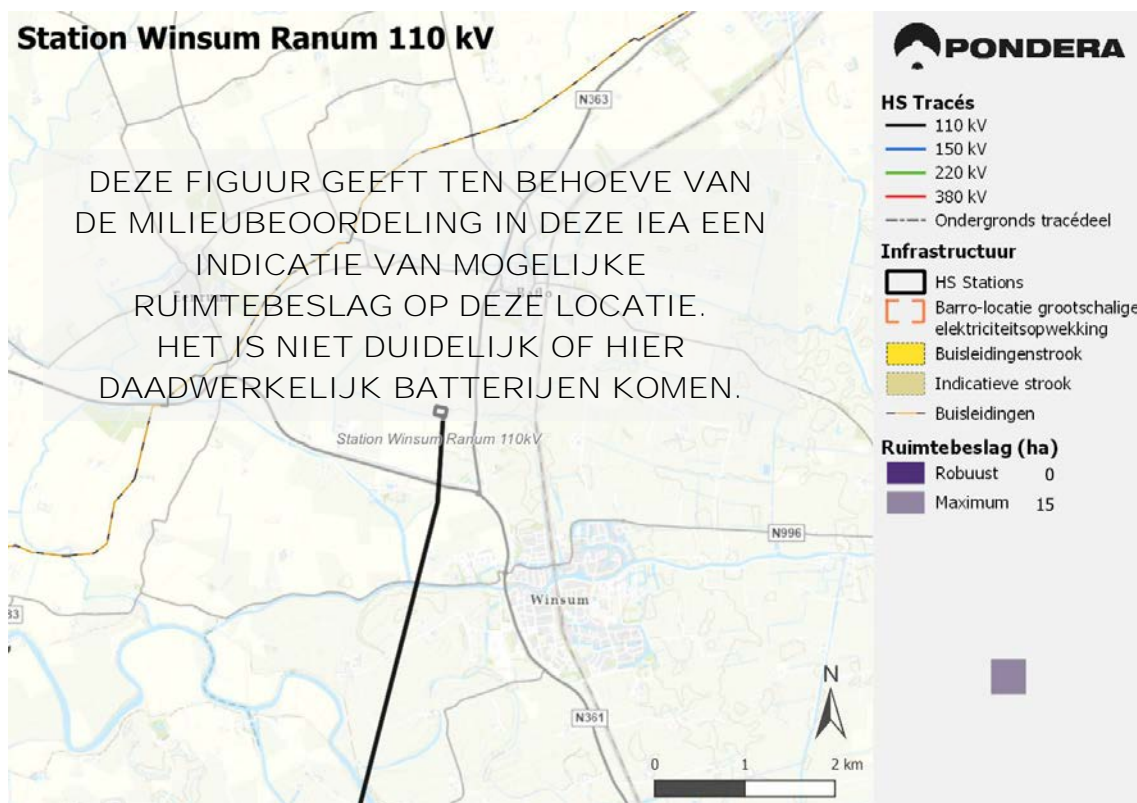
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

## 1.5 Niet-robuste ontwikkelingen batterijen

### Locaties batterijen

In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld en vanuit technisch en ruimtelijk perspectief logisch gepositioneerd nabij hoogspanningsstations. Het is uiteraard mogelijk dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem of andere afwegingen gezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beoordeling te kunnen maken op het aspect Milieu & Ruimte zijn in deze bijlage concrete locaties opgenomen.

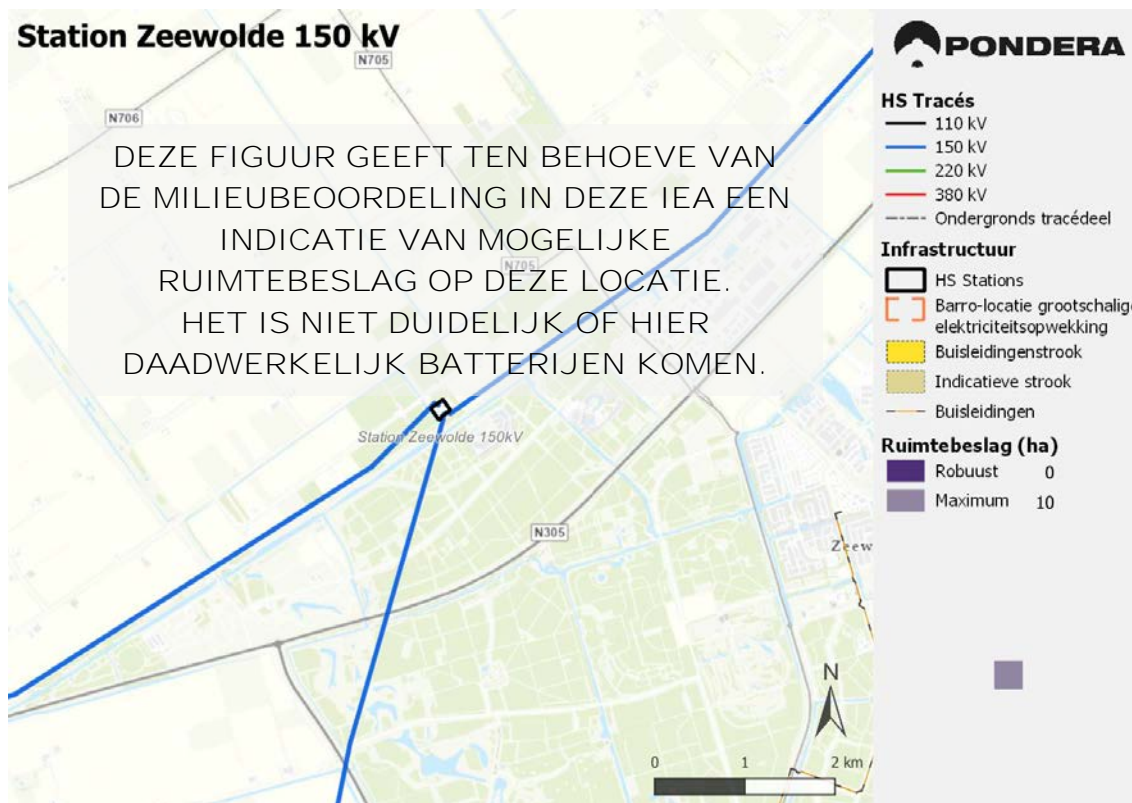
Figuur 1-26 Omgeving station Winsum Ranum



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.



Figuur 1-27 Omgeving station Zeewolde



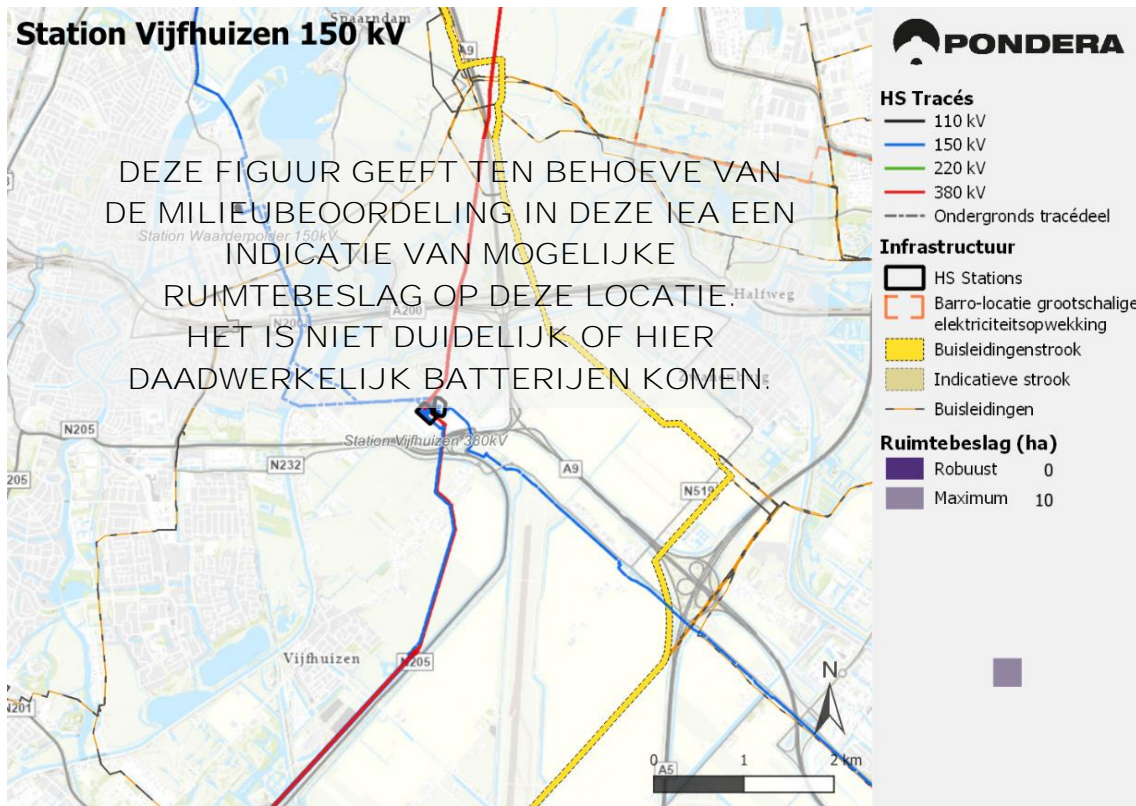
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-28 Omgeving station Dronten



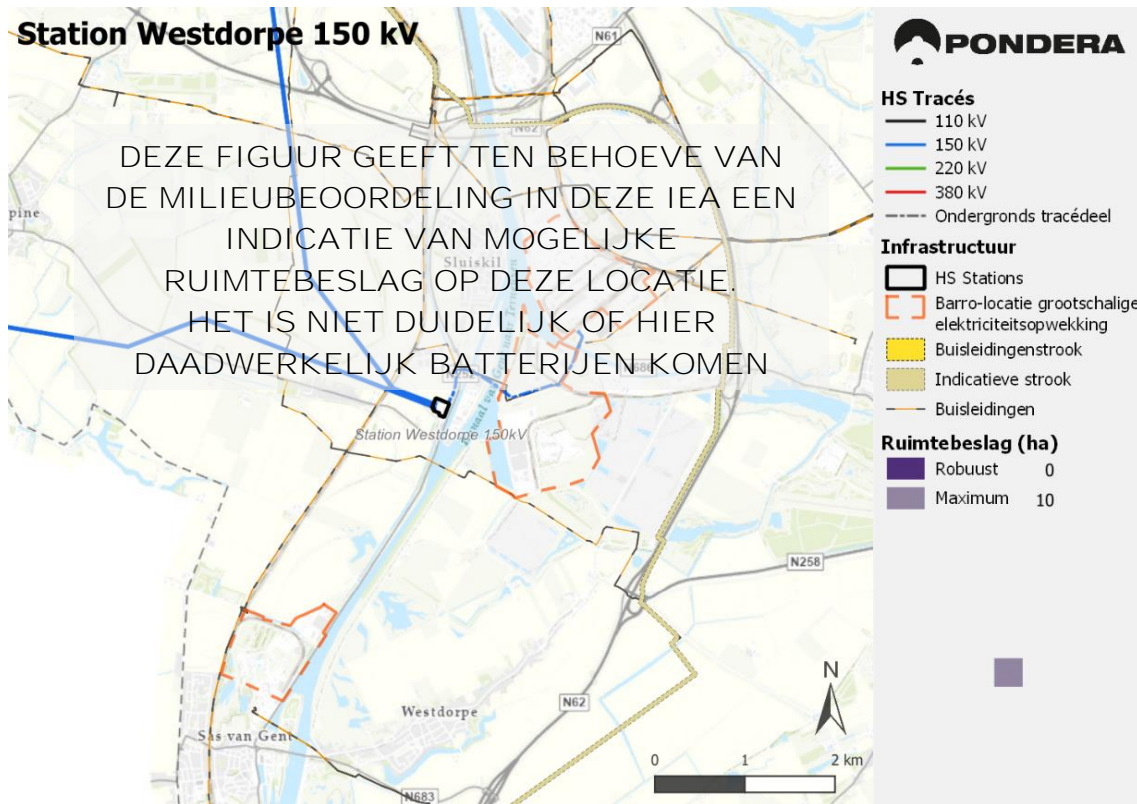
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-29 Omgeving station Vijfhuizen



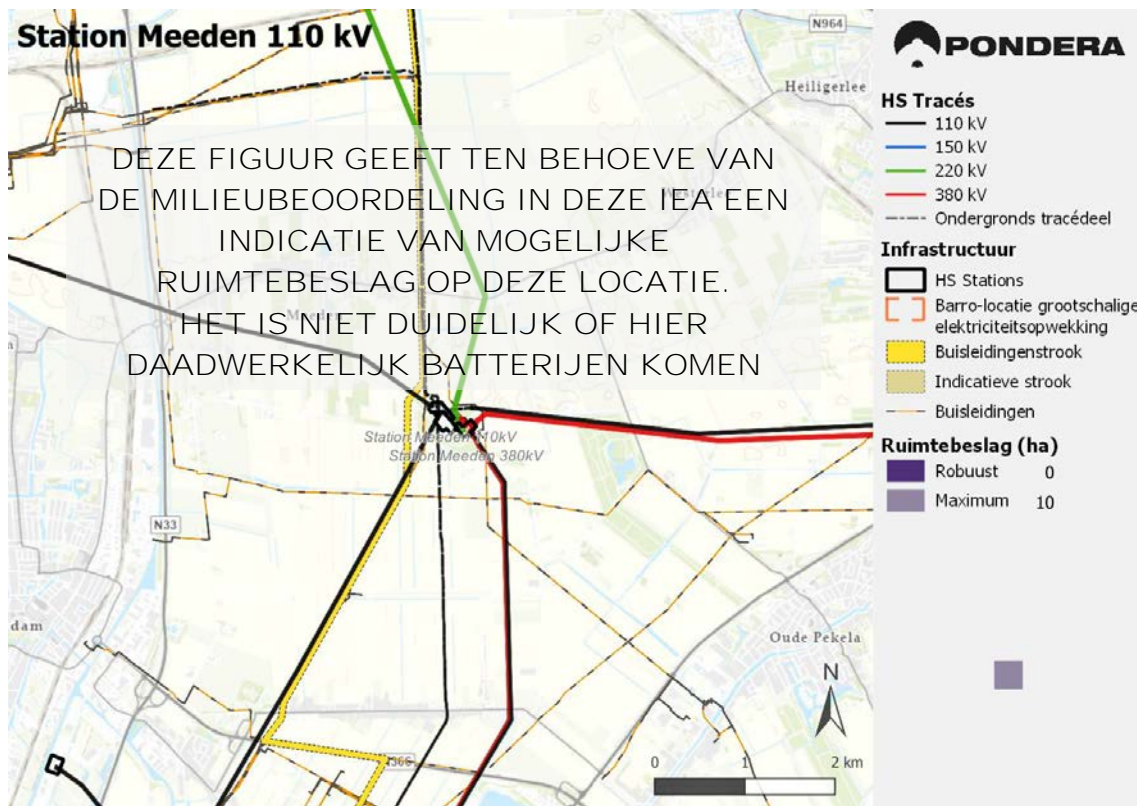
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-30 Omgeving station Westdorpe



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-31 Omgeving station Meeden



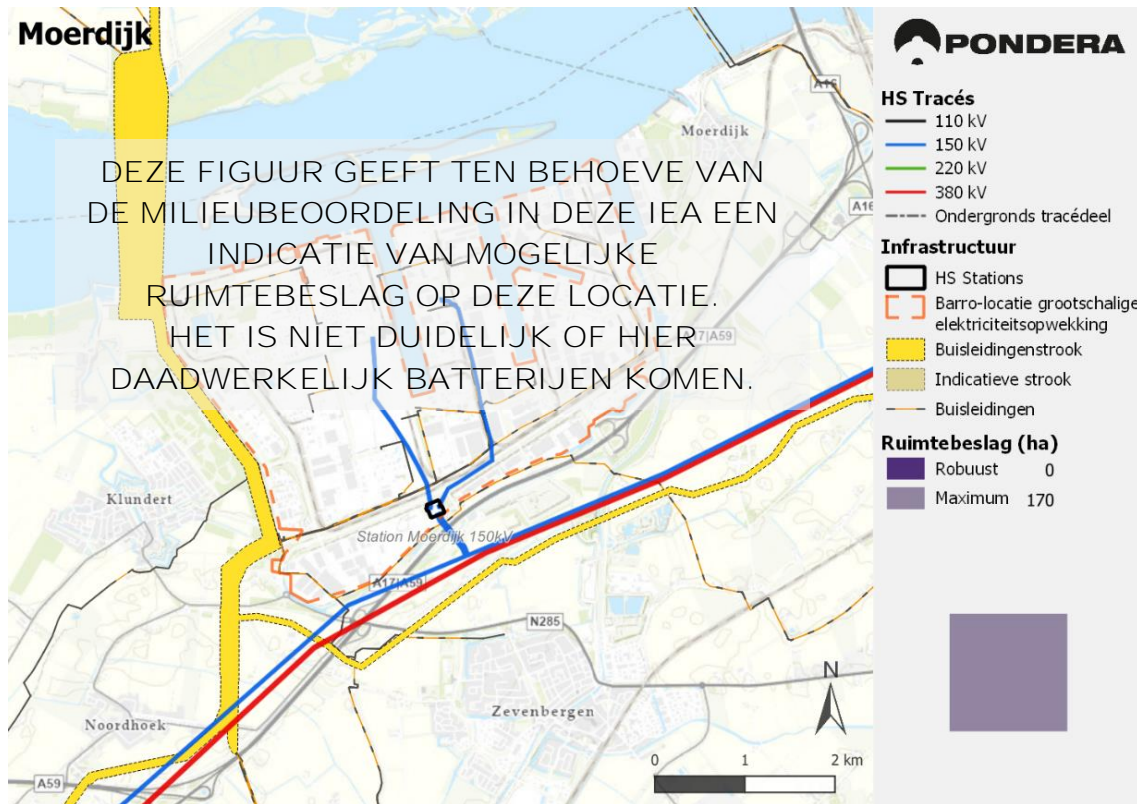
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-32 Omgeving station Burgum



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-33 Omgeving station Moerdijk



De parse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

Figuur 1-34 Omgeving station Anna Paulowna



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

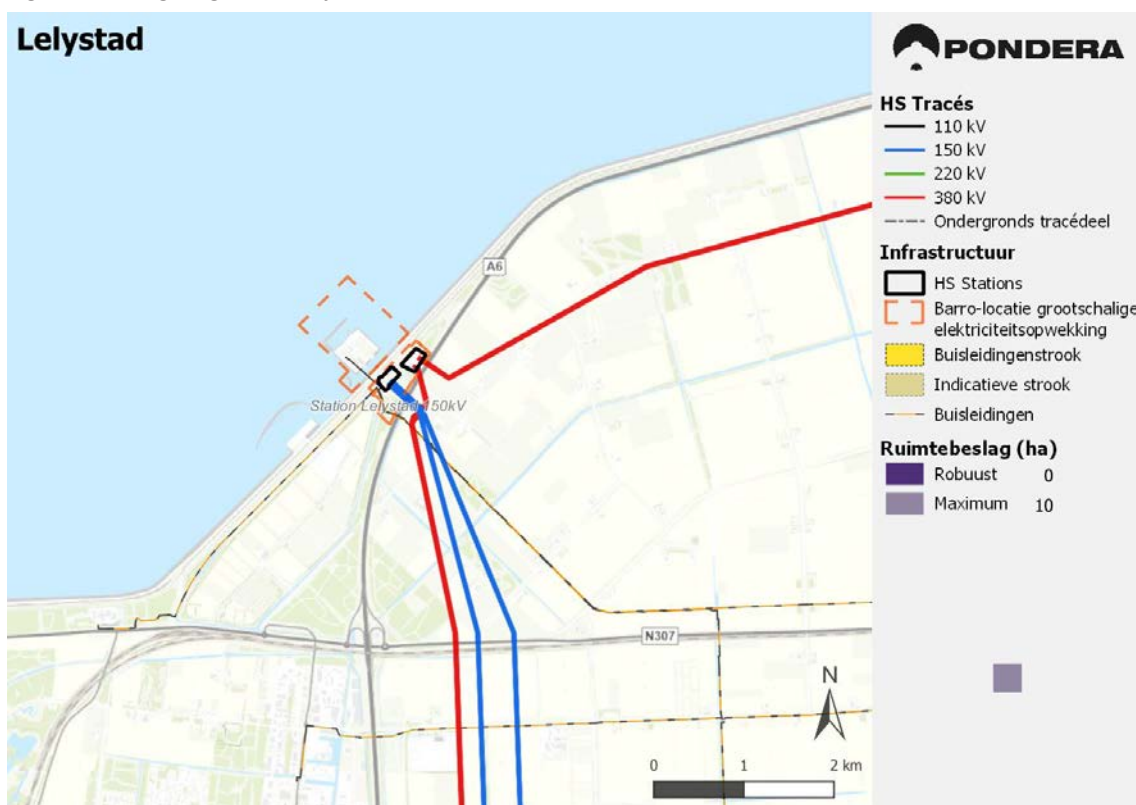


## 1.6 Niet-robuste ontwikkelingen batterijen en elektrolyzers

### Locaties batterijen

In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld en vanuit technisch en ruimtelijk perspectief logisch gepositioneerd nabij hoogspanningsstations. Het is uiteraard mogelijk dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem of andere afwegingen gezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beoordeling te kunnen maken op het aspect Milieu & Ruimte zijn in deze bijlage concrete locaties opgenomen.

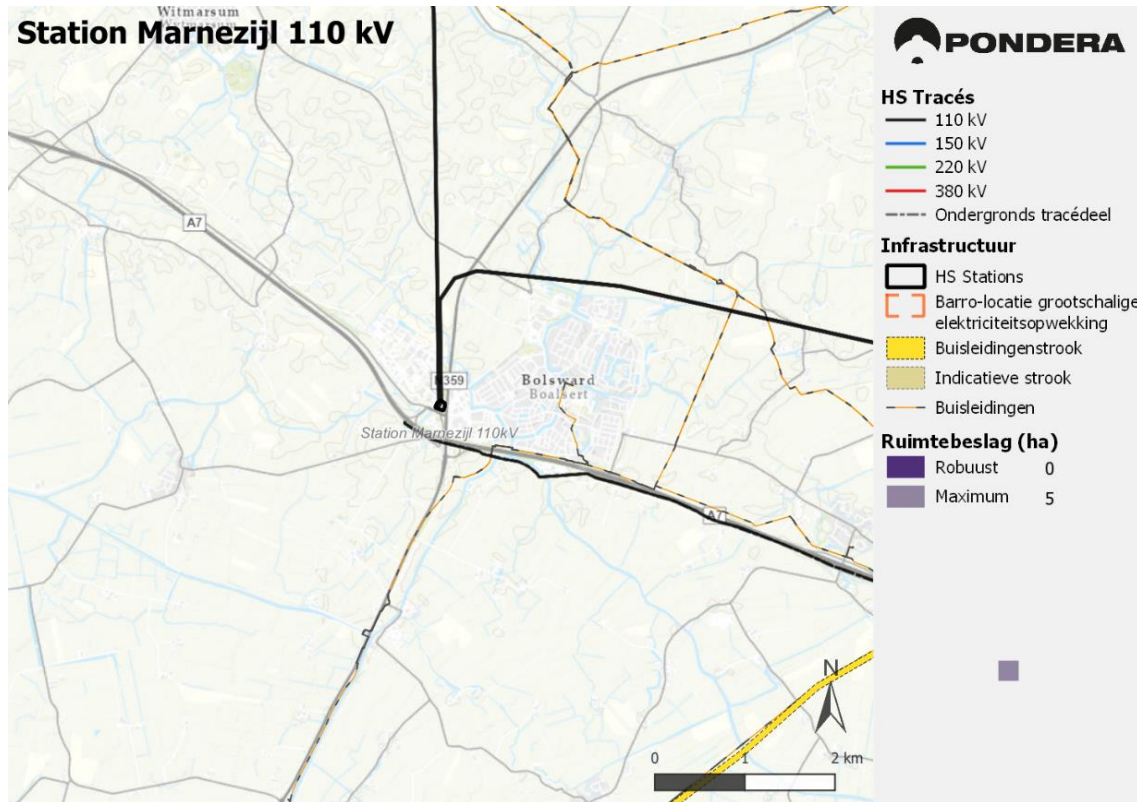
Figuur 1-35 Omgeving station Lelystad



De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

### 1.7 Niet-robuste ontwikkelingen elektrolyzers

Figuur 1-36 Omgeving station Marnezijl



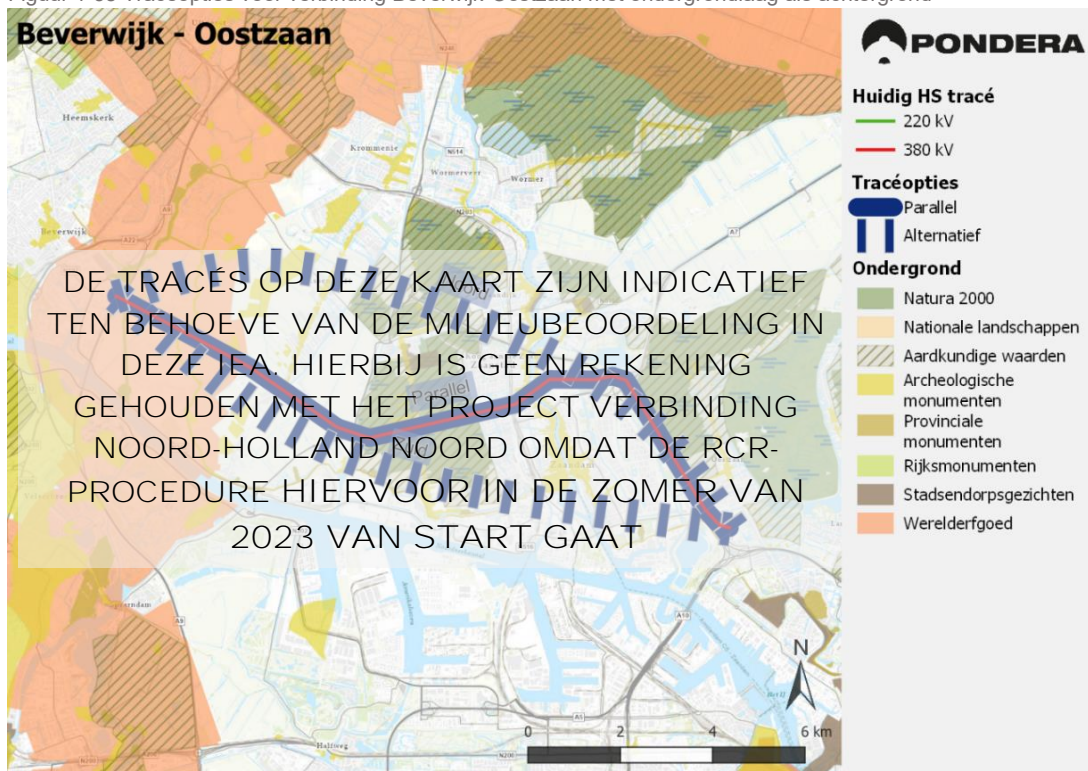
De paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal.

1.8 Niet-robuste ontwikkelingen verbindingen

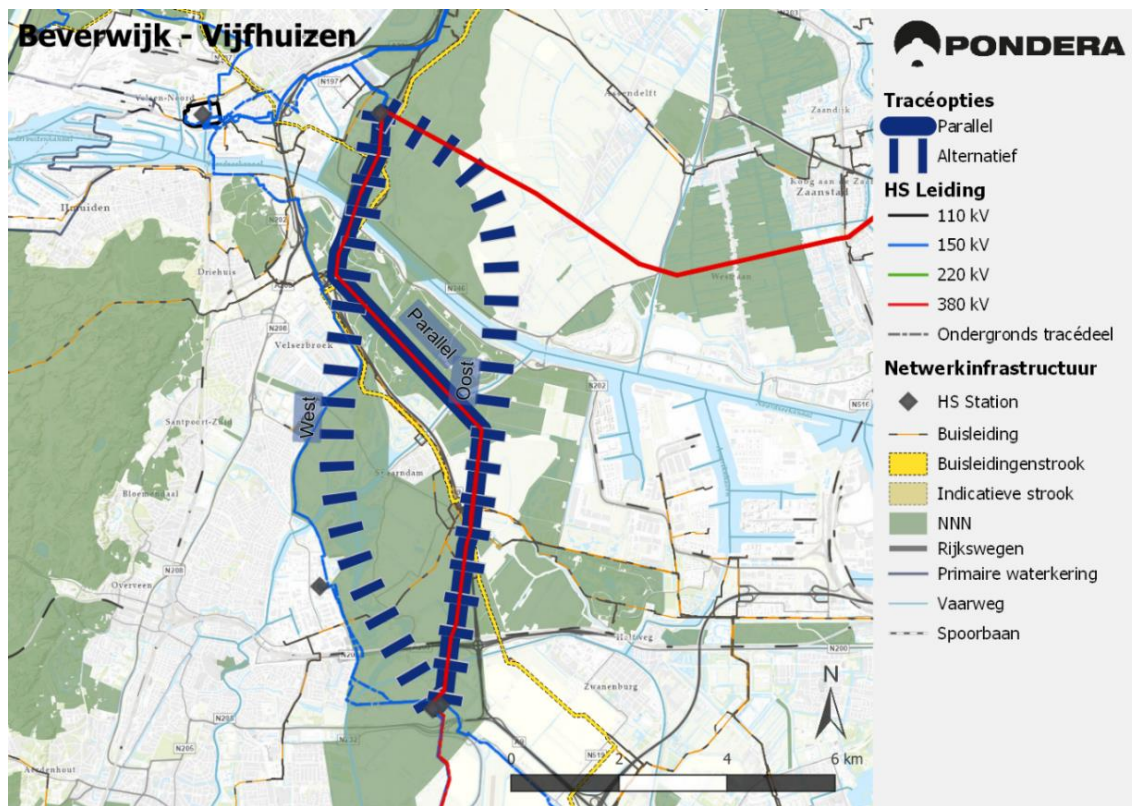
Figuur 1-37 Tracéopties voor verbinding Beverwijk-Oostzaan met netwerklaag als achtergrond



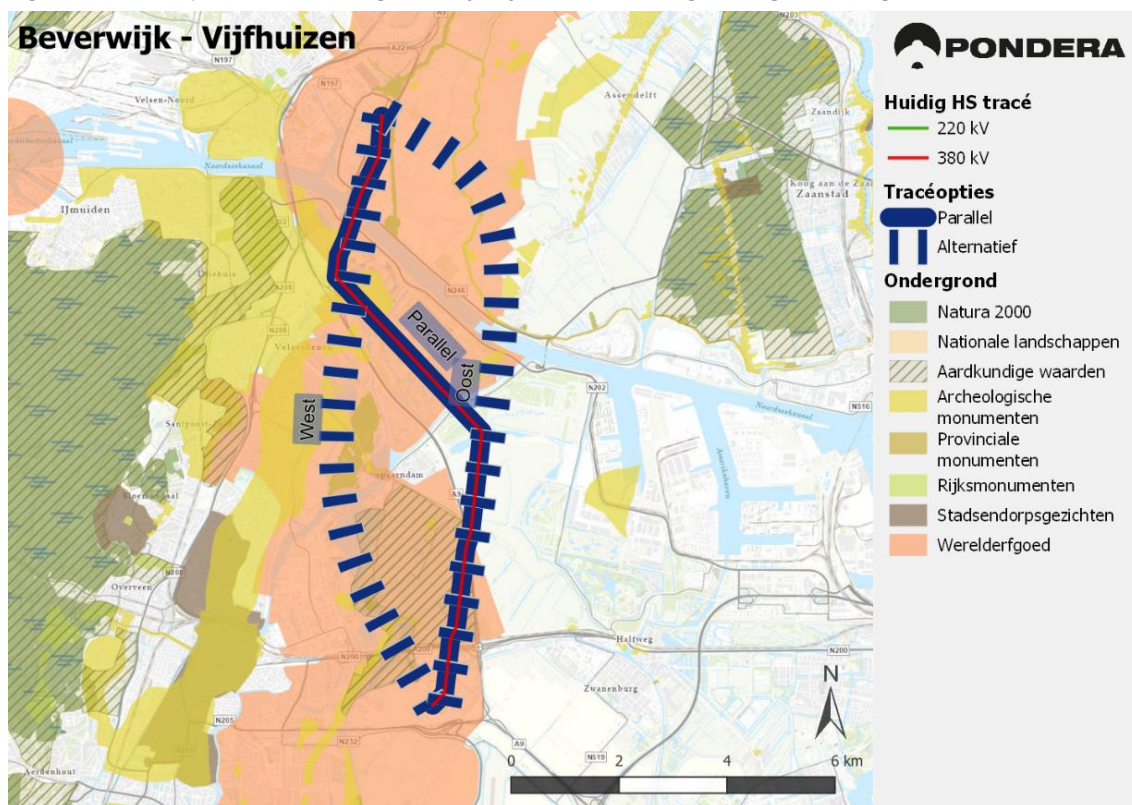
Figuur 1-38 Tracéopties voor verbinding Beverwijk-Oostzaan met ondergrondlaag als achtergrond



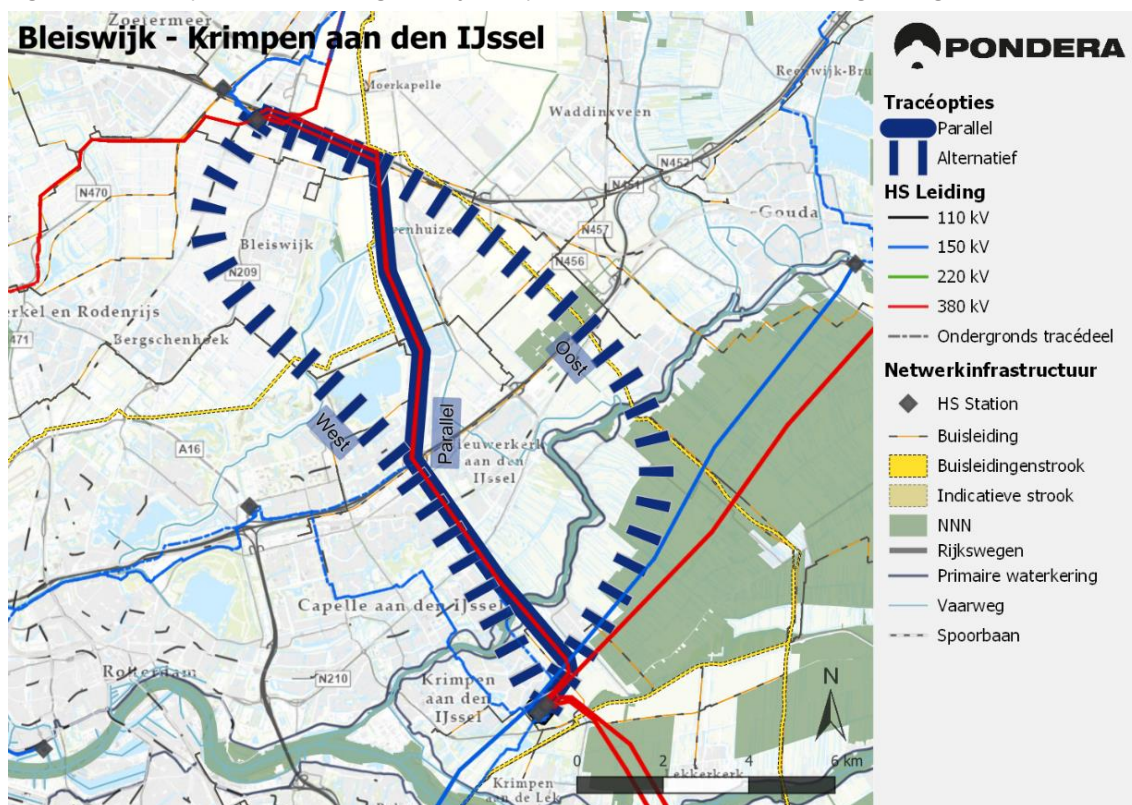
Figuur 1-39 Tracéopties voor verbinding Beverwijk-Vijfhuizen met netwerklaag als achtergrond



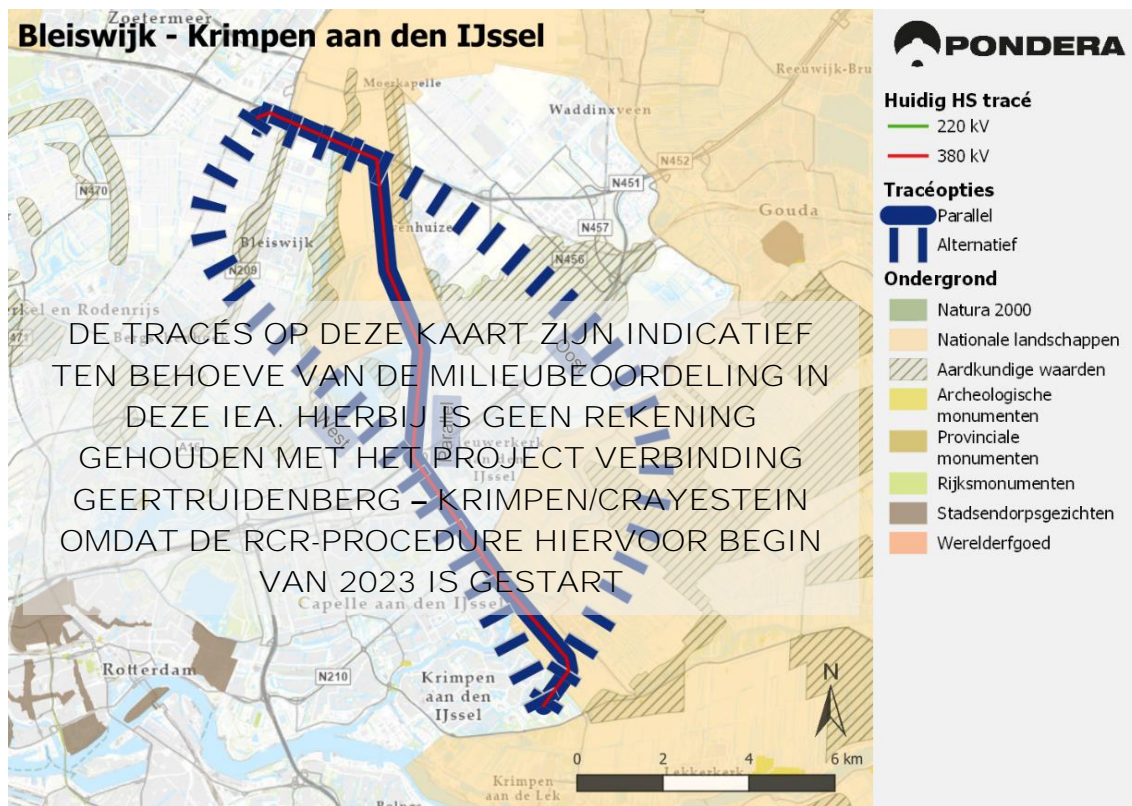
Figuur 1-40 Tracéopties voor verbinding Beverwijk-Vijfhuizen met ondergrondlaag als achtergrond



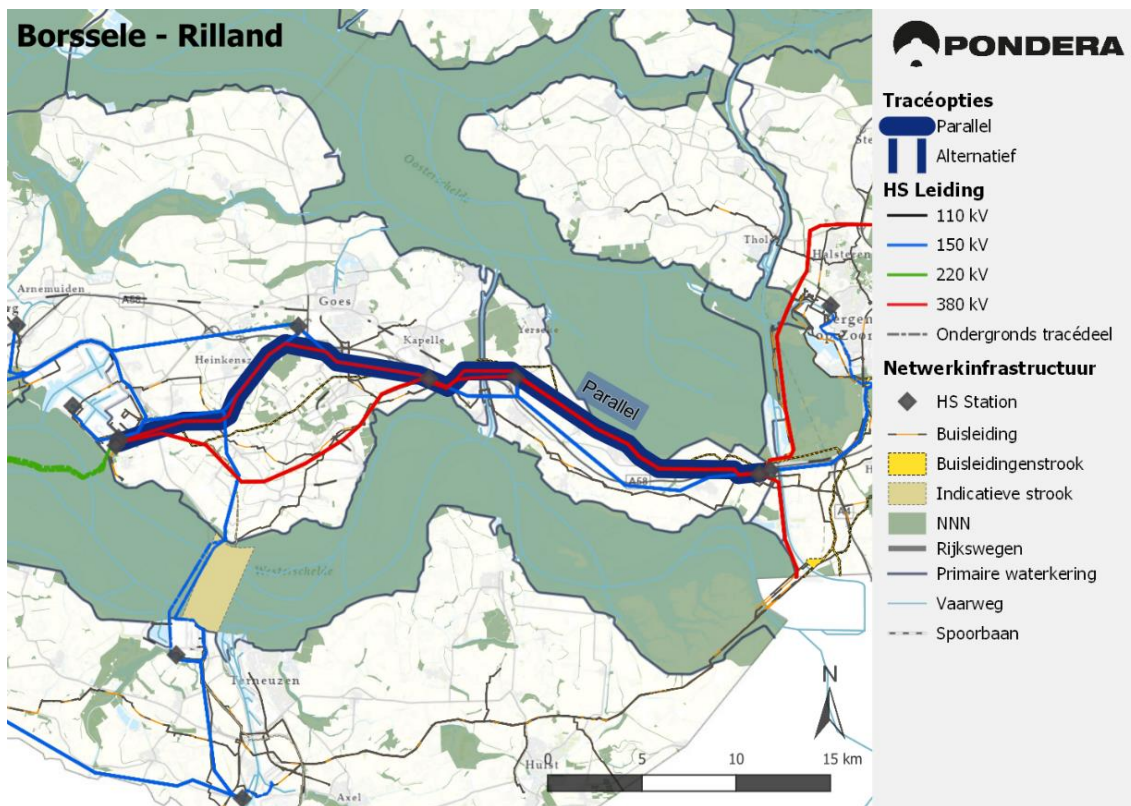
Figuur 1-41 Tracéopties voor verbinding Bleiswijk-Krimpen aan den IJssel met netwerklaag achtergrond



Figuur 1-42 Tracéopties voor verbinding Bleiswijk-Krimpen aan den IJssel met ondergrondlaag achtergrond

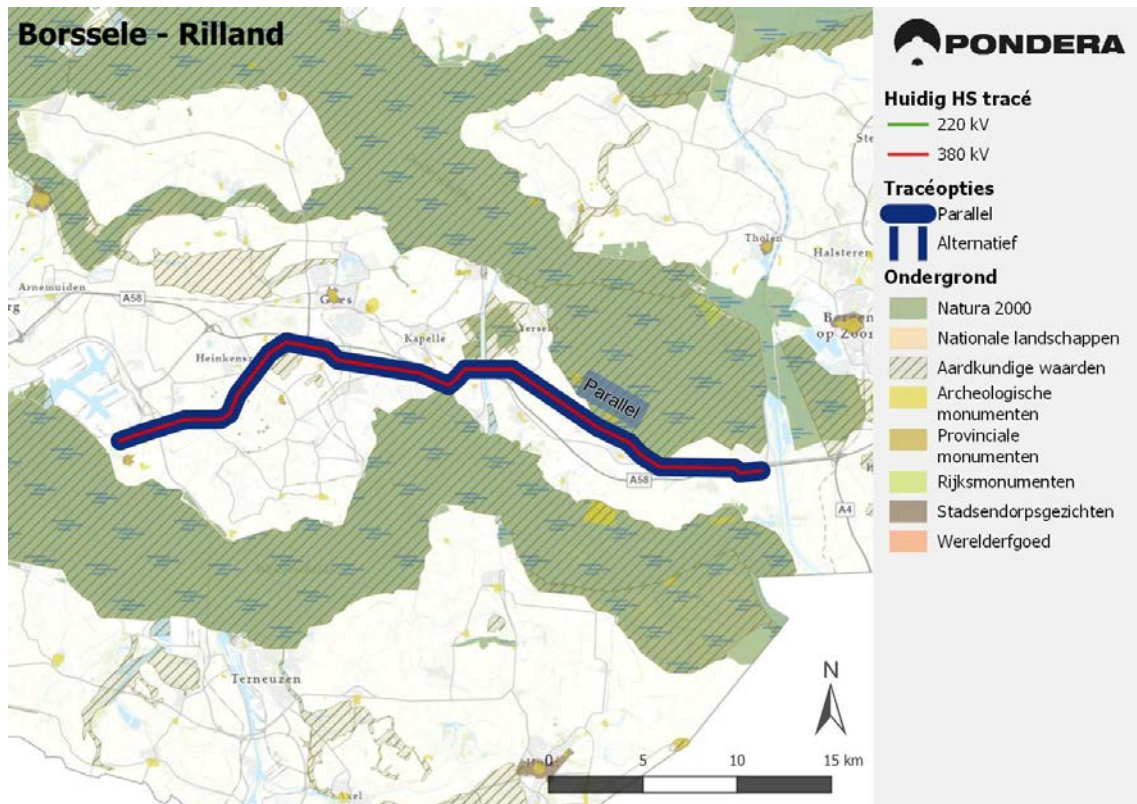


Figuur 1-43 Tracéopties voor verbinding Borssele-Rilland aan den IJssel met netwerklaag als achtergrond

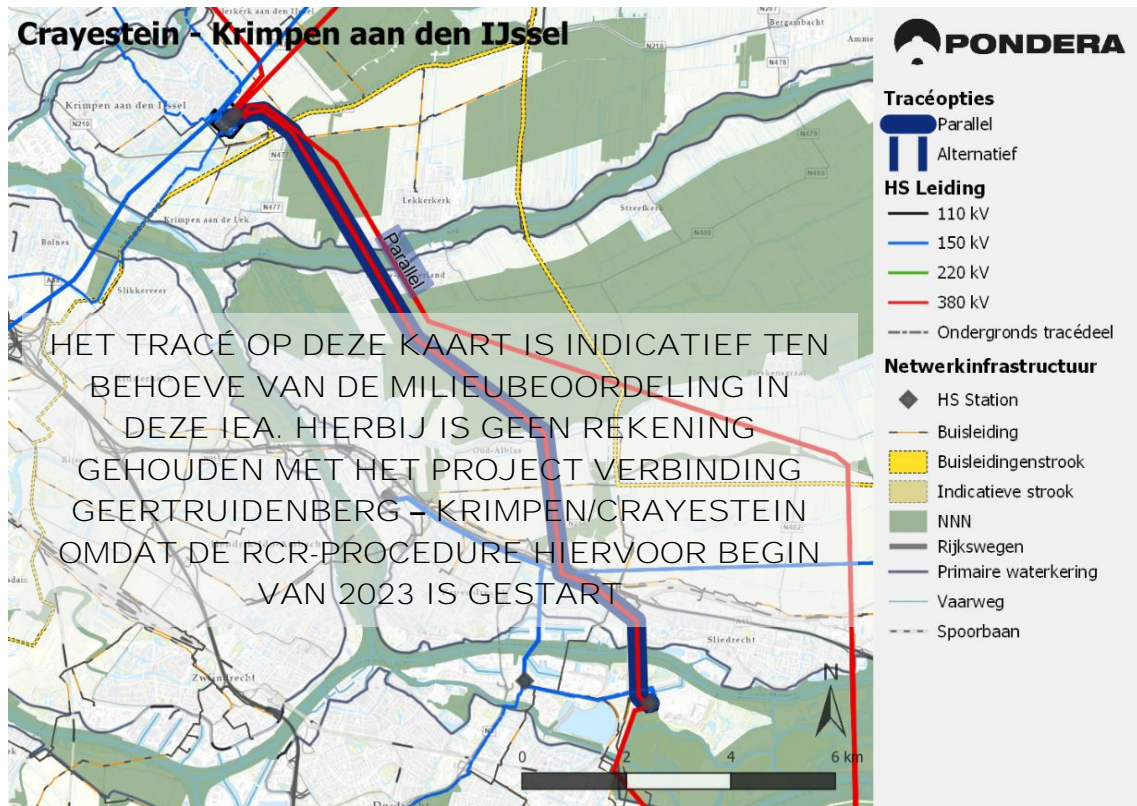




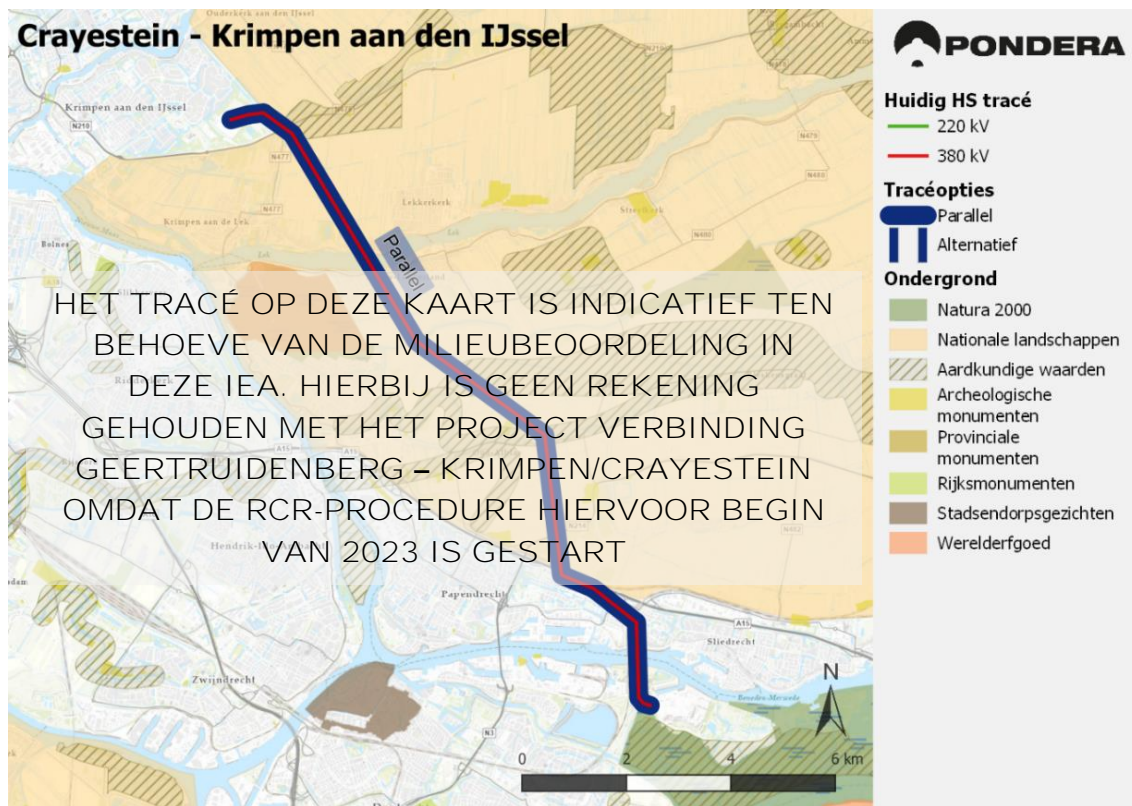
Figuur 1-44 Tracéopties voor verbinding Borssele-Rilland aan den IJssel met ondergrondlaag als achtergrond



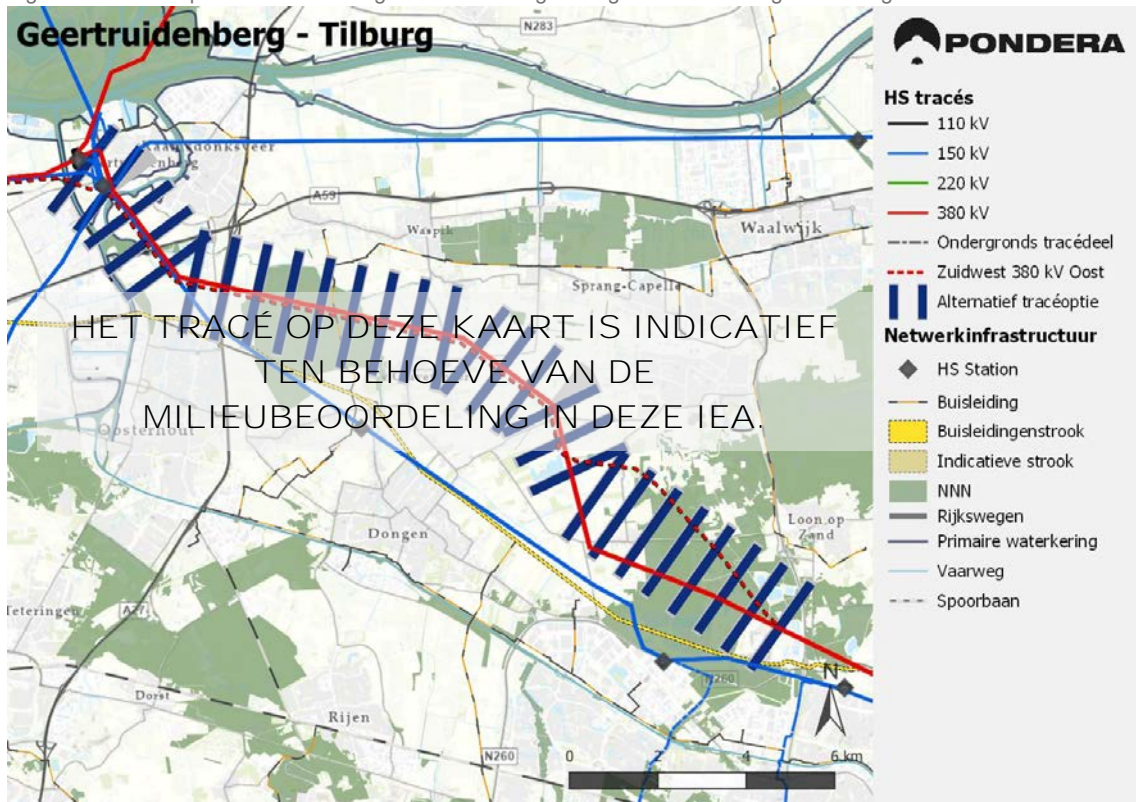
Figuur 1-45 Tracéopties voor verbinding Crayestein-Krimpen aan den IJssel met netwerklaag als achtergrond



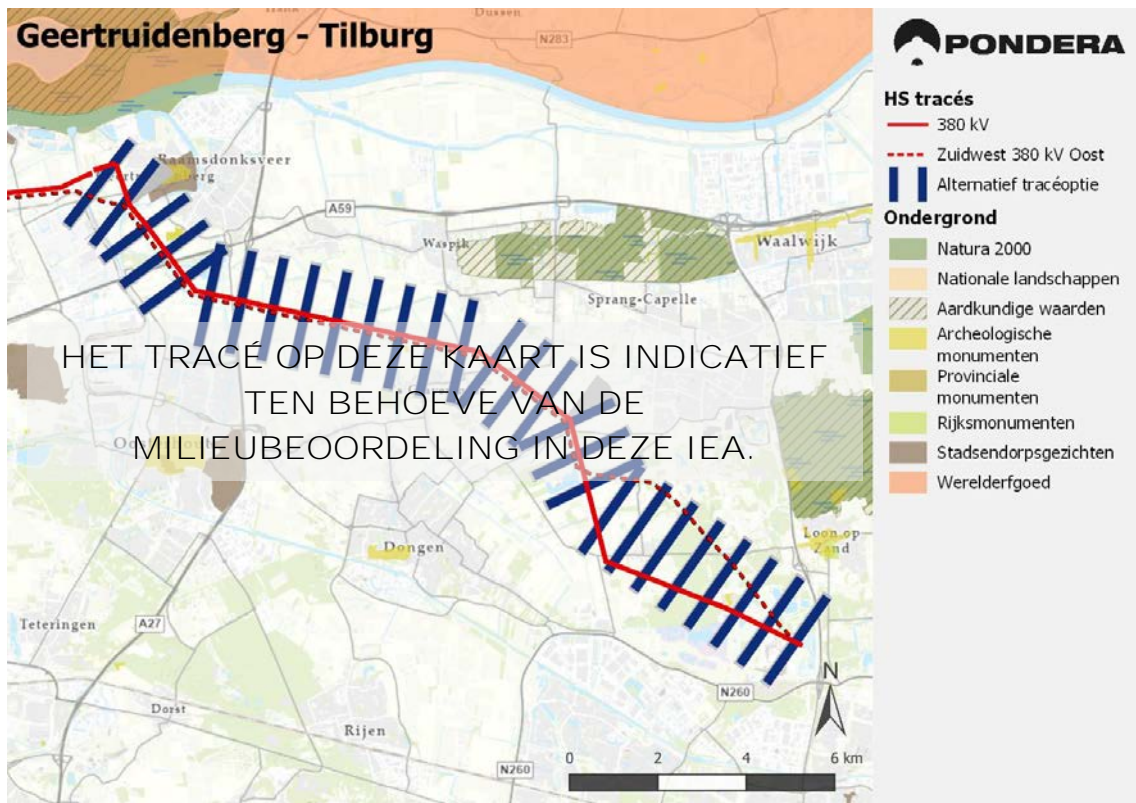
Figuur 1-46 Tracéopties voor verbinding Crayestein-Krimpen aan den IJssel met ondergrondlaag als achtergrond



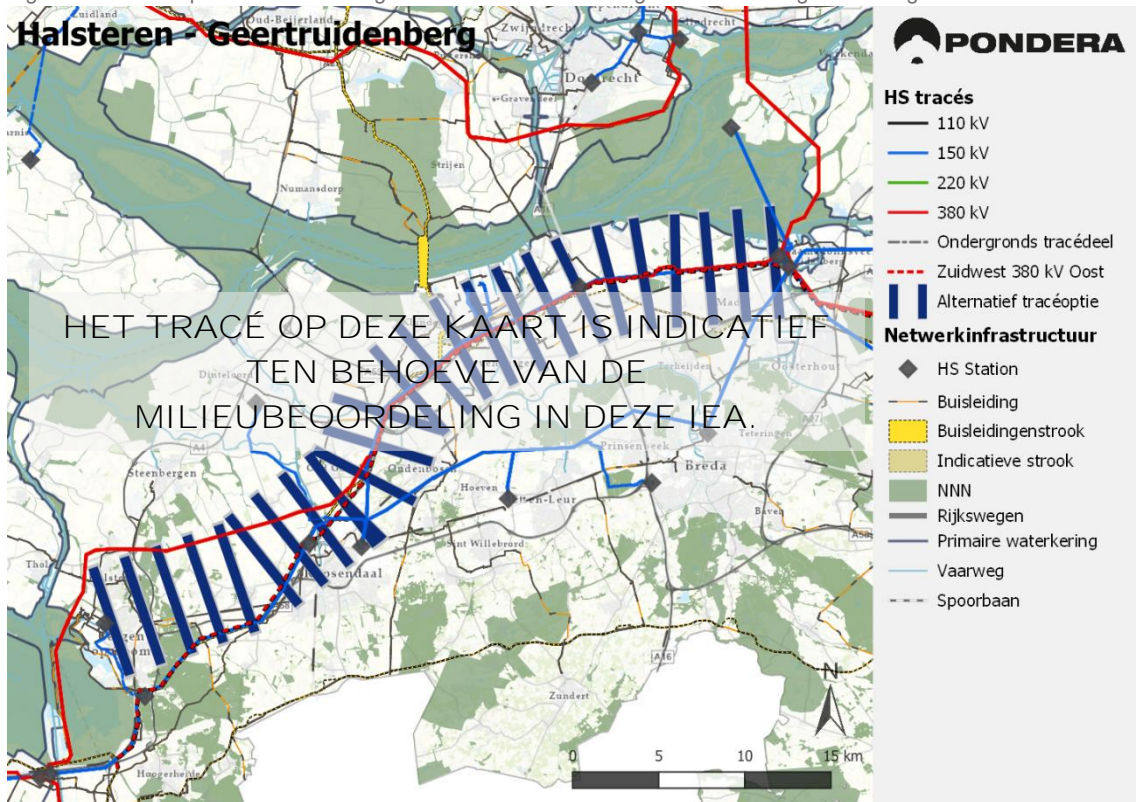
Figuur 1-47 Tracéopties voor verbinding Geertruidenberg-Tilburg met netwerklaag als achtergrond



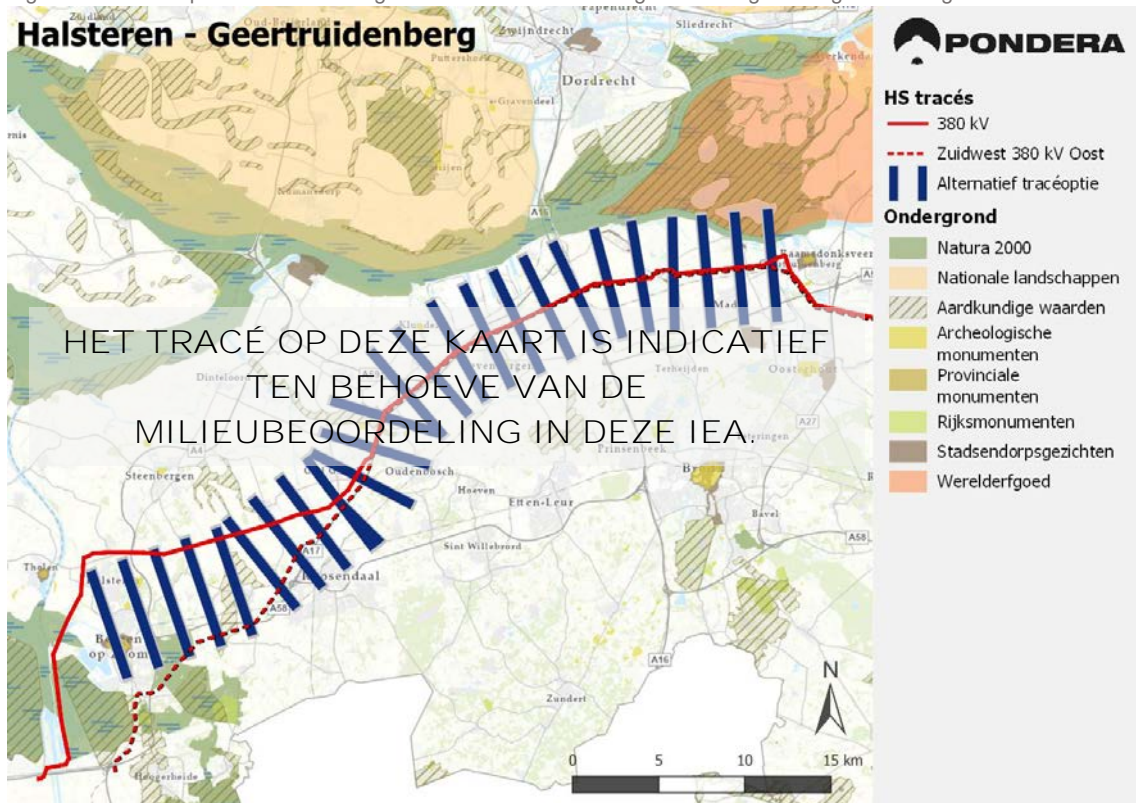
Figuur 1-48 Tracéopties voor verbinding Geertruidenberg-Tilburg met ondergrondaag als achtergrond



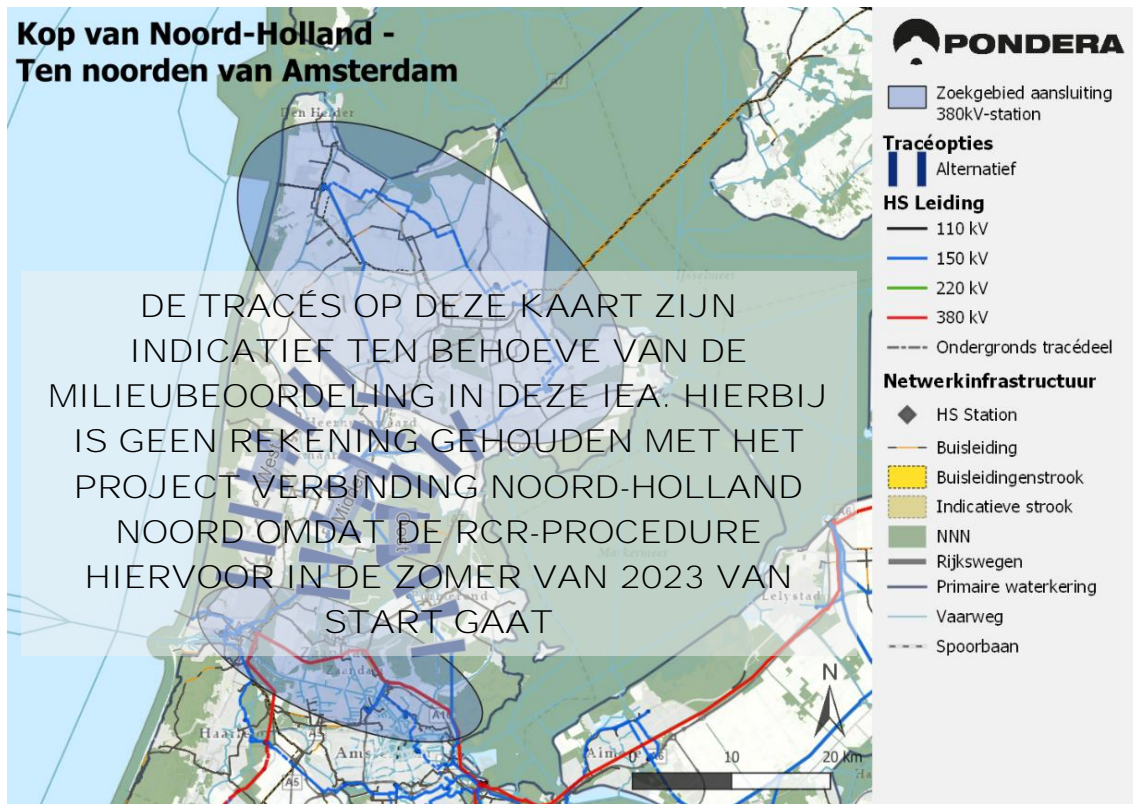
Figuur 1-49 Tracéopties voor verbinding Halsteren-Geertruidenberg met netwerklaag als achtergrond



Figuur 1-50 Tracéopties voor verbinding Halsteren-Geertruidenberg met ondergrondlaag als achtergrond



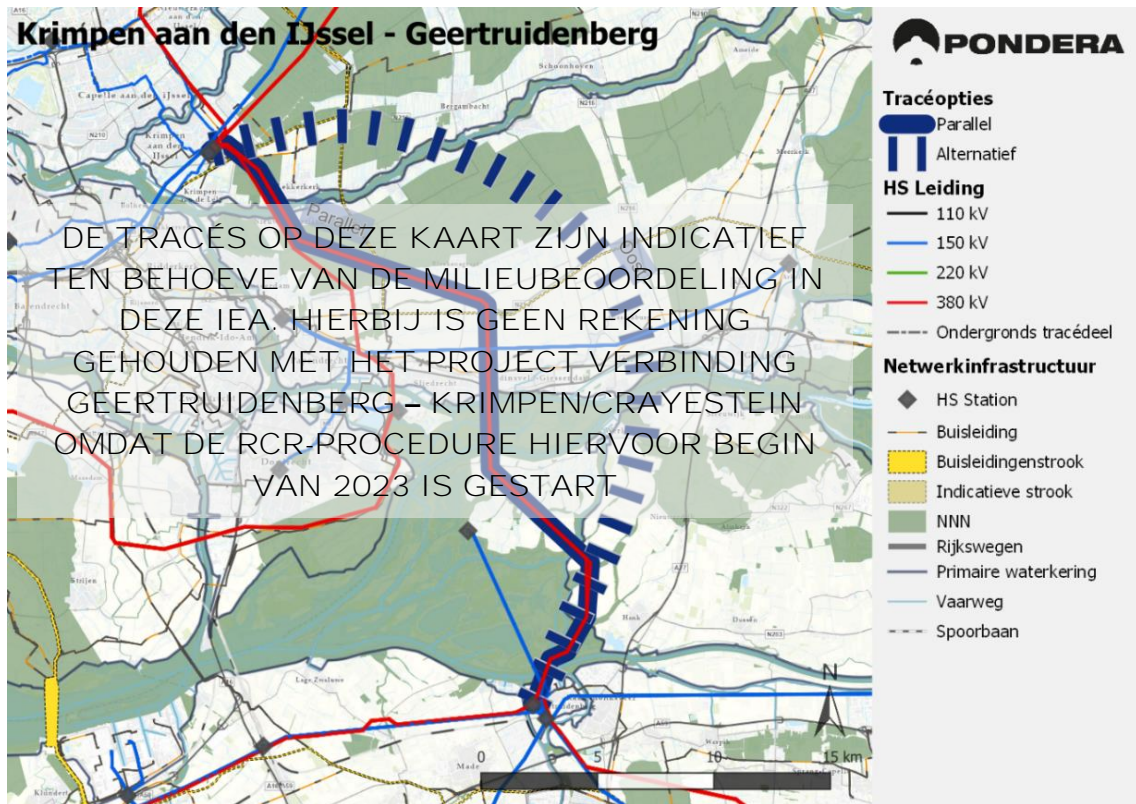
Figuur 1-51 Tracéopties voor verbinding Kop van Noord-Holland-Ten noorden van Amsterdam met netwerklaag



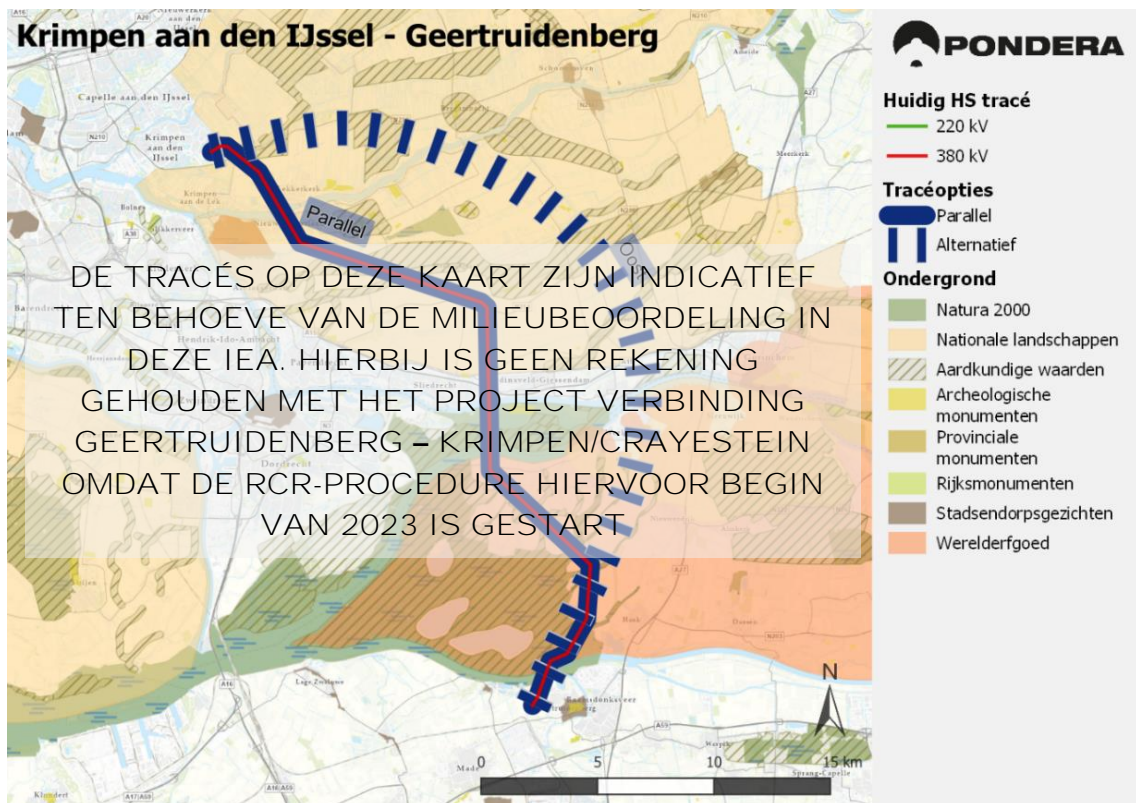
Figuur 1-52 Tracéopties voor verbinding Kop van Noord-Holland-Ten noorden van Amsterdam met ondergrondlaag



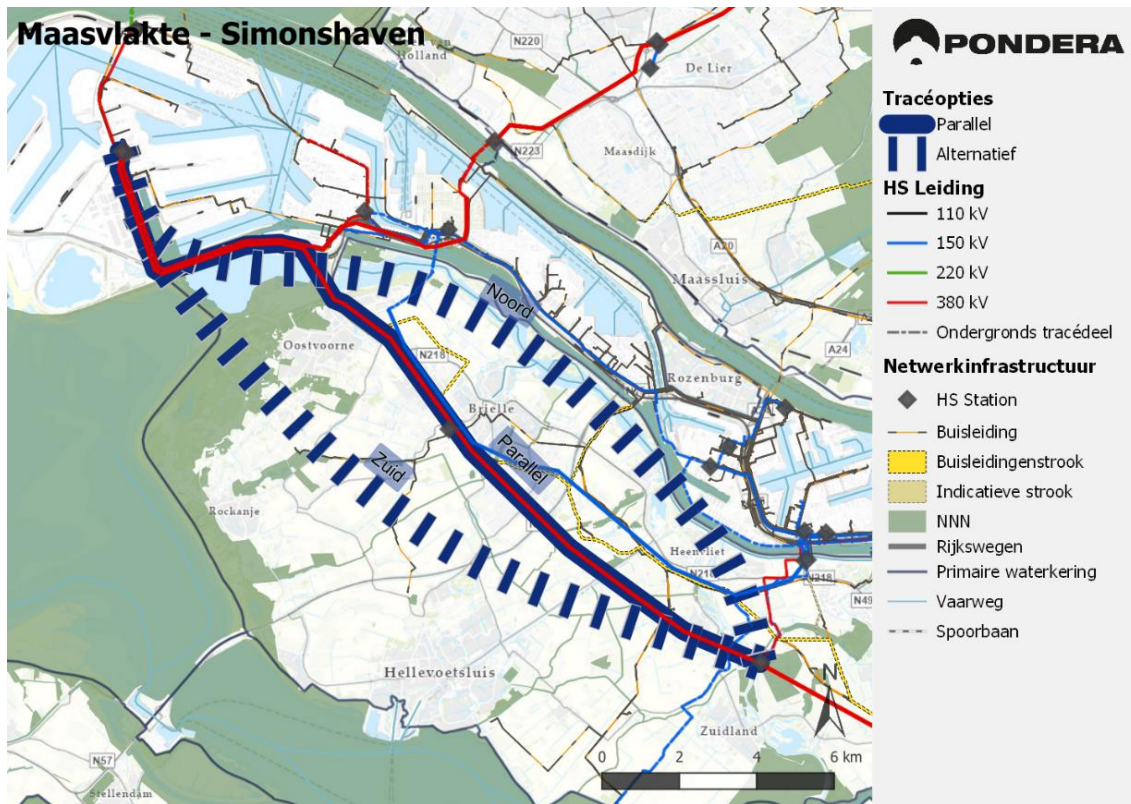
Figuur 1-53 Tracéopties voor verbinding Krimpen aan den IJssel-Geertruidenberg met netwerklaag als achtergrond



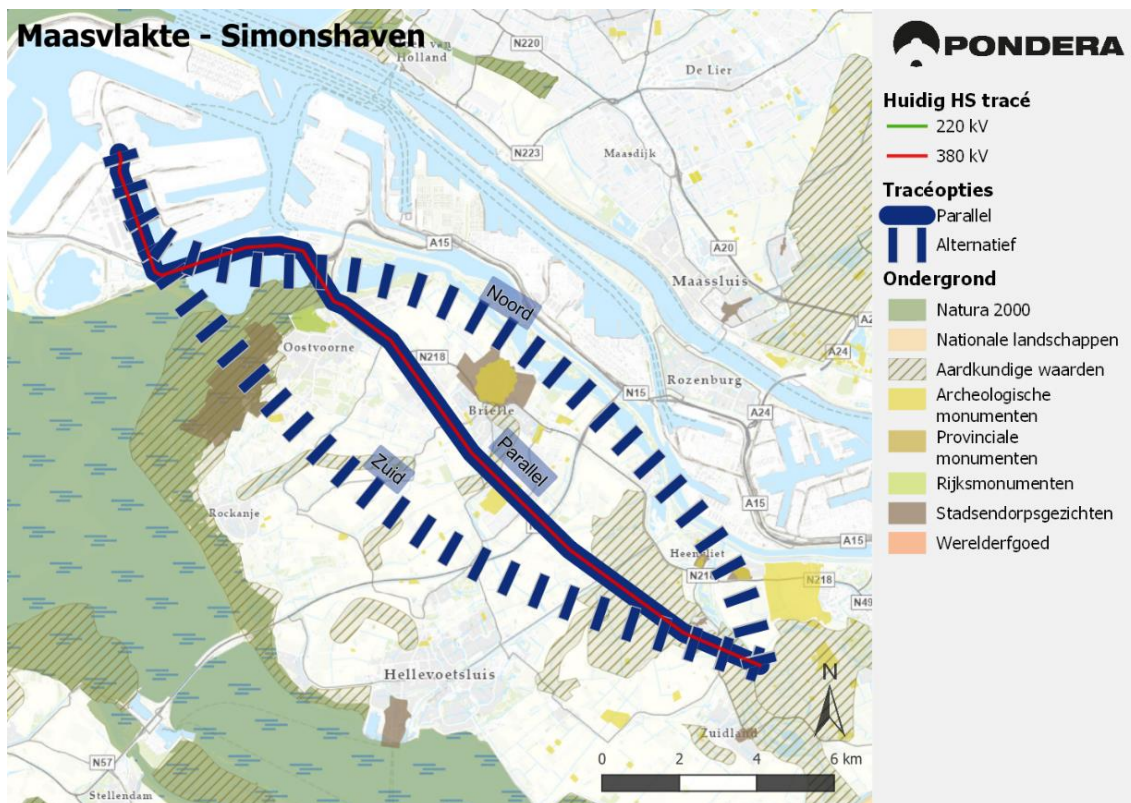
Figuur 1-54 Tracéopties voor verbinding Krimpen aan den IJssel-Geertruidenberg met ondergrondlaag als achtergrond



Figuur 1-55 Tracéopties voor verbinding Maasvlakte-Simonshaven met netwerklaag als achtergrond

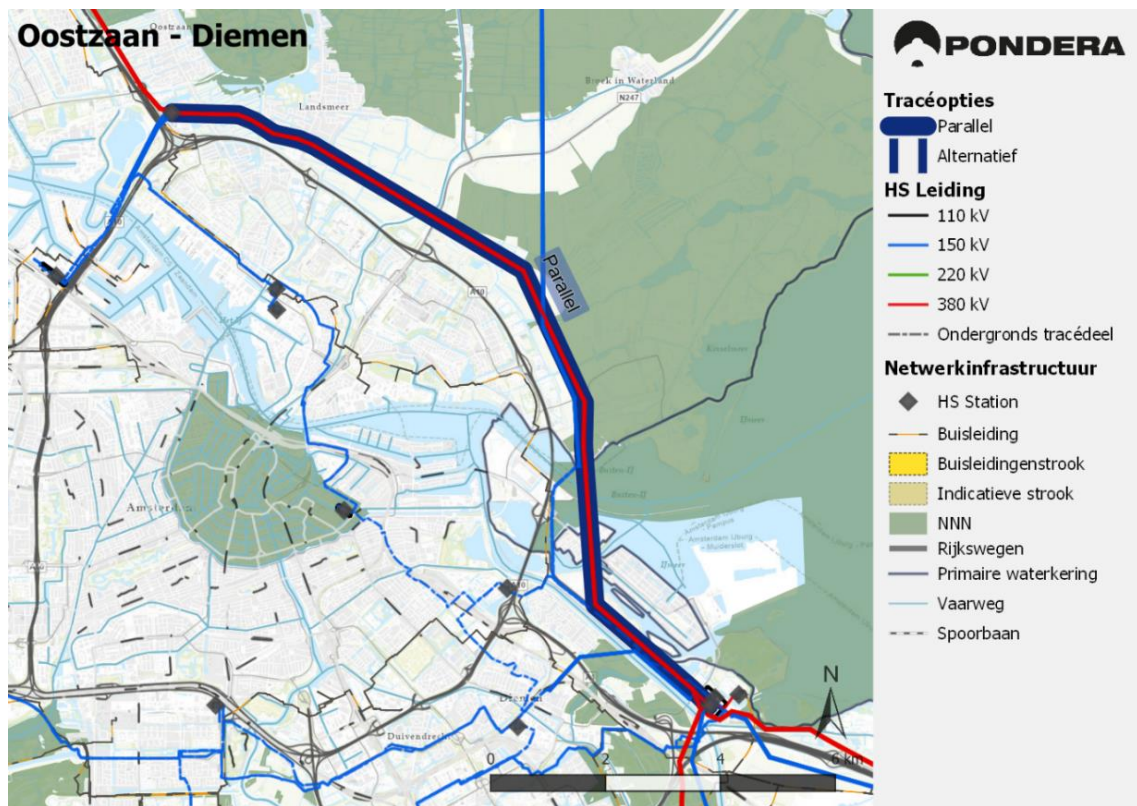


Figuur 1-56 Tracéopties voor verbinding Maasvlakte-Simonshaven met ondergrondlaag als achtergrond

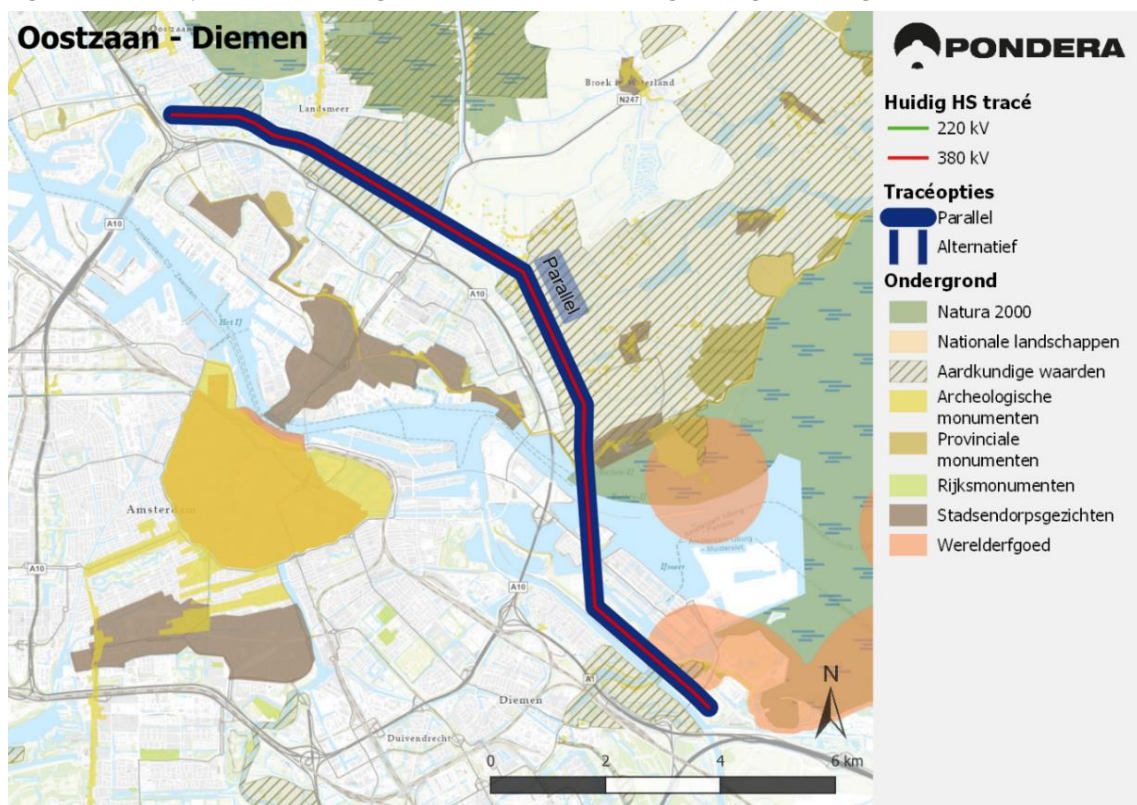




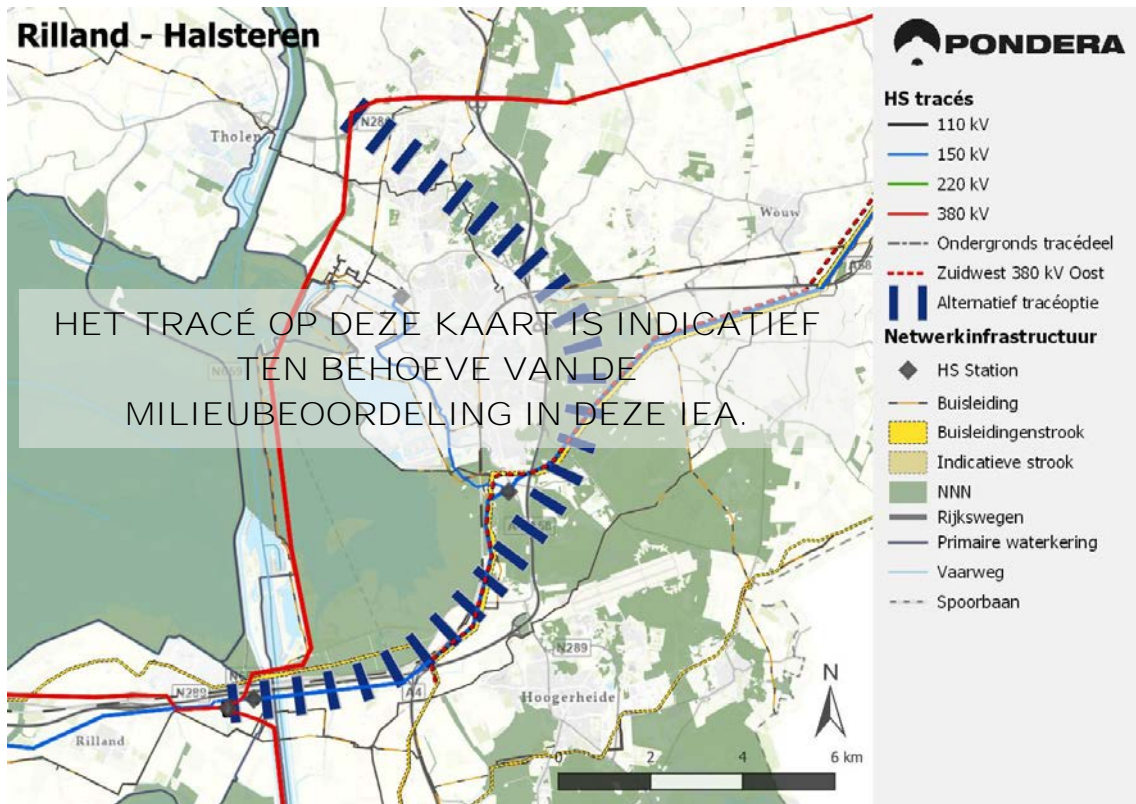
Figuur 1-57 Tracéopties voor verbinding Oostzaan-Diemen met netwerklaag als achtergrond



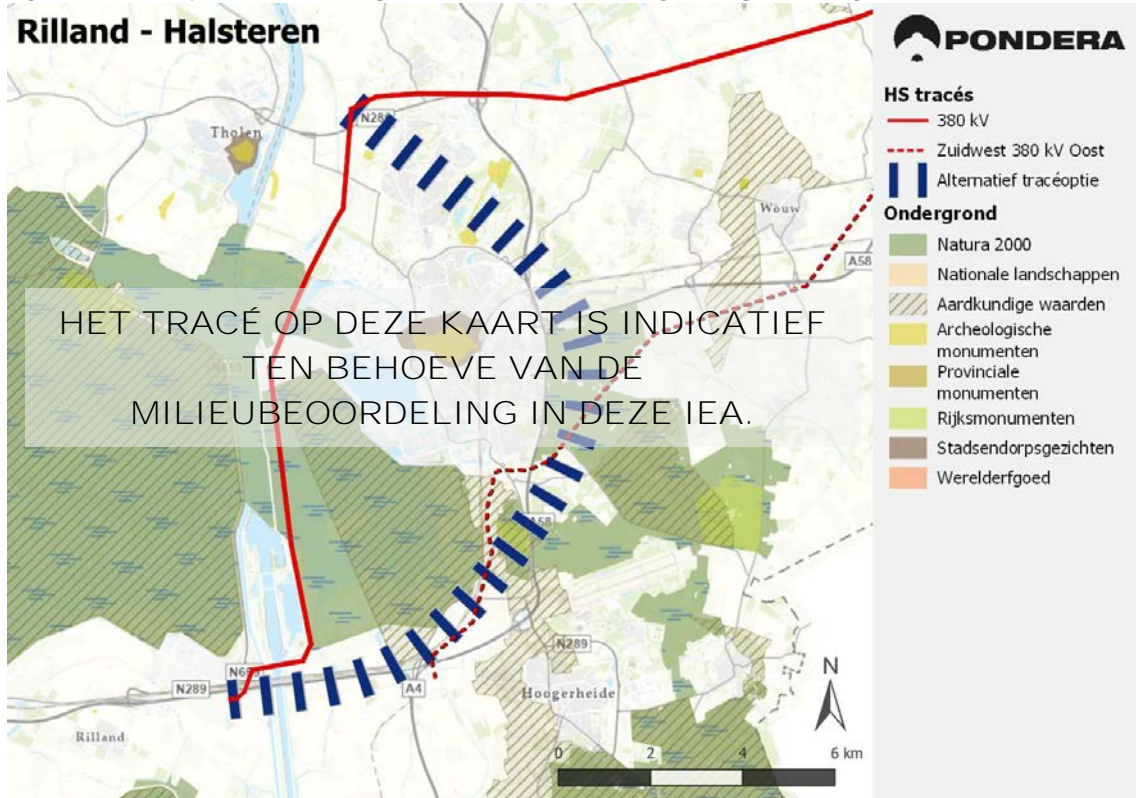
Figuur 1-58 Tracéopties voor verbinding Oostzaan-Diemen met ondergrondlaag als achtergrond



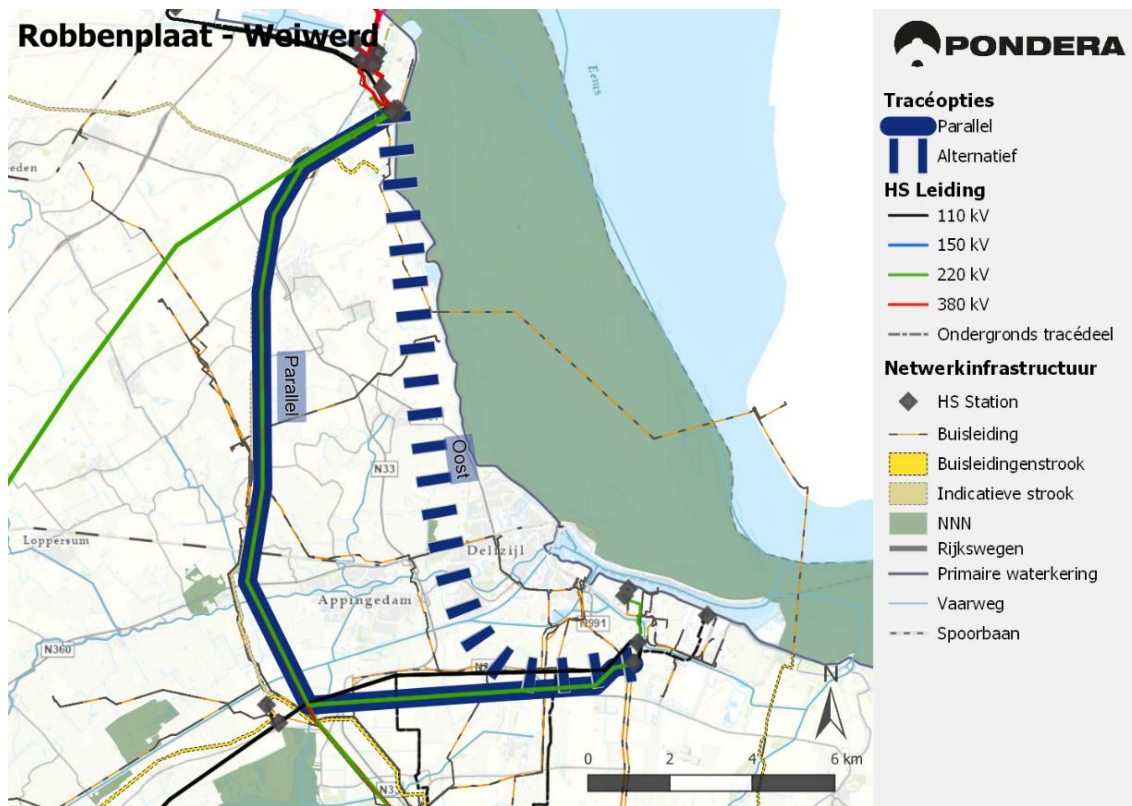
Figuur 1-59 Tracéopties voor verbinding Rilland-Halsteren met netwerklaag als achtergrond



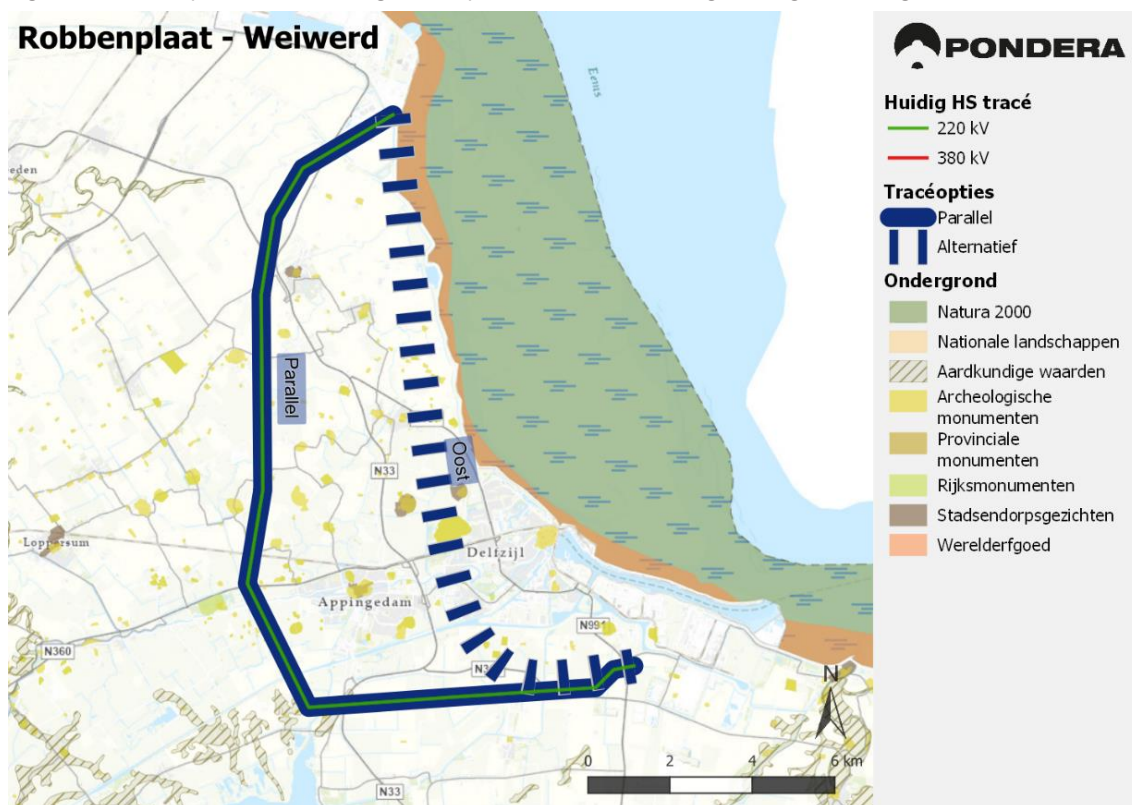
Figuur 1-60 Tracéopties voor verbinding Rilland-Halsteren met ondergrondlaag als achtergrond



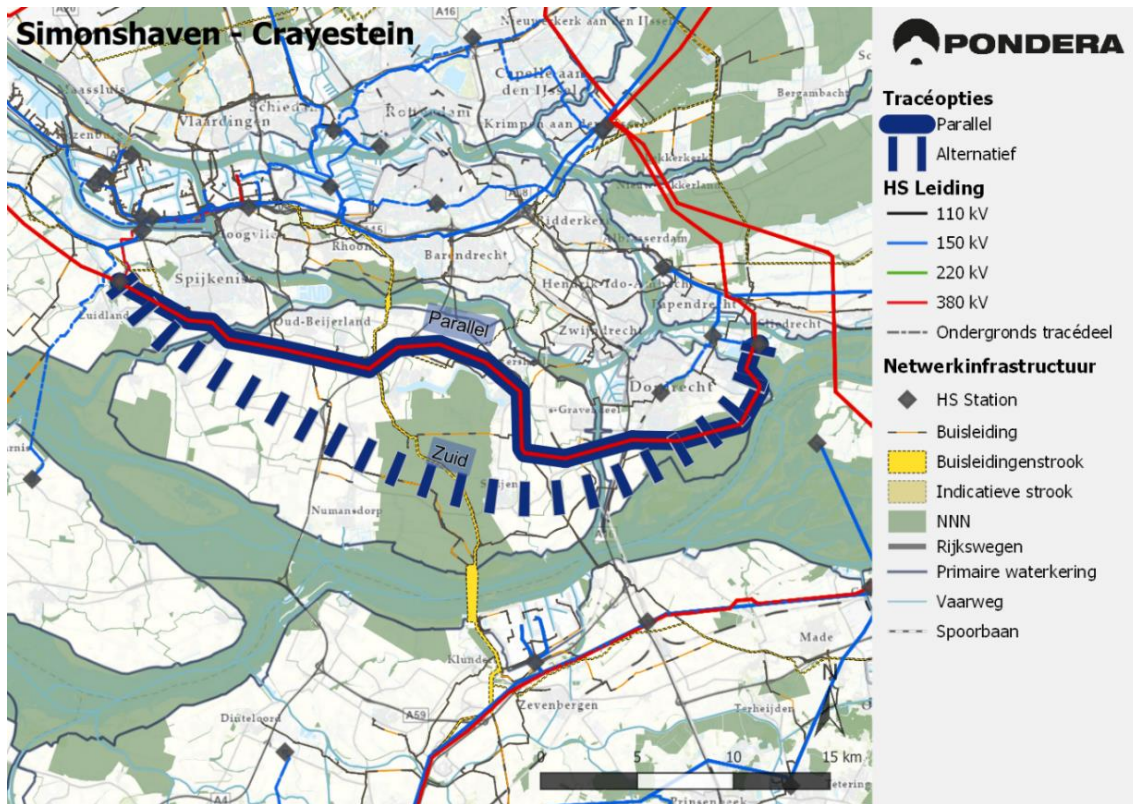
Figuur 1-61 Tracéopties voor verbinding Robbenplaat-Weiwerd met netwerklaag als achtergrond



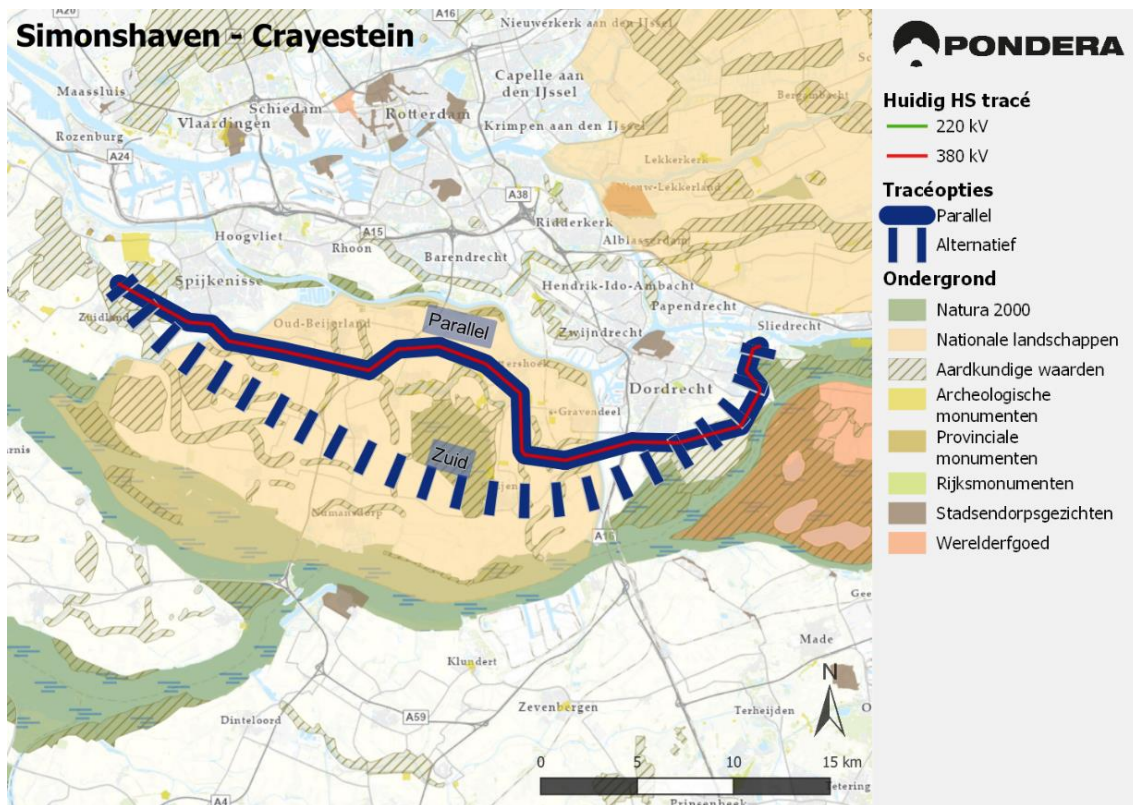
Figuur 1-62 Tracéopties voor verbinding Robbenplaat-Weiwerd met ondergrondlaag als achtergrond



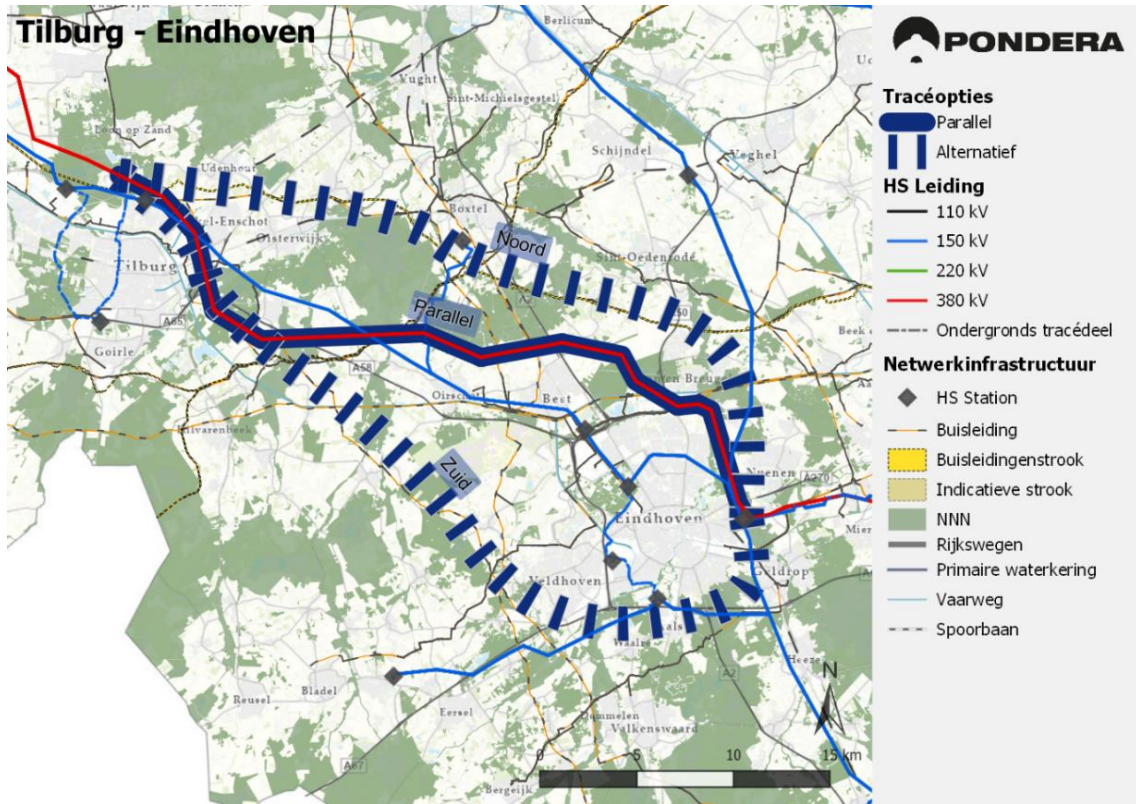
Figuur 1-63 Tracéopties voor verbinding Simonshaven-Crayestein met netwerklaag als achtergrond



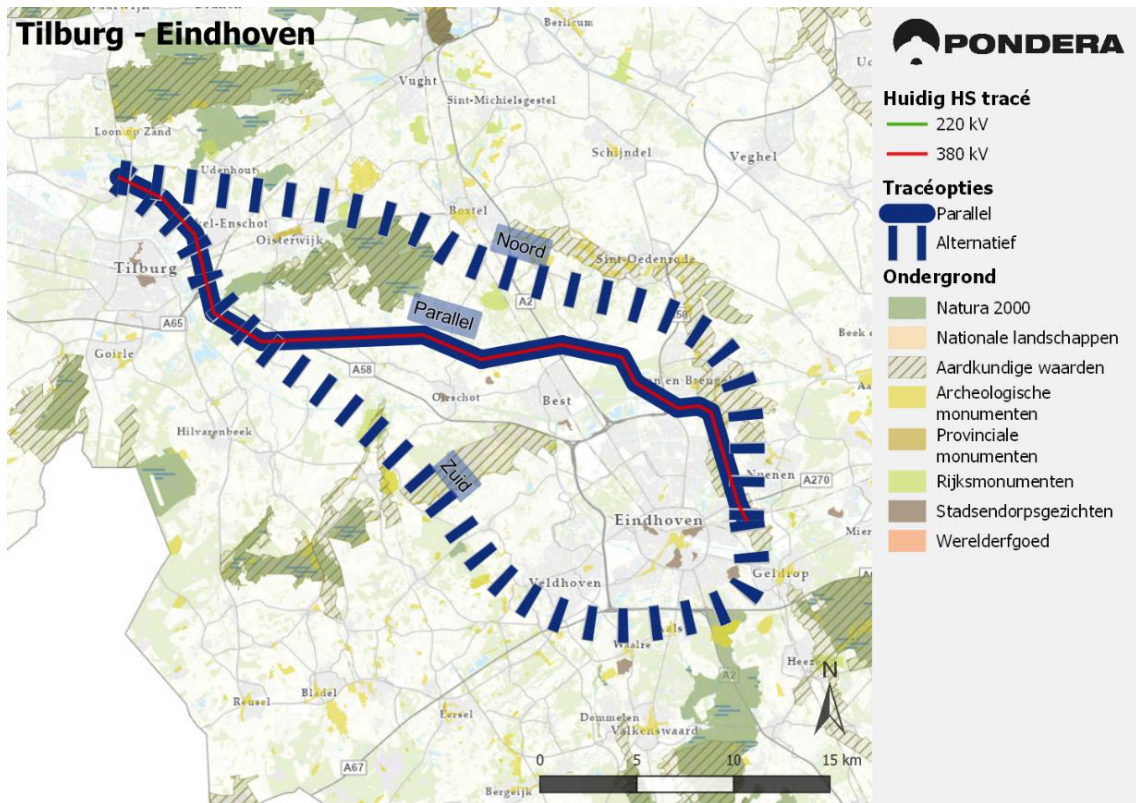
Figuur 1-64 Tracéopties voor verbinding Simonshaven-Crayestein met ondergrondlaag als achtergrond



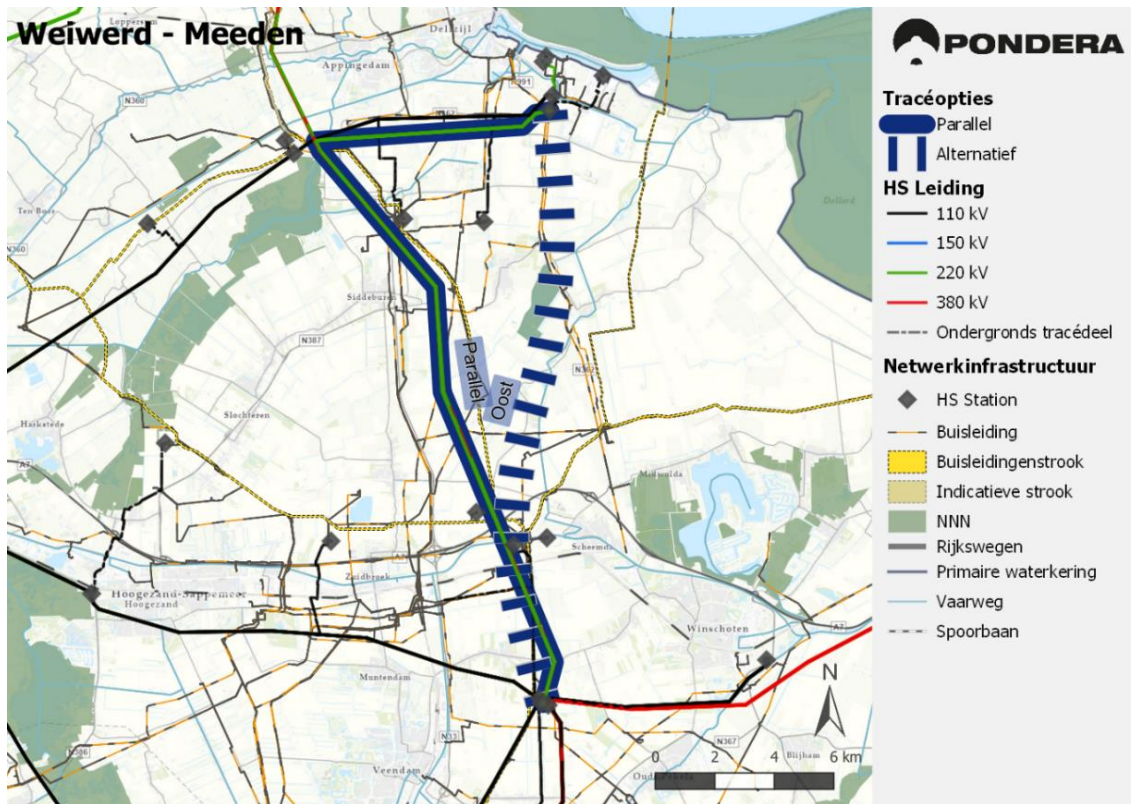
Figuur 1-65 Tracéopties voor verbinding Tilburg-Eindhoven met netwerklaag als achtergrond



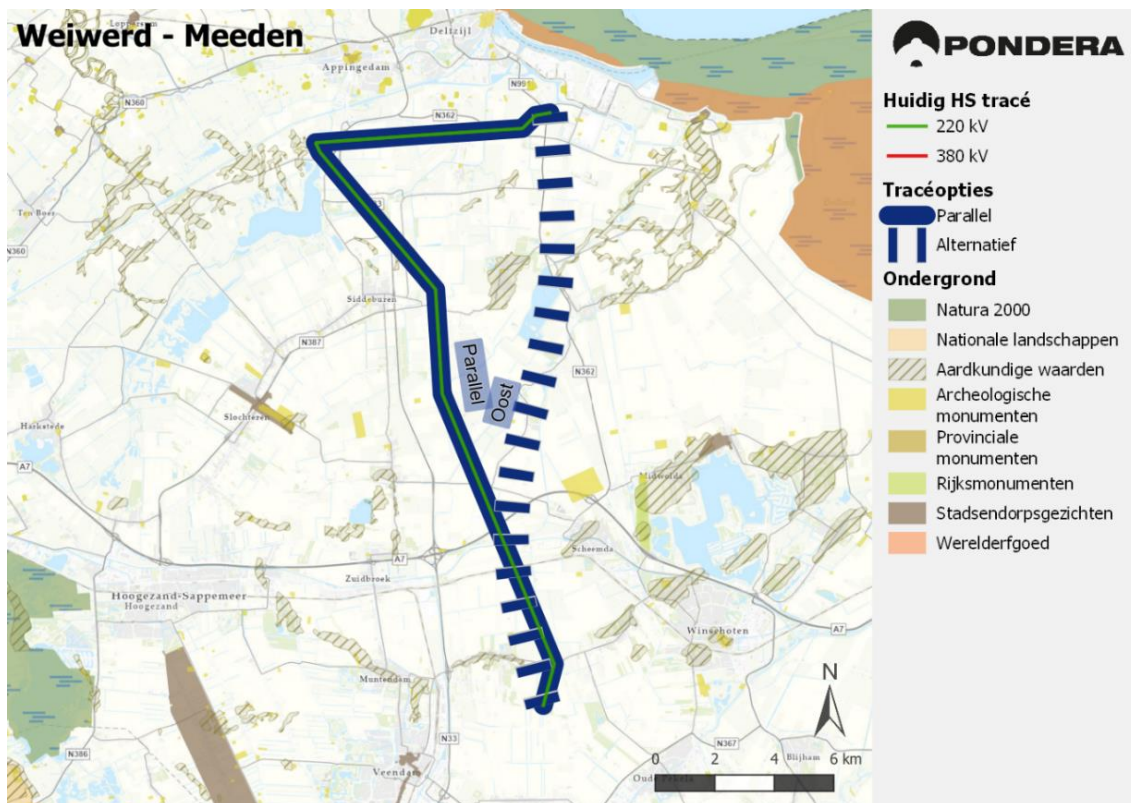
Figuur 1-66 Tracéopties voor verbinding Tilburg-Eindhoven met ondergrondlaag als achtergrond



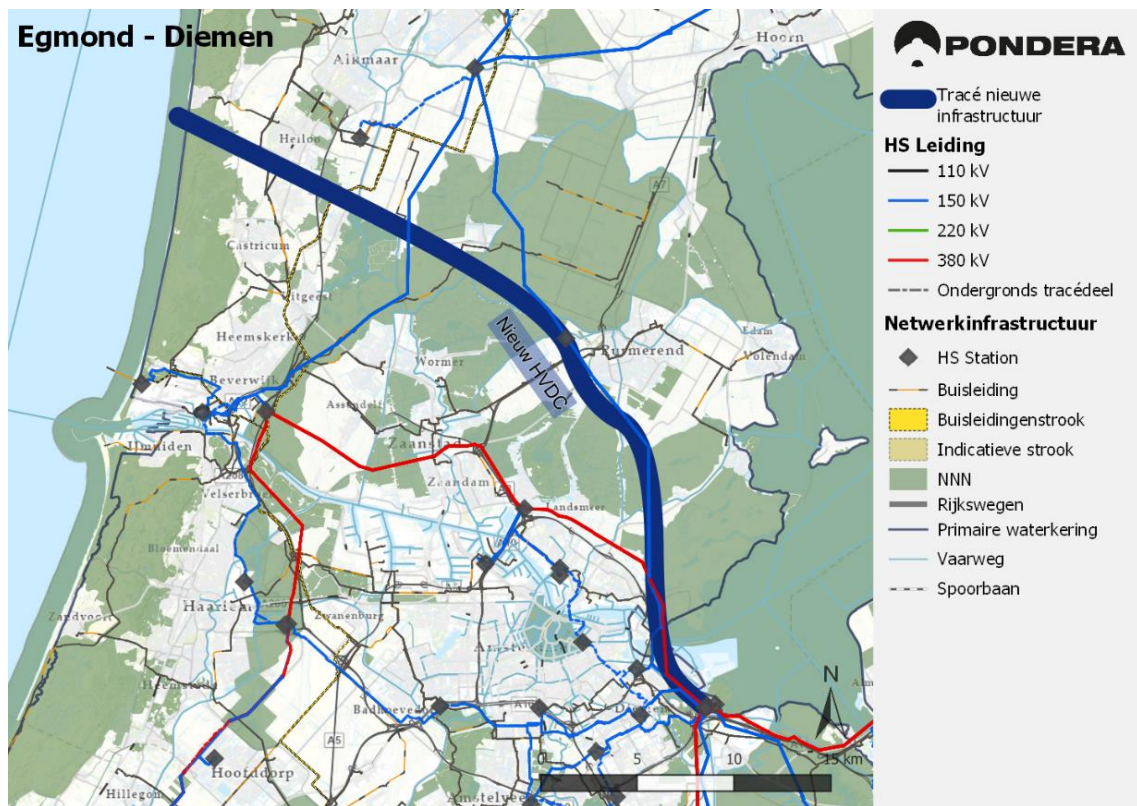
Figuur 1-67 Tracéopties voor verbinding Weiwerd-Meeden met netwerklaag als achtergrond



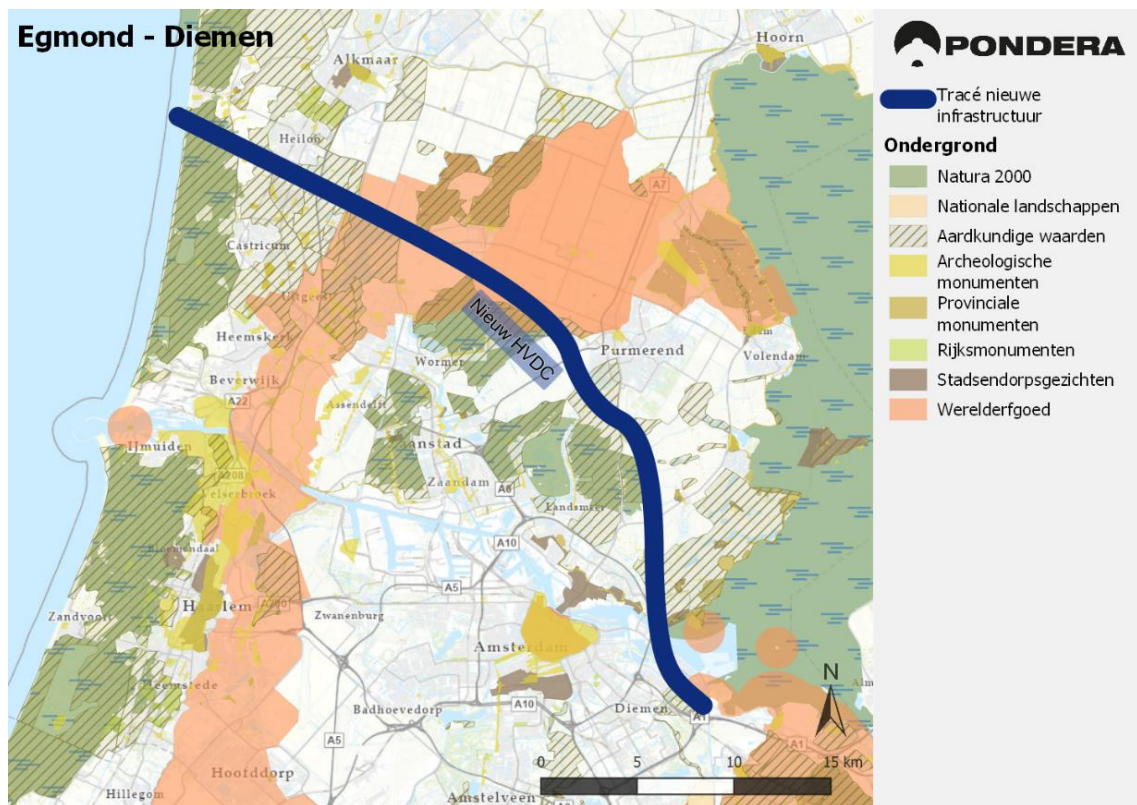
Figuur 1-68 Tracéopties voor verbinding Weiwerd-Meeden met ondergrondlaag als achtergrond



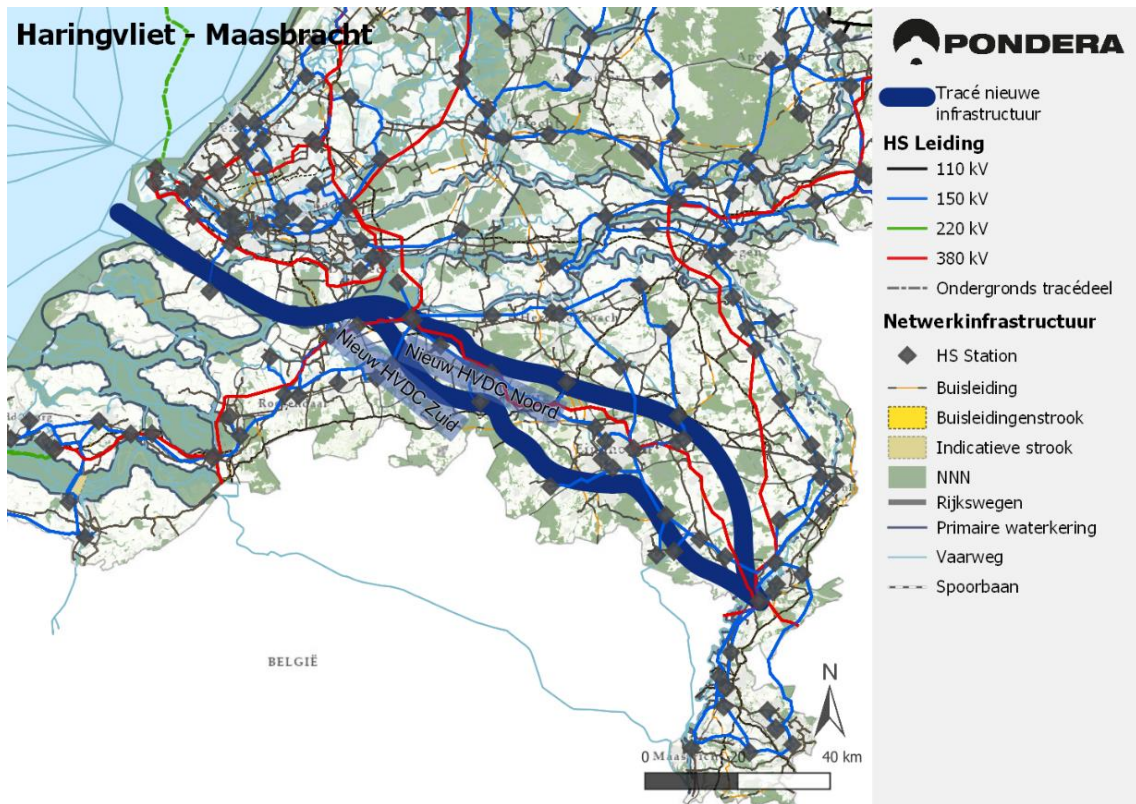
Figuur 1-69 Tracéoptie voor ondergrondse HVDC-verbinding Egmond-Diemen met netwerklaag als achtergrond



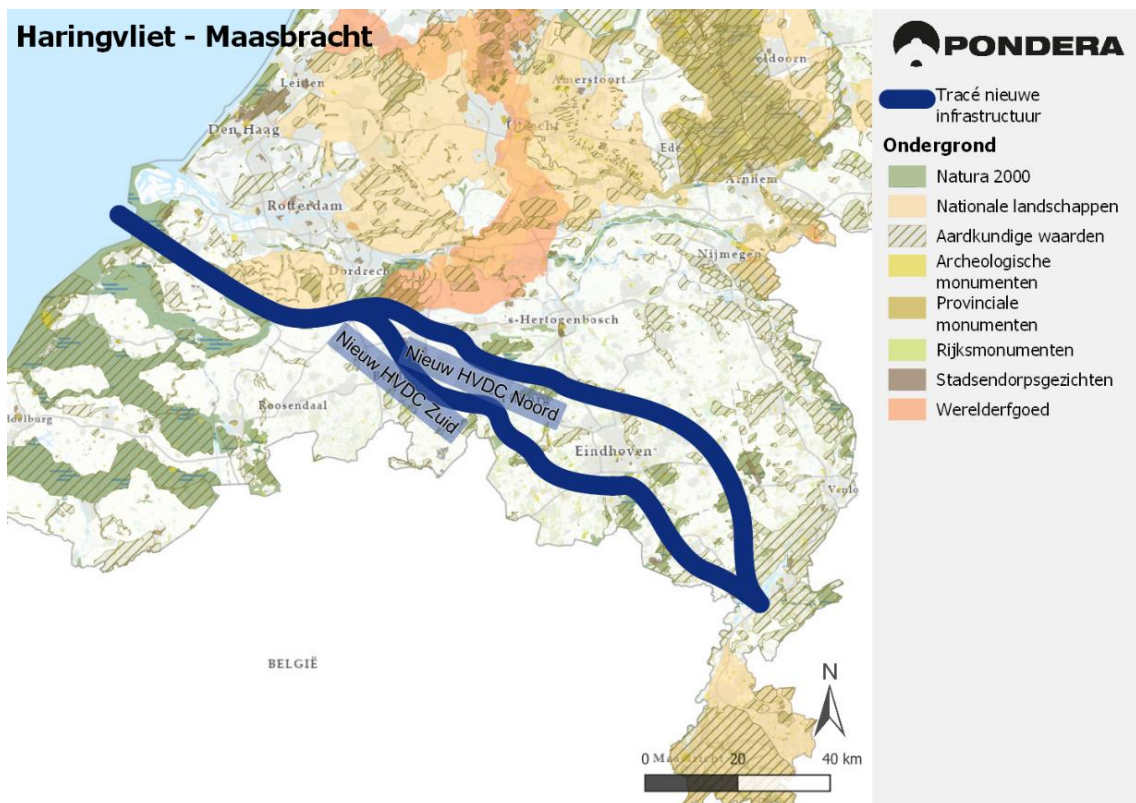
Figuur 1-70 Tracéoptie voor ondergrondse HVDC-verbinding Egmond-Diemen met ondergrondlaag als achtergrond



Figuur 1-71 Tracéopties voor ondergrondse HVDC-verbinding Haringvliet-Maasbracht met netwerklaag achtergrond



Figuur 1-72 Tracéopties voor ondergrondse HVDC-verbinding Haringvliet-Maasbracht met ondergrondlaag achtergrond





# BIJLAGE XIb Beoordeling Structuurkeuzes en Systeemonwikkelingen - Milieu & Ruimte

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectenanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Maarten Jaspers Faijer, Roel van Ooij, Joeri de Bekker, Roland van der Vliet

**Nagekeken door**  
Mariëlle de Sain

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Beoordeling van structuurkeuzes</b>	<b>1</b>
1.1	Inleiding	1
1.2	Overzicht van de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen	2
1.3	Methodiek beoordeling	4
<b>2</b>	<b>Structuurkeuze 1: Aanlanding windenergie op zee, kust of diep</b>	<b>5</b>
2.1	Inleiding	5
2.2	Opties van de structuurkeuze	5
2.3	Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding aan de kust	8
2.4	Effectbeoordeling van optie 2: diepe aanlanding	10
2.5	Conclusie effectbeoordeling	12
<b>3</b>	<b>Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid</b>	<b>15</b>
3.1	Inleiding	15
3.2	Opties in deze structuurkeuze	15
3.3	Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding dicht bij de vraag	18
3.4	Effectbeoordeling van optie 2: aanlanding op basis van beschikbare transportcapaciteit	20
3.5	Conclusie effectbeoordeling	22
<b>4</b>	<b>Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering</b>	<b>24</b>
4.1	Inleiding	24
4.2	Opties in deze structuurkeuze	24
4.3	Effectbeoordeling van optie 1: spreiding van hernieuwbare opwek	26
4.4	Effectbeoordeling van optie 2: clustering van hernieuwbare opwek	31
4.5	Conclusie effectbeoordeling	35
<b>5</b>	<b>Structuurkeuze 4: Locaties clusters van elektrolyzers</b>	<b>37</b>
5.1	Inleiding	37
5.2	Opties in deze structuurkeuze	37
5.3	Effectbeoordeling van optie 1: clusters van elektrolyzers bij opwek	40
5.4	Effectbeoordeling van optie 2: clusters van elektrolyzers bij industrieclusters	44
5.5	Conclusie effectbeoordeling	47
<b>6</b>	<b>Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales</b>	<b>49</b>
6.1	Inleiding	49
6.2	Opties in deze structuurkeuze	49
6.3	Effectbeoordeling van optie 1: spreiding regelbare centrales	51
6.4	Effectbeoordeling van optie 2: clustering regelbare centrales op Barro-locaties	53
6.5	Conclusie	58
<b>7</b>	<b>Structuurkeuze 6: Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden</b>	<b>60</b>
7.1	Inleiding	60
7.2	Opties in deze structuurkeuze	61
7.3	Effectbeoordeling van optie 1: opslag waterstof in zoutcavernes	62
7.4	Effectbeoordeling van optie 2: opslag waterstof in lege gasvelden	64
7.5	Conclusie	66

<b>8</b>	<b>Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie</b>	<b>67</b>
8.1	Inleiding	67
8.2	Opties in deze structuurkeuze	67
8.3	Effectbeoordeling van optie 1: geen kernenergie	68
8.4	Effectbeoordeling van optie 2: energiesysteem met kernenergie	71
8.5	Conclusie	77
<b>9</b>	<b>Structuurkeuze 8: Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import</b>	<b>78</b>
9.1	Inleiding	78
9.2	Opties in deze structuurkeuze	78
9.3	Effectbeoordeling van optie 1: 100% import	79
9.4	Effectbeoordeling van optie 2: deels lokale productie	81
9.5	Conclusie	84
<b>10</b>	<b>Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland</b>	<b>86</b>
10.1	Inleiding	86
10.2	Opties in deze structuurkeuze	86
10.3	Effectbeoordeling van optie 2: wel extra doorvoer	87
10.4	Conclusie	88
<b>11</b>	<b>Structuurkeuze 10: Geothermie of restwarmte?</b>	<b>89</b>
11.1	Inleiding	89
11.2	Opties in deze structuurkeuze	89
11.3	Effectbeoordeling van optie 1: geothermie	89
11.4	Effectbeoordeling van optie 2: restwarmte	92
11.5	Conclusie	94
<b>12</b>	<b>Systeemontwikkeling 11: Maximale elektrificatie</b>	<b>95</b>
12.1	Inleiding	95
12.2	Effectanalyse	95
12.3	Conclusie	97
<b>13</b>	<b>Systeemontwikkeling 12: Maximaal gebruik waterstof</b>	<b>98</b>
13.1	Inleiding	98
13.2	Effectanalyse	98
13.3	Conclusie	100
<b>14</b>	<b>Systeemontwikkeling 13: Gebruik groengas/methaan</b>	<b>101</b>
14.1	Inleiding	101
14.2	Effectanalyse	101
14.3	Conclusie	102
<b>15</b>	<b>Bronnen</b>	<b>103</b>

# 1 Beoordeling van structuurkeuzes

## 1.1 Inleiding

Op basis van de analyse van de knelpunten die zich niet in alle scenario's voordoen, zijn in totaal dertien structuurkeuzes en systeemontwikkelingen geformuleerd. Deze zijn gebaseerd op de verschillende scenario's die zijn gebruikt.

Voor (bijna) elke structuurkeuze zijn twee verschillende opties uitgewerkt. Elke optie bestaat uit een samenstelling van niet-robuste en robuuste ontwikkelingen van de energie-infrastructuur waarmee knelpunten kunnen worden opgelost. Per structuurkeuze zijn de opties zo geformuleerd dat er tussen de opties inzicht ontstaat in het verschil in knelpunten en bijbehorende ontwikkelingen. De systeemtechnische beschrijving van de structuurkeuzes en de oplossingsrichtingen zijn opgenomen in Bijlage VIII.

De individuele ontwikkelingen zijn op ruimtelijke en milieueffecten beoordeeld in Bijlage XIa (*Beoordeling Milieu & Ruimte (robuuste) ontwikkelingen*). In deze voorliggende bijlage worden voor de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen de ontwikkelingen in samenhang beschouwd en beoordeeld, dit is op een hoger abstractieniveau gedaan dan de beoordeling van de individuele ontwikkelingen. Zie Bijlage I *Woordenboek* voor uitleg van gebruikte termen in dit document.

### **Disclaimer Milieu & Ruimte**

Voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte zijn in deze IEA onderbouwde aannames gedaan over ruimtebeslag, potentiële locaties en ruimtelijke tracéopties van verschillende onderdelen van het energiesysteem. Dit is gedaan om de belangrijkste effecten te beoordelen en op basis hiervan ontwikkelrichtingen voor de energiehoofdstructuur te kunnen opnemen in het PEH. Het is niet bedoeld om exacte locaties en/of tracés te kiezen, dit gebeurt in planologische (vervolg)procedures voor een specifiek(e) locatie of tracé. Voorafgaand aan deze procedures wordt eerst een investeringsbeslissing genomen door een netbeheerder\* of andere (private) initiatiefnemer. In de planologische procedures vindt in samenspraak met de omgeving nader (lees meer gedetailleerd) onderzoek plaats naar verschillende opties en effecten aan de hand van de op dat moment meest recente informatie. Op basis hiervan wordt een beslissing genomen over een precieze ligging van een tracé of locatie. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van de IEA/PEH worden wel meegenomen in deze procedures; het PEH vormt het kader voor de uitwerking in deze vervolgpcedures.

*\*De netbeheerders maken hierbij een afweging voor de beste nettechnische oplossing.*

## 1.2 Overzicht van de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

Tabel 1-1 zijn de dertien structuurkeuzes en systeemontwikkelingen opgenomen. Naast de structuurkeuze wordt ook per optie aangegeven op welk scenario dit is gebaseerd. Zie Bijlage VIII voor een uitgebreide beschrijving van de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen.

Tabel 1-1 Overzicht structuurkeuzes

Nr.	Structuurkeuze	Scenario optie 1	Scenario optie 2
1	Aanlanding windenergie op zee, kust of diep	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
2	Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid	Nederland Energieland Europese Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
3	Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
4	Locatie clusters van elektrolyzers <sup>1</sup>	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
5	Spreiding of clustering regelbare centrales	Nederland Energieland Europese Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
6	Waterstofopslag in zoutcavernes of lege <sup>2</sup> gasvelden	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
7	Toepassing kernenergie	Sterke Knopen Europese Sturing	Sterke Knopen kernenergie
8	Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
9	Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland <sup>3</sup>	Nederland Energieland Internationale Sturing, alleen import/export voor Nederlands belang	Nederland Energieland Internationale Sturing, extra import/export voor doorvoer van/naar buitenland
10	Geothermie of restwarmte? <sup>4</sup>	Nederland Energieland Nationale Sturing	Nederland Energieland Europese Sturing
Nr.	Systeemontwikkeling	Scenario optie 1	Scenario optie 2
11	Maximale elektrificatie	Niet gebaseerd op scenario's	
12	Maximaal gebruik waterstof <sup>5</sup>	Nederland Energieland Internationale Sturing	
13	Gebruik groengas/methaan <sup>6</sup>	Nederland Energieland Europese Sturing	

<sup>1</sup> Bij deze structuurkeuze verschilt het energetische scenario van de twee opties. Dit betekent dat het lastiger is om deze opties onderling te vergelijken. Hiervoor zijn de effecten van beide opties genormaliseerd (meer hierover in paragraaf 4.4).

<sup>2</sup> Bij deze structuurkeuze verschilt het energetische scenario van de twee opties. Dit betekent dat het lastiger is om deze te vergelijken. Hiervoor zijn de effecten van beide opties genormaliseerd.

<sup>3</sup> Deze structuurkeuze heeft alleen effect op overige buisleidingen en is daarom niet gebaseerd op een doorberekening van de netbeheerders.

<sup>4</sup> Deze structuurkeuze heeft alleen effect op warmte-infrastructuur en is daarom niet gebaseerd op een doorberekening van de netbeheerders.

<sup>5</sup> Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de effecten van het scenario Internationale Sturing (maximaal gebruik waterstof) ten opzichte van de robuuste knelpunten en oplossingsrichtingen.

<sup>6</sup> Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de effecten van het scenario Internationale Sturing (maximaal gebruik groengas) ten opzichte van de robuuste knelpunten en oplossingsrichtingen.

### Leeswijzer

In bijlage X1a zijn bij diverse ontwikkelingen leeswijzers opgenomen over locaties van puntinfrastructuur en voor batterijen en voor 380kV-verbindingen over bijna afgeronde, lopende of in de nabije toekomst op te starten projecten. Deze leeswijzer is opgesteld omdat de informatie hierover doorwerkt in deze bijlage X1b.

Voor de **puntinfrastructuur van Beverwijk** (zie bijlage X1a H6) en **Simonshaven** (zie bijlage X1a H6) geldt het volgende: In de doorrekeningen die in deze studie gemaakt zijn en ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling is uitgegaan van omgeving Beverwijk als locatie waar de robuuste ontwikkelingen voor (converter)stations, batterijen en elektrolyzers plaatsvinden en Simonshaven als locatie waar de robuuste ontwikkeling voor een 380kV-station plaatsvindt. Echter deze kunnen ook in een breder gebied rondom Beverwijk (Noorseekanaalgebied) en Simonshaven plaatsvinden omdat andere locaties mogelijk meer wenselijk zijn. Het ruimtebeslag en de effecten zijn wel beoordeeld voor de omgeving van Beverwijk en Simonshaven om daarmee een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft.

Voor de **robuuste ontwikkelingen van batterijen** (zie bijlage X1a H22) en **niet robuuste ontwikkelingen van batterijen** (zie bijlage X1a H22) geldt het volgende: In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld. Hierdoor kan het zijn dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem bezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft, zijn deze locaties wel beoordeeld.

Voor de robuuste ontwikkeling van **puntinfrastructuur Den Helder** (zie bijlage X1a H9) en Middenmeer (zie bijlage X1a H13) en voor de niet-robuuste ontwikkelingen van **380kV-verbindingen** (zie bijlage X1a H25) en **Kop van Noord-Holland** (zie bijlage X1a H32) geldt het volgende: Op dit moment is er nog geen 380kV-verbinding noordelijker dan Beverwijk in Noord-Holland, maar deze is wel gepland in het IP2022 en meegenomen als gerealiseerd in de berekeningen van het netmodel die zijn uitgevoerd in het kader van de IEA. Waar de verbinding tussen het noorden en het zuiden van Noord-Holland komt en welke 380kV-stations hierbij horen is nog niet bekend. In de berekeningen voor deze IEA is uitgegaan van omgeving Middenmeer als aansluitlocatie voor windenergie op zee. In de praktijk kan de aanlanding ook in de omgeving van Den Helder plaatsvinden. Daarnaast gaat na het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA de RCR-procedure voor de verbinding Noord-Holland Noord van start (zomer 2023). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure(s).

Voor de niet-robuuste ontwikkeling van de **380kV-verbindingen Bleiswijk – Krimpen** (zie bijlage X1a H27), **Crayestein – Krimpen** (zie bijlage X1a H29) en **Krimpen – Geertruidenberg** (zie bijlage X1a H33) geldt het volgende: Gedurende het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA is begin 2023 de RCR-procedure opgestart voor de verbinding tussen Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of Crayestein. In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure(s).

Voor de niet-robuuste ontwikkeling van de **380kV-verbindingen Geertruidenberg – Tilburg** (zie bijlage X1a H30), **Halsteren–Geertruidenberg 380kV** (zie bijlage X1a H31) en **Rilland-Halsteren** (zie bijlage X1a H36) geldt het volgende: Op dit moment is de procedure voor de aanpassing van de 380kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg via Halsteren/ Geertruidenberg bijna doorlopen. Er wordt een extra 380kV-station gerealiseerd in Halsteren. Daarnaast wordt een nieuwe verbinding tussen Rilland en Tilburg gerealiseerd: Zuid-West 380kV Oost. Dit project is inmiddels vergund en het tracé is bekend (zie: [TenneT projectenatlas Zuid-West 380kV Oost](#)). Uit de voor deze IEA gebruikte scenario's blijkt dat in de toekomst mogelijk nog een extra verbinding (niet-robuust) nodig zal zijn tussen Rilland-Tilburg (via Halsteren- Geertruidenberg), bovenop boven op het project 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Bij de tracéalternatieven en beoordeling daarvan in deze IEA is zoveel mogelijk aangesloten bij de gegevens uit het MER dat voor Zuid-West 380kV Oost is opgesteld. Daarbij wordt wel opgemerkt dat de beoordeling in de IEA voor het PEH op een veel hoger abstractieniveau is opgesteld dan het MER voor Zuid-West 380kV Oost.

### 1.3 Methodiek beoordeling

Voor de beoordeling van de (robuuste) ontwikkelingen (zie Bijlage XIa) en de beoordeling van de structuurkeuzes in dit document, wordt dezelfde beoordelingsmethodiek toegepast – zij het op een hoger abstractieniveau. Zie Bijlage X voor een toelichting van de beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte. Elke structuurkeuze bevat een tweetal opties. Een optie kan onderdelen bevatten die niet tot de scope van PEH behoren en waarvoor PEH geen reserveringen, ontwikkelrichtingen en randvoorwaarden bevat. Deze onderdelen kunnen wel (grote) ruimtelijke en milieueffecten tot gevolg hebben. Hierbij kan gedacht worden aan clustering of spreiding van de energie-opwek van wind en zon op land en het wel of niet opwekken van kernenergie. Voor het formuleren van de ontwikkelrichtingen voor PEH is het van belang om ook op hoofdlijnen inzicht te hebben in deze effecten en daarom worden ze meegenomen in de effectbeoordeling van de structuurkeuzes.

In de beoordeling wordt eerst een overzicht gegeven van welke elementen en onderdelen van het energiesysteem deel zijn van de ontwikkelingen per optie en om welk ruimtebeslag het gaat. De onderscheiden elementen en onderdelen van het energiesysteem staan in Tabel 1-2.

Tabel 1-2 Overzicht elementen en te beoordelen onderdelen

Element	Onderdeel	Ruimtebeslag door
<b>Opwek/productie</b>	Regelbare centrales	Nieuw te plaatsen centrales
	Elektrolyzers	Nieuw te plaatsen elektrolyzers
	Kernenergie	Nieuw te plaatsen centrales
	Zon op land	Nieuw te plaatsen zon-pv
	Wind op land	Nieuw te plaatsen wind op land
	Import	Omvang van energie-import, importterminals
<b>Opslag</b>	Batterijen	Nieuw te plaatsen batterijen
	Waterstofopslag in zoutcavernes	Nieuw te creëren zoutcavernes
<b>Elektriciteitsinfrastructuur</b>	Verbindingen	Nieuw aan te leggen bovengrondse verbindingen
	Hoogspanningsstations	Nieuw te plaatsen hoogspanningsstations inclusief velden
<b>Methaan &amp; waterstofinfrastructuur</b>	Verbindingen	Nieuw aan te leggen ondergrondse verbindingen

Alle ontwikkelingen van verbindingen, stations, batterijen, regelbare centrales en elektrolyzers in de structuurkeuzes zijn separaat beoordeeld in Bijlage XIa. Deze beoordelingen zijn gebruikt om op een hoger abstractieniveau de effecten van de structuurkeuzes te beoordelen. Voor ieder onderdeel is het ruimtebeslag weergegeven, zijn vervolgens de effecten van dit ruimtebeslag geanalyseerd en gezamenlijk beoordeeld per optie van een structuurkeuze of systeemontwikkeling.



## 2 Structuurkeuze 1: Aanlanding windenergie op zee, kust of diep

### 2.1 Inleiding

In verschillende scenario's wordt een aanzienlijke omvang voor windenergie op zee voorzien in het energiesysteem van 2050. Deze op zee opgewekte energie moet aan land worden gebracht en naar de afnemer worden getransporteerd. In deze structuurkeuze gaat het met name om de elektrische infrastructuur. Door deze energie als elektriciteit aan te landen, is een aanzienlijk transport van de aanlandingslocaties naar het binnenland nodig. Dit kan via het reguliere hoogspanningsnet of (gedeeltelijk) via ondergrondse HVDC-verbindingen. Voor het beoordelen van het thema Milieu & Ruimte is het ruimtebeslag van de benodigde energie-infrastructuur beoordeeld onderverdeeld in puntinfrastructuur en verbindingen. Uitgebreide beoordelingen van specifieke locaties of verbindingen staan in Bijlage XIa.

### 2.2 Opties van de structuurkeuze

Op basis van het scenario Nationale Sturing – waarin 52 GW windenergie op zee zal aanlanden – worden voor deze structuurkeuze twee opties onderzocht:

- Optie 1: Grootschalige aanlanding van windenergie op zee aan de kust.
- Optie 2: Grootschalige aanlanding zowel aan de kust, maar ook een deel dieper landinwaarts: bij Diemen (6 GW i.p.v. aanlanding bij Middenmeer/Den Helder) en bij Maasbracht (6 GW, i.p.v. aanlanding op de Maasvlakte).

Tabel 2-1 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen (puntinfrastructuur en verbindingen) per optie.

Tabel 2-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland	Eenheid
<b>Elektrolyzers</b>			
Middenmeer/Den Helder	90-145	55-90	ha
Diemen	0	35-55	ha
Maasvlakte	105-170	70-115	ha
Maasbracht	0	35-55	ha
<b>Batterijen</b>			
Middenmeer/Den Helder	180	115	ha
Diemen	0	55	ha
Maasvlakte	200	145	ha
Maasbracht	0	85	ha
<b>380kV-stations</b>			
Middenmeer/Den Helder	50	30	ha
Diemen	0	20	ha
Maasvlakte	40	30	ha
Maasbracht	0	20	ha
<b>Converterstations</b>			
Middenmeer/Den Helder	40	25	ha
Diemen	0	15	ha

Onderdeel	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland	Eenheid
Maasvlakte	35	15	ha
Maasbracht	0	15	ha
<b>Verbindingen elektra</b>			
380kV-verbindingstracé (bovengronds) <sup>7</sup>	335	60	Km
HVDC-kabeltracé (ondergronds)	0	225	Km
<b>Methaan- en waterstofinfrastructuur</b>			
Niet onderscheidend			

<sup>7</sup> Hier is uitgegaan van de (afgeronde) lengte van bestaande lijnen tussen twee hoogspanningsstations. In de praktijk is het niet altijd mogelijk een verbinding parallel te realiseren en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn. Voor nog niet bestaande verbindingen is de kortste lengte van de onderzochte tracéopties gebruikt.

Figuur 2-1 Oplossingsrichtingen verbindingen structuurkeuze 1 optie 1 en optie 2



**PONDERA**

**Tracéopties**

- Parallel
- Ondergronds DC
- Alternatief

Procedure voor verzwaring verbinding Eindhoven - Maasbracht reeds gestart

**Puntinfrastructuur (ha)**

- 0 - 50
- 50 - 140
- >140



**PONDERA**

**Tracéopties**

- Parallel
- Ondergronds DC
- Alternatief

**Puntinfrastructuur (ha)**

- 0 - 50
- 50 - 140
- >140

## 2.3 Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding aan de kust

### 2.3.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Figuur 2-1 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en stations. In deze paragraaf wordt het ruimtebeslag van deze onderdelen gezamenlijk per locatie beoordeeld. De effecten van deze nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

#### Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is veel industriële bebouwing aanwezig en liggen ook voor een groot deel PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren als gevolg van deze bestaande bebouwing. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Bij Middenmeer/Den Helder geeft het grote ruimtebeslag op agrarisch gebied dat nodig is voor de combinatie van onderdelen (station, batterijen en elektrolyzers), effecten op verspreide woningen en recreatie een grote kans op effecten. De overige aspecten binnen de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Netwerklaag

De combinatie van ruimtebeslag voor puntinfrastructuur betekent een grote kans op effecten op de Maasvlakte. De ruimtevrage die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Ook bij Middenmeer/Den Helder geeft de ruimtebehoefte voor puntinfrastructuur een grote kans op effecten. De benodigde ruimte lijkt hiervoor beschikbaar maar gaat ten koste agrarisch bestemde grond. De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Ondergrondlaag

Voor de Maasvlakte is er een middelgrote kans op effecten op Natura 2000-gebieden in de directe omgeving. Voor Middenmeer/Den Helder is er in beperkte mate sprake van zettingsgevoeligheid, maar dit leidt tot een kleine kans op effecten. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### 2.3.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 2-2 staan de verbindingen die bij aanlanding aan de kust (optie 1) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door de aanlanding van opgewekte elektriciteit nabij de kust is er veel infrastructuur nodig om deze elektriciteit verder naar het binnenland te transporteren. Met name vanuit de Maasvlakte en de aanlandingslocaties in Noord-Holland is er te weinig capaciteit om het aanbod dieper landinwaarts af te voeren naar de vraag. De effecten van deze 'nieuwe' verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 2-2 Benodigde nieuwe infra bij optie 1 aanlanding bij de kust

Verbinding	Type	Ingreep
Middenmeer – Beverwijk	380kV	Nieuwe infra
Beverwijk – Oostzaan		Nieuwe infra
Beverwijk – Vijfhuizen		Nieuwe infra
Oostzaan – Diemen		Nieuwe infra
Maasvlakte – Simonshaven		Nieuwe infra
Simonshaven – Crayestein		Nieuwe infra
Crayestein – Krimpen		Nieuwe infra
Krimpen – Bleiswijk		Nieuwe infra
Krimpen – Geertruidenberg		Nieuwe infra
Geertruidenberg – Tilburg		Nieuwe infra
Tilburg – Eindhoven		Nieuwe infra
Eindhoven – Maasbracht*		Nieuwe infra

\* Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

### Occupatielaag

De locaties waar nieuwe verbindingen nodig zijn liggen tussen de Maasvlakte en Maasbracht en in de provincie Noord-Holland. Hierbij geeft met name in het zuiden van Noord-Holland de grote bebouwendichtheid een grote kans op effecten. De inschatting is dat meerdere verbindingen in deze provincie op de wijze zoals onderzocht (bovengrondse aanleg) niet haalbaar zijn. Voor de verbindingen tussen Maasvlakte en Maasbracht geeft de aanwezige (lint)bebouwing bij de verbindingen rondom de stations Geertruidenberg, Crayestein, Krimpen aan den IJssel en Bleiswijk een grote kans op effecten. Dit heeft invloed op de haalbaarheid van deze nieuwe verbindingen. De overige aspecten binnen de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### Netwerklaag

Bij de netwerklaag zijn ruimtebeslag de belangrijkste aspecten die invloed hebben op de beoordeling. Voor verbindingen waar nieuwe infrastructuur nodig is, is er zeer beperkte ruimte in het zuiden van Noord-Holland. Ook de aansluiting op de hoogspanningsstations is complex vanwege beperkt beschikbare ruimte. Dit geeft een grote kans op effecten. Daarnaast geeft het doorsnijden van NNN-gebieden een grote kans op effecten. De aansluiting op de 380kV-stations Geertruidenberg en Crayestein is niet zondermeer mogelijk vanwege de al aanwezige elektriciteitsinfrastructuur en overige aanwezige objecten en belemmeringen. In het industriële gebied van de Maasvlakte is de ruimte zeer beperkt vanwege de aanwezige infrastructuur en industriële activiteiten. Dit geeft een grote kans op effecten. De overige aspecten in de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### Ondergrondlaag

In de ondergrondlaag is Natura 2000 een belangrijke factor voor de bovengrondse nieuwe verbindingen. Er zijn verschillende verbindingen die Natura 2000-gebieden kruisen of in de buurt liggen. Er is een grote kans op aanvaringsslachtoffers onder vogels vanwege de nieuwe verbindingen. Ook vinden in Noord-Holland kruisingen met provinciaal beschermde weidevogelgebieden plaats. Dit betekent een grote kans op effecten. Delen van verbindingen in het zuiden van Noord-Holland en ten noorden van Geertruidenberg liggen respectievelijk in werelderfgoed-gebieden Stelling van Amsterdam en Hollandse Waterlinie. Dit geeft een grote kans op effecten. Met betrekking tot landschap geldt op hoofdlijnen dat de kans op negatieve effecten bij optie 1 groot is. Met name in Noord-Holland zijn er meerdere conflictpunten tussen nieuwe bovengrondse verbindingen en de Stelling van Amsterdam en de Bijzondere Provinciale Land-

schappen (BPL's). Verder zijn er negatieve effecten te verwachten in de Nationale Landschappen Hoeksche Waard, Hollandse Waterlinie en Groene Hart. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling op de beoordeling.

### 2.3.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van aanlanding aan de kust (optie 1) beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

## 2.4 Effectbeoordeling van optie 2: diepe aanlanding

### 2.4.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Figuur 2-1 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust en dieper landinwaarts te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en hoogspannings- en convertersstations. Hieronder wordt per locatie het ruimtebeslag van deze onderdelen gezamenlijk beoordeeld, de effecten van nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

#### Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is er veel industriële bebouwing aanwezig en liggen ook veel PR10<sup>6</sup>-risicocontouren. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Bij Middenmeer/Den Helder leidt het grote ruimtebeslag op agrarisch gebied voor de benodigde ruimte voor de combinatie van een hoogspanningsstation, opslag (batterijen) en opwek/productie (elektrolyzers) tot een middelgrote kans op effecten. Voor Diemen geldt dat de Barro-locatie niet voldoende ruimte biedt, de directe omgeving van deze locatie betreft overwegend woonkernen of recreatiegebied en voor een deel landbouw. De kans op effecten is groot. Bij Maasbracht is er een grote kans op effecten omdat de Barro-locatie niet voldoende ruimte biedt voor de nieuwe hoogspanningsstations in combinatie met opslag en opwek/productie. Eventuele uitbreiding van de Barro-locatie heeft effect op aanwezige woonkernen, recreatiegebieden en landbouwgronden. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Netwerklaag

De combinatie van ruimtebeslag voor puntinfrastructuur geeft een grote kans op effecten op de Maasvlakte. De ruimtevraag die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Daarnaast is er een middelgrote kans op effecten voor NNN-gebieden die rondom de Rotterdamse haven liggen. Ook bij Middenmeer/Den Helder is de combinatie van ruimtebehoefte van puntinfrastructuur van invloed, dit betekent een grote kans op effecten. De benodigde ruimte lijkt hiervoor beschikbaar maar gaat ten koste agrarisch bestemde grond. Voor Diemen is het gebrek aan ruimte ook het grootste knelpunt. Door een hoge dichtheid aan infrastructuur (hoogspanningsstations, verbindingen, gasinfrastructuur en wegen) en NNN-gebieden en zeer beperkte uitwijkmogelijkheden is de kans op effecten groot. Het ruimtebeslag dat nodig is in Maasbracht geeft een grote kans op effecten door aanwezigheid van veel bovengrondse hoogspanningsinfrastructuur, een rijksweg en vaarwegen. Ook is NNN-gebied in de directe omgeving aanwezig. De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### Ondergrondlaag

Voor de Maasvlakte zijn er geen aandachtspunten voor de ondergrondlaag (kleine kans op effecten). Voor Middenmeer/Den Helder speelt voornamelijk de zettingsgevoeligheid van het gebied, dit geeft een middelgrote kans op effecten. De kans op effecten bij Diemen is middelgroot door ligging aangrenzend aan Natura 2000-gebied en de Stelling van Amsterdam. Bij Maasbracht zijn enkele archeologische waarden aanwezig en zijn er maatregelen nodig tegen overstromingsgevoeligheid van het gebied. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### 2.4.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 2-3 staan de verbindingen die bij diepe aanlanding van windenergie op zee (optie 2) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door de aanlanding van opgewekte elektriciteit zowel bij de kust als dieper landinwaarts is de hoeveelheid nieuwe benodigde 380kV-infrastructuur beperkt. Veel knelpunten kunnen met redispatch of verzwaring van de bestaande verbindingen worden opgelost. Voor de diepe aanlanding zijn er wel twee langere ondergrondse gelijkstroomverbindingen nodig vanuit de kust landinwaarts naar Diemen en Maasbracht, waarbij ook een converterstation nodig is om de stroom van gelijkstroom naar wisselstroom om te zetten. De effecten van deze verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 2-3 Benodigde nieuwe infra bij optie 2 diepe aanlanding

Verbinding	Type	Ingreep
Middenmeer – Beverwijk	380kV	Nieuwe infra
Beverwijk – Vijfhuizen		Nieuwe infra
HVDC-kabel Maasvlakte – Maasbracht	HVDC	Drie nieuwe ondergrondse 2 GW-kabels
HVDC-kabel Egmond – Diemen		Drie nieuwe ondergrondse 2 GW-kabels
Converterstation Diemen		Drie nieuwe converterstations
Converterstation Maasbracht		Drie nieuwe converterstations

#### Onzekerheden modellering diepe aanlanding windenergie op zee

Voor deze studie heeft TenneT een beperkte knelpuntenanalyse gedaan, waarin alleen het Nederlandse hoogspanningsnetwerk is gemodelleerd. Import en export met de omliggende landen (bijvoorbeeld Duitsland) is in deze studie naar rato verdeeld over de capaciteit van de interconnectoren met het desbetreffende land, terwijl in realiteit de elektriciteit (enigszins vereenvoudigd) de weg kiest van de minste weerstand tussen opwek en vraag. Een diepere aanlanding richting Maasbracht (en hiermee een grote verandering in de locatie van invoeding op het net), dat met interconnectoren zowel met België als Duitsland is verbonden, heeft daarom een grote invloed op de stroomrichting van het Europese elektriciteitsnetwerk. De impact van grote hoeveelheden diepere aanlanding van windenergie op zee kan daarom slecht worden ingeschat met het gebruikte Nederlandse model en zou in meer detail verder moeten worden onderzocht.

### Occupatielaag

De verbindingen waarbij nieuwe infrastructuur benodigd is voor het 380kV-net concentreren zich rondom 380kV-station Beverwijk. Dit station ligt in bebouwd gebied met weinig uitbreidingsmogelijkheden vanwege een bedrijventerrein met winkels inclusief parkeerterrein en op iets grotere afstand woningen van de kern van Beverwijk. De aanlanding op dit station geeft daarom een grote kans op effecten. Het tracé richting Vijfhuizen ligt ook grotendeels in recreatief of bebouwd gebied. Hier is een grote kans op effecten. De ondergrondse HVDC-kabel naar Diemen heeft meer flexibiliteit om bebouwd gebied te vermijden. Nabij het IJ en Diemen is de ruimte zeer beperkt te midden van recreatiegebied en woningen bij IJburg, dit is een middelgrote kans op effecten. Ook voor de HVDC-kabel naar Maasbracht geldt dat er veel flexibiliteit

is om bebouwing te vermijden. Tijdens de aanleg in agrarisch gebied is er hinder, maar na de aanlegfase is er geen tot weinig effect. Dit leidt tot een middelgrote kans op effecten. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Netwerklaag

Er is beperkt beschikbare ruimte voor de bovengrondse 380kV-verbindingen rondom station Beverwijk en tussen Beverwijk en Vijfhuizen. Voor de verbinding Beverwijk–Vijfhuizen geldt dat de ruimte zeer beperkt is en daarmee is de kans op effecten op bestaand ruimtegebruik groot. Ook het doorsnijden van NNN-gebieden geeft een grote kans op effecten.

Voor de ondergrondse HVDC-kabels is het kruisen van primaire waterkeringen een aandachtspunt. Met name de kruising van de waterkeringen bij de kust (duinen en de Haringvlietdam) zijn complex. Ook is het kruisen van de Maas met grindige bodem nabij Maasbracht complex. Het doorkruisen van meerdere NNN-gebieden betekent een middelgrote kans op effecten. Maar de verbindingen kunnen ook kansen bieden voor de netwerkfunctie van NNN door een habitatype te stimuleren die goed te combineren is met een bovengrondse of ondergrondse verbinding. De overige aspecten in de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Ondergrondlaag

Voor de bovengrondse 380kV-verbindingen zijn landschap en cultuurhistorie belangrijke aspecten. De verbindingen liggen (deels) in werelderfgoed Stelling van Amsterdam en Bijzonder Provinciaal Landschap Westfriese Omringdijk. Hier bestaat er een grote kans op negatieve effecten op landschap. Voor de ondergrondse HVDC-kabel Egmond-Diemen is zettingsgevoeligheid een belangrijke factor. Dit maakt de ondergrondse aanleg in veengebieden complex. Bij de aanleg is er ook een kans op effecten op Natura 2000-gebieden Noordhollands Duinreservaat en Markermeer & IJmeer. De verbinding Haringvliet–Maasbracht kruist meerdere grondwaterbeschermingsgebieden. Dit betekent een grote kans op effecten en maakt de realisatie (ruimtelijk) complex. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling of de effecten kunnen met tracéoptimalisaties worden beperkt.

### 2.4.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van een diepe aanlanding (optie 2) beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

## 2.5 Conclusie effectbeoordeling

Deze paragraaf bevat voor deze structuurkeuze de grootste aandachtspunten van de effectbeoordeling per optie. Daarna volgt een conclusie waarin de twee opties naast elkaar worden beschouwd.

### 2.5.1 Optie 1: aanlanding aan de kust

Voor aanlanding aan de kust moet een groot aantal bovengrondse 380kV-verbindingen gerealiseerd worden om de geproduceerde windenergie op zee verder het land in te transporteren. Het gaat hier om verbindingen tussen de Maasvlakte en Maasbracht en verschillende verbindingen in Noord-Holland. Daarnaast is het ruimtebeslag van de puntinfrastructuur gebundeld op twee locaties (Maasvlakte en Middenmeer/Den Helder). De kans op effecten van de grote hoeveelheid bovengrondse 380kV-verbindingen op het landschap is groot, zeker als blijkt dat nieuwe verbindingen niet parallel aan bestaande verbindingen kunnen worden aangelegd. De hoogspanningsverbindingen resulteren in een



grote kans op effecten op vogels door aanvaringsslachtoffers. Daarnaast is de beschikbare ruimte voor realisatie van de verbindingen een groot aandachtspunt. In Noord-Holland zijn de combinatie van gebrek aan ruimte, stedelijk gebied en de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam belangrijke aandachtspunten waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van enkele verbindingen op bovengrondse wijze niet haalbaar is. Ook lijkt de haalbaarheid van de verbindingen op bovengrondse wijze ten oosten van Rotterdam klein vanwege de aanwezige lintbebouwing. Specifiek bij de 380kV-stations Geertruidenberg en Crayestein is er rondom deze locatie weinig ruimte voor de aanlanding van nieuwe verbindingen.

Voor puntinfrastructuur geldt dat de ruimtedruk hoog is omdat deze infrastructuur op twee locaties wordt voorzien. Dit levert een groot ruimtebeslag op voor de Rotterdamse haven en Middenmeer/Den Helder. Als er prioriteit wordt gegeven aan de realisatie van energie-infrastructuur en ruimte vrijgemaakt wordt, is deze ruimte beschikbaar. Dit kan wel ten koste gaan van andere gebruiksfuncties. In Rotterdam gaat dit om overige industrie en in Middenmeer gaat dit ten koste van landbouwgrond of glastuinbouw.

Vanuit nationaal perspectief gekeken heeft aanlanding aan de kust een grote impact op een deel van Nederland door de grote hoeveelheid bovengrondse infrastructuur. Deze effecten treden met name op in de netwerklaag (ruimtebeslag, NNN) en de ondergrondlaag (landschap, Natura 2000).

## 2.5.2 Optie 2: diepe aanlanding

Bij een diepe aanlanding zijn er in Noord-Holland een aantal bovengrondse 380kV-verbindingen en twee ondergrondse HVDC-kabels vanuit de windenergiegebieden op zee naar Diemen en Maasbracht nodig. Op deze manier wordt het landelijk hoogspanningsnet ontlast door windenergie op zee gedeeltelijk direct landinwaarts aan te sluiten in plaats van enkel bij de Maasvlakte en Middenmeer/Den Helder. Dit betekent ook dat het ruimtebeslag van puntinfrastructuur verdeeld wordt over de vier bovengenoemde locaties.

De kans op effecten van de bovengrondse 380kV-verbindingen in Noord-Holland op het landschap is groot, zeker als blijkt dat nieuwe verbindingen niet parallel aan bestaande verbindingen kunnen worden aangelegd. Ook de invloed op vogels door aanvaringsslachtoffers geeft een grote kans op effecten. Daarnaast is de beschikbare ruimte een groot aandachtspunt. In Noord-Holland is de combinatie van gebrek aan ruimte, stedelijk gebied en de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam een belangrijk aandachtspunt waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van enkele verbindingen op bovengrondse wijze niet haalbaar is.

De ondergrondse HVDC-verbinding naar Diemen geldt dat het kruisen van zettingsgevoelig gebied (zoals veengronden) een aandachtspunt is met grote kans op effecten. Dit maakt de aanleg van de kabel complex. Voor de HVDC-verbinding naar Maasbracht geldt dat het kruisen van enkele waterwingebieden in Brabant een grote kans op effecten heeft. Ook dit compliceert de aanleg. Deze gebieden kunnen mogelijk door tracéoptimalisatie deels ontweken worden.

Voor puntinfrastructuur geldt dat het ruimtebeslag wordt verdeeld tussen vier locaties. Bij de locatie Diemen is hiervoor echter niet/nauwelijks ruimte beschikbaar, ook bij Maasbracht lijkt het lastig om de benodigde ruimte te vinden. Dit geeft een grote kans op effecten.

Vanuit nationaal perspectief heeft diepe aanlanding een iets minder grote impact op de netwerklaag (ruimtebeslag, NNN) en de ondergrondlaag (landschap, Natura 2000) dan aanlanding aan de kust als gevolg van het deels ondergronds aanleggen van de infrastructuur. Ondergrondse aanleg is echter complex en ook niet zonder kans op effecten.

### 2.5.3 Conclusie

De effecten van deze structuurkeuze worden opgedeeld in de delen noord en zuid. Bij noord gaat het voornamelijk om infrastructuur benodigd in Noord-Holland, zuid betreft de lijn Maasvlakte-Maasbracht.

#### Noord

In noord wordt de bovengrondse realisatie van een groot deel van de verbindingen in Noord-Holland niet haalbaar geacht, gezien de aandachtspunten en daarmee de grote kans op effecten. Dit is grotendeels gelijk voor beide opties. Door toepassing van diepe aanlanding (optie 2) bij Diemen vormen de verbindingen Beverwijk–Oostzaan en Oostzaan–Diemen geen knelpunt, waardoor in tegenstelling tot aanlanding aan de kust (optie 1) hier geen kans op effecten ontstaat. De ondergrondse HVDC-verbinding die hiervoor in de plaats komt heeft een kleiner ruimtebeslag en grotere flexibiliteit in de ligging van het tracé. Hierdoor is realisatie van een ondergrondse HVDC-verbinding over het algemeen ruimtelijk makkelijker haalbaar dan een bovengrondse 380kV-verbinding.

De puntinfrastructuur in noord wordt bij aanlanding aan de kust (optie 1) volledig voorzien in Middenmeer/Den Helder. Bij diepe aanlanding (optie 2) is Diemen ook onderdeel van deze verdeling waardoor de ruimtedruk per locatie minder is. De verlichting van de ruimtedruk op locatie Middenmeer/Den Helder en verschillende verbindingen leveren bij diepe aanlanding een ruimtelijk knelpunt bij Diemen op. Door het gebrek aan ruimte bij Diemen heeft de puntinfrastructuur een grote kans op effecten en wordt hiermee niet als haalbaar geacht. Er kan overwogen worden om de diepe aanlanding bij Diemen te verplaatsen naar een nader te bepalen locatie waar meer ruimte is voor de bijbehorende puntinfrastructuur.

#### Zuid

In zuid zijn bij aanlanding aan de kust nieuwe bovengrondse verbindingen tussen Maasvlakte en Eindhoven nodig, deze hebben een grote kans op effecten. Dit betreft met name landschap, natuur (aanvaringssslachtoffers) en ruimtebeslag. Bij diepe aanlanding is er sprake van een ondergrondse HVDC-kabel naar Maasbracht. Hier is een grote kans op effecten op bodem en grondwater. Zoals eerder genoemd is de realisatie van een ondergrondse HVDC-verbinding over het algemeen ruimtelijk beter haalbaar dan een bovengrondse 380kV-verbinding vanwege de flexibiliteit voor de tracéligging en het kleinere ruimtebeslag.

De puntinfrastructuur in zuid wordt bij aanlanding aan de kust volledig voorzien op de Maasvlakte, bij optie 2 wordt Maasbracht hieraan toegevoegd. Dit levert een vermindering van de ruimtedruk per locatie op bij optie 2 en dit betekent dat de kans op effecten kleiner is bij diepe aanlanding (optie 2) dan bij aanlanding aan de kust (optie 1).

Vanuit nationaal ruimtelijk perspectief heeft diepe aanlanding minder grote kans op effecten dan aanlanding aan de kust. In deze optie is er een minder grote kans op effecten op landschap, natuur en ruimtebeslag. Wel is er in deze optie lokaal sprake van een grote kans op effecten (bijvoorbeeld Diemen). Daarnaast is naar verwachting realisatie van de ondergrondse verbindingen makkelijker haalbaar is dan de bovengrondse verbindingen. Dit neemt niet weg dat er bij diepe aanlanding (optie 2) aandachtspunten zijn bij de aanleg van de HVDC-kabels en bij de bovengrondse verbindingen in Noord-Holland. Daarnaast kan overwogen worden om de diepe aanlanding bij Diemen naar een andere nader te bepalen locatie te verplaatsen met meer beschikbare ruimte, waardoor er minder effecten op Milieu & Ruimte optreden.

### 3 Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid

#### 3.1 Inleiding

In de Nederland Energieland scenario's zijn zes locaties aan de kust meegenomen voor de aanlanding van windenergie op zee. In elk scenario is dezelfde relatieve verdeling over deze aanlandingslocaties meegenomen. Bij deze verdeling landt het grootste gedeelte van de elektriciteit uit windenergie op zee aan in Noord- en Zuid-Holland, aangezien de elektriciteitsvraag daar het hoogste is. Het idee hierachter is dat op die manier een groter gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt kan worden en dat er in totaal minder transport van elektriciteit nodig is.

Dit is echter niet de enige denkbare verdeling. Een andere mogelijkheid is om de verdeling te baseren op de beschikbare transportcapaciteit op het 380kV-net. Bij deze verdeling wordt nog steeds een groot gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt, maar wordt het deel dat niet direct nabij de aanlandingspunten verbruikt wordt anders verdeeld over de aanlandingslocaties zodat deze beter aansluiten bij de beschikbare afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet. Bij deze verdeling zal een groter gedeelte van de windenergie op zee aanlanden in Zeeland en in Groningen bij Eemshaven. Uitgebreide beoordelingen van specifieke locaties of verbindingen staan in Bijlage XIa.

#### 3.2 Opties in deze structuurkeuze

Bij deze structuurkeuze vormt het scenario 'Europese Sturing' de basis. Voor het Sterke Knopen is er een alternatieve verdeling over de aanlandingslocaties meegenomen met focus op beschikbare transportcapaciteit. Deze verdeling is gebaseerd op het 32 GW scenario van de studie Systeemintegratie wind op zee 2030-2040 (RVO, 2021). Er worden twee opties bij deze structuurkeuze bekeken:

- Optie 1: Aanlanding van 30 GW dicht bij de vraag, volgens de verdeling van Nederland Energieland Europese Sturing. Bij deze verdeling landt een groot deel van de energie aan op de Maasvlakte en in Noord-Holland. De aanlanding in Groningen en Zeeland is relatief beperkt.
- Optie 2: Aanlanding van 30 GW op basis van beschikbare transportcapaciteit. Dit is gebaseerd op de verdeling van het 32 GW scenario van de studie Systeemintegratie wind op zee 2030-2040. Bij deze verdeling is gezocht naar een optimale verdeling over de aanlandingspunten aan de kust vanuit netperspectief. Hier landt een stuk minder aan in Noord-Holland en fors meer in Groningen en Zeeland.

In deze structuurkeuze gaat het met name om de elektrische infrastructuur. Tabel 3-1 geeft een overzicht van de verdeling over de aanlandingslocaties bij beide opties. Tabel 3-2 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 3-1 Verdeling totaalvermogen aanlandingslocaties bij de opties voor structuurkeuze 2

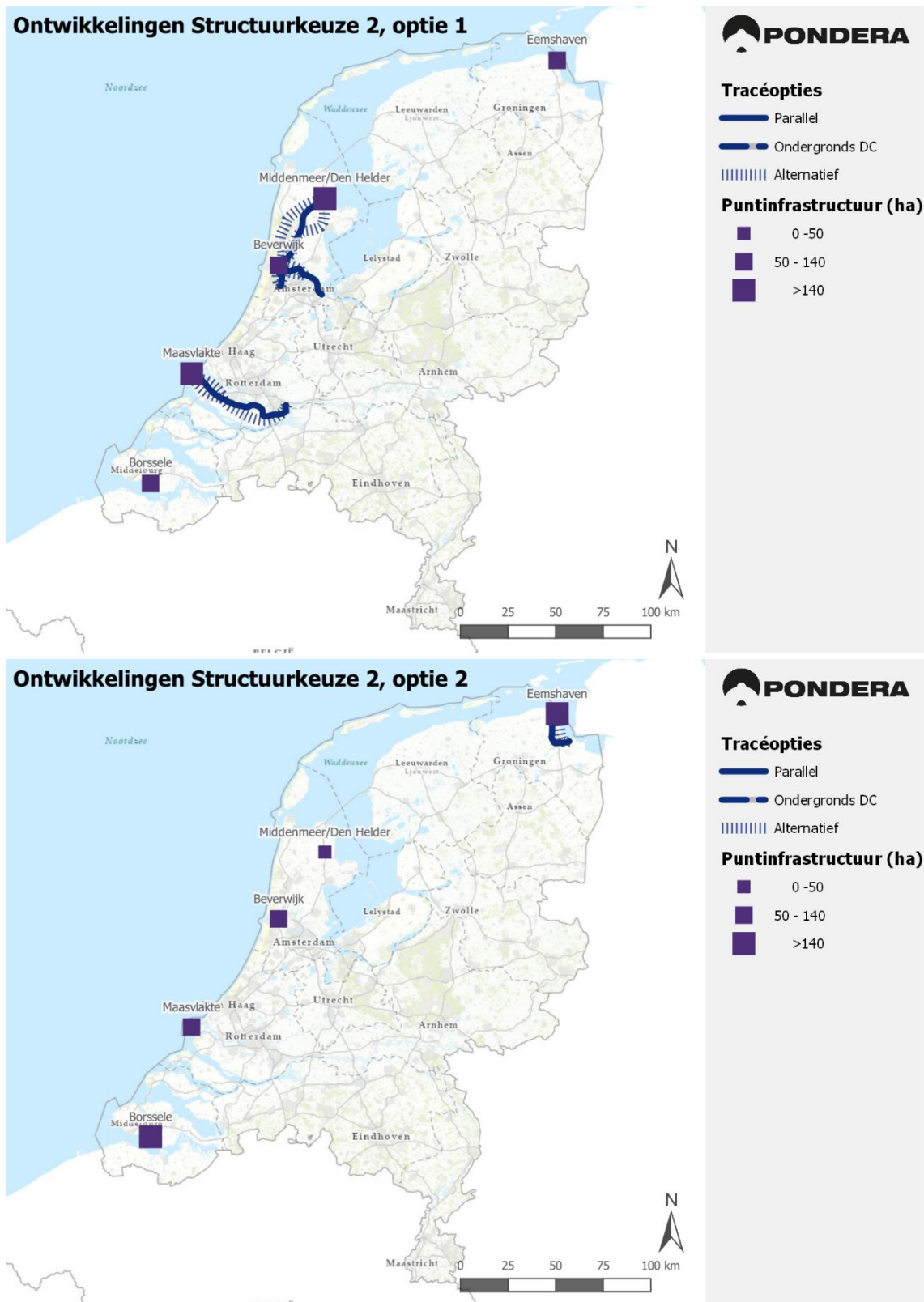
Aanlandingslocatie	Optie 1: Aanlanding bij vraag	Optie 2: Aanlanding op basis van beschikbare capaciteit
Middenmeer/Den Helder	9 GW	2 GW
Beverwijk/Noordzeekanaalgebied	3 GW	3 GW
Maasvlakte	10,5 GW	7,5 GW
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	3 GW	7,5 GW
Eemshaven	4,5 GW	10 GW

Tabel 3-2 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis van beschikbare capaciteit	Eenheid
<b>Elektrolyser</b>			
Middenmeer/Den Helder elektrolyser	35-60	5-15	ha
Maasvlakte elektrolyser	40-65	30-40	ha
Eemshaven elektrolyser	15-30	35-65	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen elektrolyser	10-20	30-50	ha
Beverwijk/NZKG elektrolyser	10-20	10-20	ha
<b>Batterijen</b>			
Middenmeer/Den Helder	115	30	ha
Maasvlakte	145	85	ha
Eemshaven	55	115	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	30	85	ha
Beverwijk//NZKG	30	30	ha
<b>380kV-stations</b>			
Middenmeer/Den Helder	20	10	ha
Maasvlakte	20	10	ha
Eemshaven	10	20	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	10	20	ha
Beverwijk//NZKG	10	10	ha
<b>Converterstations</b>			
Middenmeer/Den Helder	25	5	ha
Maasvlakte	30	20	ha
Eemshaven	5	20	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	0	5	ha
Beverwijk/NZKG	10	10	ha
<b>Verbindingen elektra</b>			
380kV-verbindingentracé <sup>8</sup>	155	-	Km
380kV-verbindingencircuits	310	-	Km
220kV-verbindingentracé	0	25	Km
220kV-verbindingencircuits	0	50	Km
<b>Methaan- en waterstofinfrastructuur</b>			
-			

<sup>8</sup> Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee hoogspanningsstations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

Figuur 3-1 Oplossingsrichtingen verbindingen structuurkeuze 2 optie 1 en 2



### 3.3 Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding dicht bij de vraag

#### 3.3.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Tabel 3-2 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en (converter)stations. In deze paragraaf wordt het ruimtebeslag per locatie van deze onderdelen gezamenlijk beoordeeld. De effecten van deze nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

##### Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is er veel industriële bebouwing aanwezig en liggen ook over een groot deel PR10<sup>-6</sup> risicocontouren. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Ditzelfde geldt voor het gebied Borssele/Sloegebied/Terneuzen. Bij Middenmeer/Den Helder geeft het grote ruimtebeslag op agrarisch gebied, nodig voor de combinatie van ruimte voor opslag (batterijen) en opwek/productie (elektrolyzers), een middelgrote kans op effecten. De locatie Beverwijk<sup>9</sup> heeft een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid vanwege PR10<sup>-6</sup>-contouren. Voor de Eemshaven zijn er geen grote aandachtspunten voor de occupatielaag. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

##### Netwerklaag

De combinatie van ruimtebeslag voor opslag, opwek/productie en nieuwe hoogspanningsstations betekenen een grote kans op effecten op de Maasvlakte. De ruimtevraag die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de huidige beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Ook bij Middenmeer/Den Helder geeft de combinatie van ruimtebehoefte voor opslag, opwek/productie en een nieuw 380kV-station een middelgrote kans op effecten. De benodigde ruimte lijkt hiervoor wel beschikbaar ten koste van agrarisch bestemde grond. Voor Borssele/Sloegebied/Terneuzen is er een grote kans op effecten wederom vanwege een grotere ruimtevraag dan beschikbaar is binnen de Barro-locaties. Buiten de Barro-locaties is ruimte beschikbaar, dat gaat dan ten koste van landbouwgrond. Bij Beverwijk is de beschikbare ruimte zeer beperkt door NNN-gebied en Stelling van Amsterdam waardoor met het benodigde ruimtebeslag de kans op effecten groot is en de haalbaarheid hiervan niet realistisch lijkt. In de Eemshaven is de kans op effecten middelgroot omdat naast het ruimtebeslag voor deze optie ook ruimte nodig is voor de verbindingen vanuit Programma Aansluiting Windenergie op zee (PAWOZ)<sup>10</sup>. De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

##### Ondergrondlaag

Voor de Maasvlakte is er een middelgrote kans op effecten vanwege externe werking op Natura 2000. Voor Middenmeer/Den Helder zijn er geen grote aandachtspunten. In Borssele/Sloegebied/Terneuzen spelen overstromingsgevoeligheid en bij Borssele/Sloegebied specifiek archeologie een rol. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Bij Beverwijk is de kans op effecten groot omdat de benodigde ruimte gezocht moet worden in het gebied van de Stelling van Amsterdam. Voor de Eemshaven zijn geen grote aandachtspunten in de ondergrondlaag. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

<sup>9</sup> Deze IEA is gebaseerd op scenario's waarbij is uitgegaan van de locatie Beverwijk, echter deze ontwikkeling kan ook in het bredere Noordzeekanaalgebied plaatsvinden.

<sup>10</sup> Zie de Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-09/Concept-Notitie-Reikwijdte-en-Detailniveau-PAWOZ-Eemshaven.pdf> Er is nog geen besluitvorming over PAWOZ.

### 3.3.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 3-3 staan de verbindingen die bij aanlanding dicht bij de vraag (optie 1) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door de aanlanding van opgewekte elektriciteit nabij de kust, is er veel infrastructuur nodig om deze elektriciteit naar het binnenland te transporteren. Er is met name vanuit de Maasvlakte en de aanlandingslocaties in Noord-Holland momenteel te weinig capaciteit om het aanbod dieper landinwaarts af te voeren naar de vraag. De effecten van deze verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 3-3 Benodigde nieuwe infra bij optie 1 aanlanding windenergie op zee

Verbinding	Type	Ingrep
Middenmeer – Beverwijk	380kV	Nieuwe infra
Beverwijk – Oostzaan		Nieuwe infra
Beverwijk – Vijfhuizen		Nieuwe infra
Oostzaan – Diemen		Nieuwe infra
Maasvlakte – Simonshaven		Nieuwe infra
Simonshaven – Crayestein		Nieuwe infra

#### Occupatielaag

De verbindingen waarbij nieuwe infrastructuur benodigd is, bevinden zich vanaf de Maasvlakte landinwaarts en in Noord-Holland. Hierbij geeft met name in het zuiden van Noord-Holland de grote bebouwingsdichtheid en de aanwezigheid van het werelderfgoed Stelling van Amsterdam een grote kans op effecten, wat er toe leidt dat realisatie een grote uitdaging is. Bij de Maasvlakte geeft de grote dichtheid aan risicocontouren en de aanwezige recreatiefuncties in de buurt van de verbindingen een middelgrote kans op effecten. Overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Netwerklaag

Bij de netwerklaag heeft ruimtebeslag de meeste invloed op de beoordeling. Voor de verbindingen in het zuiden van Noord-Holland is zeer beperkt ruimte, ook de aansluiting van de verbindingen op de 380kV-stations is lastig wat betreft beschikbare ruimte rondom de stations. Dit geeft een grote kans op effecten. Bij het industriële gebied van de Maasvlakte is de ruimte zeer beperkt vanwege de aanwezige infrastructuur en industriële activiteiten. Ook de aanwezigheid van NNN-gebieden aan de zuidkant van de Maasvlakte is een aandachtspunt. De aanlanding van de verbinding bij 380kV-station Crayestein is complex door de aanwezige infrastructuur rondom het station. Er is een grote kans op effecten. De overige aspecten in de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Ondergrondlaag

In de ondergrondlaag is Natura 2000 een belangrijke factor voor de bovengrondse nieuwe verbindingen in Noord-Holland en bij de Maasvlakte. Er zijn verschillende verbindingen die Natura 2000-gebieden kruisen of in de buurt liggen en daarmee een grote kans op effecten hebben. Het aantal extra aanvarings-slachtoffers onder vogels ligt hoger dan bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit (optie 2) vanwege meer nieuwe bovengrondse verbindingen en de locatie daarvan. Ook vinden in Noord-Holland kruisingen van provinciaal beschermde weidevogelgebieden plaats. In Noord-Holland liggen delen van verbindingen in werelderfgoed Stelling van Amsterdam. Dit geeft een grote kans op effecten. De verbinding Simonshaven–Crayestein doorkruist Nationaal Landschap Hoeksche Waard, dit geeft een grote kans op effecten. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### 3.3.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van aanlanding dicht bij vraag beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

## 3.4 Effectbeoordeling van optie 2: aanlanding op basis van beschikbare transportcapaciteit

### 3.4.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Tabel 3-2 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en (converter)stations. In deze paragraaf wordt per locatie het ruimtebeslag van deze onderdelen gezamenlijk beoordeeld. De effecten van deze nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

#### Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is er veel industriële bebouwing aanwezig waar ook voor een groot deel PR10<sup>6</sup> risicocontouren liggen. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Ditzelfde geldt voor Borssele/Sloegebied/Terneuzen en Beverwijk. Voor de locaties Middenmeer/Den Helder en Eemshaven zijn er geen grote aandachtspunten voor de occupatielaag. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Netwerklaag

Het grote ruimtebeslag van puntinfrastructuur geeft een middelgrote kans op effecten op de beschikbare ruimte op de Maasvlakte. De ruimtevraag die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de huidige beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Bij Middenmeer/Den Helder zijn er geen grote aandachtspunten in de netwerklaag. Voor Borssele/Sloegebied/Terneuzen is er een grote kans op effecten vanwege een grotere ruimtevraag dan aanwezig binnen de Barro-locaties. Bij Beverwijk is de beschikbare ruimte zeer beperkt door NNN-gebied en Stelling van Amsterdam waardoor met het benodigde ruimtebeslag de kans op effecten groot is en de haalbaarheid hiervan niet realistisch lijkt. In de Eemshaven is de kans op effecten middelgroot omdat naast het ruimtebeslag voor deze optie ook ruimte nodig is voor de verbindingen vanuit Programma Aansluiting Wind op zee (PAWOZ).<sup>10</sup> De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Ondergrondlaag

Voor zowel de Maasvlakte als voor Middenmeer/Den Helder zijn er geen aandachtspunten voor de ondergrondlaag (kleine kans op effecten). In Borssele/Sloegebied/Terneuzen spelen overstromingsgevoeligheid en bij Borssele/Sloegebied specifiek archeologie een rol. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Bij Beverwijk is de kans op effecten groot omdat de benodigde ruimte gezocht moet worden in het gebied van de Stelling van Amsterdam. Voor de Eemshaven zijn geen grote aandachtspunten in de ondergrondlaag. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### 3.4.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 3-4 staan de verbindingen die bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit (optie 2) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door meer verspreide aanlanding van opgewekte elektriciteit door windenergie op zee nabij de kust is er, in vergelijking met aanlanding bij vraag (optie 1) beperkt nieuwe infrastructuur nodig om deze elektriciteit verder te transporteren. Het gaat om enkele verbindingen in Groningen bij de Eemshaven en richting Weiwerd.



De effecten van deze verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 3-4 Benodigde nieuwe infra bij optie 2 aanlanding windenergie op zee

Verbinding	Type	Ingreep
Eemshaven – Eemshaven Oudeschip <sup>11</sup>	380kV	Nieuwe infra
Eemshaven – Robbenplaat <sup>12</sup>	220kV	Nieuwe infra
Robbenplaat – Weiwerd		Nieuwe infra

De hoogspanningsstations voor de verbinding Eemshaven–Robbenplaat liggen fysiek tegen elkaar aan waardoor er in werkelijkheid niet echt sprake is van een nieuw tracé. Deze verbinding is niet meegenomen in de beoordeling omdat hier geen noemenswaardige effecten te verwachten zijn vanuit Milieu & Ruimte.

#### Occupatielaag

Voor de verbinding Robbenplaat–Weiwerd is de bebouwing rondom Appingedam een aandachtspunt, zeker voor het oostelijk tracé. De kans op effecten is klein, bij toepassing van tracéoptimalisatie. Voor Eemshaven–Eemshaven Oudeschip zijn aanwezige windturbines een ruimtelijk aandachtspunt vanwege externe veiligheid. De kans op effecten is klein. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder grote invloed op de beoordeling.

#### Netwerklaag

Er zijn voor Robbenplaat–Weiwerd geen grote aandachtspunten voor de netwerklaag. Er is een kleine kans op effecten. Voor Eemshaven–Eemshaven Oudeschip is ruimtebeslag een aandachtspunt door aanwezige bovengrondse verbindingen en windturbines. De kans op effecten is klein. De overige aspecten van de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

#### Ondergrondlaag

Voor Eemshaven–Eemshaven zijn er geen aandachtspunten voor de ondergrondlaag. Als bij Robbenplaat–Weiwerd een tracéoptie wordt gekozen die nabij of aan de Waddenzee ligt, is er een grote kans op effecten op aanvaringslachtoffers bij het Natura 2000-gebied. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

### 3.4.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van aanlanding op basis van beschikbare capaciteit beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

<sup>11</sup> Deze uitbreiding is al meegenomen in het nieuwe investeringsplan van 2022 van TenneT.

<sup>12</sup> Toename belasting komt voornamelijk door elektrolyse bij Delfzijl in plaats van Eemshaven in scenario Sterke Knopen Europese Sturing (zie paragraaf 4.4). Geldt ook voor verbinding Robbenplaat–Weiwerd.

### 3.5 Conclusie effectbeoordeling

Deze paragraaf bevat per optie een algemene effectbeoordeling waarbij de grootste aandachtspunten (grootste kans op effecten) een belangrijke rol spelen. Daarna volgt een conclusie waarin de twee opties naast elkaar worden beschouwd.

#### 3.5.1 Optie 1: aanlanding dicht bij de vraag

Bij aanlanding dicht bij de vraag ligt het zwaartepunt van het vermogen van aan te landen windenergie op zee in Noord- en Zuid-Holland met het idee dat hier ook de meeste elektriciteit direct verbruikt wordt. Door de grote concentratie aan aanlanding van windenergie op zee is het aanbod hier echter groter dan de vraag. Dit is terug te zien in de nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen die nodig zijn voor het transporteren van elektriciteit van windenergie op zee landinwaarts in Noord-Holland en bij de Maasvlakte. Daarnaast is er ruimtebeslag van de puntinfrastructuur in Eemshaven, Middenmeer/Den Helder, Beverwijk, Maasvlakte en Borssele/Sloegebied/Terneuzen.

In Noord-Holland betekent de combinatie van de aandachtspunten van weinig ruimte, stedelijk gebied, de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam, doorkruising van open landschappen en grote kans op effecten op natuur vanwege aanvaringsslachtoffers (vogels) dat de realisatie van enkele verbindingen op bovengrondse wijze waarschijnlijk niet haalbaar is.

Door de grote vermogens windenergie op zee die aanlanden op de locaties Maasvlakte en Middenmeer/Den Helder is er een groot ruimtebeslag voor puntinfrastructuur op deze locaties. Als er prioriteit wordt gegeven aan de realisatie van energie-infrastructuur is deze ruimte beschikbaar door herontwikkeling van deze gebieden. Dit gaat naar verwachting ten koste van andere gebruiksfuncties. In Rotterdam gaat dit om overige industrie en in Middenmeer/Den Helder gaat dit ten koste van landbouwgrond of glastuinbouw.

Vanuit nationaal perspectief gekeken heeft aanlanding dicht bij de vraag (optie 1) lokaal een grote impact (met name in Noord-Holland) door de nieuwe bovengrondse infrastructuur die op de aanlandingslocaties nodig is om de elektriciteit afkomstig van windparken op zee landinwaarts te transporteren.

#### 3.5.2 Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit

Bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit is de aanlanding van windenergie op zee geoptimaliseerd naar de capaciteit beschikbaar op het 380kV-netwerk. Dit betekent dat er minder vermogen van windenergie op zee aan land komt bij Middenmeer/Den Helder en Maasvlakte en meer bij Borssele/Sloegebied/Terneuzen en Eemshaven. Door deze spreiding aan vermogen is het aantal knelpunten op het 380kV-netwerk beperkt tot de regio Eemshaven. Dat laatste heeft met name te maken met het plaatsen van elektrolyzers in Delfzijl waardoor nieuwe verbindingen tussen Eemshaven en Delfzijl nodig zijn.

Een nieuwe bovengrondse 220kV-verbinding Robbenplaat–Weiwerd geeft een kleine kans op effecten als deze parallel kan worden aangelegd aan de bestaande verbinding. Als dit niet mogelijk is, is de kans op effecten op Natura 2000 (aanvaringsslachtoffers nabij de Waddenzee) een aandachtspunt.

De puntinfrastructuur is bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit (optie 2) verdeeld tussen verschillende locaties. Hierbij is er een relatief gelijke verdeling tussen de locaties Middenmeer/Den Helder en Maasvlakte en de locaties Borssele/Sloegebied/Terneuzen en Eemshaven. Optie 2 heeft ruimtebeslag op deze locaties, en dit heeft met name een kans op effecten bij Beverwijk, de Maasvlakte en Borssele/

Sloegebied/Terneuzen. Als er prioriteit wordt gegeven aan de realisatie van energie-infrastructuur is deze ruimte beschikbaar door herontwikkeling van deze gebieden. Dit gaat naar verwachting ten koste van andere gebruiksfuncties van industrie en/of landbouw.

Vanuit nationaal perspectief is de impact van aanlanding op basis beschikbare capaciteit beperkter omdat het enkel gaat om nieuwe verbindingen bij de Eemshaven en de ruimtedruk van puntinfrastructuur verdeeld is over meerdere locaties.

### 3.5.3 Conclusie

Uit optie 1 en 2 komt naar voren dat het voor het landelijk hoogspanningsnet zinvol is om goed te analyseren waar het vermogen van windenergie op zee het beste kan aanlanden. Duidelijk is dat optie 2 voor 380kV-verbindingen een minder grote kans op effecten heeft. Er zijn veel minder nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen nodig waarbij ook de meest complexe tracés (met de grootste kans op effecten) niet hoeven te worden uitgebreid (voornamelijk in Noord-Holland).

Voor de puntinfrastructuur geldt dat bij aanlanding bij vraag met name concentratie in Noord- en Zuid-Holland is waardoor er hier een hoge ruimtedruk ontstaat. Bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit wordt deze ruimtedruk verdeeld door een groter vermogen van windenergie op zee te laten aanlanden in Borssele/Sloegebied en Eemshaven wat tot gevolg heeft dat hier ook meer puntinfrastructuur aanwezig is. Hierdoor is er meer ruimtebeslag op de twee laatstgenoemde locaties, maar deze ruimte lijkt beschikbaar als er prioriteit gegeven wordt aan de realisatie van energie-infrastructuur.

Vanuit nationaal perspectief heeft aanlanding op basis van beschikbare capaciteit duidelijk een minder grote kans op effecten. Bij deze optie wordt de locatie van de aanlanding van windenergie op zee bepaald op basis van de transportcapaciteit van het 380kV-netwerk. Hiermee wordt het aanwezige landelijke hoogspanningsnet beter benut en zijn er minder nieuwe verbindingen nodig. Voor puntinfrastructuur beperkt de spreiding over meer locaties bij aanlanding op basis van beschikbare capaciteit de ruimtedruk in Middenmeer/Den Helder en Maasvlakte. Een kanttekening hierbij is dat de haalbaarheid van de netten op zee naar deze aanlandingslocaties buiten de scope van dit onderzoek valt en daarmee niet is meegenomen. Het Programma Aanlanding Wind Op Zee (PAWOZ)<sup>10</sup> en Programma Verbinding Wind Op Zee (VAWOZ)<sup>13</sup> gaan hier verder op in. Het is mogelijk dat door omstandigheden op zee de keuze voor de aanlandingslocaties mede worden bepaald.

<sup>13</sup> Zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/vawoz-2031-2040>

## 4 Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering

### 4.1 Inleiding

De locaties voor de realisatie van hernieuwbare opwek op land worden tot 2030 in de Regionale Energie Strategieën (RES'en) vastgelegd. Deze locaties zijn (al dan niet indicatief) opgenomen in de RES'en 1.0<sup>14</sup>. Deze locaties zijn het uitgangspunt voor de plaatsing van hernieuwbaar op land tot 2030. De resterende opgave – indien uitgegaan wordt van de plaatsing van aanvullende opwekcapaciteit hernieuwbaar op land - van 2030 tot 2050 kan op verschillende manieren ruimtelijk worden geplaatst. Voor deze IEA is voor de scenario's voor Sterke Knopen een ordeningsprincipe van (vergaande) clustering gehanteerd; plaatsing van een groot deel van de opgave tot 2050 bij elkaar op enkele locaties, waardoor plaatsing op andere locaties niet nodig is om de opgave in te vullen. De plaatsing van hernieuwbare opwek op land in de Nederland Energieland scenario's gaan uit van evenredige spreiding over de beschikbare ruimte<sup>15</sup>. Deze structuurkeuze gaat in op de effecten van deze twee ordeningsprincipes.

De structuurkeuze beperkt zich tot een vergelijking van de scenario's Nationale Sturing en Europese Sturing. In de voor PEH ontwikkelde scenario's Sterke Knopen wordt de hernieuwbare opwek op land geplaatst in vijf clusters:

- Kop van Noord-Holland
- Zeeland
- Noordoost Brabant
- Flevoland
- Noordoost Nederland

In het scenario Sterke Knopen Europese Sturing wordt er geen zon op land geplaatst (nadat de opgave voor de RES 1.0 is ingevuld). In de scenario's Nederland Energieland Nationale en Europese Sturing is spreiding van de hernieuwbare opwek op land evenredig verdeeld over alle beschikbare locaties (conform de analysekaarten NPRES, zie Figuur 4-1).

### 4.2 Opties in deze structuurkeuze

De twee opties in deze structuurkeuze gaan in op de effecten van plaatsing van hernieuwbare opwek op land. De twee opties in deze structuurkeuze betreffen het ruimtelijk spreiden of clusteren van de opgave voor 2050:

- Optie 1: Evenredige verspreiding van de opgave voor 2050 over het hele land op basis van beschikbare ruimte.
- Optie 2: Clustering van de additionele opgave in vijf clusters. De volledige opgave na 2030 komt in deze clusters terecht, zowel voor zon op land als voor wind op land. De vijf clusters zijn gekozen op basis van verschillende criteria, waaronder windaanbod, landschapskenmerken, bodemgesteldheid in relatie tot landbouw en noodzaak tot gebruik beschermde natuurgebieden (zie ook Bijlage IV).

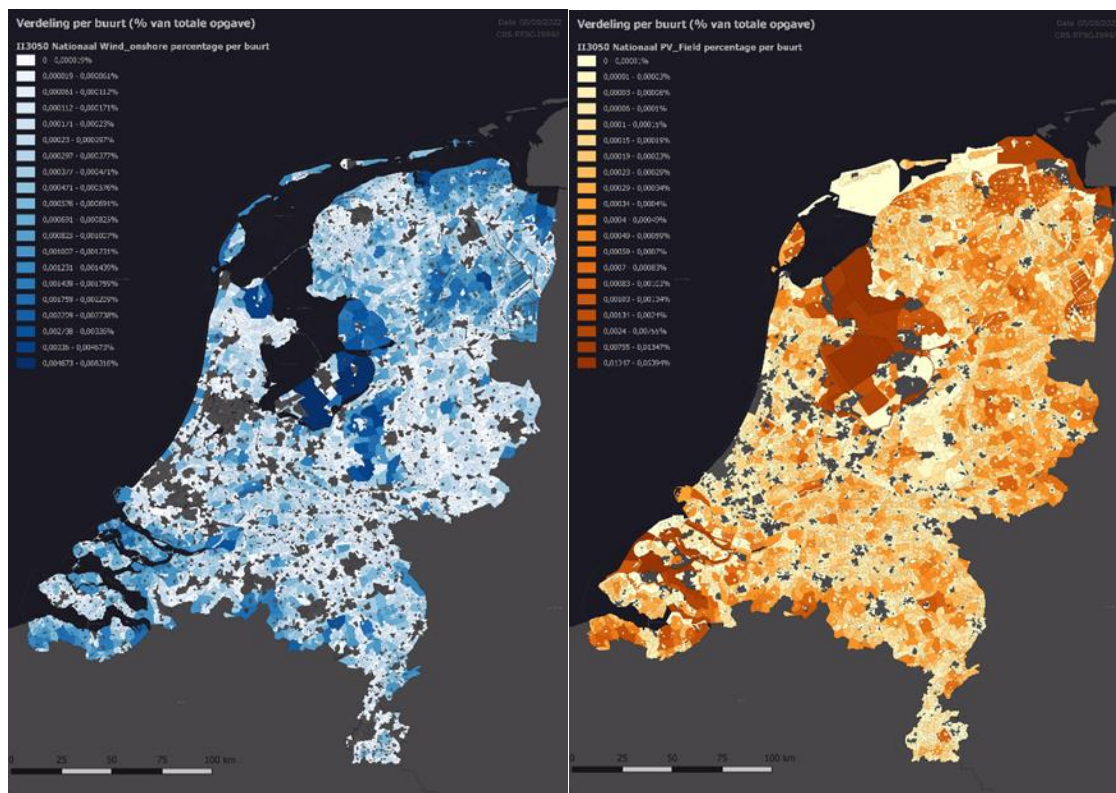
<sup>14</sup> De RES 1.0 is door de dertig RES regio's op 1 juli 2021 ingediend bij het Rijk en is door de verschillende bestuursorganen (gemeenteraad, provinciale Staten en besturen van Waterschappen) vastgesteld. Er volgt een actualisatie in de RES 2.0 die in 2023 moet worden opgeleverd door de regio's. Er wordt voor de analyse in dit hoofdstuk uitgegaan van de bestuurlijk vastgestelde RES 1.0.

<sup>15</sup> Ook in dit scenario is sprake van clustering van windturbines en zonnepanelen (dus niet overal solitaire turbine en kleine zonnenvelden), echter in mindere mate dan het scenario Sterke Knopen waarin specifieke enkele gebieden in Nederland worden aangewezen waar de totale opgave wordt gerealiseerd.

Het aanwijzen van locaties voor hernieuwbare opwek op land behoort niet tot de scope van het PEH. Daarom zijn de locaties van opwek niet exact gedefinieerd voor de effectbeoordeling. Op basis van 'Heat Maps' wordt een inschatting gegeven voor de locaties van wind en zon op land. Deze Heat Maps zijn het uitgangspunt voor de effectbeoordeling en meer informatie hierover is opgenomen in Bijlage IV. Onderstaande figuren geven de Heat Maps weer voor het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.

De kleurcodering in de kaarten geeft de relatieve verdeling (het percentage) van het totaal opgestelde vermogen aan wind en zon op land weer. Voor wind op land betreft dit een totaal direct ruimtebeslag van ongeveer 1.333 hectare<sup>16</sup> en voor zon op land ongeveer 38.000 hectare.

Figuur 4-1 Heat Maps voor gespreide plaatsing wind (links) en zon (rechts) op land



<sup>16</sup> Dit betreft direct ruimtebeslag, benodigd voor de realisatie van de windturbine plus kraanopstelplaats (0,4 ha per windturbine). Omdat windturbines onderlinge afstand nodig hebben vanwege windafvang is het indirect ruimtebeslag veel groter. Hiervoor wordt uitgegaan van ongeveer 12 MW per km<sup>2</sup>. Het totale indirect ruimtebeslag voor het scenario is dan ook ongeveer 166.665 ha. Hierbinnen kan wel dubbel ruimtegebruik worden toegepast (o.a. landbouw)

#### 4.2.1 Ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen

De volgende tabel bevat een totaaloverzicht van het ruimtebeslag per optie in deze structuurkeuze. In de effectanalyse van deze structuurkeuze is uitgegaan van het scenario Nationale Sturing omdat in dit scenario is rekening gehouden met de grootste omvang aan wind en zon op land. Daarmee is dit vanuit Milieu & Ruimte effecten het 'worst-case'-scenario.

Tabel 4-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: Spreiding van hernieuwbare opwek		Optie 2: Clustering van hernieuwbare opwek		Eenheid	Opmerking
	Nationaal	Europees	Nationaal	Europees		
Regelbare centrales	35	36	35	36	GW	Zowel grote als regelbare centrales
	280	290	280	290	ha	
Elektrolyzers	51	19	51	19	GW	
	510	190	510	190	ha	
Kernenergie	-	-	-	-		
	-	-	-	-		
Zon op land	57	34	49	0	GW	In PEH Europees scenario alle zon op daken
	38.000	22.500	32.500	0	ha	
Wind op land	20	10	20	10	GW	Dit betreft direct ruimtebeslag
	1.335	665	1.335	665	ha	
Batterijen	54	33	56	33	GW	
	1.550	940	1.600	940	ha	
Waterstofopslag	51	65	51	65	TWh	Bovengronds ruimtebeslag
	10.200	13.000	10.200	13.000	ha	
<b>Totaal</b>	<b>13.085</b>	<b>14.605</b>	<b>13.135</b>	<b>14.605</b>	<b>ha</b>	

### 4.3 Effectbeoordeling van optie 1: spreiding van hernieuwbare opwek

#### 4.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

##### Occupatielaag

Bij toepassing van spreiding in de plaatsing van hernieuwbare opwek, wordt wind en zon op land daar geplaatst waar dit volgens de analysekaarten van NPRES mogelijk is. In deze analysekaarten is onder andere uitgegaan van een minimale afstand van 400 meter rond geluidgevoelige objecten. Uitgaande van het toepassen van spreiding conform de heat map (Figuur 4-1), blijkt dat het relatief grootste deel van wind op land wordt geplaatst in Noordoost Nederland, Flevoland, Kop van Noord-Holland, Zeeland, het zuiden van Noord-Brabant en in het midden van Gelderland. Naast deze gebieden is in het scenario spreiding een windturbine geplaatst in ieder ander gebied waar dit op basis van de heat map mogelijk is, om daarmee de intensiteit van wind op land in de eerder genoemde gebieden te verminderen.

### Wind op land

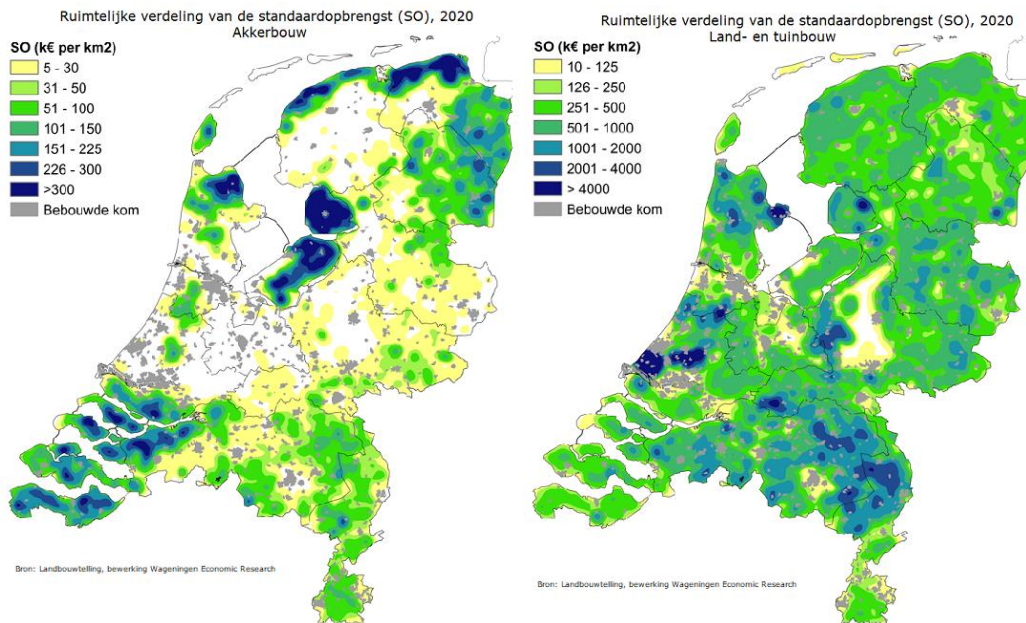
De verspreid liggende bebouwing in Friesland en het oosten van Overijssel en Gelderland resulteert in een geringer aandeel in de plaatsing van wind op land dan andere provincies. In deze provincies wordt bij spreiding in totaal 20% van het totaal aan wind op land opgesteld. Voor Flevoland en Zeeland is dit aandeel gezamenlijk 20%, maar over een aanzienlijk geringer oppervlak (ca. 8.000 km<sup>2</sup> voor Friesland, Overijssel en Gelderland ten opzichte van ca. 3.500 km<sup>2</sup> voor Flevoland en Zeeland). Het zuiden van Noord-Brabant voorziet in deze optie voor ca 10% van het opgestelde vermogen aan wind op land. De Randstad (ruwweg het gebied tussen Amsterdam, Rotterdam en Amersfoort) voorziet in ca 15% van het opgestelde vermogen aan wind op land, op een totaaloppervlakte van ongeveer 4.000 km<sup>2</sup>. Uit deze verdeling en Figuur 4-1 blijkt dat rondom grootstedelijke gebieden een relatief gering aandeel voor wind op land wordt geplaatst. Door de plaatsing van windturbines op locaties die volgens de NPRES mogelijk zijn is de kans op effecten op bebouwing en veiligheid klein, aangezien hierin al rekening is gehouden met afstanden tot bebouwing en risicocontouren<sup>17</sup>. De plaatsing van wind op land richt zich deels op gebieden van industriële aard, maar de functies hiervan worden niet belemmerd omdat de industriële invulling voorrang heeft plaatsing van windturbines. De plaatsing van windturbines is met name in landbouwgebieden, aangezien daar de benodigde ruimte (afstand tot woningen) kan worden gevonden. Vanwege de mogelijkheid tot meervoudig ruimtegebruik zijn de effecten op landbouw wel omvangrijk, maar is de kans op effecten voor ruimtegebruik voor landbouw klein.

### Zon op land

De plaatsing van zon op land in deze optie richt zich met name op plaatsing op het water en op landbouwgebieden. Meer dan 25% wordt op water geplaatst (Eems – Dollard, IJsselmeer, Haringvliet en Oosterschelde). Dit betekent ongeveer 95 km<sup>2</sup> aan wateroppervlakte dat beschikbaar moet zijn voor opwek door zonne-energie. De effecten van een dergelijke realisatie op recreatie, scheepvaart en visserij zijn aanzienlijk en niet mitigeerbaar. Voor de plaatsing van zon op land op landbouwgebied is het van belang dat goede landbouwgrond zo veel als mogelijk wordt gebruikt voor landbouw, en minder geschikte gebieden voor landbouw in eerste instantie worden benut voor zon op land. In Figuur 4-2 is opgenomen om welke gebieden dit gaat.

<sup>17</sup> Deze aangehouden afstand is gebaseerd op een vuistregel en betekent niet dat in alle mogelijke configuraties van een individueel windpark geen of kleine kans op effecten bestaat. Dit moet in individuele onderzoeken in de vergunningprocedure worden onderzocht. Voor het hier beoordeelde abstractieniveau kan echter worden volstaan met deze afstanden als indicatie voor de kans op effecten.

Figuur 4-2 Standaardopbrengst akkerbouw (links) en land- en tuinbouw (rechts) per km<sup>2</sup> (WUR – Agrimatie, 2020)



Er zal echter wel een groot deel van de zon op land opgave terecht komen op landbouwgrond. De plaatsing van zon op land heeft in deze optie dan ook een overlap met de voor de akkerbouwgebieden (economisch) productieve gebieden. Het relatieve aandeel van zon op land dat overlapt met relatief economisch waardevolle akkerbouwgronden concentreert zich in Zeeland, Flevoland en het noordoosten van Groningen en Friesland. Elk van deze regio's geven in deze optie ruimte aan 10% aan het opgestelde vermogen aan zon op land. In totaal 30%, wat een totaal ruimtebeslag is van ca. 70 km<sup>2</sup> op deze economisch productieve akkerbouwgronden. Ten aanzien van land- en tuinbouw blijkt dat er met name in het Westland en in Oost-Brabant en Noord-Limburg economisch belangrijke gronden zijn. Gekeken naar de plaatsing van zon op land is de overlap hier beperkt. Ongeveer 25% van het opgestelde vermogen is geplaatst in de voor akkerbouw relatief minder economisch belangrijke gebieden en voor land- en tuinbouw niet onderscheidende gronden (Friesland, Drenthe, Overijssel en Gelderland). Vanwege de benodigde oppervlakte en de aanzienlijke overlap met economisch productieve akkerbouwgebieden is de kans op effecten groot. De totale kans op effecten van de verspreide realisatie van zon en wind op land op de occupatielaag is groot.

### Netwerklaag

Uit Tabel 4-1 blijkt dat spreiding van hernieuwbare opwek (optie 1) een ruimtebeslag heeft van ongeveer 39.335 ha. Dit betreft het directe ruimtebeslag van wind op land en van zon op land en water. Hiervan wordt ongeveer 9.500 ha op water voorzien en het overige op land. Uit onderzoek<sup>18</sup> blijkt dat er een totaal van 22.500 km<sup>2</sup> aan landbouwareaal in Nederland aanwezig is. Het te realiseren ruimtebeslag op land betreft daarmee ongeveer 1,3% van het totaal beschikbare landbouwareaal. Doordat in de kaarten van NP RES al rekening gehouden is met aanwezige infrastructuur (waterkeringen, buisleidingen, wegen, spoorwegen en hoogspanningsverbindingen) geldt er daarvoor een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag is echter groot, waardoor er een grote kans op effecten bestaat op de netwerklaag.

<sup>18</sup> Ruimtelijke Uitwerking Energiescenario's, Generation Energy – Posad Maxwan (2020).



### Ondergrondlaag

De spreiding van wind en zon, zoals in optie 1 is opgenomen, heeft grote kans op effecten op Natura 2000-gebieden. Dit manifesteert zich met name op en rond de Veluwe (ca. 8% van wind op land). Dit is – onder de huidige wet- en regelgeving – waarschijnlijk niet haalbaar, vanwege beperkte mogelijkheden tot mitigatie. Daarnaast is ca. 1% van wind op land voorzien rondom de Biesbosch. Ook daar ontstaat een grote kans op effecten op Natura 2000 als gevolg van aanvaringslachtoffers onder vogels. Gezien deze potentiële effecten is de invulling van wind op land op deze gespreide manier niet realistisch. Voor groot-schalig zon op water geldt dat er ook sprake kan zijn van areaalverlies en verstoring binnen Natura 2000-gebieden, aangezien alle grote wateren als zodanig zijn aangewezen. Daarmee is er een grote kans op effecten.

Naast deze directe effecten zal er voor verschillende gebieden sprake zijn van externe effecten op beschermde gebieden zoals rondom de waterrijke gebieden van Waddenzee, IJsselmeergebied en de Delta. Door plaatsing van zon op land in weidegebieden gaat broedgebied voor weidevogels en foerageergebieden voor ganzen verloren. Kijkend naar de windmolenrisicokaart voor vogels<sup>19</sup>, blijkt dat de hoogste risico's voor vogels zich voordoen bij weide, bos- en waterrijke gebieden.

Voor landschap dient er onderscheid te worden gemaakt tussen zon en wind op land, aangezien de kans op effecten op landschap voor beide vormen van opwek verschillend zijn, met name wat betreft de afstand waarop effecten waarneembaar zijn. Toch geldt dat spreiding van opwek grote kans op effecten op landschap heeft, die niet goed mitigeerbaar zijn. Ongeveer 20% van Nederland is betiteld als Nationaal Landschap, waar deze effecten het grootst zullen zijn.

Figuur 4-3 Kaart ligging Nationale Landschappen



Dit areaal is in principe niet beschikbaar noch geschikt voor wind of zon op land. Uitgaande van verspreiding zoals geprojecteerd in deze optie is er sprake van overlap van zon en wind op land met Nationale Landschappen. Gezien de grote kans effecten op Natura 2000 en de overlap met Nationale

<sup>19</sup> De nationale windmolenrisicokaart voor vogels, SOVON, 2021  
<https://www.sovon.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/energietransitie/windenergie-gevoeligheidskaart>

Landschappen en daarmee kans op effecten op landschap is voor de totale ondergrondlaag geoordeeld dat er een grote kans op effecten op de ondergrondlaag is voor deze optie.

#### 4.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Deze structuurkeuze heeft geen effect op de opslag van waterstof; zowel niet op de totale benodigde hoeveelheid als op de locaties van waterstofopslag. Wel is er een verschil in locaties van de behoefte aan batterijen. Die locaties waar een verschil in ruimtebeslag is, staan in Figuur 4-3.

Tabel 4-2 Overzicht ruimtebeslag batterijen

Station	Gemeente	Cluster	Optie 1: Spreiding hernieuwbare opwek op land	Ruimtebeslag (ha)
<b>Delfzijl Oosterhorn 220kV</b>	Delfzijl	Noordoost Nederland	635 MW	20
<b>Station Winsum Ranum 110kV</b>	Winsum	Noordoost Nederland	389 MW	10
<b>Station Zeewolde 150kV</b>	Zeewolde	Flevoland	180 MW	5
<b>Station Dronten 150kV</b>	Dronten	Flevoland	244 MW	5
<b>Station Vijfhuizen 150kV</b>	Haarlemmermeer	Kop NH	151 MW	5
<b>Station Velsen 150kV</b>	Velsen	Kop NH	317 MW	10
<b>Station Westdorpe 150kV</b>	Terneuzen	Zeeland	290 MW	10
<b>Station Geervliet Noorddijk 150kV</b>	Nissewaard	Zeeland	161 MW	5
<b>Station Meeden 110kV</b>	Midden-Groningen	Noordoost Nederland	192 MW	5

Uit de beoordeling van de plaatsing van batterijen nabij de aangegeven hoogspanningsstations (zie ook hoofdstuk 16 in Bijlage XIa) blijkt dat met name plaatsing bij de hoogspanningsstations Geervliet Noorddijk en Velsen een grote kans op effecten heeft. Dit speelt met name in de netwerklaag, omdat er rond de beide stations veel infrastructuur aanwezig is. Bij plaatsing bij Vijfhuizen, Westdorpe en Meeden (zie ook hoofdstuk 22 in Bijlage XIa) is sprake van een middelgrote kans op effecten. Die kans op effecten doen zich met name voor in de netwerklaag (voor Vijfhuizen ook in de ondergrondlaag vanwege de Stelling van Amsterdam). Bij alle hier opgenomen hoogspanningsstations is er – in vergelijking met clustering – sprake van een afname in het opgestelde vermogen van batterijen bij toepassing van spreiding (optie 1). Hier staat wel tegenover dat op overige locaties voor hoogspanningsstations – buiten de clusters – sprake is van een geringe toename ten opzichte van clustering. Dit verschil is echter zeer gering en daarom niet meegenomen in de analyse.

#### 4.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Er treden geen aanvullende knelpunten op bij toepassing van de optie spreiding. De robuuste knelpunten (beschreven in VII) zijn uiteraard ook in dit geval van toepassing, maar niet onderscheidend. Hiervoor zijn in Bijlage XIa ook al robuuste oplossingen beschouwd. Wel is er sprake van knelpunten bij twee verbindingen in het 150kV-netwerk, die zich manifesteren in Flevoland. Deze knelpunten kunnen worden opgelost door een kleinere pocketstructuur te hanteren of door de opwek direct aan te sluiten op het 380kV-netwerk. Hiervoor zijn nieuwe velden en/of stations nodig binnen de 380kV-structuur. De locaties waar dit precies moet plaatsvinden kunnen op het huidige abstractieniveau niet worden aangewezen, waardoor ook geen effectbeoordeling wordt gemaakt van de eventuele benodigde aanpassingen.

#### 4.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

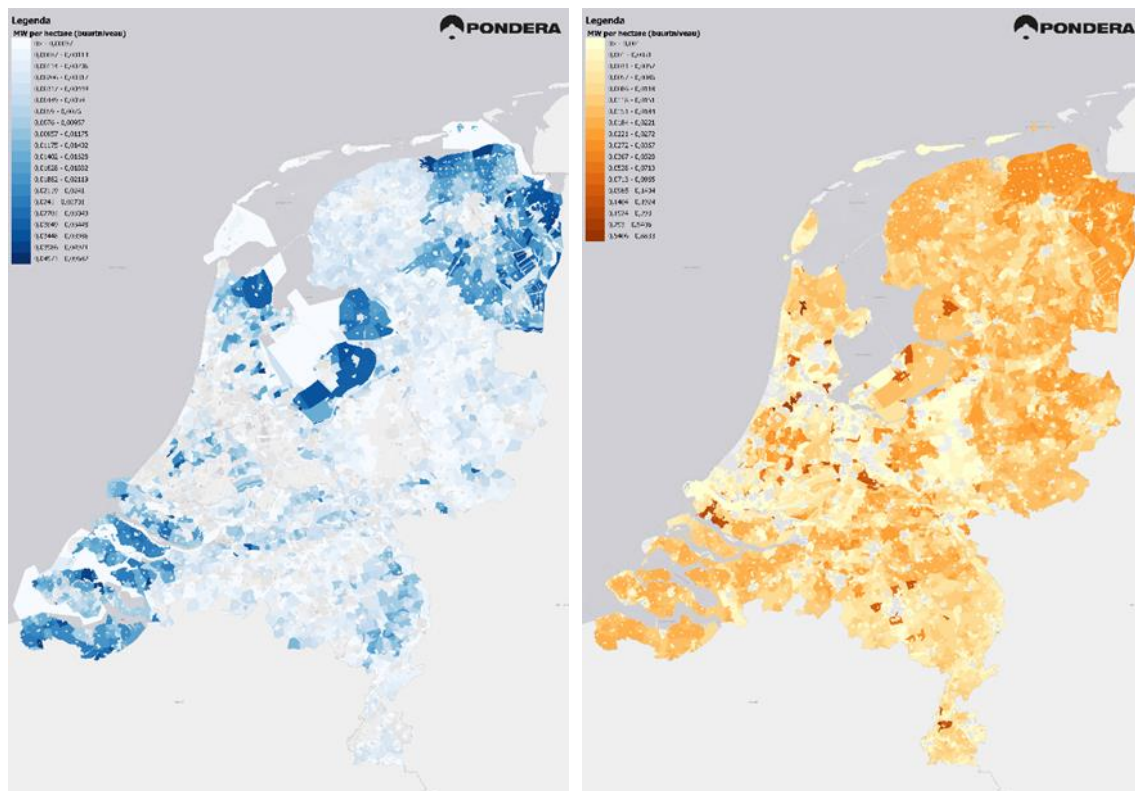
De plaatsing van elektrolyzers bij de opwek locaties resulteert in het geval van spreiding in een verspreide realisatie van kleinere elektrolyzers. Het effect van deze spreiding is dat er potentieel nieuwe aansluitleidingen moeten worden aangelegd. In de occupatielaag leidt dit tot een kleine kans op effecten, omdat dit op voldoende afstand van bebouwing kan worden aangelegd en rekening gehouden kan worden met externe veiligheidscontouren. In de netwerklaag geldt eenzelfde uitgangspunt en is er eveneens een kleine kans op effecten. Uitgaande van het bestaande buisleidingennetwerk en het beperkte ruimtebeslag van een buisleiding is ook de kans op effecten op de ondergrond laag klein.

### 4.4 Effectbeoordeling van optie 2: clustering van hernieuwbare opwek

#### 4.4.1 Effecten van opwek/productie

De locaties van opwek zijn ook in de optie clustering niet exact gedefinieerd. Op basis van 'Heat Maps' wordt ook voor deze optie een inschatting gegeven voor de locaties van wind en zonnepanelen op land. Volgende figuren geven de Heat Maps weer voor het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing. In deze kaarten zijn de locaties gedefinieerd die potentieel geschikt zijn voor de optie clustering. In deze optie wordt 80% van de opgave geplaatst in vijf gebieden: Kop van Noord-Holland, Zeeland, Noordoost Brabant, Flevoland en Noordoost Nederland.

Figuur 4-4 Heat Maps voor geclusterde plaatsing wind (links) en zonnepanelen (rechts) op land



### Occupatielaag

Door het toepassen van clustering hoeft in een gedeelte van Nederland minder wind en zon op land te worden geplaatst. In enkele gebieden is daarom in deze optie weinig tot geen hernieuwbaar op land voorzien. In de aangewezen clusteringsgebieden juist zeer veel.

### Wind op land

Uit de Heatmaps blijkt dat de beoogde windenergieopgave in relatieve nabijheid van bebouwing wordt geplaatst in Zeeland (20%), Regio Rotterdam (5%), Kop van Noord-Holland (5%), Flevoland (15%) en Noordoost Nederland (35%). In deze gebieden is sprake van relatief groter aaneengesloten beschikbaar geschikt oppervlak voor windenergie. Daardoor kan clustering in deze gebieden plaatsvinden. Dit betekent per definitie dat in deze regio's minder verspreid liggende woningen aanwezig zijn. De resterende 20% van de te plaatsen windenergie wordt in deze optie geplaatst in Noord-Brabant, Friesland, Gelderland, Overijssel, de Randstad en Zuid-Limburg (allen minder dan 5%). Met name voor de provincies Gelderland en Overijssel is er sprake van relatief veel verspreid liggende bebouwing. De regio's waar een grote concentratie aan bebouwing is, hebben ook een kleiner aandeel in de plaatsing van wind op land. De stedelijke regio's in Zuid-Holland (behalve Rotterdam) en Noord-Holland geven plaats aan een beperkt deel voor de plaatsing van wind op land in het geval van clustering. In het geval van grootschalige clustering van wind op land is de gehanteerde afstand tot bebouwing in de analysekaarten van NP RES mogelijk te beperkt om effecten te voorkomen of beperken. In de optie clustering wordt daarom de kans op effecten als middelgroot beoordeeld voor de occupatielaag.

### Zon op land

Omdat er op basis van de heat maps op meer plekken ruimte is voor zon op land is ook in de optie clustering wel sprake van een bepaalde mate van spreiding over Nederland (in tegenstelling tot windenergie). De clustergebieden bevatten weliswaar de grootste concentratie zon op land, maar ook buiten deze gebieden wordt nog een aanzienlijk deel geplaatst. De plaatsing van zon op land is relatief geringer in de Randstad, Friesland, Midden-Brabant en Zuid-Limburg. Ook bevat deze optie een overlap met voor land- en akkerbouw geschikte gebieden. Clustering voorkomt deze overlap niet, maar wordt juist geïntensiveerd doordat de clustergebieden veel overlap hebben met de economisch productieve akkerbouwgronden (Zeeland, Flevoland en Noordoost Nederland).

Door de plaatsing van wind en zon op land in clusters gaat een deel van het landbouwareaal verloren. In Sterke Knopen Nationale Sturing is er sprake van een plaatsing van 37 GW (ca 24.500 ha) zon op landbouwgebied. Door wind en zon gezamenlijk in bepaalde gebieden te realiseren kan voorkomen worden dat er twee keer sprake is van areaalverlies (zon en wind kunnen samen in één gebied gerealiseerd worden). Het gaat in totaal om een verlies aan landbouwareaal van ongeveer 1,1%. In totaal is er sprake van een middelgrote kans op effecten op de occupatielaag.

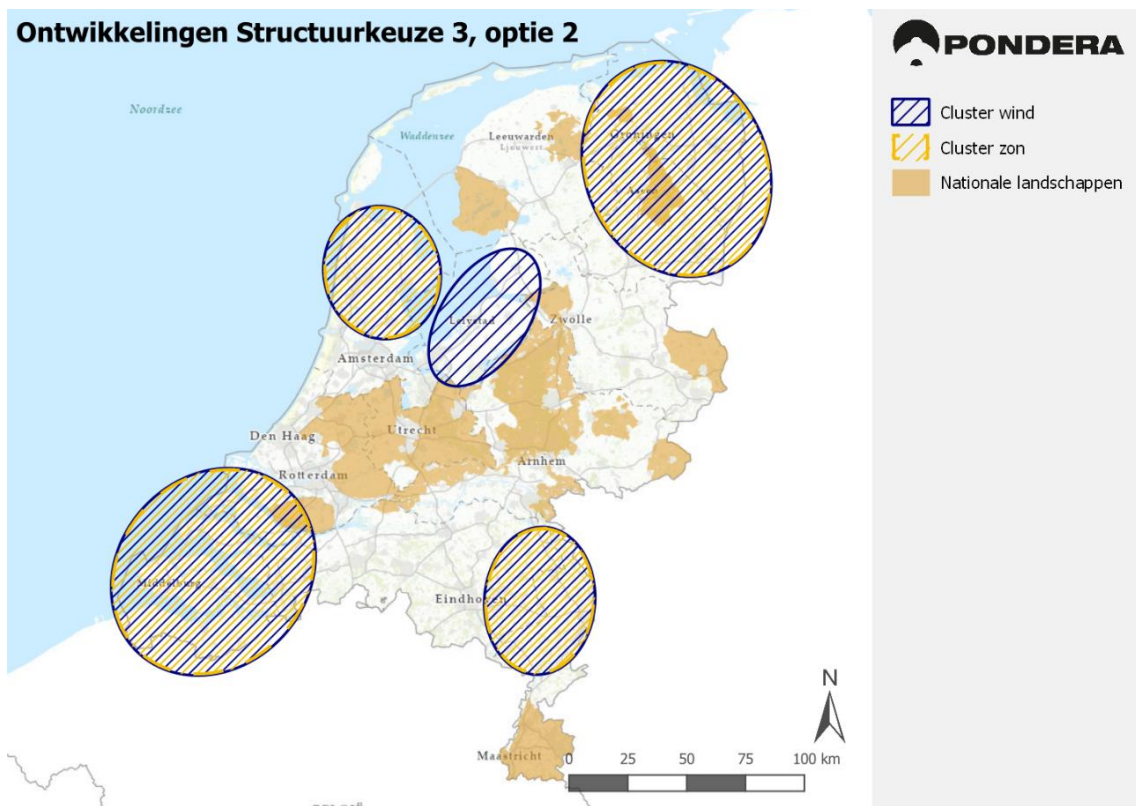
### Netwerklaag

Uit Tabel 4-1 blijkt dat clustering van hernieuwbare opwek een ruimtebeslag heeft van ongeveer 13,5 km<sup>2</sup> voor wind op land en ongeveer 325 km<sup>2</sup> voor zon op veld. Dit betreft het directe ruimtebeslag van wind op land en van zon op land en water. Doordat in de kaarten van NP RES al rekening gehouden is met aanwezige infrastructuur (waterkeringen, buisleidingen, wegen, spoorwegen en hoogspanningsverbindingen) geldt er daarvoor een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag is (met name voor zon) groot, waarbij er geen dubbel ruimtegebruik mogelijk is, waardoor er een grote kans op effecten bestaat op de netwerklaag.

**Ondergrondlaag**

De clustering van wind en zon op land kan bijdragen aan het ontzien van ecologisch gevoelige gebieden en soorten. De locatie van de clusters is hierbij het meest bepalend. Door clustering toe te passen kunnen gebieden en soorten in (nabijheid van) de Veluwe en de Waddenzee worden ontzien. In de plaatsing van hernieuwbaar op land is rekening gehouden met ecologisch beschermde gebieden, waardoor directe effecten op deze gebieden (als gevolg van ruimtebeslag) beperkt kunnen blijven. Er is echter wel sprake van externe effecten op beschermde gebieden. De voor windenergie gevoelige ecologische gebieden en soorten in Zeeland en Noordoost Nederland zullen aanzienlijke effecten ondervinden bij de toepassing van een cluster. Met name het cluster in Zeeland kent een overlap met gebieden die aangemerkt zijn als gebied met het 'hoogste risico' op de Windmolenrisicokaart voor vogels.

Figuur 4-5 Indicatieve locaties clusters en Nationale Landschappen



Voor de plaatsing van zon op land is met name de intensiteit en dichtheid van de panelen bepalend voor het effect op ecologie. Zoals aangegeven wordt er geen zon geplaatst in beschermde natuurgebieden, waardoor hier geen direct effect als gevolg van ruimtebeslag zal optreden. Bij clustering van opwek worden Nationale Landschappen vrijgehouden (zie Figuur 4-5)<sup>20</sup>. Dit betekent dat er ter plekke geen effect zal optreden. Lokaal kunnen landschappelijke effecten, zeker bij grote clusters van zonneparken, wel groot zijn. Voor de ondergrondlaag geldt dat clustering een grote kans op effecten heeft, voornamelijk als gevolg van effecten op Natura 2000 en lokaal op landschap.

<sup>20</sup> In de figuur ligt Nationaal Landschap Drentse Aa in een van de clusteringsgebieden. Er zijn in deze optie echter geen windturbines binnen het nationale landschap voorzien.

#### 4.4.2 Effecten van opslag

Deze optie heeft geen effect op de opslag van waterstof; niet op de totale benodigde hoeveelheid noch op de locaties van waterstofopslag. Wel is er een verschil in locatie van de behoefte aan batterijen.

Die locaties waar een verschil in ruimtebeslag is, staan in de volgende tabel.

Tabel 4-3 Overzicht ruimtebeslag batterijen

Station	Gemeente	Cluster	Optie 2: Clustering hernieuwbare opwek op land	Ruimtebeslag (ha)
Delfzijl Oosterhorn 220kV	Delfzijl	Noordoost Nederland	739 MW	20
Station Winsum Ranum 110kV	Winsum	Noordoost Nederland	493 MW	15
Station Zeewolde 150kV	Zeewolde	Flevoland	296 MW	10
Station Dronten 150kV	Dronten	Flevoland	459 MW	15
Station Vijfhuizen 150kV	Haarlemmermeer	Kop NH	319 MW	10
Station Velsen 150kV	Velsen	Kop NH	455 MW	15
Station Westdorpe 150kV	Terneuzen	Zeeland	394 MW	10
Station Geervliet Noorddijk 150kV	Nissewaard	Zeeland	419 MW	10
Station Meeden 110kV	Midden-Groningen	Noordoost Nederland	315 MW	10

Uit de beoordeling van de plaatsing van batterijen (zie Bijlage XIa) nabij de aangegeven hoogspanningsstations blijkt dat met name plaatsing bij de hoogspanningsstations Geervliet Noorddijk en Velsen een grote kans op effecten kennen en Vijfhuizen, Westdorpe en Meeden een middelgrote kans op effecten kennen. Dit speelt voornamelijk in de netwerklaag. Bij alle hier opgenomen hoogspanningsstations is er sprake van een toename in het opgestelde vermogen van batterijen bij toepassing van clustering (optie 2). Hier staat wel tegenover dat op overige locaties – buiten de clusters – sprake is van een geringe afname ten opzichte van de toepassing van spreiding (optie 1). Dit verschil is echter zeer gering en leidt daarom niet tot een andere effectbeoordeling.

#### 4.4.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

Er treden geen aanvullende knelpunten in het 380kV-netwerk op bij toepassing van de optie clustering. De robuuste knelpunten (beschreven in VII) zijn uiteraard ook in dit geval van toepassing, maar niet onderscheidend. Hiervoor zijn in Bijlage XIa ook al robuuste oplossingen beschouwd. Wel is er sprake van knelpunten bij acht verbindingen in het 150kV-netwerk, die zich manifesteren in Flevoland, Zuidoost Groningen en Zeeuws-Vlaanderen. Deze kunnen worden opgelost door een kleinere pocketstructuur te hanteren dan wel de opwek direct aan te sluiten op het 220kV- of 380kV-netwerk. Hiervoor zijn nieuwe velden en/of stations nodig binnen deze netwerken, maar de exacte locatie van deze infrastructuur is op dit moment niet bekend, aangezien dit sterk afhankelijk is van de exacte plaatsing en aansluiting van de opwekcapaciteit.

#### 4.4.4 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

In deze optie worden de elektrolyzers niet (kleinschalig) bij de opwek op land geplaatst, maar geconcentreerd bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee. Het effect van deze clustering is in structuurkeuze 4 geanalyseerd en beoordeeld (zie voor nadere details hoofdstuk 5).

De plaatsing van de elektrolyzers nabij de aanlandingslocaties van windenergie op zee, resulteert in een ruimtebeslag op industriële locaties van puntinfrastructuur waar al een aanzienlijk ruimtebeslag is voorzien. Wat betreft verbindingen zijn er met name knelpunten in het 150kV-netwerk die mogelijk met een pocketstructuur kunnen worden opgelost. Ook de robuuste ontwikkeling in de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht behoeft verzwaring in deze optie, maar dit is in alle gevallen nodig.<sup>21</sup>

De locaties waar de elektrolyzers worden geplaatst liggen voornamelijk dicht bij het nationale waterstofnetwerk waardoor er beperkt aansluitleidingen nodig zijn. De kans op effecten is met name in de industrieclusters waar aanlanding van windenergie op zee plaatsvindt door het gebrek aan beschikbare ruimte.

## 4.5 Conclusie effectbeoordeling

### 4.5.1 Optie 1: spreiding van hernieuwbare opwek op land

Uit de effectanalyse blijkt dat er geen (anders dan robuuste) knelpunten optreden in de elektriciteitsverbindingen bij toepassing van het ordeningsprincipe van spreiding bij hernieuwbare opwek op land, op een enkel knelpunt op het 150kV-netwerk na. Daarnaast is er sprake van – een op nationaal niveau – geringe toename in het benodigde vermogen aan batterijen. De effecten van het ruimtebeslag door oplossingsrichtingen – anders dan het opgestelde vermogen aan hernieuwbaar op land – zijn beperkt, er is dus sprake van een kleine kans op effecten als gevolg van deze oplossingsrichtingen.

Voor wind op land is het opvallend dat er, ook bij de toepassing van spreiding, enkele gebieden naar voren komen die relatief het grootste deel van het opgestelde vermogen herbergen. Dit zijn gebieden in Noord-oost Nederland, Flevoland, Kop van Noord-Holland, Zeeland, het zuiden van Noord-Brabant en in het midden van Gelderland. Daarnaast zijn in deze optie alle beschikbare gebieden gebruikt om de intensiteit aan wind op land in deze ‘concentratie’ gebieden te laten afnemen. De kans op effecten van wind op land voor ecologie worden als groot beoordeeld. Dit komt onder andere door de kans op aanvaringssslachtoffers, doordat over het gehele landoppervlak windturbines worden gerealiseerd, maar met name ook door de voorziene plaatsing van wind op land in of nabij Natura 2000-gebieden in deze optie (o.a. de Veluwe en de Biesbosch). Ook is er een grote kans op effecten op landschap, omdat niet voorkomen kan worden dat windturbines invloed hebben op dan wel overlappen met de Nationale Landschappen en uiteraard lokaal ook landschappelijke impact hebben. Door een grotere spreiding zal op meer plaatsen sprake zijn van een landschappelijke impact.

Wat betreft zon op water is er sprake van een grote kans op effecten op ecologie (IJsselmeer) en andere gebruiksfuncties (Dollard). Wat betreft zon op land is er sprake van een grote kans op effecten op landbouw. Er bestaat een overlap met clustergebieden voor zon op land en (economisch) productieve landbouwgronden (Zeeland, Flevoland, Noordoost Nederland). De opgave voor hernieuwbare opwek op land, inclusief voor deze structuurkeuze relevante infrastructurele knelpunten, betreft ongeveer 1,3% van het totale Nederlandse landbouwareaal.

### 4.5.2 Optie 2: clustering van hernieuwbare opwek op land

Ook bij clustering van hernieuwbare opwek blijkt uit de effectanalyse dat er geen knelpunten optreden in de elektriciteitsverbindingen bij toepassing van het ordeningsprincipe van clustering bij hernieuwbare opwek op land, op enkele knelpunten op het 150kV-netwerk na. Daarnaast is er sprake van een op natio-

<sup>21</sup> Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

naal niveau geringe toename in het benodigde vermogen aan batterijen. De effecten van het ruimtebeslag door infrastructuur is beperkt en daar is dan ook sprake van een kleine kans op effecten. Dit geldt niet voor het opgestelde opwekvermogen aan hernieuwbaar op land. Daarvoor geldt dat de kans op effecten groot is binnen de clusteringsgebieden.

Door clustering van wind op land ontstaat er in een vijftal gebieden een grote kans op effecten; Zeeland (incl. Regio Rotterdam), Kop van Noord-Holland, Flevoland, en Noordoost Nederland (35%). De clustering in Noordoost Brabant (De Peel) is relatief beperkt. De overige gebieden worden vervolgens gevrijwaard van (op de RES aanvullende) opgave van wind op land. Er zijn geen windturbines voorzien binnen ecologisch beschermde gebieden. Wel is er een middelgrote kans op effecten op ecologie vanwege externe werking op Natura 2000-gebieden en aanvaringslachtoffers. Ten aanzien van landschap worden de Nationale Landschappen vrijgehouden, maar is er lokaal een grote kans op effecten.

Wat betreft zon op land is er ook bij clustering sprake van een grote kans op effecten op landbouw. Er bestaat een overlap met clustergebieden voor zon op land en (economisch) productieve landbouwgronden (Zeeland, Flevoland, Noordoost Nederland). Het ruimtelbeslag is vergelijkbaar met optie 1. De opgave voor hernieuwbare opwek op land, inclusief voor deze structuurkeuze relevante infrastructurele knelpunten (excl. robuuste knelpunten) betreft 1,1% van het totale Nederlandse landbouwareaal. De kans op effecten op landschap is lokaal groot.

#### 4.5.3 Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat het totale ruimtebeslag van de opties onderling nauwelijks verschilt. Er is geen efficiëntie in ruimtegebruik te behalen door de opwek ruimtelijk te clusteren. Dit is inclusief het ruimtebeslag als gevolg van nieuwe verbindingen. De opties van de structuurkeuze kennen geen onderscheid in effecten als gevolg van nieuwe verbindingen en infrastructuur.

De effecten als gevolg van de keuzes in opwek verschillen echter wel. De effecten verschillen met name op de aspecten landschap en ecologie. Door de toepassing van clustering, worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen. De verschillen treden daarbij vooral lokaal op.

De gebieden in Zeeland, Flevoland en Noordoost Nederland (Groningen en Drenthe) hebben in beide opties een grote bijdrage aan de realisatie van de opgave voor hernieuwbare opwek op land. De kans op effecten is dan ook groot in deze gebieden, met name op landschap, natuur en landbouw. De gebieden in Friesland, Overijssel, Gelderland en Limburg hebben een relatief kleiner aandeel, voornamelijk vanwege de verspreid liggende bebouwing.



## 5 Structuurkeuze 4: Locaties clusters van elektrolyzers

### 5.1 Inleiding

Deze structuurkeuze gaat in op de gevolgen van nieuw te plaatsen elektrolyzers aan de hand van een tweetal ordeningsprincipes. De eerste optie gaat uit van het ordeningsprincipe dat elektrolyzers dichtbij de opwek van elektriciteit worden geplaatst, de tweede optie gaat uit van het ordeningsprincipe dat elektrolyzers dicht bij de vraag naar waterstof worden geplaatst. In beginsel worden elektrolyzers ingezet om overschotten van elektriciteit om te zetten naar waterstof. De ordeningsprincipes hebben betrekking op de wijze van transport van de betreffende energiedrager: bij toepassing van optie 1 wordt energie als waterstof naar de vraag getransporteerd, bij toepassing van optie 2 is dit als elektriciteit. Deze structuurkeuze heeft geen betrekking op de omvang van de hoeveelheid energie of de wijze van opslag van energie. Hierin verschillen de opties van deze structuurkeuze niet.

### 5.2 Opties in deze structuurkeuze

In deze structuurkeuze wordt gekeken naar locaties voor clusters van elektrolyzers op land. Uitgangspunt is dat waterstof met elektrolyzers die gekoppeld zijn aan het elektriciteitsstelsel geproduceerd wordt uit overschotten van elektriciteit. Dit is wanneer het totale aanbod van elektriciteit groter is dan de vraag. Elektrolyzers worden dus ingezet als flexibiliteitsmiddelen om het elektriciteitsnet te ontzien en om waterstof te produceren, onder andere voor de industrie. De structuurkeuze bevat twee opties voor het ruimtelijk inpassen van elektrolyzers.

- Optie 1: Clustering van elektrolyzers bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee. De verdeling van de elektrolyzers over de aanlandingslocaties is evenredig met het vermogen aan windenergie op zee dat elektrisch aanlandt.
- Optie 2: Clustering van elektrolyzers bij grote industriële clusters. De verdeling van de elektrolyzers over de industriële locaties is evenredig met de waterstofvraag per locatie (conform gevoeligheidsanalyse 6 van I13050 (Netbeheer Nederland, 2021)).

Tabel 5-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: clustering elektrolyser bij aanlandingslocaties windenergie op zee	Optie 2: clustering elektrolyser bij industrieclusters	Eenheid	Opmerking
Regelbare centrales	-	-		
Elektrolyzers	505	190	Ha	Zie Tabel 5-2 voor een nadere uitsplitsing
Kernenergie	-	-		
Zon op land	-	-		
Wind op land	-	-		
Import	-	-		
Batterijen	-	-		
Waterstofopslag cavernes	-	-		
<b>Verbindingen (elektrisch)</b>				
380kV-verbindingentracé <sup>22</sup>	43	80	Km	

<sup>22</sup> Hier wordt uitgegaan van de hemelsbrede lijnen tussen twee hoogspanningsstations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

Onderdeel	Optie 1: clustering elektrolyser bij aanlandingslocaties windenergie op zee	Optie 2: clustering elektrolyser bij industrieclusters	Eenheid	Opmerking
380kV-verbindingencircuits	86	160	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
220kV-verbindingentracé	0	35	Km	
220kV-verbindingencircuits	0	70	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
Stations en velden	60	20	Ha	
Verbindingen (gassen)				

### Locaties van de elektrolyzers

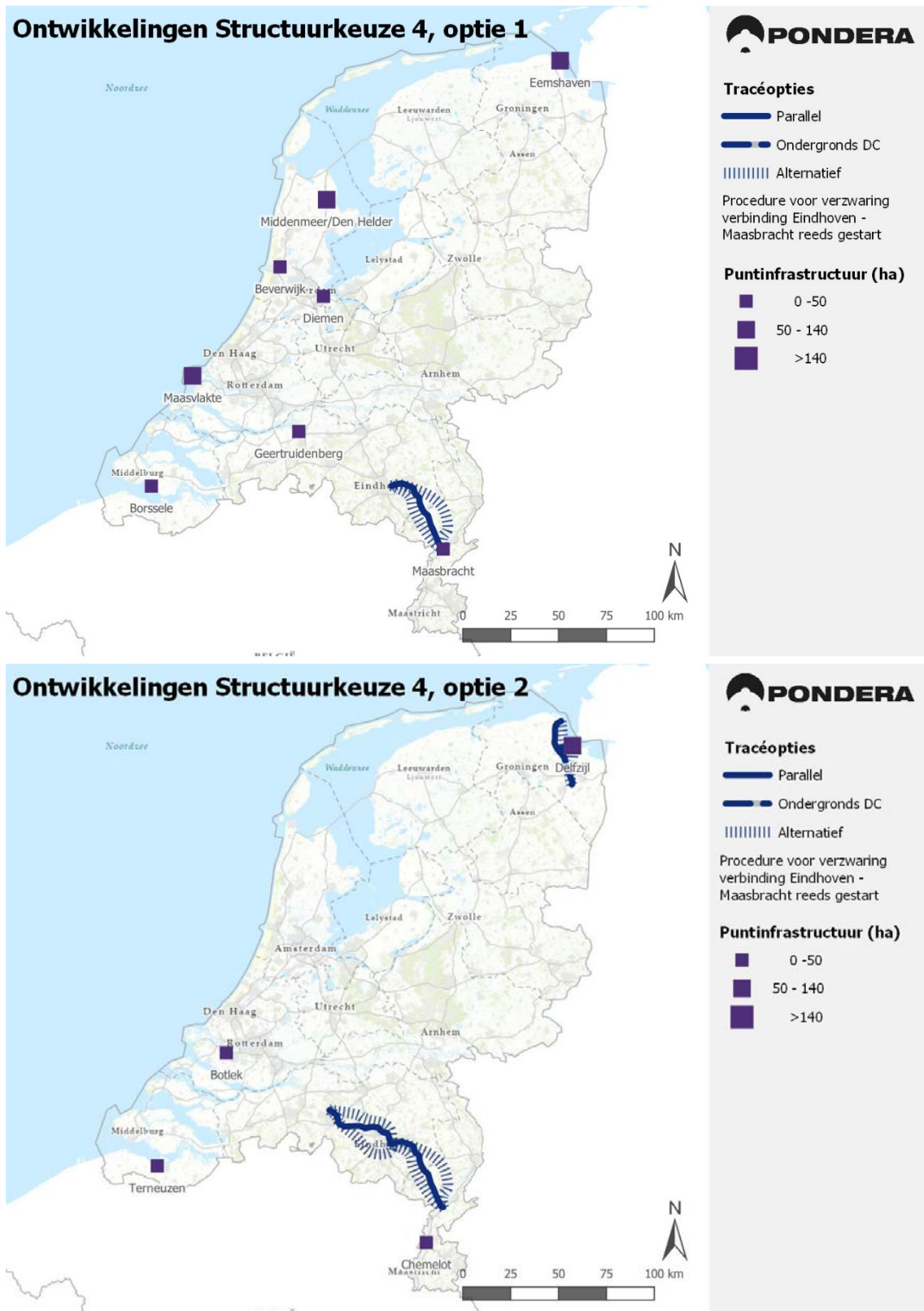
In optie 1 worden de elektrolyzers geclusterd opgesteld bij plekken waar overschotten elektriciteit ontstaan: bij de opwek. Dit zijn de locaties waar windenergie op zee aanlandt. In optie 2 worden de elektrolyzers geclusterd geplaatst bij de locaties waar een grote vraag naar waterstof bestaat. De locaties zijn industriegebieden. In Tabel 5-2 staat de verdeling naar locatie per optie. De effecten op infrastructuur zijn weergegeven in Figuur 5-1.

Tabel 5-2 Verdeling elektrolyzers naar locatie per optie in vermogen en ruimtebeslag

Locatie elektrolyser	Optie 1: Clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee		Optie 2: Clustering elektrolyzers bij industrieclusters	
	GW	Ha	GW	Ha
Terneuzen	0	0	1,9	20
Borssele/Sloegebied	5,2	50	0,1	0
Maasvlakte	10,8	105	0	0
Botlek	0	0	6,2	60
Chemelot	0	0	4,1	40
Maasbracht	5,5	55	0	0
Middenmeer/ Den Helder	8,5	85	0	0
Diemen	5,5	55	0	0
Beverwijk/NZKG	4,8	50	0	0
Eemshaven	8,5	85	0	0
Delfzijl	0	0	6,6	65
Bergen op Zoom	0	0	0,3	5
Geertruidenberg	1,8	20	0	0
<b>Totaal</b>	<b>50,6</b>	<b>505</b>	<b>19,2</b>	<b>190</b>

De clustering van elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee (optie 1) kent een aanzienlijk groter ruimtebeslag van 505 ha ten opzichte van clustering elektrolyzers bij industrieclusters (optie 2) (190 ha). Omdat in optie 1 (Sterke Knopen Nationale Sturing) een ander scenario is gehanteerd dan bij optie 2 (Sterke Knopen Europese Sturing), is er ook sprake van een verschil in vraag. Het vergelijken van het totale ruimtebeslag is daarom niet zinvol. Het Nationale scenario gaat uit van een grotere mate van zelfvoorziening, waar het Europese scenario meer op methaan en op import is gebaseerd.

Figuur 5-1 Overzicht van nieuwe infrastructuur benodigd voor de verschillende opties van de structuurkeuze



### 5.3 Effectbeoordeling van optie 1: clusters van elektrolyzers bij opwek

#### 5.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De effecten van opwek en productie beperken zich in deze structuurkeuze alleen tot het ruimtebeslag van de elektrolyzers (zie Tabel 5-2).

##### Occupatielaag

Het plaatsen van elektrolyzers nabij het aanbod van elektriciteit resulteert in het plaatsen van elektrolyzers bij locaties van aanlanding windenergie op zee. Dit zijn het merendeel industrieclusters aan de kust. Dit betekent dat op deze locaties weinig tot geen woonkernen op korte afstand aanwezig zijn. Uitzonderingen zijn Diemen en Geertruidenberg, waar woonkernen in de nabijheid liggen. Hier geldt een grote kans op effecten op woonkernen. Bij de haven van Rotterdam, Borssele/Sloegebied en Beverwijk is er een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid vanwege de aanwezigheid van (zware) industrie met risicocontouren. Bij Middenmeer/Den Helder is externe veiligheid geen groot aandachtspunt, maar gaat het ruimtebeslag mogelijk ten koste van landbouwgrond, wat een middelgrote kans op effecten heeft. Voor recreatie is de kans op effecten groot bij Diemen, bij de overige locaties speelt recreatie minder vanwege het overwegend industriële karakter van de locaties.

##### Netwerklaag

Voor de netwerklaag is met name het ruimtebeslag voor enkele locaties relevant. De locaties Beverwijk en Diemen hebben geen tot zeer beperkte ruimte voor nieuwe ontwikkelingen. Dit is een grote kans op effecten waarbij dit niet als haalbaar wordt ingeschat. Bij de haven van Rotterdam, Borssele/Sloegebied en in mindere mate Geertruidenberg (middelgrote kans) is de kans op effecten ook groot door het ruimtebeslag. Door het maken van keuzes en/of herinrichting van gebieden lijkt dit ruimtebeslag mogelijk. Bij de andere locaties lijkt er meer ruimte, echter de industrieclusters zijn dynamische gebieden met veel ontwikkelingen. De ruimte in de omgeving van de locaties wordt vaak beperkt omdat hier NNN-gebieden of infrastructuur aanwezig is.

##### Ondergrondlaag

De locaties liggen veelal aan de kust op industrie- en haventerreinen. Wanneer aanvullende ruimte wordt gezocht buiten de bestaande begrenzingen, die aansluit bij dergelijke industrieclusters, is er vaak sprake van zettingsgevoelige en overstromingsgevoelige gebieden. Dit potentiële effect is te beperken door ophoging van het terrein toe te passen. Omdat de elektrolyzers worden geplaatst nabij bestaande haven- en industrieclusters is het de verwachting dat er een kleine kans op effecten op Natura 2000-gebieden zal optreden. Uitzondering hierop is Diemen, dat omsloten wordt door stedelijk gebied en Natura 2000-gebied. De kans op effecten op landschap is klein, aangezien een industriële activiteit wordt toegevoegd aan bestaande industriële clusters. Beverwijk wijkt hier af vanwege de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam. Dit is een grote kans op effecten.

### 5.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Er zijn geen onderscheidende effecten ten aanzien van opslag in deze structuurkeuze, zie Tabel 5-1.

### 5.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Tabel 5-3 geeft de verbindingen weer welke nieuwe infrastructuur voor verbindingen moet worden aangelegd.

Tabel 5-3 Benodigde nieuwe infra

Verbinding	Type	Ingreep
Eindhoven – Maasbracht*	380kV	Nieuwe infra
Maasvlakte – Europoort	150kV	Nieuwe infra
Europoort – Theemsweg		Nieuwe infra
Theemsweg – Botlek		Nieuwe infra
Borssele/Slogebied – Terneuzen		Nieuwe infra

\* Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

Door elektrolyse toe te passen dicht bij het aanbod van windenergie op zee, wordt een aanzienlijk deel in transport van elektriciteit voorkomen. Alleen de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht wordt van nieuwe infrastructuur voorzien. Dit is echter ook een robuust knelpunt en niet onderscheidend ten opzichte van clusteren van elektrolyzers bij industrieclusters. Daarnaast zal voor een viertal verbindingen in het 150kV-netwerk een nieuwe pocketstructuur gerealiseerd worden om de (aanzienlijke) overschrijdingen op het net te kunnen opvangen. De precieze omvang van het ruimtebeslag van deze pocketstructuren is niet aan te geven omdat het nog onbekend is hoe deze pocketstructuren er precies uit komen te zien en hoeveel/welke nieuwe infrastructuur hiermee gemoeid is. Dit is daarom verder niet in beschouwing genomen in dit onderzoek. Ook dit is niet onderscheidend ten opzichte van clustering elektrolyzers bij industrieclusters. Hieronder worden de effecten van de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht beschreven, zie ook hoofdstuk 3 in Bijlage XIa.

#### Occupatielaag

De verbinding Eindhoven–Maasbracht heeft een middelgrote kans op effecten door het kruisen van stedelijke gebieden. Afhankelijk van de tracéoptie worden (niet uitpuittend) bijvoorbeeld Helmond, Mierlo, Someren en/of Weert gekruist. Overige aspecten van de occupatielaag hebben een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

#### Netwerklaag

Voor de netwerklaag geldt er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van NNN-gebieden met lange ontwikkelingsduur. De tracéoptie parallel aan de bestaande bovengrondse verbinding heeft hier een kleine kans op effecten vanwege de parallellegging. Overige aspecten van de netwerklaag hebben een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

#### Ondergrondlaag

De verbinding bevindt zich niet in zettingsgevoelig gebied of drinkwaterbeschermingsgebieden. Door de ligging nabij Natura 2000-gebied de Grootte Peel is de kans op effecten middelgroot. De tracéopties die niet parallel liggen aan de bestaande verbinding hebben een middelgrote kans op effecten op landschap

door doorkruising en cultuurhistorie (beschermde dorpsgezichten). Overige aspecten van de ondergrondlaag hebben een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

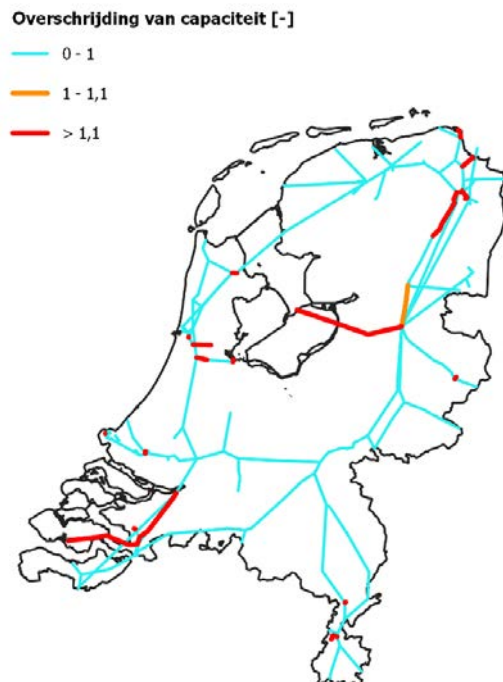
### 5.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Bij optie 1 wordt er gekeken naar Sterke Knopen Nationale Sturing waarbij er sprake is van clustering van elektrolyzers bij de locaties van aanlanding windenergie op zee (opwek). In deze paragraaf wordt ook een vergelijking gemaakt met het Nederland Energieland scenario Nationale Sturing, hier zijn elektrolyzers verspreid over het land neergezet op locaties waar overschot is van elektriciteitsopwekking. Het plaatsen van de elektrolyzers bij de locaties van overschotten in elektriciteitsopwekking zorgt voor een lagere belasting op het elektriciteitsnet omdat er geen elektriciteit getransporteerd hoeft te worden. Echter, de capaciteit van de (huidige) aansluitleidingen van de clusters van elektrolyzers is niet overal voldoende om aan te kunnen sluiten op het nationale waterstofnetwerk. Ook is er niet overal een waterstofleiding, waardoor een nieuwe aansluitleiding nodig is. Figuur 5-2 geeft de knelpunten weer die ontstaan na het toepassen van clusters bij de locaties voor aanlanding windenergie op zee (Sterke Knopen Nationale Sturing). Dit staat ook in Tabel 5-4.

Tabel 5-4 Overzicht knelpunten optie 1 bij Sterke Knopen Nationale Sturing

<b>Traject</b>
<b>Delfzijl (deel)</b>
<b>Traject Moerdijk/Midden Zeeland</b>
<b>Maasbracht-Chemelot</b>
<b>Eemshaven</b>

Figuur 5-2 Knelpunten in H<sub>2</sub>-netwerk in clusters bij opwek. Blauw is geen knelpunt, oranje is een gering knelpunt, rood is een knelpunt. De afbeelding laat ook andere knelpunten zien die optreden in de scenario's



### Verbindingen nabij Delfzijl

Door clustering van elektrolyzers bij opwek neemt de lengte in kilometers van het knelpunt in de verbinding bij Delfzijl toe. Dit betekent dat een langere aansluiting op het nationale waterstofnetwerk gerealiseerd moet worden, dan wel gekozen moet worden om in te voeden op de aldaar aanwezige verbinding met Duitsland. In de beoordeling wordt uitgegaan van een nieuw aan te leggen aansluitverbinding.

#### *Effecten occupatielaag*

Bij toepassing van clustering is het noodzakelijk de gehele aansluitverbinding te verzwaren. Hier dient rekening gehouden te worden met nabijgelegen woonkernen Delfzijl en Meedhuizen. Daarnaast zijn er verschillende risicobronnen aanwezig in het havengebied Delfzijl. Deze zijn echter niet van invloed op de buisleiding. Er zijn enkele recreatieterreinen aanwezig nabij de verbinding, door de ondergrondse aanleg is de kans op effecten klein. De kans op effecten op de occupatielaag is klein.

#### *Effecten netwerklaag*

In de omgeving van Delfzijl zijn meerdere bestaande buisleidingen aanwezig, waardoor er mogelijkheden voor bundeling bestaan. De primaire waterkering nabij Delfzijl wordt niet gekruist. Er is geen NNN-gebied in de nabijheid waardoor er een kleine kans op effecten is. De kans op effecten op de netwerklaag is klein.

#### *Effecten ondergrondlaag*

Het gebied is gedeeltelijk zettingsgevoelig, dit heeft een middelgrote kans op effecten. Verder zijn er enkele archeologische waarden aanwezig, deze kunnen worden vermeden waardoor er een kleine kans op effecten is. Door de ondergrondse aanleg is de kans op effecten voor landschap klein. De kans op effecten op de ondergrondlaag is middelgroot.

### Verbinding Moerdijk–Midden/Zeeland

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

### Verbinding Maasbracht–Chemelot

#### *Effecten occupatielaag*

Het knelpunt in de verbinding tussen Maasbracht en Chemelot betreft voornamelijk de aansluiting van laatstgenoemde op de bestaande hoofdleiding in de buisleidingenstrook. Het betreft met name een verzwarening vanaf Geleen tot aan Chemelot. Op dit tracé wordt voornamelijk landbouwgrond gekruist, deze functie wordt niet permanent gehinderd en heeft daarom een kleine kans op effecten. Daar waar het tracé dicht bij de woonkernen en de industrie komt, volgt deze de aanwezige infrastructuur (rijksweg A2). De risicobronnen rondom het Chemelot-terrein behoeven aandacht bij verdere inpassing, maar zullen geen belemmering zijn voor realisatie. De kans op effecten op de occupatielaag is klein.

#### *Effecten netwerklaag*

In de directe omgeving van het tracé zijn zowel bestaande buisleidingen, rijkswegen en spoorwegen aanwezig. Het tracé kan hier bij aansluiten. Het betreft hier een spoor in particulier beheer. Zoals aangegeven wordt de rijksweg A2 gevolgd om langs Urmond Chemelot binnen te komen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de bestaande reservering voor buisleidingen. De kans op effecten op de netwerklaag is klein.

#### *Effecten ondergrondlaag*

De huidige reservering voor buisleidingen loopt door een archeologisch monument. Effecten op archeologie zijn niet op voorhand uit te sluiten als de huidige reservering wordt gevolgd. Dit is een middelgrote kans op effecten. Voor de overige aspecten is een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de ondergrondlaag is middelgroot.

#### Verbinding Eemshaven

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

## 5.4 Effectbeoordeling van optie 2: clusters van elektrolyzers bij industrieclusters

### 5.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De effecten van opwek en productie beperken zich in deze structuurkeuze alleen tot het ruimtebeslag van de elektrolyzers (zie Tabel 5-2).

#### Occupatielaag

In optie 2 worden de elektrolyzers geclusterd geplaatst bij de locaties waar een grote vraag naar waterstof bestaat. De locaties zijn ook industriegebieden, die verder van de kust en meer landinwaarts liggen. Meerdere locaties met meervoudig ruimtebeslag worden in deze optie ontzien (Borssele/Sloegebied, Maasvlakte, Den Helder/Middenmeer, Beverwijk, Eemshaven). Er blijven echter effecten op havengebieden, aangezien een deel van de elektrolyzers alsnog daar worden geplaatst in havengebieden. Hierbij is er ruimtebeslag voorzien in Terneuzen en Delfzijl en de haven van Rotterdam. Daarnaast is er bij Graetheide een middelgrote kans op effecten door mogelijk ruimtebeslag op landbouwgrond en externe veiligheid. Ook in Terneuzen is er een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid.

#### Netwerklaag

Voor de netwerklaag is met name het ruimtebeslag voor enkele locaties relevant. Haven van Rotterdam, Chemelot en Delfzijl zijn de locaties met een grote vraag, waarbij voor de Rotterdamse haven er beperkte ruimte voor nieuwe ontwikkelingen is. Dit betekent een grote kans op effecten. Bij de andere locaties lijkt er meer ruimte, maar de industrieclusters zijn dynamische gebieden met veel ontwikkelingen. De beperkt beschikbare ruimte is het gevolg van ofwel aanwezige industrie of infrastructuur. Plaatsing van clusters van elektrolyzers bij de vraag resulteert op enkele locaties in een cumulatieve vraag naar koelwater met regelbare centrales of met industriële processen. Op enkele locaties kan dit tot een aanvullend ruimtebeslag leiden, omdat een koeltoren benodigd lijkt om te voorzien in de benodigde koelcapaciteit. De verwachting is echter dat restwarmte zoveel mogelijk gebruikt zal worden in plaats van verbruik van koelwater.

#### Ondergrondlaag

Plaatsing nabij industrieclusters zorgt ervoor dat de elektrolyzers verder van de kust en meer landinwaarts worden geplaatst. Dit is niet voor alle locaties het geval, maar wel bij Chemelot (Graetheide), Maasbracht, en Bergen op Zoom. Voor zettingsgevoeligheid betekent dit dat er een kleine kans op effecten is omdat deze gebieden verder van de kust liggen en veelal minder zettingsgevoelig gebied betreft. Omdat de elektrolyzers worden geplaatst nabij bestaande industrieclusters is er een kleine kans op effecten op



Natura 2000-gebieden. Ook de kans op effecten op landschap is klein, aangezien een industriële activiteit wordt toegevoegd aan bestaand industriële clusters.

#### 5.4.2 Effectbeoordeling van opslag

Er zijn geen onderscheidende effecten ten aanzien van opslag in deze structuurkeuze.

#### 5.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Verbinding	Type	Ingreep
Eindhoven – Maasbracht*	380kV	Nieuwe infra
Tilburg – Eindhoven		Nieuwe infra
Weiwerd – Meeden	220kV	Nieuwe infra
Robbenplaat - Weiwerd		Nieuwe infra
Maasvlakte – Europoort	150kV	Nieuwe infra
Europoort – Theemsweg		Nieuwe infra
Theemsweg – Botlek		Nieuwe infra
Borssele/Slogebied – Terneuzen		Nieuwe infra

\*Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

Naast de nieuwe 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht (robuuste ontwikkeling), is voor clustering elektrolyzers bij industrieclusters ook een nieuwe bovengrondse 380kV-verbinding nodig tussen Tilburg–Eindhoven en nieuwe bovengrondse 220kV-verbindingen rond Weiwerd (Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd). Dit komt vanwege de plaatsing van de elektrolyser nabij de vraag (industriecluster Delfzijl).

#### Occupatielaag

De verbindingen Eindhoven–Maasbracht en Tilburg–Eindhoven hebben een middelgrote kans op effecten door het kruisen van stedelijke gebieden. Hierbij worden bijvoorbeeld (niet uitputtend) Helmond, Weert, Tilburg en Son en Breugel gekruist. Ook voor Robbenplaat–Weiwerd is er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van de woonkernen Appingedam en Delfzijl. Daarnaast is er een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid voor Tilburg–Eindhoven. De kans op effecten op de occupatielaag bij de 220kV-verbinding rondom Weiwerd–Meeden is klein.

#### Netwerklaag

Voor de netwerklaag geldt er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van NNN-gebieden voor Eindhoven–Maasbracht, Tilburg–Eindhoven en Weiwerd–Meeden (enkel bij de niet-parallele tracéoptie, zie hoofdstuk 41 Bijlage XIa). Bij de zuidelijke tracéoptie van Tilburg–Eindhoven is de kans op effecten groot vanwege kruisen NNN en weidevogelrijk grasland. Overige aspecten van de netwerklaag hebben een kleine kans op effecten.

#### Ondergrondlaag

Door bovengrondse aanleg is er een kleine kans op effecten op drinkwaterbeschermingsgebieden voor Tilburg–Eindhoven. De verbindingen rondom Weiwerd bevinden zich mogelijk in zettingsgevoelig gebied, maar de kans op effecten is klein vanwege bovengrondse aanleg. De tracéopties van Tilburg–Eindhoven een middelgrote of grote kans op effecten op Natura 2000 en landschap. De tracéopties rondom Weiwerd hebben een kleine of middelgrote kans op effecten op landschap, bij Natura 2000 is er sprake van een

grote kans op effecten bij een tracéoptie nabij de Waddenzee. Overige aspecten van de ondergrondlaag hebben een kleine kans op effecten.

#### 5.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

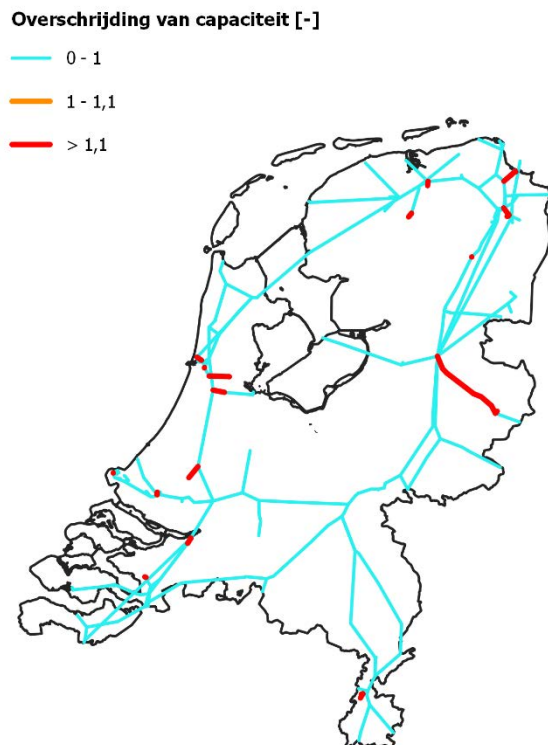
De clustering van de elektrolyzers bij de industrie geeft een aantal nieuwe knelpunten op aansluitleidingen van het nationale waterstofnetwerk naar de industrie. In Tabel 5-5 staat welke knelpunten ontstaan als er voor clustering gekozen wordt bij de industrieclusters. Die verbindingen waarbij een onderscheid is te maken bij het toepassen van het clusteringsprincipe worden hierna beoordeeld.

Tabel 5-5 Overzicht knelpunten optie 2

Traject
Traject Moerdijk/Midden Zeeland
Maasbracht–Chemelot
Eemshaven

Figuur 5-3 geeft de knelpunten weer die ontstaan na het toepassen van clusters bij de vraag.

Figuur 5-3 Knelpunten in H<sub>2</sub>-netwerk in clusters bij vraag. De afbeelding laat ook andere knelpunten zien die optreden in de scenario's



### Verbinding Zeeland – Brabant

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

### Verbinding Maasbracht – Chemelot

#### *Effecten occupatielaag*

Het knelpunt in de verbinding tussen Maasbracht en Chemelot betreft voornamelijk de aansluiting van laatstgenoemde op de bestaande hoofdleiding in de buisleidingenstrook. Het betreft met name een verzwaring vanaf Geleen tot aan Chemelot. Op dit tracé wordt voornamelijk landbouwgrond gekruist, deze functie wordt niet permanent gehinderd en heeft daarom een kleine kans op effecten. Daar waar het tracé dicht bij de woonkernen en de industrie komt, volgt deze de aanwezige infrastructuur (rijksweg A2). De risicobronnen rondom het Chemelot-terrein behoeven aandacht bij verdere inpassing, maar zullen geen belemmering zijn voor realisatie. De kans op effecten op de occupatielaag is klein.

#### *Effecten netwerklaag*

In de directe omgeving van het tracé zijn zowel bestaande buisleidingen, rijkswegen en spoorwegen aanwezig. Het tracé kan hier bij aansluiten. Het betreft hier een spoor in particulier beheer. Zoals aangegeven wordt de rijksweg A2 gevolgd om langs Urmond Chemelot binnen te komen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de bestaande reservering voor buisleidingen. De kans op effecten op de netwerklaag is klein.

#### *Effecten ondergrondlaag*

De huidige reservering voor buisleidingen loopt door een archeologisch monument. Effecten op archeologie zijn niet op voorhand uit te sluiten als de huidige reservering wordt gevolgd. Dit is een middelgrote kans op effecten. Voor de overige aspecten is een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de ondergrondlaag is middelgroot.

### Verbinding Eemshaven

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

## 5.5 Conclusie effectbeoordeling

### 5.5.1 Optie 1: elektrolyzers bij aanlandingslocaties

De plaatsing van de elektrolyzers nabij de aanlandingslocaties van windenergie op zee, resulteert in een ruimtebeslag op industriële locaties van puntinfrastructuur waar al een aanzienlijk ruimtebeslag is voorzien. Wat betreft verbindingen zijn er met name knelpunten in het 150kV-netwerk die mogelijk met een pocketstructuur kunnen worden opgelost. Ook de robuuste ontwikkeling in de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht behoeft verzwaring in deze optie, maar dit is in alle gevallen nodig. De locaties waar de elektrolyzers worden geplaatst liggen voornamelijk dicht bij het nationale waterstofnetwerk waardoor er beperkt aansluitleidingen nodig zijn. De kans op effecten is met name in de industrieclusters waar aanlanding van windenergie op zee plaatsvindt door het gebrek aan beschikbare ruimte.

### 5.5.2 Optie 2: elektrolyzers bij industrieclusters

De plaatsing van elektrolyzers nabij industrieclusters, en bij de H<sub>2</sub>-vraag, betekent ruimtebeslag van puntinfrastructuur op locaties waar een kleinere opgave is dan bij locaties waar aanlanding van windenergie op zee is. Dit betekent een kleinere ruimtedruk op de grote aanlandingslocaties van windenergie op zee. Dit betekent echter wel dat er nieuwe verbindingen nodig zijn om de elektrolyzers te voorzien van elektriciteit. Dit leidt tot nieuwe verbindingen tussen Tilburg–Eindhoven, Eindhoven–Maasbracht (robuuste ontwikkeling), Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd. Dit leidt voornamelijk tot kans op effecten in de occupatielaag door kruisen van woonkernen en externe veiligheid, de netwerklaag door kruising van NNN-gebieden en de ondergrondlaag door landschappelijke effecten en effecten op Natura 2000-gebieden.

### 5.5.3 Conclusie

De plaatsing van de geclusterde elektrolyzers nabij de aanlanding van windenergie op zee heeft een positief effect op de knelpunten in het elektriciteitsnet en resulteert in enkele lokale knelpunten in de waterstofinfrastructuur. De plaatsing van geclusterde elektrolyse verder landinwaarts op locaties waar H<sub>2</sub>-vraag aanwezig is resulteert in drie (aanvullend op de robuuste) nieuwe bovengrondse verbindingen in het elektriciteitsnet (380kV/220kV). Dit is het gevolg van het benodigde transport van de elektriciteit van aanlandingslocaties van windenergie op zee naar de elektrolyzers toe.

De kans op effecten door plaatsing van de geclusterde elektrolyzers nabij de vraag neemt af op locaties waar veel industrie is en veel toekomstige ontwikkelingen zijn voorzien (o.a. havens van Rotterdam, Amsterdam, Borssele/Sloegebied en Eemshaven). Door minder benodigde puntinfrastructuur is er minder ruimte nodig op deze locaties. De locaties bij de H<sub>2</sub>-vraag hebben over het algemeen meer ruimte beschikbaar en/of minder voorziene ontwikkelingen. Plaatsing van elektrolyzers bij de H<sub>2</sub>-vraag leidt tot kleinere kans op effecten van puntinfrastructuur op de netwerklaag (ruimtebeslag) bij aanlandingslocaties windenergie op zee, maar zorgen voor grotere kans op effecten op de occupatielaag (woonkernen), netwerklaag (NNN-gebieden) en ondergrondlaag (landschap en Natura 2000) door nieuwe hoogspanningsverbindingen ten opzichte van plaatsing van elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee.

## 6 Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales

### 6.1 Inleiding

In 2050 is er aanzienlijk meer regelbaar vermogen nodig. Dit vanwege de toename in de vraag naar elektriciteit en de toename van het aandeel duurzame en variabele opwek. Er is regelbaar vermogen in de vorm van elektriciteitscentrales nodig. Dit wordt voor een deel ingevuld door grootschalige centrales die een aanzienlijk gedeelte van het jaar draaien. Deze komen op dezelfde locaties als waar de centrales nu staan. Naast deze centrales zijn er ook regelbare centrales nodig die ingezet worden om de absolute pieken op te vangen en slechts enkele honderden uren per jaar draaien. Afhankelijk van het scenario is er tot 20 GW aan regelbare centrales nodig. De regelbare centrales kunnen op verschillende locaties worden geplaatst. In deze structuurkeuze worden twee opties onderzocht, ruimtelijke clustering of spreiding vanuit het oogpunt van netoptimalisatie.

Het scenario dat gehanteerd is voor deze structuurkeuze is Europese Sturing. In dit scenario is in totaal 36 GW aan regelbaar vermogen nodig, waarvan 18 GW aan kleinschalige regelbare centrales en 18 GW aan grootschalige regelbare centrales.

### 6.2 Opties in deze structuurkeuze

De volgende opties worden in deze structuurkeuze onderzocht.

- Optie 1: Verspreiding van regelbare centrales over het hele land op basis van de lokale tekorten. Op deze manier wordt het transport van elektriciteit geminimaliseerd. De basis is het Nederland Energieland alternatief met het scenario Europese Sturing.
- Optie 2: Clustering van regelbare centrales op Barro-locaties. De centrales worden zo dicht mogelijk bij de lokale tekorten geplaatst, onder voorbehoud dat op die Barro-locaties voldoende fysieke ruimte beschikbaar is. De basis is het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.

Tabel 6-1 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie. In Figuur 6-1 staan de Barro-locaties in Nederland waar grootschalige elektriciteitsopwekking is toegestaan.

Tabel 6-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

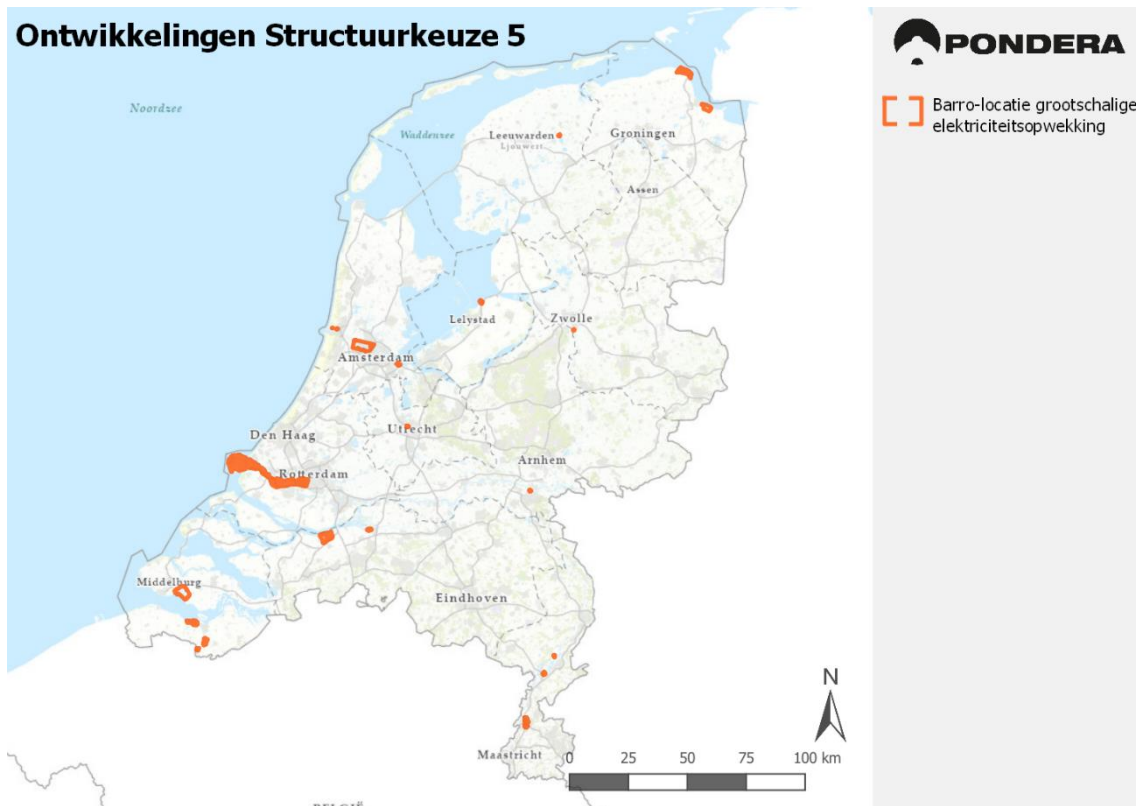
Onderdeel	Optie 1: spreiding regelbare centrales (MW)	(ha)	Optie 2: clustering regelbare centrales (MW)	(ha)	Eenheid	Opmerking
<b>Opwek/productie (regelbare centrales binnen vestigingsplaatsen)</b>						
Amsterdam (Hemweg)	513	5	4.254	35	MW/ha	
Borssele/Sloengebied	1.319	10	1.722	15	MW/ha	
Buggenum	92	0	604	5	MW/ha	
Burgum	717	5	1.097	10	MW/ha	
Delfzijl	597	5	947	10	MW/ha	
Diemen	625	5	769	5	MW/ha	
Eemshaven	4.872	40	8.731	70	MW/ha	
Flevoland/Lelystad	909	10	813	10	MW/ha	
Geertruidenberg (Amercentrale)	660	5	917	10	MW/ha	
Geleen (Graetheide/ Chemelot)	331	5	1.151	10	MW/ha	

Onderdeel	Optie 1: spreiding regelbare centrales (MW)	(ha)	Optie 2: clustering regelbare centrales (MW)	(ha)	Eenheid	Opmerking
Maasbracht	1.261	10	3.626	30	MW/ha	
Moerdijk	909	10	821	10	MW/ha	
Rotterdam Botlek	1.264	10	792	5	MW/ha	
Rotterdam Maasvlakte	2.381	20	7.055	55	MW/ha	
Rotterdam RoCa	321	5	203	0	MW/ha	
Rotterdam Vondelingenplaat	815	10	749	5	MW/ha	
Terneuzen, Sas van Gent	454	5	704	5	MW/ha	
Utrecht Lage Weide	547	5	437	5	MW/ha	
Velsen	900	10	803	5	MW/ha	
<b>Verspreid buiten Barro-locaties gebieden</b>	16.713	135*	0	0	MW/ha	*720 hectare als uitgegaan wordt van minimaal 5 ha per locatie (144 locaties met 120 MW) <sup>23</sup>
<b>Totaal binnen Barro- locaties</b>	19.485	175	36.194	300	MW/ha	Incl. grote centrales
<b>Totaal</b>	36.198	310	36.194	300	MW/ha	
<b>Totaal buiten Barro- locaties</b>	16.713	135	0	0	MW/ha	
<b>Opslag</b>						
Geen effecten a.g.v. optie	-		-			
<b>Elektriciteitsinfrastructuur</b>						
380kV- verbindingentracé <sup>24</sup>	-		-		Km	
380kV- verbindingencircuits	-		-		Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
380kV-velden (bij Barro-locaties)	2	10	17	20	Velden/ha	Inclusief velden voor elektrolyzers.
<b>Methaan- en waterstofinfrastructuur</b>						
Knelpunten verbindingen methaan (>10%)	5		6			Oplossingsrichting zonder ruimtebeslag
Knelpunten verbindingen waterstof (>10%)	4		6			Oplossingsrichting zonder ruimtebeslag
<b>Totaal</b>		320*		320		*895 hectare bij uitgangspunt 144 locaties van elk 120 MW en 5 ha

<sup>23</sup> Zie ook paragraaf 2.1 van Bijlage X.

<sup>24</sup> Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee stations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

Figuur 6-1 Barro-locaties voor grootschalige elektriciteitsopwekking in Nederland



### 6.3 Effectbeoordeling van optie 1: spreiding regelbare centrales

#### 6.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De plaatsing van regelbare centrales op locaties waar tekorten ontstaan, levert een totaal van 161 locaties op. Op 144 van deze locaties is in de huidige situatie geen (grootschalige) elektriciteitscentrale aanwezig. Twee van deze 144 locaties zijn voorzien op een aangewezen vestigingsplaats grootschalige elektriciteitsopwekking in het Barro. Per locatie wordt een gemiddeld vermogen van 120 MW opgesteld, wat betekent dat op elk van deze locaties het minimale ruimtebeslag van 5 hectare wordt toegevoegd. Dit ruimtebeslag wordt niet per individuele locatie beoordeeld, omdat dit een regionale inpassing betreft. De effecten van de plaatsing van grote elektriciteitscentrales op de Barro-vestigingsplaatsen worden niet beoordeeld, omdat het huidige opgestelde regelbaar vermogen hierin wordt vervangen door grote centrales. Het uitgangspunt is dat de effecten van dit regelbaar vermogen gelijk is aan de huidige situatie.

#### Occupatielaag

##### *Buiten aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking*

Een ruimtebeslag van vijf hectare per locatie is op nationaal niveau gering. Echter heeft het plaatsen van een omvangrijk bouwwerk en ook risicobron, inclusief het benodigde koelwater een effect op de omgeving. De piekvraag van elektriciteit wordt met name veroorzaakt door industrie, waardoor het aannemelijk is dat de centrales voornamelijk op of in de nabijheid van industriegebieden worden geplaatst. De kans dat het ruimtebeslag neerslaat op landbouwterreinen is aanwezig, met name wanneer er geen plaats is op de industrieterreinen zelf. Dit kan resulteren in verlies van landbouwareaal van maximaal 720 hectare. Dit is een middelgrote kans op effecten op landbouw. Wat betreft externe veiligheid kan gesteld worden dat er

op 144 locaties een risicobron wordt toegevoegd. Er is daarmee een middelgrote kans op effecten op de occupatielaag.

### Netwerklaag

#### *Buiten aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking*

Er is geen effectbeoordeling mogelijk van de kans op effecten op het Natuurnetwerk Nederland, aangezien exacte locaties buiten de Barro-locaties in de effectanalyse ontbreken. Wel kan gesteld worden dat de kans op effecten op NNN zal toenemen ten opzichte van clustering in de Barro-locaties. Dit vanwege het grotere ruimtebeslag en de plaatsing buiten de meer industriële Barro-locaties. Effecten zijn dus niet uit te sluiten, dit leidt tot een middelgrote kans op effecten. Het totale ruimtebeslag voor deze optie is, uitgaande van een minimaal benodigd ruimtebeslag van 5 hectare per locatie buiten de bestaande locaties en een totaal van 144 locaties met een vermogen van 120 MW, 720 hectare. Het ruimtebeslag binnen de Barro-locaties is 175 hectare. Dit is inclusief het ruimtebeslag van de reguliere (grote) centrales. Het totale ruimtebeslag van deze optie is dan 895 hectare. Voor de netwerklaag is er een middelgrote kans op effecten.

### Ondergrondlaag

#### *Buiten aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking*

Er is een middelgrote kans op effecten voor wat betreft de beschikbaarheid van koelwater. De locaties die buiten de vestigingsplaatsen liggen zijn niet exact ingetekend. De beschikbaarheid van koelwater voor de locaties buiten de Barro-locaties zijn niet exact bekend. Er kan geen analyse uitgevoerd worden over de beschikbaarheid per locatie. Echter, kijkend naar de restopgave van 16.713 MW aan opgesteld vermogen buiten de Barro-locaties en kijkend naar Figuur 6-2 kan gesteld worden dat er een aanzienlijke behoefte aan koelwater is, die lastig verspreid over het land kan worden gerealiseerd indien gebruik gemaakt moet worden van oppervlaktewater voor koeling. Het is mogelijk dat voor een groot deel van het te plaatsen opgesteld vermogen er koeltorens of andere manieren van koeling dan gebruik van oppervlaktewater moet worden toegepast. Dit kan leiden tot een groter ruimtebeslag. Dit betekent een grote kans op effecten door koelwater. Er is ook een verwachte correlatie tussen de locaties met beschikbaar koelwater uit oppervlaktewater en de overstromingsgevoeligheid van de locatie. Dit is niet alleen het geval aan de kustlocaties, maar ook nabij rivieren. Dit is een middelgrote kans op effecten. Ook is het van belang om de locaties voor regelbare centrales - vanwege de koelwaterbehoefte - op afstand te plaatsen van grondwaterbeschermingsgebieden en drinkwatervoorzieningsgebieden, dan wel voorzieningen te treffen waardoor opwarming van het infiltrerende water zo veel als mogelijk wordt voorkomen. Met betrekking tot landschap is de verwachting dat spreiding tot een groter negatief totaaleffect zal leiden dan clustering in bestaande Barro-locaties. Naar verwachting is de kans op effecten van zettingsgevoeligheid klein, aangezien hier in de aanlegmethode rekening mee gehouden kan worden. Voor de ondergrondlaag is er een grote kans op effecten.

### 6.3.2 Effectbeoordeling van opslag

De structuurkeuze heeft geen ruimtelijk effect op de locaties van opslag.

### 6.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Door het spreiden van de regelbare centrales zijn aanvullende velden nodig bij hoogspanningsstations nabij de locaties van deze centrales, die worden aangesloten op het 110kV- of het 150kV-netwerk. De exacte locatie en de omvang van het ruimtebeslag van deze velden is onbekend en is daarom niet meegenomen in de beoordeling.



#### 6.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er zijn enkele aansluitleidingen voor methaan en waterstof die als knelpunt naar voren komen in de uitgevoerde berekeningen zoals bijvoorbeeld de Maxima centrale bij Lelystad. In de berekeningen is er echter een bepaalde verdeling in leidingen gemaakt tussen waterstof en methaan. Door deze verdeling anders te maken zijn verschillende knelpunten opgelost. Hierdoor zijn er voor methaan geen ruimtelijke effecten te verwachten. Bij waterstof treden er dan nog knelpunten op bij de aansluiting regelbare centrales bij Amsterdam Hemweg en Eemshaven omdat de huidige aansluitleiding niet toereikend is. Een aansluiting met grotere capaciteit (grotere diameter) is hiervoor nodig. Dit is mogelijk in hetzelfde traject als de ligging van de huidige leiding (vervanging). Hierdoor is er geen ruimtelijk effect en is dit niet verder meegenomen. De benodigde capaciteit van deze aansluitleidingen is bij spreiding regelbare centrales (optie 1) kleiner dan bij clustering regelbare centrales (optie 2), maar dit heeft geen onderscheidende effecten.

Wat wel onderscheidend kan zijn, maar buiten de scope van de IEA valt is zijn gevolgen voor het regionale netwerk. Door spreiding van regelbare centrales zijn er aansluitleidingen nodig naar deze locaties. Dit is niet verder meegenomen in de beoordeling omdat het regionale netwerk niet onder de scope van de IEA valt, maar kan wel regionaal leiden tot nieuwe leidingen en daarmee mogelijk regionale effecten op Milieu & Ruimte.

### 6.4 Effectbeoordeling van optie 2: clustering regelbare centrales op Barro-locaties

#### 6.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

In deze optie worden alle regelbare centrales geplaatst binnen de grenzen van de vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking. De regelbare centrales worden over 12 van deze locaties verdeeld. Op tien van deze locaties zijn ook grote centrales voorzien. Het gemiddelde vermogen per locatie is hier ongeveer 1.500 MW.

##### Occupatielaag

###### *Binnen aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking*

Het plaatsen van een omvangrijk bouwwerk en ook risicobron, inclusief het benodigde koelwater (eventueel met een koeltoren) heeft een effect op de omgeving. De locaties zijn echter veelal al voorzien van elektriciteitscentrales, waardoor het effect op de omgeving beperkt wordt. De locaties zijn hier namelijk voor aangewezen en er is al soortgelijke industrie aanwezig. Dit betekent niet dat er geen effect optreedt. De locaties Geertruidenberg, Diemen en Amsterdam Hemweg liggen nabij woonkernen, dit is een middelgrote kans op effecten. Daarnaast is er een middelgrote kans op effecten in de occupatielaag in het kader van externe veiligheid en de nabijheid van risicobronnen. Dit speelt met name bij de haven van Rotterdam, Borssele/Slogebied en Moerdijk. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

##### Netwerklaag

###### *Binnen aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking*

Het ruimtebeslag van de centrales is met name op de locaties Maasbracht, Amsterdam Hemweg, Eemshaven en de Maasvlakte omvangrijk (30-70 hectare). In combinatie met andere voorziene ontwikkelingen voor energie-infrastructuur of havengebonden ontwikkelingen is sprake van een tekort aan beschikbare ruimte. In de Rotterdamse haven is een grote kans op effecten door ruimtebeslag, op de overige locaties gaat dit om een middelgrote kans op effecten. De kans op effecten op de netwerklaag is groot.

## Ondergrondlaag

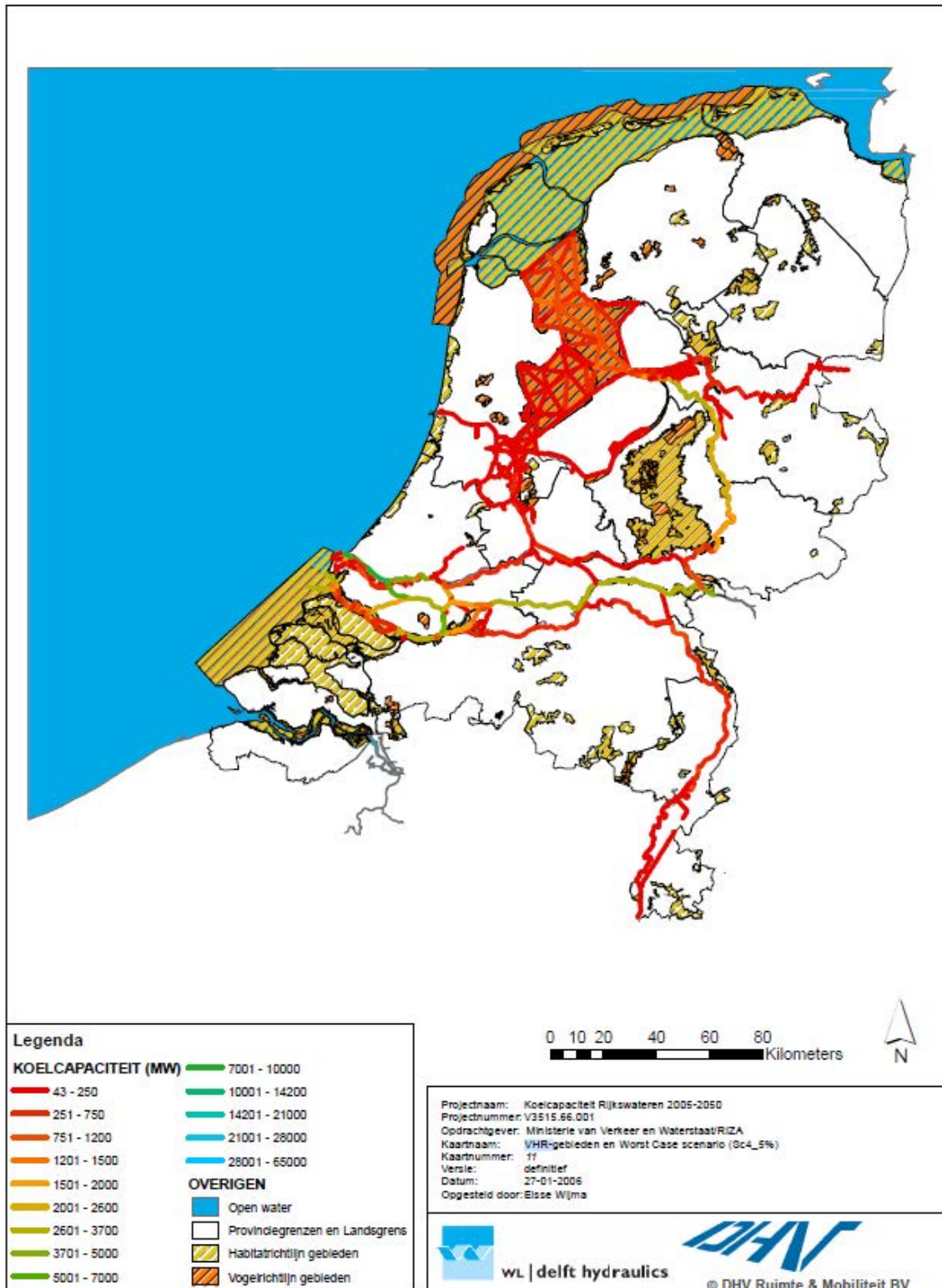
### *Binnen aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking*

Naar verwachting is de kans op effecten van zettingsgevoeligheid en overstromingen klein, aangezien hier in de aanlegmethode rekening mee gehouden kan worden. De kans op effecten op de beschikbaarheid van koelwater zijn middelgroot tot groot voor enkele locaties. In Tabel 6-2 is per locatie aangegeven wat de verwachte beschikbaarheid van koelwater uit nabijgelegen oppervlaktewater is (zie ook Figuur 6-2). Daarnaast is een inschatting gegeven – mede op basis van de effectbeoordeling in Bijlage XIa – of er mogelijk ruimte is voor de toepassing van koeltorens. Per optie is een beoordeling gegeven voor de kans op effecten (tweede en derde kolom Tabel 6-2). De kans op effecten voor de ondergrondlaag is middelgroot tot groot.

Tabel 6-2 Beschikbaar koelwater uit oppervlaktewater en ruimte voor koeltorens

Barro-locatie	Optie 1: spreiding regelbare centrales MW	Optie 2: clustering regelbare centrales MW	Beschikbaar koelwater uit oppervlaktewater	Gebruik koeltorens
Amsterdam (Hemweg)	513	4.254	Beperkte capaciteit aanwezig.	Beperkte ruimte aanwezig
Borssele/Slogebied	1.319	1.722	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Westerschelde)	Ruimte aanwezig
Buggenum	92	604	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan de Maas	Ruimte aanwezig
Burgum	717	1.097	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan Bergemer Meer	Ruimte aanwezig
Delfzijl	597	947	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Waddenzee)	Ruimte aanwezig
Diemen	625	769	Beperkte capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (IJsselmeer)	Geen ruimte aanwezig
Eemshaven	4.872	8.731	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Waddenzee)	Ruimte aanwezig
Flevoland/Lelystad	909	813	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (IJsselmeer)	Ruimte aanwezig
Geertruidenberg (Amercentrale)	660	917	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Biesbosch)	Ruimte aanwezig
Geleen (Graetheide/Chemelot)	331	1.151	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan de Maas	Ruimte aanwezig
Maasbracht	1.261	3.626	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan de Maas	Ruimte aanwezig
Moerdijk	909	821	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Biesbosch)	Ruimte aanwezig
Rotterdam Botlek	1.264	792	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Rotterdam Maasvlakte	2.381	7.055	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Rotterdam RoCa	321	203	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Rotterdam Vondelingenplaat	815	749	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Terneuzen, Sas van Gent	454	704	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Westerschelde)	Ruimte aanwezig
Utrecht Lage Weide	547	437	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Velsen	900	803	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig

Figuur 6-2 Potentiële koelcapaciteit voor droog jaar met maximale klimaatverandering (VWS, 2005)



#### 6.4.2 Effectbeoordeling van opslag

De structuurkeuze heeft geen ruimtelijk effect op de locaties van opslag.

#### 6.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Door het clusteren van de regelbare centrales op 12 locaties zijn aanvullende velden nodig op deze locaties. De centrales worden aangesloten op het 220kV- of 380kV-netwerk. In Tabel 6-3 zijn de locaties en bijbehorend ruimtebeslag aan velden opgenomen.

Tabel 6-3 Ruimtebeslag voor uitbreiding velden bij 220kV-/380kV-stations

Vestigingsplaats	Ruimtebeslag (ha)
Amsterdam (Hemweg)	10
Borssele/Sloegebied	10
Eemshaven	10
Geleen (Graetheide/Chemelot)	10
Maasbracht	10
Maasvlakte	10
<b>Totaal</b>	<b>60</b>

De realisatie van extra velden op een locatie hebben met name een ruimtebeslag als effect. Uit de effectbeoordeling van de knelpunten lijkt dat op alle locaties het beoogde ruimtebeslag gevestigd kan worden met een kleine kans op effecten bij toepassing van enkel het robuuste ruimtebeslag. Bij toepassing van het maximale ruimtebeslag is dit anders. Hieronder wordt kort de beoordeling besproken als de nieuwe velden onderdeel zijn van het maximale ruimtebeslag op de locaties.

##### Occupatielaag

Voor Hemweg, Borssele/Sloegebied, Graetheide/Chemelot geldt een middelgrote kans op effecten door externe veiligheid en/of nabijgelegen woonkernen. Bij Maasbracht is er een grote kans op effecten door aanwezige recreatiegebieden en landbouw. Bij de Eemshaven is er een kleine kans op effecten. De occupatielaag heeft een grote kans op effecten.

##### Netwerklaag

Voor de netwerklaag geldt er een grote kans op effecten is door het grote ruimtebeslag bij Borssele/Sloegebied en de Rotterdamse haven. Bij de andere locaties gaat het om middelgrote kans op effecten door ruimtebeslag. Verder is er een middelgrote kans op effecten op NNN bij Borssele/Sloegebied en de Rotterdamse haven. De netwerklaag heeft een grote kans op effecten.

##### Ondergrondlaag

Borssele/Sloegebied heeft een grote kans op effecten door archeologie. Voor de haven van Rotterdam is de nabijheid van Natura 2000 reden voor een middelgrote kans op effecten. Bij Maasbracht is er een middelgrote kans op effecten door aardkundige waarden en aanwezige rijksmonumenten. De overige locaties hebben een kleine kans op effecten voor de ondergrondlaag.

#### 6.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er zijn enkele aansluitleidingen voor methaan en waterstof die als knelpunt naar voren komen in de uitgevoerde berekeningen zoals bijvoorbeeld de Maxima centrale bij Lelystad. In de berekeningen is er echter een bepaalde verdeling in leidingen gemaakt tussen waterstof en methaan. Door deze verdeling anders te maken zijn verschillende knelpunten opgelost. Hierdoor zijn er voor methaan geen ruimtelijke effecten te verwachten. Bij waterstof treden er dan nog knelpunten op bij de aansluiting regelbare centrales bij Amsterdam Hemweg en Eemshaven omdat de huidige aansluitleiding niet toereikend is. Een aansluiting met grotere capaciteit (grotere diameter) is hiervoor nodig. Dit is mogelijk in hetzelfde traject als de ligging van de huidige leiding (vervanging). Hierdoor is er geen ruimtelijk effect en is dit niet verder meegenomen. De benodigde capaciteit van deze aansluitleidingen is bij spreiding (optie 1) kleiner dan bij clustering van regelbare centrales (optie 2) door meer vermogen bij de Barro-locaties, maar dit heeft geen onderscheidende effecten.

### 6.5 Conclusie

#### 6.5.1 Optie 1: spreiding regelbare centrales

Bij het verspreiden van regelbare centrales zijn er voornamelijk effecten te verwachten door de plaatsing van de centrales buiten de Barro-locaties. De precieze locatie van deze centrales is niet vastgesteld. Er is een middelgrote kans op effecten op de occupatielaag omdat er op 144 locaties buiten de Barro-locaties een risicobron wordt toegevoegd aan de omgeving. Ook voor de netwerklaag is er een middelgrote kans op effecten door het grote ruimtebeslag (maximaal ongeveer 720 ha) dat verspreid over Nederland gebruikt wordt voor de plaatsing van regelbare centrales. Daarnaast zijn effecten op NNN-gebieden niet uit te sluiten, ook hier geldt een middelgrote kans op effecten. Voor de ondergrondlaag is er sprake van een grote kans op effecten door de verwachte beperkte beschikbaarheid van koelwater. De verspreiding van locaties kan ook leiden tot effecten in het regionale elektriciteitsnetwerk en het buisleidingennetwerk. Dit valt buiten de scope van de IEA en is niet nader onderzocht.

#### 6.5.2 Optie 2: clustering regelbare centrales bij Barro-locaties

Bij de clustering van regelbare centrales op de Barro-locaties is er sprake van een middelgrote kans op effecten in de occupatielaag door externe veiligheid door het toevoegen van een risicobron. Ook is er bij Geertruidenberg en Hemweg een middelgrote kans op effecten op bebouwing door de nabijgelegen woonkernen. Voor de netwerklaag is de kans op effecten groot door een tekort aan beschikbare ruimte op de Barro-locaties. Door het clusteren van elektriciteitscentrales is er weinig ruimte beschikbaar in combinatie met andere mogelijke ontwikkelingen van de energie-infrastructuur, denk hierbij aan nieuwe stations, batterijen, elektrolyzers en infrastructuur voor aanlanding van windenergie op zee. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten middelgroot tot groot door een gebrek aan beschikbaar koelwater.

#### 6.5.3 Conclusie

De keuze van clustering of het verspreid plaatsen van de regelbare centrales heeft beperkt impact op de nationale buisleidingen- en elektriciteitsinfrastructuur. Er zullen enkele aansluitleidingen verzwaard moeten worden, dit heeft geen ruimtelijk effect. De clustering van regelbare centrales op de Barro-locaties heeft een positief effect voor landschap in vergelijking met de verspreide plaatsing (nabij vraag). Het totale ruimtebeslag neemt aanzienlijk toe bij verspreide plaatsing van regelbare centrales. De kans op effecten van het ruimtebeslag is echter kleiner dan het ruimtebeslag als gevolg van geclusterde plaatsing op de Barro-locaties. De reden hiervoor is dat op de Barro-locaties erg weinig ruimte beschikbaar is.

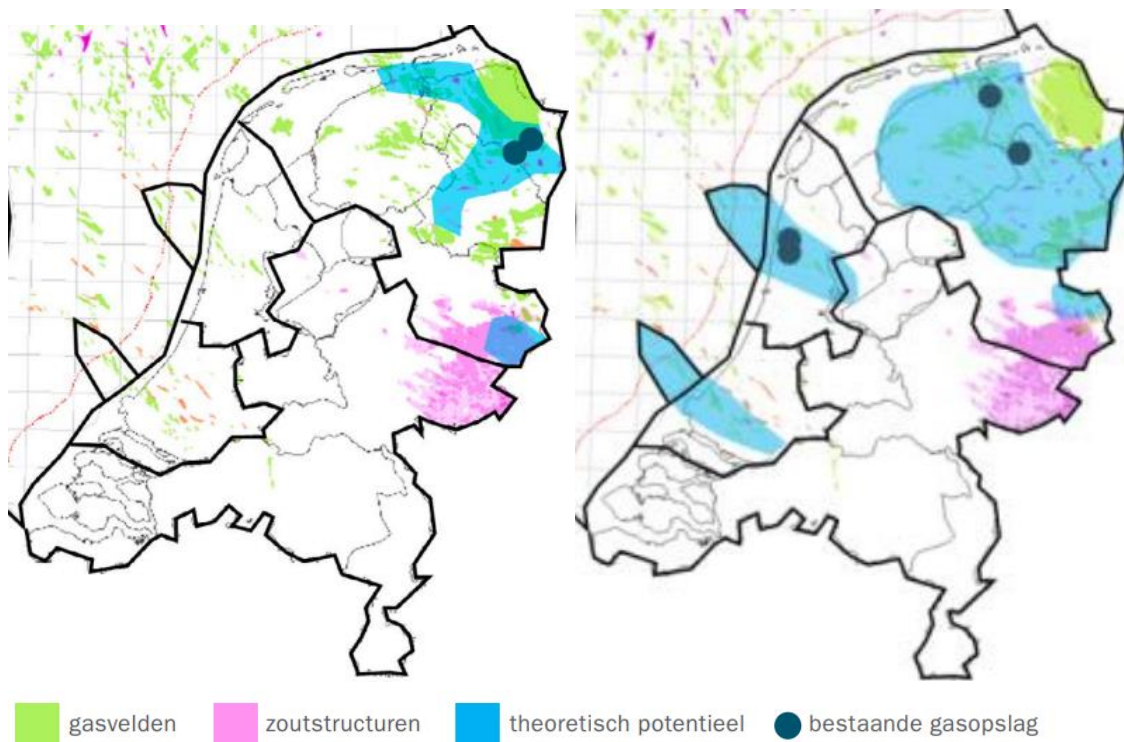
Het ruimtebeslag van de verspreide plaatsing kan worden gerealiseerd op locaties waar een lagere ruimtedruk bestaat dan de bestaande Barro-locaties. De geclusterde plaatsing van de regelbare centrales vraagt op verschillende Barro-locaties om aanvullende ruimte vanwege de beperkte beschikbaarheid van koelwater en de benodigde toepassing van koeltorens. Deze ruimte is op verschillende locaties niet beschikbaar. Daarnaast kunnen er effecten (bijvoorbeeld nieuwe aansluitingen) op het regionale net optreden voor zowel elektriciteit als methaan en waterstof bij verspreide ligging van regelbare centrales. Dit valt buiten de scope van de IEA en is niet nader onderzocht.

## 7 Structuurkeuze 6: Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden

### 7.1 Inleiding

Voor langetermijnopslag, bijvoorbeeld om een seizoen te overbruggen, is een groot opslagvolume vereist (tussen de 10 en 47 TWh), dat veel ruimte in beslag neemt. Ondergrondse opslag van waterstof is hiervoor geschikt. In 2050 wordt waterstof in alle Nederland Energieland scenario's ingezet om in vraag naar lange termijn (ook wel seizoens-)opslag te voorzien. De opslag wordt gevuld op momenten van overschot aan waterstof en levert op momenten van schaarste. In alle scenario's is opslag in zoutcavernes in Zuidwending voorzien, waarvoor geschikte cavernes ontwikkeld moeten worden (zie ook Bijlage IV). Er is een technisch potentieel van 60 cavernes met een totaal vermogen van 43,3 TWh in Nederland voorzien (TNO, Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES, 2020). In Figuur 7-1 is de onshore potentie van zoutstructuren (links) en gasvelden (rechts) voor gasopslag weergegeven. De blauwe velden geven de regio's aan waar het potentieel zich bevindt.

Figuur 7-1 Zoutstructuren (links) en gasvelden (rechts) potentieel voor gasopslag (TNO, 2021)



Deze structuurkeuze gaat over opslaglocaties voor de opslag van waterstof (10 TWh bij Europese Sturing en 37 TWh bij Nationale Sturing). Eén mogelijkheid is om de opslag alleen in – nog te ontwikkelen – zoutcavernes op te slaan. Dit is het geval bij het scenario Europese Sturing. De andere mogelijkheid is om de opslag te verdelen over enkele nieuw te ontwikkelen zoutcavernes nabij bestaande locaties en dit aan te vullen met opslag in bestaande gasopslagen. Dit is het geval bij het scenario Nationale Sturing. De opties zijn onderzocht met een aanzienlijk onderling verschil in omvang van opslagcapaciteit. Voor het vergelijken van de effecten van de beide opties is het van belang om dit verschil in omvang in ogenschouw te nemen.



Zoutcavernes kennen naast opslag van waterstof andere gebruiksmogelijkheden, waaronder opslag van perslucht, olieafvalproducten of andere gassen zoals stikstof of helium. Olieafvalproducten worden gebruikt voor het opvullen van instabiele zoutcavernes in zoutkussens (rond Hengelo en Enschede). De voorziene zoutcavernes in Noord-Nederland zijn stabiele smalle diepe cavernes in zoutpilaren. Opvullen met olieafvalproducten is daarmee geen prioritaire gebruiksmogelijkheid. Perslucht opslag, met een capaciteit van ordegrrootte 100 MW en flexibiliteit voor een uur tot minder dan een week, is een andere gebruiksmogelijkheid van zoutcavernes. Vanuit leveringszekerheid van energie voor seizoensfluctuaties (meerdere weken) heeft waterstofopslag een hogere prioritering dan perslucht. Opslag van andere gassen zoals stikstof of helium zijn niet noodzakelijk onderdeel van het energiesysteem van de toekomst.

## 7.2 Opties in deze structuurkeuze

De opties in deze structuurkeuze zijn als volgt:

- Optie 1: Een geografische spreiding van opslag in zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe. Deze optie is gebaseerd op het scenario Europese Sturing en gaat uit van 10 TWh aan waterstofopslag. Dit gaat om ongeveer 36 cavernes.
- Optie 2: Opslag in beschikbare huidige gasopslagen en in lege gasvelden, aangevuld met opslag in nieuw aan te leggen zoutcavernes nabij bestaande locaties. Deze optie is gebaseerd op het scenario Nationale Sturing. De optie gaat uit van 45% van de benodigde opslagcapaciteit in de bestaande gasopslag Norg, 40% in de bestaande gasopslagen in Noord-Holland, 5% in een leeg gasveld in Zuid-Holland en 5% in cavernes bij Zuidwending.

De seizoensopslag van methaan vindt plaats in de overige bestaande gasopslaglocaties. Het totale beschikbare opslagvolume hiervan is toereikend en kent dan ook geen nieuw ruimtebeslag.

### 7.2.1 Ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen

De volgende tabel geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 7-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: zoutcavernes	Optie 2: lege gasvelden	Een heid	Opmerking
<b>Opwek/productie</b>				
Niet relevant voor structuurkeuze	-	-		
<b>Opslag</b>				
Waterstof in cavernes	125	25	ha	Bovengronds ruimtebeslag
Waterstof in gasopslagen	0	10	ha	Bovengronds ruimtebeslag
<b>Elektriciteitsinfrastructuur</b>				
Niet relevant voor structuurkeuze	-	-		
<b>Methaan- en waterstofinfrastructuur</b>				
Aansluitleiding binnen bestaand tracé	0	8	km	Indicatieve lengte vanwege modelmatige inpassing opslaglocaties
Nieuwe gasverbindingen	186	0	km	Indicatieve lengte vanwege modelmatige inpassing opslaglocaties
Nieuwe waterleidingen	186	0	km	Indicatieve lengte vanwege modelmatige inpassing opslaglocaties

Onderdeel	Optie 1: zoutcavernes	Optie 2: lege gasvelden	Eenheid	Opmerking
Putten	72	0	-	
Gasstation injectie	5	0	-	
Gasstation productie	5	0	-	
Pekelverwerking	1	0	-	
Waterfabriek	1	0	-	

### 7.3 Effectbeoordeling van optie 1: opslag waterstof in zoutcavernes

#### 7.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De scenario's die de basis zijn voor de opties verschillen in omvang van opwek, waar voor deze structuurkeuze de import van waterstof van belang is; het scenario Europese Sturing gaat uit van een grotere omvang van import dan het scenario Nationale Sturing. De effecten van opwek zijn hierdoor verschillend en niet direct onderling vergelijkbaar. De effecten van opwek in het scenario Nationale Sturing zijn beoordeeld in structuurkeuze 3: Clustering extra wind en zon op land.

#### 7.3.2 Effectbeoordeling van opslag

De kans op effecten van opslag gaat over de effecten die kunnen ontstaan door de ondergrondse opslag van waterstof. De kans op effecten door bovengrondse installaties wordt geanalyseerd en beoordeeld bij de effecten van methaan/waterstofinfrastructuur (paragraaf 7.3.4).

##### Occupatielaag

De 36 zoutcavernes worden ontwikkeld binnen het potentiegebied in het noorden van Nederland (zie Figuur 7-1). De locaties in Twente zijn beperkt geschikt voor de opslag van waterstof, vanwege de overwegend geringere diepte. De zoutcavernes worden ontwikkeld in de provincies Groningen, Drenthe en een klein deel in Friesland. De bebouwingsdichtheid in deze gebieden is op nationaal niveau gezien relatief gering. Ook ligt de stad Groningen buiten het potentiegebied. Er is sprake van een concentratie van de opslag in het Noordoosten van Nederland.

De beoordeling voor het aspect externe veiligheid gaat in op de kans van het optreden van een blow-out tijdens de aanleg van de caveerne, de kans op geïnduceerde bevingen en de kans op het ontstaan van lekkages. De laatste twee voor zowel tijdens de aanleg als tijdens het gebruik van de opslagen. Uit het eerder uitgevoerd milieueffectrapport voor de Structuurvisie Ondergrond blijkt dat de kans op een blow-out en de kans op bevingen klein is, waardoor deze geen relevante invloed hebben op de effectbeoordeling (I&W, Structuurvisie Ondergrond, 2018)). De kans op lekkages is groter en kan zich voordoen tijdens de aanleg en gebruik (injectie en productie). Dit onderdeel wordt behandeld bij de 'ondergrondlaag'. Het benodigde ruimtebeslag zal waarschijnlijk ten kosten gaan van landbouwgrond en betekent een middelgrote kans op effecten. Dit is dan ook een middelgrote kans op effecten voor de totale occupatielaag.

##### Netwerklaag

Het ruimtebeslag van de bovengrondse installaties van de cavernes is in deze optie in totaal 125 ha. Het potentiegebied waar dit ruimtebeslag terecht zal komen beslaat een totaaloppervlak van ongeveer 2.500 km<sup>2</sup>. In deze vergelijking is het ruimtebeslag klein. Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag.

### Ondergrondlaag

De aanleg van cavernes heeft bodemdaling tot gevolg. De mate waarin zich dit voordoet, is onder andere afhankelijk van de nabijheid van andere cavernes, de geomechanische eigenschappen van het zout, de diepteligging, de temperatuur, de operationele druk in de caveerne en de duur van (lagere) drukcondities. Ter indicatie; de voorspelde bodemdaling voor de huidige gasbuffer in de cavernes bij Zuidwending is 8,2 tot 16,4 centimeter in 2050 (Gasunie, 2016). Als de zoutcavernes dicht bij elkaar geplaatst worden, bijvoorbeeld in clusters van zes zoals bij Zuidwending, kan de impact van de nieuw aan te leggen infrastructuur beperkt worden. Maar het cumulatieve effect van een cluster van meerdere (tientallen) cavernes kan tot een sterkere bodemdaling leiden. Vanwege het aantal cavernes dat in het gebied is voorzien en de potentiële bodemdaling die als gevolg van zoutwinning en gasopslag kan optreden, is er sprake van een grote kans op effecten door bodemdaling.

De kans op effecten door overstroming is in het potentiegebied over het algemeen gering, maar middelgroot in de omgeving van Winschoten (inclusief locatie Heiligerlee). Hier bestaat een middelgrote kans op effecten door een overstromingsdiepte van ongeveer 3 meter.

De kans is op lekkage van waterstof naar grondwater is klein, omdat het ontwerp van de put hierop is aangepast en omdat de put gemonitord wordt op lekdichtheid tijdens exploitatie. In het geval er een lekkage optreedt kan dit gemitigeerd worden door de exploitatie stil te leggen om de afsluiting te herstellen. Hiermee wordt ook een grotere lekkage voorkomen.

De boring van een put kan door één of meerdere scheidende grondlagen worden uitgevoerd. Hierdoor ontstaat de kans op vermenging van grondwater van verschillende kwaliteiten. De kans op het optreden van effecten door vermenging van watervoerende lagen is klein omdat de effecten van vermenging door een gat in de scheidende laag zeer gering en lokaal van aard zijn. Ook zijn deze effecten te mitigeren door meervoudige casings toe te passen. Als een scheidende grondlaag wordt geraakt stopt de casing en wordt verder geboord met een kleinere diameter, tot een volgende scheidende grondlaag wordt geraakt.

Als bovengrondse installaties in open weidevogelgebied en Natura 2000-gebieden worden geplaatst, hebben deze een grote kans op effecten. Als de plaatsing hierbuiten wordt gerealiseerd is er – zeker bij clustering van installaties – een kleine kans op effecten. Landschappelijk gezien is er bij waterstofopslag vooral op lokaal schaalniveau een kans op effect, door de aanleg van benodigde bovengrondse installaties. Bodemdalingen hebben alleen een negatief effect als er bovengronds duidelijk waarneembare schade optreedt. Ook dit zal naar verwachting een lokaal effect zijn. Er is een grote kans op effecten op de ondergrondlaag. Effecten voor de aspecten natuur, landschap en overstromingsgevoeligheid kunnen variëren afhankelijk waar de cavernes daadwerkelijk worden gerealiseerd.

### 7.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Er zijn in deze structuurkeuze geen relevante effecten op de elektriciteitsinfrastructuur.

### 7.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De kans op effecten van de methaan/waterstofinfrastructuur is afhankelijk van de plaatsing van pekelverwerkingslocaties of de aanwijzing van locaties voor lozing, gasstations voor gasinjectie en -stations voor gasproductie en aansluiting op het gasnet per cluster van cavernes.

Voor de aanleg van nieuwe zoutcavernes moet eerst zout gewonnen worden. Het gewonnen zout moet afgevoerd worden. In Nederland wordt jaarlijks voldoende zout geproduceerd om in 2050 voldoende cavernes te hebben voor 15 TWh waterstofopslag. Dit is voldoende voor de behoefte in deze optie. Voorwaarde is wel dat de winning op de juiste locaties en op de juiste wijze gebeurt. Voor de productie van pekkel is nieuwe infrastructuur nodig in het potentiegebied. Dit betekent dat in dit gebied een pekkelverwerkingsfabriek en een waterfabriek (voor productie zuurstofvrij water) moet worden gerealiseerd. Daarnaast is per cluster een gasstation nodig dat de aanvoer (levering van waterstof) regelt, en een station dat de injectie regelt. Hiermee worden aanvullende risicobronnen in het potentiegebied geïntroduceerd, die ook blootgesteld kunnen worden aan effecten van bodemdaling. Deze infrastructuur heeft een ruimtebeslag van ongeveer 125 ha in het potentiegebied. Afhankelijk van de locatie kan dit lokaal een negatief effect op landschap veroorzaken.

Naast deze infrastructuur is ook een aansluiting nodig op het gasnetwerk. Aansluitleidingen in (waarschijnlijk nieuwe) tracés verbinden de nieuwe (clusters van) cavernes met het nationale waterstofnetwerk. Nieuwe aansluitleidingen van de cavernes naar het nationale waterstofnetwerk hebben een ruimtebeslag dat ook ingepast moet worden in het potentiegebied. Op basis van modelberekeningen en aannames<sup>25</sup> wordt uitgegaan van een totaal van ongeveer 185 kilometer aan nieuwe aansluitleidingen. Deze kennen een onderlinge afstand van 5 meter en worden ondergronds aangelegd. Vanwege de lage bebouwingsdichtheid, weinig zettingsgevoeligheid en het overwegend agrarisch landschap (goed te combineren met ondergrondse buisleidingen) wordt de kans op effecten van deze ondergrondse leidingen als klein beoordeeld voor de occupatielaag, netwerklaag en ondergrondlaag.

## 7.4 Effectbeoordeling van optie 2: opslag waterstof in lege gasvelden

Deze optie gaat uit van waterstofopslag in lege gasvelden. Dit betreft een nog niet bewezen technische toepassing en er zijn meerdere leemten in kennis die moeten worden beantwoord voordat deze opslagtechniek kan worden toegepast. Eén van de belangrijkste leemten betreft de mogelijke chemische reacties die kunnen ontstaan tussen het waterstof en de in het lege gasveld aanwezige materialen en microben.

### 7.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De scenario's die de basis zijn voor de opties verschillen in omvang van opwek, waar voor deze structuurkeuze de import van waterstof van belang is; het scenario Europese Sturing gaat uit van een grotere omvang van import dan het scenario Nationale Sturing. De effecten van opwek zijn hierdoor verschillend en niet direct onderling vergelijkbaar. De effecten van opwek in het scenario Nationale Sturing zijn beoordeeld in structuurkeuze 3: Clustering extra wind en zon op land.

### 7.4.2 Effectbeoordeling van opslag

De effectanalyse van opslag richt zich op de effecten die kunnen ontstaan door de ondergrondse opslag. De effecten door bovengrondse installaties worden geanalyseerd en beoordeeld bij de effecten van methaan/waterstofinfrastructuur (paragraaf 7.4.4).

In deze optie worden huidige gasopslagen voor methaan omgebouwd naar opslagen voor waterstof, en wordt een leeg gasveld gereed gemaakt voor waterstofopslag. Voor de huidige gasopslagen betekent dit

<sup>25</sup> 36 cavernes, verdeel over 5 clusters, per cluster een verbinding naar zoutverwerking en waterfabriek met een gemiddelde afstand van 30 kilometer, aangevuld met 1 kilometer per caverne.

dat de methaanopslagen gefaseerd omgebouwd worden tussen 2030 en 2050. De haalbaarheid en veiligheid van opslag van waterstof in lege gasvelden is nog niet voldoende onderzocht.

### Occupatielaag

De kans op effecten in de occupatielaag is klein, omdat er slechts een beperkte toevoeging is aan de gasopslagcapaciteit. Uitgaande van de mogelijkheid tot het transformeren van de huidige gasopslagen voor methaan tot opslag voor waterstof, wordt alleen in Zuid-Holland een leeg gasveld in gebruik genomen voor gasopslag, dat nu nog niet als zodanig wordt gebruikt. In Figuur 7-1 is in de linker afbeelding aangegeven waar het potentiegebied voor gebruik van lege gasvelden voor gasopslag ligt. Dit gebied beslaat de regio Rotterdam – Den Haag, en strekt zich uit tot de Biesbosch. Er is voor een groot deel van het gebied dus sprake van een hoge bebouwingsdichtheid. Naast deze gasopslag, worden er enkele cavernes gerealiseerd in de nabijheid van de huidige gasopslagen in zoutcavernes; Zuidwending en Heiligerlee. Dit gaat waarschijnlijk ten koste van landbouwgrond en is een middelgrote kans op effecten.

Er is ook een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Vooropgesteld dat er nog veel onduidelijkheid is over de technische haalbaarheid van de opslag van waterstof in lege gasvelden, is wel bekend dat er mogelijk een reactie van waterstof kan ontstaan met het gesteente in het lege gasveld. Hierdoor kan waterstofsulfide ( $H_2S$ ) ontstaan, wat een giftig gas is. Dit gas is zeer corrosief en kan de integriteit van het gasveld en de put aantasten. De kans dat dit gas ontsnapt naar de omgeving is gering door het treffen van maatregelen bij de put. De omvang van het effect op de werking van de gasopslag is echter onbekend en dient nader onderzocht te worden voordat toepassing kan worden gegeven aan deze opslagtechniek (TNO, Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES, 2020). Ook is er nog nader onderzoek nodig om de kans op effecten op externe veiligheid vast te stellen.

### Netwerklaag

Het bovengrondse ruimtebeslag van opslag in deze optie komt voort uit de aan te leggen gasopslag in een leeg gasveld en enkele cavernes en beslaat ongeveer 10 ha voor een leeg gasveld en ongeveer 25 ha voor enkele zoutcavernes. Dit is een gering ruimtebeslag wanneer gekeken wordt vanuit de potentiegebieden voor opslag in lege gasvelden en zoutcavernes. Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag.

### Ondergrondlaag

Zoals in paragraaf 7.3.2 ook is beschreven, hebben zoutcavernes bodemdaling tot gevolg, die wordt veroorzaakt door de zoutwinning en de exploitatie van de gasopslag. De mate waarin de bodemdaling optreedt, is afhankelijk van meerdere factoren en dient nader onderzocht te worden voor de specifieke bestaande locaties bij Zuidwending en Heiligerlee. De kans op effecten door bodemdaling zijn hier als middelgroot beoordeeld vanwege het beperkt aantal zoutcavernes dat wordt gebruikt. De kans is op lekkage van waterstof naar grondwater is klein, omdat het ontwerp van de put hierop is aangepast (dubbele casing) en omdat de put gemonitord wordt op lekdichtheid tijdens exploitatie. In het geval er een lekkage optreedt kan dit gemitigeerd worden door de exploitatie stil te leggen om de afsluiting van de casing te herstellen. Hiermee wordt ook een grotere lekkage voorkomen. De kans op effecten door overstroming nabij de bestaande locaties met zoutcavernes is middelgroot beoordeeld door de overstromingsdiepte van ongeveer 1,5 meter (Zuidwending) tot 3 meter (Heiligerlee).

De boring van een put kan door één of meerdere scheidende grondlagen worden uitgevoerd. Hierdoor ontstaat de kans op vermenging van grondwater van verschillende kwaliteiten. De kans op het optreden van effecten door vermenging van met watervoerende lagen is klein omdat de effecten van vermenging

door een gat in de scheidende laag zeer gering en lokaal van aard zijn. Ook zijn deze effecten – indien opgemerkt – te mitigeren. Zie ook de Structuurvisie Ondergrond (I&W, Structuurvisie Ondergrond, 2018). Landschappelijk gezien is er vooral op lokaal schaalniveau een kans op negatieve effecten. De kans op effecten is klein. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten middelgroot door bodemdaling en overstromingsgevoeligheid.

#### 7.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Er zijn in deze structuurkeuze geen relevante effecten op de elektriciteitsinfrastructuur.

#### 7.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er wordt geen ruimtebeslag door nieuwe verbindingen verwacht in deze optie, omdat de huidige aansluitelingen voldoende zijn, dan wel op dezelfde locatie verzwaard kunnen worden. Dit heeft geen ruimtelijk effect.

### 7.5 Conclusie

De keuze om waterstof ten behoeve van seizoensopslag in zoutcavernes op te slaan is technisch mogelijk. De effecten als gevolg hiervan zijn groot voor bodemdaling, middelgroot voor landbouw. Door de opslag van waterstof in zoutcavernes te realiseren ontstaat er lokaal bodemdaling en gaat de bovengrondse infrastructuur waarschijnlijk ten koste van landbouwgrond. Daarnaast zijn er ondergrondse aansluitelingen op het nationale waterstofnetwerk nodig. Lokaal kan er door de te realiseren infrastructuur negatieve effecten op landschap en natuur ontstaan, afhankelijk van de (nog nader te bepalen) locatie.

De keuze om waterstof op de slaan in bestaande gasopslagen en een leeg gasveld heeft nader onderzoek naar de technische haalbaarheid. De praktische toepassing is nog niet aangetoond. Voor de occupatielaag is er is een middelgrote kans op effecten van externe veiligheid door het mogelijk ontstaan van waterstofsulfide in de gasopslagen. Verder heeft het gebruik van bestaande gasopslagen, een leeg gasveld en enkele zoutcavernes een geringer bovengronds ruimtebeslag ten opzichte van enkel gebruik maken van zoutcavernes. Ook is er minder sprake van bodemdaling.

## 8 Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie

### 8.1 Inleiding

Aan de hand van deze structuurkeuze wordt het effect van het toepassen van kernenergie in het energiesysteem onderzocht. Dit wordt gedaan aan de hand van het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, dat is aangepast door het toevoegen van kernenergie en een afname van regelbare centrales en wind op land. De kerncentrales worden geplaatst op de locaties waarvoor het waarborgingsbeleid<sup>26</sup> geldt, met uitzondering van de locatie in Eemshaven.

### 8.2 Opties in deze structuurkeuze

Er is sprake van twee opties in deze structuurkeuze:

- Optie 1: Keuze voor opwek uit hernieuwbaar op zee en op land en import van waterstof. Dit is uitgewerkt in het scenario Sterke Knopen Europese Sturing. Hierin is uitgegaan van geclusterde plaatsing van regelbare centrales en de plaatsing van wind en zon op land.
- Optie 2: Keuze voor opwek uit kerncentrales, hernieuwbaar op zee en import van waterstof. Dit is uitgewerkt in het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, waarin kernenergie is toegevoegd. Dit alternatief is gebaseerd op Sterke Knopen Europese Sturing maar met in totaal 8,25 GW kerncentrales. Er is daardoor minder capaciteit en inzet van regelbare centrales benodigd en er is na 2030 geen plaatsing meer van extra zon en wind op land.

De volgende tabel geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 8-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: zonder kernenergie	Optie 2: met kernenergie	Eenheid	Opmerking
Regelbare centrales	36,2	27,9	GW	Zowel grote als regelbare centrales
	300	225	ha	
Elektrolyzers	19,2	18,4	GW	
	190	185	ha	
Kernenergie	0	8,3	GW	Exclusief opslag kernafval
	0	75	ha	
Zon op land	0	0	GW	In Sterke Knopen Europees scenario alle zon op daken.
	0	0	ha	
Wind op land	10	0	GW	
	665 <sup>27</sup>	0	ha	
Batterijen	32,6	27,1	GW	
	930	770	ha	
Waterstofopslag	15,3	13,9	TWh	Bovengronds ruimtebeslag
	750	700	ha	
<b>Totaal</b>	<b>2.835</b>	<b>1.955</b>	<b>ha</b>	

<sup>26</sup> Besluit algemene regels ruimtelijke ordening, artikel 2.8.4 en 2.8.5.

<sup>27</sup> Het betreft hier direct ruimtebeslag van windenergie. Het indirecte ruimtebeslag van 10 GW windenergie op land is ongeveer 83.335 ha. Er is gekozen voor het directe ruimtebeslag voor zowel kernenergie als windenergie om een zo eerlijk mogelijke vergelijking te maken. De bredere effecten door de verspreide plaatsing van windenergie op (windturbines kunnen namelijk niet pal naast elkaar geplaatst worden) land worden behandeld in de aspecten landschap en natuur.

Onderdeel	Optie 1: zonder kernenergie	Optie 2: met kernenergie	Eenheid	Opmerking
<b>Elektriciteitsinfrastructuur</b>				
380kV-verbindingentracé <sup>28</sup>	45	174	Km	100 m ruimtebeslag
380kV-velden	10	10	ha	
<b>Totaal</b>	<b>460</b>	<b>17.410</b>	<b>ha</b>	
<b>Methaan- en waterstofinfrastructuur</b>				
Verbindingen	-	-		

### 8.3 Effectbeoordeling van optie 1: geen kernenergie

#### 8.3.1 Effecten van opwek/productie

De effecten van opwek van optie 1 zijn vergelijkbaar met de analyse van structuurkeuzes 3 en 4. Hieronder worden de belangrijkste uitkomsten van de effectanalyse van de daar relevante opties gepresenteerd.

##### Occupatielaag

Voor wind op land is er sprake van een aanzienlijke opgave in enkele gebieden, zijnde Zeeland (20%), Regio Rotterdam (5%), Kop van Noord-Holland (5%), Flevoland (15%) en Noordoost Nederland (35%). Er is, relatief gezien, een beperkte plaatsing van windenergie in Noord-Brabant, Friesland, Gelderland en Overijssel, als ook in de Randstad en Zuid-Limburg (allen minder dan 4%). In het geval van grootschalige clustering van wind op land is de gehanteerde afstand tot bebouwing in de analysekaarten van NP RES mogelijk te beperkt om effecten te voorkomen of beperken (zie ook structuurkeuze 4).

In totaal is ongeveer 190 ha aan elektrolyzers voorzien in deze optie. Deze worden voornamelijk voorzien op locaties voor aanlanding windenergie op zee. Dit zijn locaties waar nu sprake is van havengebonden activiteiten en waar dus mogelijk een conflicterend ruimtebeslag kan optreden.

De kans op effecten wordt als middelgroot beoordeeld voor de occupatielaag.

##### Netwerklaag

Het totale (directe) ruimtebeslag van de opwek in de toepassing van een energiesysteem zonder kernenergie is ongeveer 665 ha. Wanneer ook gekeken wordt naar het indirecte ruimtebeslag is dit uiteraard groter, echter in de onderlinge vergelijking wordt enkel gekeken naar het directe ruimtebeslag, aangezien het indirecte ruimtebeslag voor kernenergie niet goed te definiëren is. Bij indirect ruimtebeslag van windenergie is meervoudig ruimtegebruik met bijvoorbeeld agrarische toepassing mogelijk. Wel is er mogelijk sprake van effecten op NNN-gebieden. Er is daarmee sprake van een middelgrote kans (lichtblauwe beoordeling) op effecten op de netwerklaag.

##### Ondergrondlaag

De clustering van wind op land kan bijdragen aan het ontzien van ecologisch gevoelige gebieden en soorten. De locatie van de clusters is hierbij het meest bepalend. Door clustering toe te passen kunnen gebieden en soorten in (nabijheid van) de Veluwe en de Waddenzee worden ontzien. In de plaatsing van wind op land is rekening gehouden met ecologisch beschermde gebieden, waardoor directe effecten op deze gebieden (als gevolg van ruimtebeslag) beperkt kunnen blijven. Er is echter wel sprake van externe

<sup>28</sup> Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee stations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.



effecten op beschermde gebieden. De voor windenergie gevoelige ecologische gebieden en soorten in Zeeland en Noordoost Nederland zullen aanzienlijke effecten ondervinden bij de toepassing van een cluster. Met name het cluster in Zeeland kent een overlap met gebieden die aangemerkt zijn als gebied met het 'hoogste risico' op de Windmolenrisicokaart voor vogels.

Bij clustering van wind op land worden Nationale Landschappen vrijgehouden (zie ook hoofdstuk 4). Dit betekent dat er ter plekke geen effect zal optreden. Lokaal kunnen landschappelijke effecten, zeker bij grote clusters, wel aanzienlijk zijn. Voor de ondergrondlaag geldt dat er een grote kans op effecten is, voornamelijk als gevolg van effecten op Natura 2000.

De plaatsing van elektrolyzers nabij industrieclusters zorgt ervoor dat de elektrolyzers verder van de kust en meer landinwaarts worden geplaatst. Dit is niet voor alle locaties het geval, maar wel bij Chemelot (Graetheide), Maasbracht, en Bergen op Zoom. Dit heeft een positief effect voor de zettingsgevoeligheid, die op deze locaties kleiner is. Omdat de elektrolyzers worden geplaatst nabij bestaande industrieclusters is het de verwachting dat er geringe effecten op Natura 2000-gebieden zullen optreden. Ook het effect op landschap is gering, aangezien een industriële activiteit wordt toegevoegd aan bestaand industriële clusters. In totaal wordt de kans op effecten door opwek op de ondergrondlaag als groot beoordeeld, met name vanwege potentiële effecten op Natura 2000.

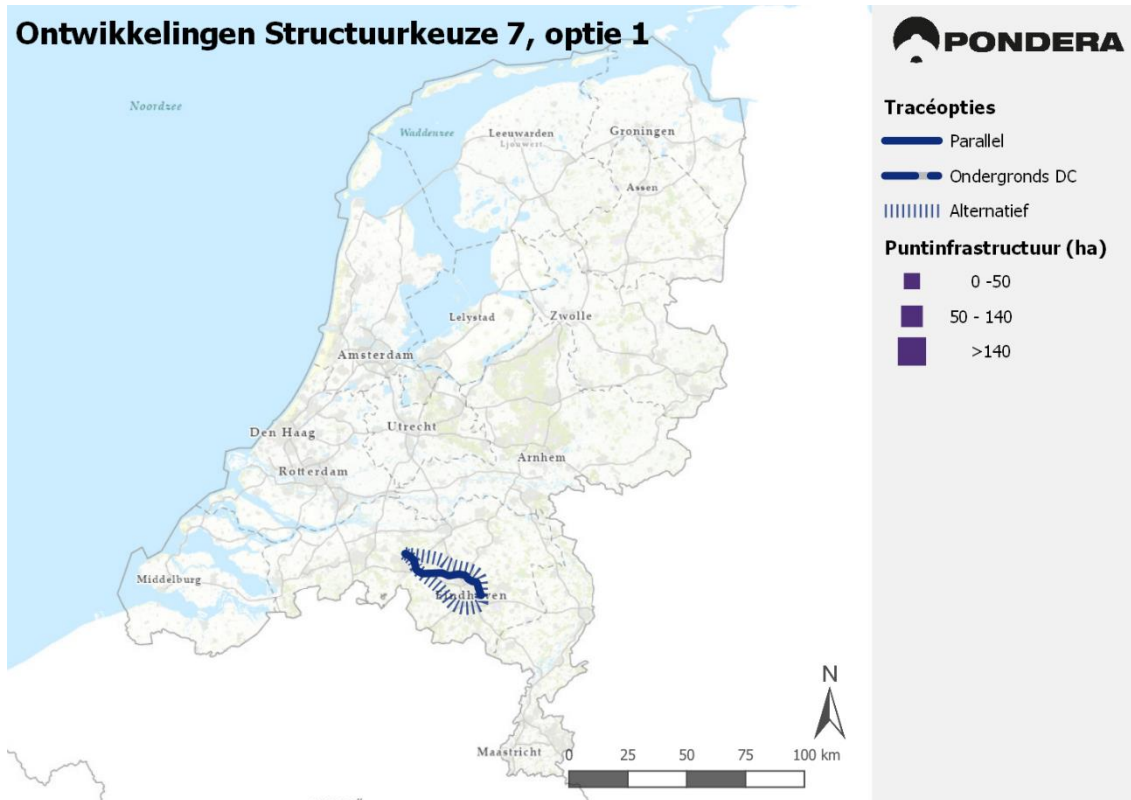
### 8.3.2 Effecten van opslag

Door toepassing te geven aan wind op land (en zon op dak) is een grotere capaciteit aan batterijen nodig, dit is ongeveer 5 GW meer dan wanneer toepassing wordt gegeven aan kernenergie in het energiesysteem (optie 2). Dit betekent een totaal oppervlak van ongeveer 160 hectare dat aanvullend bij hoogspanningsstations gevonden moet worden (in vergelijking met optie 2). Dit aanvullende ruimtebeslag zal mogelijk landen in de regio's Zeeland, Flevoland, Kop van Noord-Holland en Noordoost Nederland, aangezien hier bij een energiesysteem zonder kernenergie de clusters voor wind op land voorzien zijn. Hier is op dit moment echter geen zekerheid over te geven. In hoofdstuk 16 en 22 van Bijlage XIa zijn de effecten van het plaatsen van batterijen nabij hoogspanningsstations beoordeeld. Voor de effectbeoordeling wordt dan ook daarnaar verwezen.

### 8.3.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

In de volgende figuur zijn de knelpunten in het elektriciteitsnetwerk (380kV/220kV) weergegeven die optreden bij toepassing van het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.

Figuur 8-1 Knelpunten in hoogspanningsnet bij scenario Sterke Knopen Europese Sturing



De effecten op het hoogspanningsnet, relevant voor deze structuurkeuze, staan in de volgende tabel. De lengtemaat van de hoogspanningsverbinding betreft een hemelsbrede lijn, die een indicatie geeft van de afstand van de verbinding waarvoor mogelijk nieuwe infrastructuur moet worden aangelegd.

Tabel 8-2 Overzicht effecten op elektriciteitsinfrastructuur optie 1

Component	Lengte (km)/oppervlak (ha)	Type
Tilburg – Eindhoven	45 km	380kV-tracé (nieuwe infra)

Hieronder wordt een samengevatte beoordeling van deze aanpassingen aan de infrastructuur gegeven. In totaal is ongeveer 45 km aan nieuwe hoogspanningsverbinding nodig bij realisatie van deze optie. Deze is gebaseerd op de beoordelingen in Bijlage XIa. Voor de volledige beoordeling van het tracé wordt verwezen naar hoofdstuk 40 in deze bijlage.

### 8.3.4 Effectbeoordeling tracé

#### Occupatielaag

Deze tracéoptie sluit nauw aan bij het bestaande 380kV-verbinding en loopt dicht langs grote stedelijke gebieden en door landbouwgebied. Er is overlap met meerdere (middel)grote woonkernen: Tilburg, Berkel-

Enschot, Son en Breugel, en Eindhoven. Daarbij is overlap met ongeveer 10-15 recreatieve gebieden. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op recreatie. Ook liggen er ongeveer tien PR10<sup>-6</sup>-contouren (installatie en inrichting) bij bedrijventerreinen die worden gekruist, dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

#### Netwerklaag

De tracéoptie doorkruist op meerdere locaties verschillende bestaande (netwerk)infrastructuur, waarbij in de meeste gevallen geen sprake is van een paralleligging. Rondom Tilburg worden zowel (gas)buisleidingen, spoorwegen, rijkswegen en een bovengrondse 150kV-verbinding gekruist. Buiten stedelijke gebieden wordt ten zuiden van Moergestel opnieuw een (gas)buisleiding en rijksweg A65 gekruist. Richting het noorden van Oirschot worden opnieuw een bovengrondse 150kV-verbinding, (gas)buisleidingen, en een waterweg gekruist. Ten noorden van Best worden vervolgens nog een (gas)buisleiding, spoorweg en rijksweg gekruist. Op weg naar het 380kV-station Eindhoven vindt nog een kruising plaats met een (gas)buisleiding, rijksweg en een 150kV-verbinding. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Dit betekent een kleine kans op effecten op infrastructuur. Over het hele tracé worden op verschillende plaatsen NNN-gebieden doorkruist. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

#### Ondergrondlaag

De bodem is niet zettingsgevoelig vanwege het zandige karakter. Grondwaterbeschermingsgebieden zijn aanwezig tussen Moergestel en Oisterwijk en bij Son en Breugel. Door de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Er is geen kruising van Natura 2000-gebieden. De parallelle tracéoptie scheert langs de Mortelen en doorsnijdt het stroomgebied van de Beerze. Dit betekent een middelgrote kans op effecten voor landschap. Er is overlap met archeologische monumenten op elf plekken. Met name tussen Eindhoven, Nuenen en Son en Breugel liggen veel van deze locaties. Hier liggen ook gebieden met een landschappelijk aardkundige waarde en een rijksmonument. Vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

### 8.3.5 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

Er treden geen relevante ruimtelijke effecten op in de methaan/waterstofinfrastructuur.

## 8.4 Effectbeoordeling van optie 2: energiesysteem met kernenergie

### 8.4.1 Effecten van opwek/productie

#### Occupatielaag

Het plaatsen van nieuwe kerncentrales in de waarborgingsgebieden betekent dat in totaal 75 hectare in het gebied van het waarborgingsbeleid in de Maasvlakte I en Borssele wordt ingenomen door kerncentrales van het type EPR (European Pressurised Reactor). Dit gaat ten koste van aanwezige of toekomstige industriefuncties. Echter, omdat in het alternatief ook een geringer opgesteld vermogen aan regelbare centrales nodig is, kan voor de plaatsing onder andere gebruik gemaakt worden van de locaties van de nu binnen de gebieden aanwezige elektriciteitscentrales. Deze zullen dan worden verwijderd.

De toepassing van kerncentrales op deze locaties verhoogt het risico op stralingseffecten in de nabije en grotere omgeving van deze centrales.<sup>29</sup> In navolging van het Landelijk Crisisplan Straling (I&W M. , Landelijk Crisisplan Straling, 2021) is gekeken naar het aantal kwetsbare objecten<sup>30</sup> dat binnen drie verschillende afstandscontouren tot de kerncentrales ligt. Deze staan in Tabel 8-3. Deze zogenoemde preparatiezones (gebaseerd op de huidige Borssele centrale) vragen verschillende acties bij een ongeval. Zie hiervoor het kopje Stralingsongevallen hieronder.

Hieruit blijkt dat er een grotere dichtheid in kwetsbare objecten is in de afstandscontour tot 10 kilometer van de centrales in Borssele dan de centrales op de Maasvlakte. Het aantal kwetsbare objecten binnen de 20 kilometer contour is groter bij de Maasvlakte en binnen de 100 kilometer contour is het aantal objecten bij de Maasvlakte meer dan twee keer zo groot als bij de centrales bij Borssele.

Tabel 8-3 Aantal kwetsbare objecten binnen drie afstandscontouren tot kerncentrales

Contour	Aantal kwetsbare objecten (BAG)
<b>Borssele 10 km</b>	50.836
<b>Borssele 20 km</b>	127.113
<b>Borssele 100 km</b>	2.238.829
<b>Maasvlakte 10 km</b>	14.927
<b>Maasvlakte 20 km</b>	195.874
<b>Maasvlakte 100 km</b>	5.116.450

#### Stralingsongevallen

Een zwaar ongeval bij een kerncentrale kan in potentie resulteren in het vrijkomen van radioactieve splijttingsproducten ('radioactieve wolk'). Er kan dan sprake zijn van een radiologische noodsituatie. In een dergelijk geval kan het noodzakelijk zijn om de bevolking te beschermen door het nemen van beschermingsmaatregelen zoals schuilen, jodiumprofylaxe (innemen van jodiumtabletten), evacuatie en landbouwmaatregelen (o.a. graasverbod, ophokplicht of oogstverbod), zie Tabel 8-4. Afhankelijk van de (weers)omstandigheden zal er in werkelijkheid in een deel van deze cirkel/contour maatregelen van kracht zijn.

Tabel 8-4 Preparatiezones voor radiologische noodsituatie bij een kerncentrale

Maatregel	Afstand tot kerncentrale	Duur van de maatregel
<b>Evacuatie</b>	10 km	7 dagen
<b>Schuilen</b>	20 km	7 dagen
<b>Jodiumprofylaxe (volwassenen 18 t/m 40 jaar)</b>	20 km	7 dagen
<b>Jodiumprofylaxe (kinderen tot 18 jaar en zwangere vrouwen)</b>	100 km	7 dagen

Naast de maatregelen zoals in bovengenoemde tabel, is er in het als gevolg van neergeslagen radioactief materiaal ook sprake van de maatregel relocatie en deze is van toepassing op een gebied dat blootgesteld wordt aan een bepaalde mate van straling. Relocatie is het niet-urgent verplaatsen (herhuisvesten) van

<sup>29</sup> Hierbij is vanuit het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) opgenomen dat de maximale kans op een dodelijk slachtoffer buiten de inrichting PR10<sup>-6</sup> per jaar mag zijn door een buiten-ontwerpongeval.

<sup>30</sup> Kwetsbare objecten vanuit het Bevi (zoals woningen, ziekenhuizen en scholen) zijn gebruikt om een inschatting weer te geven van de kans op effecten op leefomgeving, woonkernen en inwoners. Dit geeft bij benadering de hoeveelheid mensen weer binnen de afstandscontouren.

personen, om blootstelling aan in de omgeving neergeslagen radioactief materiaal als gevolg van een radioactieve lozing op langere termijn te voorkomen. Relocatie kan voor een onbepaalde, of voor een vastgestelde bepaalde tijd zijn, veelal in termijnen van jaren.

De ongeval-scenario's waarin een radiologische noodsituatie of radioactieve lozing zich kan voordoen bij een kerncentrale zijn een gevolg van technisch of menselijk falen, al dan niet moedwillig. Ook een natuur-ramp kan een oorzaak zijn. Het is aannemelijk dat de kans op het voorkomen van deze scenario's zeer gering is. Een exacte kans kan niet gegeven worden op basis van de nu beschikbare informatie. Wel kan gesteld worden dat de faalkans gering is, echter de effecten kunnen mogelijk zeer omvangrijk zijn. De kans op effecten in de occupatielaag wordt daarom als groot (donkerblauw) beoordeeld<sup>31</sup>.

#### *Radioactief afval*

Hoogradioactief afval dient vele duizenden jaren tot een kwart miljoen jaar veilig te worden opgeslagen. Na opwerking gaat het om ongeveer 10.000 jaar totdat het stralingsniveau is gedaald zodat het niet meer gevaarlijk is. Voor laag- en middelradioactief afval is deze periode honderden tot duizenden jaren. Het huidige beleid is gericht op bovengrondse opslag van tenminste 100 jaar. Om veilig beheer van het radioactief afval te realiseren is het beleid gericht op het isoleren, beheersen en controleren (IBC-principe). Bovenstaande is opgenomen in het 'Nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen' (I&W M. , 2016) en wordt ook wel beschreven als afscherming van radioactieve materialen en straling, beheersing van de nucleaire kettingreacties en koeling van de splijtstoffen. De huidige opslaglocatie is hiervoor ontworpen voldoet aan deze vereisten. De opslaglocatie is zo ontworpen dat het water niet bij het afval kan komen tijdens een overstroming. De koelluchtinlaat zit op 12 meter hoogte, zodat de koeling ook bij overstroming nog functioneert. Op die manier zijn overstromingen beheerst tot een hoogte van tien meter boven NAP. Ook is het gebouw bestand tegen windstormen van 450 km/uur (= wind van 125 m/s). In het geval van een extreme hittegolf is er natuurlijke koeling en elektrische ventilatie (COVRA, 2020). Het huidige beleid betreft bovengrondse opslag tot het jaar 2130, wanneer besluitvorming moet plaatsvinden over eindberging.

#### **Netwerklaag**

Het ruimtebeslag voor de vijf kerncentrales is 75 hectare binnen de waarborgingslocaties bij Borssele en de Maasvlakte. Wat betreft opslag van kernafval voorziet het huidige beleid in besluitvorming over eindberging van radioactief afval in het jaar 2130. Bij toepassing van kernenergie is er sprake van de productie van radioactief afval door vijf kerncentrales. Het continueren van de bovengrondse opslag, inclusief de voorziene productie van afval door de nieuwe kerncentrales, resulteert in een aanvullend ruimtebeslag. De huidige capaciteit van opslag van hoogradioactief afval is in ieder geval voldoende voor de bovengrondse berging van de productie van de huidige kerncentrale in Borssele en de onderzoeks-reactoren in Delft en Petten. Daarnaast zijn er nog uitbreidingsmogelijkheden binnen het terrein. Er wordt aangenomen dat het toekomstige afval dezelfde verdeling tussen laag-, midden- en hoogradioactief heeft als nu het geval is, dit kan echter in werkelijkheid afwijken. Voor hoogradioactief afval is recentelijk de capaciteit met 50 m<sup>3</sup> uitgebreid (gebouw HABOG). Voor midden en laagradioactief afval en container-opgeslagen afval is er nog meer dan 5 jaar ruimte voor nieuw afval (COVRA, Jaarrapport 2021, 2021).

<sup>31</sup> De kans op een nucleair ongeval is uiterst klein, echter de effecten zijn verstrekkend en er zijn weinig mitigerende maatregelen mogelijk om de effecten te beperken of teniet te doen. Daarom is, conform de beoordelings-systeematiek, de kans op effecten als groot beoordeeld. Dit zegt echter niets over de kans op een nucleair ongeval.

Op dit moment loopt een vergunningprocedure<sup>32</sup> om de opslagfaciliteit voor laag- en middelradioactief afval uit te breiden met 4.000 m<sup>3</sup>.

Voor hoogradioactief afval geldt dat Borssele 4,5 m<sup>3</sup> per jaar produceert met een reactorvermogen van bijna 0,5 GW (Rijksoverheid, 2023). Uitgaande van vergelijkbare afvalproductie van toekomstige kerncentrale (worst case) is bij een geïnstalleerd vermogen van 8,25 GW een jaarlijkse productie van ruim 74 m<sup>3</sup>. Voor laag- en middelradioactief afval wordt er momenteel ongeveer 70 m<sup>3</sup> per jaar geproduceerd in Borssele (COVRA, Nationale Radioactief Afval Inventarisatie, 2022). Dit gaat dan bij 8,25 GW vermogen kernenergie om ongeveer 1.155 m<sup>3</sup> afval per jaar (worst case). Met een vermogen van 8,25 GW aan kernenergie is de verwachting dat de opslaggebouwen en het terrein van COVRA uitgebreid dienen te worden om de aanvullende productie van kernafval op een goede wijze op te slaan. Er is nog voldoende uitbreidingsmogelijkheid op het terrein van COVRA aanwezig.

Het ruimtebeslag bij een energiesysteem met kernenergie richt zich op een tweetal locaties in Zeeland en Zuid-Holland. Het ruimtebeslag en de effecten van elektrolyzers worden niet voorkomen door de toepassing van kernenergie. Er is een middelgrote kans op effecten van ruimtebeslag door radioactief afval. Door nieuwe kerncentrales is de verwachting dat het terrein van COVRA uitgebreid dient te worden. Ook is er mogelijk ruimtebeslag de noodzaak van koeltorens door een tekort aan koelwatercapaciteit in Borssele. De kans op effecten op de totale netwerklaag wordt als middelgroot (middenblauw) beoordeeld.

#### Ondergrondlaag

De koelwatervoorziening uit oppervlaktewater in het gebied in Borssele/Sloegebied is naar verwachting onvoldoende voor drie kerncentrales met een vermogen van 5 GW op deze locatie. Uit een studie (Arcadis, 2011) blijkt dat significant negatieve effecten op ecologie niet zijn uit te sluiten bij een vermogen van kernenergie van 2,5 GW door een verhoging van de watertemperatuur. Dit suggereert dat dit ook niet het geval zal zijn bij de voorziene 5 GW in dit scenario, waardoor gebruik van koeltorens nodig is. Om dit vast te stellen is actueel en gedetailleerder onderzoek nodig. Op de Maasvlakte is er voldoende koelwater uit oppervlaktewater beschikbaar. Er is geen interferentie met strategische watervoorraden voorzien.

De locaties voor de kerncentrales liggen nabij de kust, waardoor overstromingen als gevolg van buitengewone gebeurtenissen kunnen optreden. In de risicokaart zijn de gebieden in Borssele gecategoriseerd als een kleine kans op overstroming met een mogelijke hoogte minder dan 0,5 meter. In het ontwerp van de kerncentrales kan hier voldoende rekening mee worden gehouden. Wat betreft de kernafvalopslag, is de koelluchtinlaat op 12 meter hoogte gebouwd, zodat de koeling ook bij overstroming nog functioneert. Op die manier zijn effecten als gevolg van overstromingen beheerst tot een hoogte van tien meter boven NAP. De bodem is niet zettingsgevoelig bij de locatie Maasvlakte. Bij Borssele/Sloegebied is dit wel het geval. Dit betekent dat bij de aanleg hier rekening mee moet worden gehouden.

Landschappelijk gezien zijn de effecten van de nieuwe centrales op beide locaties beperkt tot lokale effecten. In beide gevallen is er sprake van een (sterk) industrieel landschap dat door de toevoeging van een centrale nog meer industrieel wordt. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag wordt als klein (lichtblauw) beoordeeld, mits gebruik wordt gemaakt van koeltorens in plaats van oppervlaktewater, om daarmee effecten op Natura 2000 te kunnen voorkomen.

<sup>32</sup> Op 14 december 2022 is de ontwerpvergunning gepubliceerd:  
<https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/covra/nieuws/2022/12/14/ontwerpvergunning-nieuwbouw-covra-openbaar>

### 8.4.2 Effecten van opslag

In de optie met kernenergie is er geen invulling meer van wind op land na 2030, waardoor een geringe capaciteit aan batterijen nodig is. Het verschil is ongeveer 5 GW tussen een energiesysteem zonder kernenergie (optie 1) en een energiesysteem met kernenergie (optie 2). Dit betekent een totaal oppervlak van ongeveer 160 hectare dat niet benut wordt door batterijen in optie 2. Deze afname in ruimtebeslag zal met name optreden in de regio's Zeeland, Flevoland, Kop van Noord-Holland en Noordoost Nederland, aangezien hier bij een energiesysteem zonder kernenergie clusters voor wind op land zijn voorzien (en er niet zijn bij een energiesysteem met kernenergie). In hoofdstuk 16 en 22 van Bijlage X1a zijn de effecten van het plaatsen van batterijen nabij hoogspanningsstations in detail beoordeeld. Voor de effectbeoordeling wordt dan ook daarnaar verwezen.

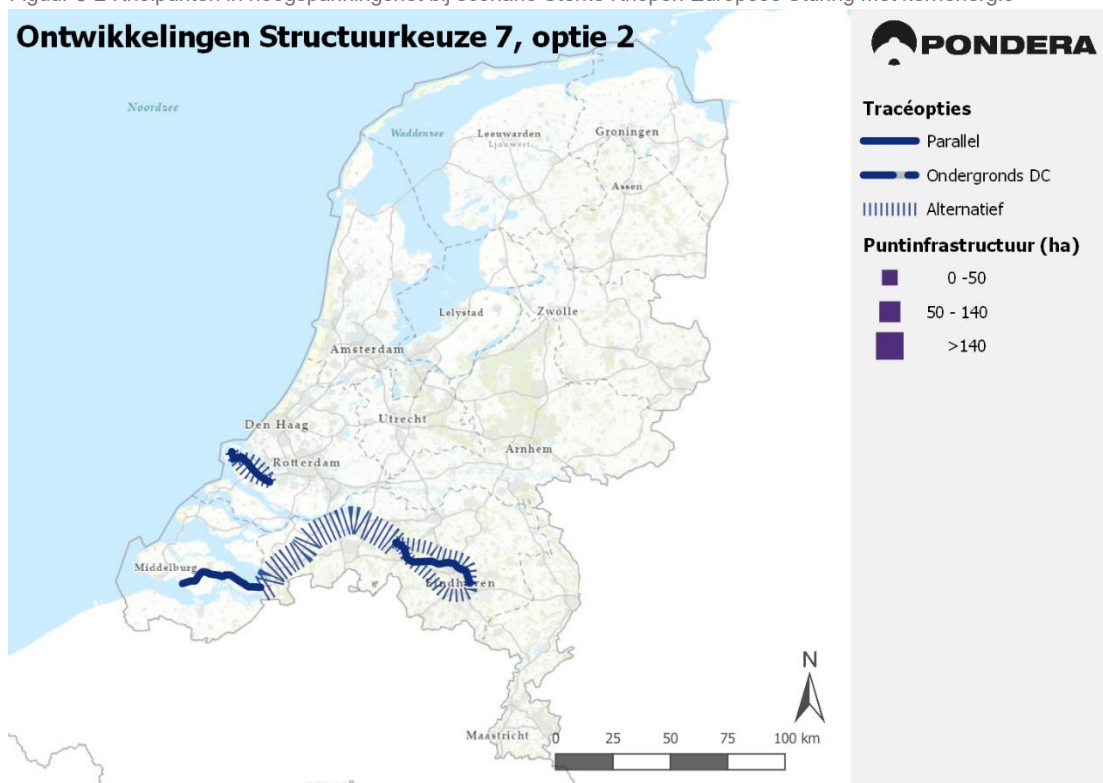
### 8.4.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

In een energiesysteem met kernenergie is er met name sprake van een transportcapaciteitstekort op de verbindingen vanuit Borssele/Sloegebied naar Rilland en vanaf de Maasvlakte naar Geertruidenberg en verder naar het oosten in Brabant.

Het figuur laat zien dat de belasting op de 380kV-verbindingen op enkele punten toeneemt bij toepassing van 8,3 GW kernenergie, waardoor hier nieuwe infrastructuur noodzakelijk is:

1. Van de Maasvlakte tot Crayestein. Dit komt door de combinatie van vollast-productie van 3,3 GW kerncentrales op de Maasvlakte samen met aanlanding van 7,5 GW windenergie op zee.
2. Vanaf Zeeland richting Oost-Brabant. Dit komt door combinatie van vollast-productie van 5,0 GW kerncentrales in Borssele/Sloegebied samen met 7,5 GW aanlanding van windenergie op zee.

Figuur 8-2 Knelpunten in hoogspanningsnet bij scenario Sterke Knopen Europese Sturing met kernenergie



De effecten op het hoogspanningsnet, relevant voor deze structuurkeuze, staan per tracé in de volgende tabel. De lengtemaat van de hoogspanningsverbinding betreft een hemelsbrede lijn, die een indicatie geeft van de afstand van de verbinding waarvoor mogelijk nieuwe infrastructuur moet worden aangelegd.

Tabel 8-5 Overzicht effecten op elektriciteitsinfrastructuur optie 2

Component	Lengte (km)/oppervlak (ha)	Type
Borssele/Sloegebied – Rilland	34 km	380kV-tracé (nieuwe verbinding)
Rilland – Halsteren	13 km	
Rilland – Tilburg	62 km	
Halsteren – Geertruidenberg	44 km	
Maasvlakte – Simonshaven	21 km	

Op dit moment wordt een nieuwe bovengrondse 380kV-verbinding tussen Borssele/Sloegebied en Rilland gerealiseerd. In deze structuurkeuze is hier nog een extra verbinding nodig. Er zijn geen nieuwe stations voorzien in deze optie. In totaal is ongeveer 174 km aan nieuwe hoogspanningsverbinding nodig bij realisatie van deze optie.

#### 8.4.4 Effectbeoordeling tracés

##### Occupatielaag

De tracéopties Borssele/Sloegebied–Rilland, Rilland–Tilburg en Halsteren–Geertruidenberg lopen overwegend over landbouwgronden en overlappen met een klein aantal woonkernen. Een aandachtspunt hierbij is de overlap met enkele bedrijventerreinen, kassen en risicocontouren. Naar verwachting zijn er mogelijkheden om de potentiële effecten hierop te verminderen. Voor het tracé Maasvlakte–Simonshaven is sprake van een kans op effecten op recreatie en externe veiligheid. De kans op effecten voor de totale occupatielaag is voor de gezamenlijke tracés in een energiesysteem met kernenergie, vanwege relatief beperkte kans op effecten, als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

##### Netwerklaag

Bij de tracéopties Borssele/Sloegebied–Rilland, Rilland–Halsteren en Halsteren–Geertruidenberg wordt relatief veel bestaande (netwerk)infrastructuur gekruist. Ondanks de grote mate van paralleligging met bestaande (netwerk)infrastructuur, worden bestaande (gas)buisleidingen en -stroken, rijks- en waterwegen, en spoorbanen meerdere keren gekruist. Ook worden er kleine stukken NNN-gebied doorkruist, maar dit heeft een kleine kans op effecten. Het tracé Maasvlakte–Simonshaven heeft een kans op mogelijke effecten op het aspect externe veiligheid. Voor dat tracé en het tracé Rilland–Tilburg geldt dat er slechts heel beperkt ruimte is bij de aanlanding, waardoor de kans op effecten daar groter is dan voor de andere. Voor de totale netwerklaag is voor de gezamenlijke tracés in een energiesysteem met kernenergie de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

##### Ondergrondlaag

De tracéoptie voor Borssele/Sloegebied–Rilland, Rilland–Halsteren en Maasvlakte–Simonshaven liggen (deels) over Natura 2000-gebieden, maar met tracéoptimalisatie (van de ligging) kan voorkomen worden dat deze gebieden worden doorkruist. De ligging nabij deze vogelrichtlijngebieden leidt tot een grote kans op effecten. De tracéoptie doorsnijdt het waardevolle landschap Zak van Zuid-Beveland. Voor de andere tracés Rilland–Tilburg en Halsteren–Geertruidenberg is de kans op effecten middelgroot. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is voor de gezamenlijke tracés in een energiesysteem met kernenergie, vanwege effecten op natuur en landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).



#### Samenhang met aanlanding windenergie op zee

In het scenario waarin de inzet van kernenergie meegenomen wordt, zijn ook aannames gemaakt over aanlanding van windenergie op zee in Borssele/Sloegebied en op de Maasvlakte. Op beide locaties is uitgegaan van 7,5 GW windenergie op zee in het scenario. Bij de Maasvlakte komt dit overeen met de plannen tot 2031, maar in Borssele/Sloegebied staat tot 2031 5,5 GW windenergie op zee gepland. De resultaten van optie 2 (met kernenergie) laten zien dat extra aanlanding van windenergie op zee in Borssele na 2031, samen met de ontwikkeling van nieuwe kerncentrales, tot forse knelpunten op het 380kV-net leidt. Daarom moet de keuze voor extra aanlanding van windenergie op zee in Borssele/Sloegebied na 2031 in samenhang met de keuze voor eventuele nieuwe kerncentrales in Borssele/Sloegebied gemaakt worden.

#### 8.4.5 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

Er treden geen relevante ruimtelijke effecten op in de methaan/waterstofinfrastructuur.

#### 8.5 Conclusie

Bij toepassing van kernenergie in het energiesysteem (optie 2) worden effecten ten aanzien van bebouwing en landbouw voorkomen, omdat een geringer opgesteld vermogen nodig is voor wind op land. De kans op effecten op externe veiligheid differentiëren zich in uiting in de twee opties. Bij de optie zonder kernenergie is er sprake van een grotere kans op effecten (als gevolg van de aantallen windturbines), maar betreft het effecten van een kleinere omvang. In optie 2 (met kernenergie) is er een kleinere kans op effecten, maar met een grote omvang. Bij toepassing kernenergie is het niet goed mogelijk deze effecten te mitigeren. In een energiesysteem zonder kernenergie is dit, door rekening te houden met mogelijke risico's bij de plaatsing van windturbines wel mogelijk.

Daarnaast zijn de effecten van het ruimtebeslag met name afwijkend ten aanzien van landschap en ecologie. In de optie zonder kernenergie is er sprake van een direct ruimtebeslag als gevolg van opwek en opslag van ongeveer 2.835 ha ten opzichte van ongeveer 1.955 ha in de optie met kernenergie. Bij plaatsing van 5,0 GW kerncentrales in Borssele/Sloegebied en 3,3 GW op de Maasvlakte is er, door de combinatie met aanlanding van wind op zee op die locaties, in totaal echter wel ongeveer 175 kilometer aan nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig, specifiek in Zeeland, Rotterdam en West-Brabant. Zonder toepassing van kernenergie is dit ongeveer 45 kilometer. Dit vormt een belangrijk aandachtspunt bij de optie met kernenergie. Bij de toepassing van veel wind op land is er naar verwachting een grotere kans op effecten op ecologisch beschermde gebieden en soorten dan bij de toepassing van kernenergie, inclusief de realisatie van nieuwe verbindingen in het elektriciteitsnet.

Voor deze structuurkeuze geldt dat de optie met kernenergie zorgt voor een kleiner ruimtebeslag van de opwek en opslag en daarmee kleinere kans op effecten op die locaties, echter een aanzienlijk groter ruimtebeslag van nieuwe elektrische infrastructuur in vergelijking met de optie zonder kernenergie. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de optie met kernenergie voorzien wordt binnen de reserveringslocaties Borssele/Sloegebied en Maasvlakte, waar ook al een aanzienlijk vermogen aanlanding windenergie op zee plaatsvindt.

## 9 Structuurkeuze 8: Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import

### 9.1 Inleiding

Er bestaat in 2050 een grote behoefte aan synthetische brandstoffen, ook wel synfuels genoemd. Deze behoefte komt met name voort uit de internationale lucht- en scheepvaart. Aan de hand van deze structuurkeuze wordt onderzocht wat de effecten zijn van het zelf produceren van zowel de synthetische brandstoffen als van de energie die daarvoor nodig is ten opzichte van het importeren van deze synthetische brandstoffen. In de beoordeling van deze structuurkeuze wordt uitgegaan van het scenario Nationale Sturing voor beide opties. Dit vanwege de grootste omvang van de productie van synthetische brandstoffen die in dit scenario aan de orde is.

### 9.2 Opties in deze structuurkeuze

De ruimtelijke effecten van de volgende twee opties voor het voorzien in de behoefte van synthetische brandstoffen worden onderzocht (Figuur 9-1):

- Optie 1: 100% import uit het buitenland. Import van hernieuwbare kerosine en scheepsbunkers uit het buitenland. De import van kerosine gaat via Rotterdam (1/3) en Amsterdam (2/3), de import van scheepsbunkers via Rotterdam en het transport naar afnemers gaat via bestaande infrastructuur (schepen en buisleidingen).
- Optie 2: Binnenlandse productie, aangevuld met import. De productie in Nederland gebruikt groene waterstof en CO<sub>2</sub> geproduceerd met elektriciteit uit windenergie op zee. De resterende behoefte wordt geïmporteerd. Hierin is uitgegaan van een 50/50 verdeling tussen de locaties Maasvlakte en Eemshaven voor het deel eigen productie van synfuels. In deze optie wordt 80% van de elektriciteit uit windenergie op zee ingezet voor offshore waterstofproductie en vindt de aanlanding van deze waterstof plaats in Eemshaven en Den Helder. De overige 20% van de elektriciteit uit windenergie op zee wordt ingezet voor Direct Air Capture (DAC). Het transport van de synthetische brandstoffen naar de afnemers gaat als volgt:
  - Vanaf Maasvlakte met bestaande buisleidingen voor kerosine en bunkers.
  - Vanaf Eemshaven per schip naar Amsterdam (kerosine) en Rotterdam (bunkers):
    - i. De aanvullend benodigde import van kerosine gaat via Rotterdam (1/3) en via Amsterdam (2/3). De import van scheepsbunkers via Rotterdam en het transport van deze import via bestaande infrastructuur (schepen, buisleidingen).

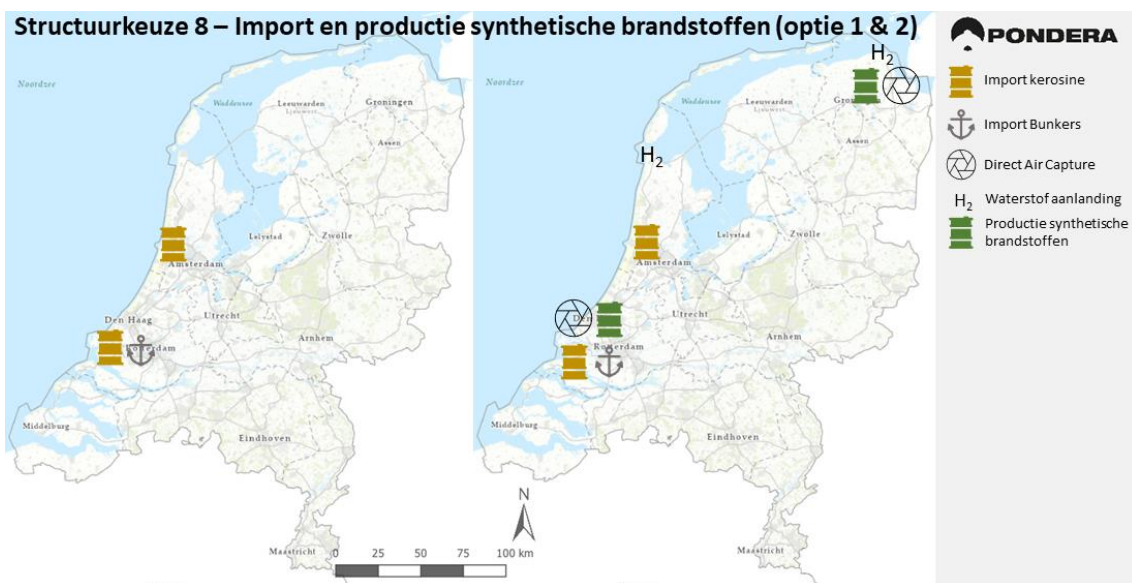
Tabel 9-1 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 9-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid	Opmerking
<b>Opwek/productie</b>				
Regelbare centrales	0	1,24	GW	Aanvullend bij al benodigde vermogen in Nationale Sturing
Elektrolyzers	0	1,5	GW	Benodigd voor balancering aanvullende regelbare centrales
<b>Opslag</b>				
Importterminal kerosine	5.200.000	3.800.000	m <sup>3</sup>	

Onderdeel	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid	Opmerking
Importterminal scheepsbunkers	16.400.000	12.000.000	m <sup>3</sup>	
Batterijen	0	60	ha	
<b>Elektriciteitsinfrastructuur</b>				
380kV-verbindingen-tracé	0	Offshore, buiten scope	Km	
380kV-verbindingen-circuits	0	Offshore, buiten scope	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
HVDC-kabeltracé	0	Offshore, buiten scope	Km	Aanname parallel aan huidige 380kV-infra
HVDC-kabels	0	Offshore, buiten scope	Km	Per tracé 3 kabels
380kV-velden	-	-	Aantal velden	
<b>Methaan- en waterstofinfrastructuur</b>				
Pijpleidingen voor waterstof	0	Offshore, buiten scope	Km	
Overige buisleidingen	0	0	Km	Import via scheepvaart, transport via bestaande leidingen

Figuur 9-1 Overzicht van locaties met import en productie synthetische brandstoffen



### 9.3 Effectbeoordeling van optie 1: 100% import

#### 9.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

100% import heeft geen effect op de omvang van opwek. Het opgestelde vermogen van windenergie op zee, wind en zon op land, en de regelbare centrales blijft gelijk aan de omvang zoals opgenomen in het scenario van Nationale Sturing. De opties van clustering of spreiding van enkele van deze onderdelen zijn nader uitgewerkt in andere structuurkeuze (3, 4, en 5).

Tabel 9-2 Aanvullend benodigde energie voor binnenlandse productie synfuels

Parameter	Optie 1: 100% import	Eenheid
Windenergie op zee	0	GW
Direct Air Capture	0	PJ/j
Fabriek synfuels	0	PJ/j
-waarvan kerosine	0	PJ/j
-waarvan scheepsbunkers	0	PJ/j

Tabel 9-3 Aanvullend benodigde energie en locaties voor binnenlandse productie synfuels

Type installatie	Locatie	Optie 1: 100% import	Eenheid
Direct Air Capture	Eemshaven	0	PJ/j
	Maasvlakte	0	PJ/j
Productie syn. kerosine	Eemshaven	0	PJ/j
	Maasvlakte	0	PJ/j
Productie syn. bunkers	Eemshaven	0	PJ/j
	Maasvlakte	0	PJ/j

### 9.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Vanwege de import van de synfuels is (tijdelijke) opslag nodig in de vorm van terminals, zowel voor de import als voor de export<sup>33</sup>. Bij de optie 100% import wordt er voor gekozen om alle benodigde synfuels via import te voorzien. Hierdoor ontstaat een behoefte aan terminals in de havens van Amsterdam en Rotterdam (zie Tabel 9-4). Voor de behoefte aan opslag in terminals is uitgegaan van een energiedichtheid van 42,8 MJ/kg en 775 kg/m<sup>3</sup> voor alle synfuels (zowel kerosine als bunker). De gehanteerde doorvoertijd is vier weken.

Tabel 9-4 Benodigde hoeveelheid opslag (in PJ) voor import/export in terminals

Type infra	Locatie	Optie 1: 100% import	Eenheid
Importterminal kerosine	Amsterdam	113	PJ/jaar
	Rotterdam	57	PJ/jaar
Importterminal scheepsbunkers	Rotterdam	543	PJ/jaar

Uitgaande van de bestaande capaciteit aan terminals in de verschillende havens en het wegvallen van de fossiele energie-industrie waarmee opslagruimte beschikbaar komt, is er geen sprake van een aanvullend ruimtebeslag in de havens van Rotterdam Amsterdam en de Eemshaven bij import en export van de synfuels.

### 9.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

100% import heeft geen verandering in knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur tot gevolg ten opzichte van de knelpunten voortkomend uit de alternatieven gebaseerd op het scenario Nationale Sturing.

<sup>33</sup> Nederland is momenteel netto exporteur van kerosine en scheepsbunkers, echter bij aanvullend eigen gebruik is het mogelijk dat deze exportfunctie deels niet gehandhaafd kan blijven zonder nieuwe infrastructuur aan te leggen.

### 9.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

#### Waterstofverbindingen

Er is geen aanvullende waterstofbehoefte bij 100% import, waardoor er door de toepassing van deze keuze geen wijziging in het ruimtebeslag ontstaat voor buisleidingen voor het transport van waterstof.

#### Kerosineleidingen

Er treden geen knelpunten op voor de kerosineleidingen. De bestaande leidingen zijn voldoende voor alle alternatieven.

## 9.4 Effectbeoordeling van optie 2: deels lokale productie

### 9.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Voor de binnenlandse productie van synfuels is er een aanvullend opgesteld vermogen aan windenergie op zee nodig. De omvang hiervan is een gevolg van het voorziene maximaal mogelijk op te stellen vermogen op het Nederlands Continentaal Plat en het verschil met de al benutte capaciteit in het scenario Nationale Sturing. Hieruit blijkt dat er nog een resterend potentieel is voor 20,5 GW aan windenergie op zee. In deze optie wordt dit restpotentieel volledig benut voor de productie van energie die nodig is voor de binnenlandse productie van synfuels. De resterende behoefte vanuit de lucht- en scheepvaart wordt ingevuld door import.

Tabel 9-5 Aanvullend benodigde energie voor binnenlandse productie synfuels

Parameter	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Windenergie op zee	20,5	GW
Direct Air Capture	47	PJ/j
Fabriek synfuels	188	PJ/j
-waarvan kerosine	45	PJ/j
-waarvan scheepsbunkers	143	PJ/j

Tabel 9-6 Aanvullend benodigde energie en locaties voor binnenlandse productie synfuels

Type installatie	Locatie	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Direct Air Capture	Eemshaven	23,5	PJ/j
	Maasvlakte	23,5	PJ/j
Productie syn. kerosine	Eemshaven	23	PJ/j
	Maasvlakte	23	PJ/j
Productie syn. bunkers	Eemshaven	72	PJ/j
	Maasvlakte	72	PJ/j

#### Regelbare centrales

De aanvullende productie door windenergie op zee resulteert in een aanvullende behoefte van regelbare centrales. Er moet namelijk een constante levering van elektriciteit zijn voor continue toepassing van Direct Air Capture (DAC), dus ook als er geen productie is door windenergie op zee. Vanuit een optimale invulling van het elektriciteitsnet, is het logisch deze regelbare centrales op de locatie te zetten waar de vraag zich bevindt, in dit geval de Eemshaven en de Maasvlakte. Dit betekent een aanvullend ruimtebeslag op deze locaties.

Deze keuze heeft echter ook een relatie met structuurkeuze 5, die gaat over de clustering of spreiding van regelbare centrales. Indien de aanvullende behoefte aan regelbare centrales als gevolg van de binnenlandse productie van synfuels verspreid in plaats van enkel op de Maasvlakte en in de Eemshaven plaatsvindt heeft dit gevolgen voor de effecten zoals beschreven in structuurkeuze 5, clustering. In dat geval is sprake van een beperkte toename in het ruimtebeslag en de grotere spreiding, die ervoor zorgt dat er op meer locaties een kans op effecten is in vergelijking met de optie spreiding van structuurkeuze 5.

#### Elektrolyzers

Voor de productie van synfuels is waterstof nodig. Deze waterstof wordt offshore geproduceerd en valt daarmee buiten de scope van de beoordeling in deze studie voor PEH. Als gevolg van de aanvullende plaatsing van regelbare centrales neemt de vraag naar waterstof toe, waardoor aanvullende elektrolyzers geplaatst moeten worden. De omvang hiervan is naar verwachting beperkt (circa 1,5 GW, ongeveer 15 ha) en de locaties waar deze geplaatst zouden moeten worden is niet bekend. In structuurkeuze 4 is de productie van waterstof met elektrolyzers beoordeeld. Indien een beperkt aanvullend vermogen aan elektrolyzers nodig is als gevolg van binnenlandse productie van synfuels werkt dit door in de effecten die beschreven zijn in structuurkeuze 4 en doet zich voor in beide opties van die structuurkeuze.

De verwachting is dat die licht toenemen, maar omdat de locatie niet bekend is kan op dit moment geen gedetailleerde effectbeoordeling worden gemaakt.

#### 9.4.2 Effectbeoordeling van opslag

Binnenlandse productie van synfuels kan niet voorzien in de volledige behoefte. Er is nog altijd import nodig, waardoor ook in deze optie terminals noodzakelijk zijn. In onderstaande tabel staat de omvang van de opslag per soort en per locatie.

Tabel 9-7 Benodigde hoeveelheid opslag (in PJ) voor import/export in terminals

Type infra	Locatie	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Importterminal kerosine	Amsterdam	113	PJ/j
	Rotterdam	12	PJ/j
Exportterminal kerosine	Eemshaven	23	PJ/j
Importterminal scheepsbunkers	Rotterdam	472	PJ/j
Exportterminal scheepsbunkers	Eemshaven	72	PJ/j

Uitgaande van de bestaande capaciteit aan terminals in de verschillende havens en het wegvallen van de fossiele energie-industrie, is er geen sprake van een aanvullend ruimtebeslag in de havens van Rotterdam Amsterdam en de Eemshaven bij import en export van de synfuels.

#### Batterijen

Doordat de additionele elektriciteitsproductie en vraag niet gelijktijdig plaatsvinden, is extra opslag met batterijen noodzakelijk. Bij deels lokale productie is 2 GW aanvullend vermogen nodig in batterijen. Deze opslag is nodig bij de Eemshaven en de Maasvlakte. Dit is een totaal ruimtebeslag van ongeveer 70 hectare.

In Bijlage XIa (zie hoofdstuk 10 en 14 in Bijlage XIa) is een beoordeling gemaakt van de effecten van de realisatie van aanvullende opslag binnen deze locaties. In het daar beoordeelde maximum ruimtebeslag is dit al meegenomen.

Uit de beoordeling van deze puntinfrastructuur blijkt dat er bij de Eemshaven een middelgrote kans op effecten in de netwerklaag is vanwege het ruimtebeslag en aanwezige infrastructuur op deze locatie. In geval van het maximum ruimtebeslag is het noodzakelijk uit te breiden buiten de bestaande Barro-grenzen. In de occupatielaag en ondergrondlaag is ook in het maximum ruimtebeslag sprake van een kleine kans op effecten.

Voor de locatie Rotterdam is er sprake van een middelgrote kans op effecten in de occupatie- en ondergrondlaag, en een grote kans op effecten in de netwerklaag. De hoeveelheid ruimtebeslag geeft een grote kans op effecten, de beschikbare ruimte buiten de Barro-locaties is beperkt. Zo goed als het volledige gebied is omringd door NNN-gebied; overlap is beperkt tot beheertypen met een korte ontwikkelingsduur. De kans op effecten is als groot beoordeeld voor de totale netwerklaag (donkerblauwe aanduiding) door met name de omvang van het ruimtebeslag.

#### Waterstofopslag

Een grotere toename aan binnenlandse productie van waterstof bij deels lokale productie heeft mogelijk een grotere vraag naar opslag tot gevolg en heeft daarmee invloed op de keuze voor opslag en ruimtegebruik. Het gaat om ongeveer 61 PJ (circa 210 ha). In structuurkeuze 6 is ingegaan op de mogelijkheden en effecten van ondergrondse waterstofopslag, waarbij in het maximale scenario (47 TWh/169 PJ aan ondergrondse waterstofopslag) al rekening is gehouden met de benodigde opslag in geval van binnenlandse productie van synfuels. Voor de effectbeoordeling wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

#### 9.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Deels lokale productie heeft geen verandering in knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur tot gevolg ten opzichte van de knelpunten voortkomend uit de alternatieven gebaseerd op het scenario Nationale Sturing.

#### 9.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er ontstaat een knelpunt in de waterstofinfrastructuur tussen de Maasvlakte en Rotterdam bij toepassing van deels lokale productie. Het knelpunt tussen de Maasvlakte en Rotterdam wordt veroorzaakt door de afvoer van waterstof. Door de productie van synfuels op de Maasvlakte is minder afvoer en wordt juist (iets) verlicht door extra lokale vraag.

#### Verbinding Pernis–Wijngaarden

##### *Effecten occupatielaag*

De omgeving van de verbinding van Pernis naar Wijngaarden kenmerkt zich door de aanwezigheid van woonkernen en industrieterreinen. De woonkernen Pernis, Hoogvliet, Poortugaal, Rhoon, Barendrecht, Ridderkerk, Alblasserdam, Hendrik-Ido-Ambacht en Papendrecht liggen nabij een mogelijk tracé. De havengebonden bedrijvigheid van de haven van Rotterdam (Vondelingenplaat en de Waalhaven) liggen ook nabij. Deze hoge concentratie van gebruiksfuncties in de occupatielaag maken dat het realiseren van een nieuwe verbinding in dit gebied een grote kans op effecten heeft.

##### *Effecten netwerklaag*

Er zijn meerdere rijkswegen in de nabijheid van het tracé, waarbij de A15 kansen geeft voor parallelligging van een buisleiding van Pernis naar Wijngaarden. Ook is hier sprake van een al aanwezig buisleidingstracé. Door de west-oost oriëntatie van het tracé zal ook het spoor tussen Rotterdam en Barendrecht worden gekruist. Nabij Ridderkerk en Hendrik-Ido-Ambacht wordt de Noord gekruist, inclusief

de bijbehorende primaire waterkeringen. Hierbij wordt ook het Natuurnetwerk Nederland gebied dat rondom de Noord is aangewezen, gekruist. De effecten op de netwerklaag zijn alleen gerelateerd aan de aanleg en tijdelijk van aard. In de totale netwerklaag is sprake van een middelgrote kans op effecten, met name als gevolg van kruising NNN-gebied.

#### *Effecten ondergrondlaag*

De bodem betreft een relatief zettingsgevoelig gebied. Hier dient bij de aanleg rekening mee gehouden te worden. Er zijn geen Natura 2000-gebieden in de directe omgeving van het tracé. Er zijn verschillende aardkundige waarden aanwezig en het Groene Hart (Nationaal Landschap) wordt doorsneden. Laatstgenoemde betreft een tijdelijk effect als gevolg van de aanleg. Door de combinatie van zettingsgevoeligheid en aanwezigheid aardkundige waarden wordt dit beoordeeld als een middelgrote kans op effecten in de totale ondergrondlaag.

#### Verbinding Pernis – Maasvlakte

##### *Effecten occupatielaag*

De omgeving van dit tracé kenmerkt zich door een hoge dichtheid van industrie. Dit betekent ook dat er meerdere risicobronnen in de omgeving liggen. Er zijn enkele woonkernen in de nabijheid; Hoogvliet, Rozenburg, Geervliet, Heenvliet, Zwartewaal en Brielle. Door tracéoptimalisatie kunnen effecten vermeden worden. Naast de vaarwegen zijn op vele locaties recreatieterreinen aanwezig, die tijdens de aanleg effecten kunnen ondervinden. Dit betreft echter tijdelijke effecten. Door de aanwezigheid van risicobronnen in de omgeving wordt de kans op effecten op de totale occupatielaag als middelgroot beoordeeld.

##### *Effecten netwerklaag*

De bestaande buisleidingenstraat tussen Pernis en Maasvlakte kan worden gebruikt voor de aanleg van een nieuwe verbinding. Er is weinig ruimte nodig voor de aanleg van één verbinding. In de huidige reservering is beperkt ruimte beschikbaar voor nieuwe buisleidingen. Bij het volgen van deze reservering worden geen waterkeringen gekruist. Wel worden enkele watergangen gekruist, die ook zijn aangemerkt als Natuurnetwerk Nederland. Er is sprake van een kleine kans op effecten op de totale netwerklaag.

##### *Effecten ondergrondlaag*

Er zijn nagenoeg geen aardkundige waarden, provinciale monumenten of Nationale Landschappen aanwezig. Rondom de Maasvlakte is een Natura 2000-gebied aanwezig, dat is aangemerkt als habitatrichtlijn gebied. De verbinding zal echter buiten het Natura 2000-gebied worden aangelegd. Effecten op dit gebied zijn daarom niet te verwachten. Er is daarmee sprake van een kleine kans op effecten op de totale ondergrondlaag.

#### Kerosineleidingen

Er treden geen knelpunten voor kerosineleidingen. De bestaande leidingen zijn voldoende voor alle scenario's.

## 9.5 Conclusie

Bij 100% import zijn er met name effecten te verwachten in de havens van Rotterdam en Amsterdam. De import van grondstoffen resulteert in een grotere behoefte aan terminals. De effecten hiervan treden vooral lokaal op. Vanwege de sterk industriële omgeving waar deze gerealiseerd moeten worden, treden de effecten met name op in de occupatie- en netwerklaag. De inpassing van terminals in deze gebieden met hoge ruimtedruk behoeft nader onderzoek. Er is weinig uitgeefbare grond beschikbaar, maar er zijn



ook kansen voor de herontwikkeling van delen van de haven waar zich nu voornamelijk fossiel gedreven industrie bevindt.

De effecten van deels lokale productie door opslag zijn nagenoeg gelijk aan 100% import, maar van (beperkt) kleinere omvang omdat er minder import plaatsvindt. Door zoveel als mogelijk te voorzien in de binnenlandse productie van synthetische brandstoffen, is er een aanvullende behoefte aan windenergie op zee, aan regelbare centrales en aan een buisleiding van de haven van Rotterdam naar het nationale waterstofnet (Wijngaarden). Een dergelijke verbinding is lastig te realiseren lettende op de ruimtedruk op deze locatie. De locaties van de regelbare centrales bepalen de effecten voor dat onderdeel. Indien gekozen wordt voor de plaatsing in of nabij de havengebieden waar ook import plaatsvindt, wordt de ruimtedruk op deze locaties groter. Belangrijkste effect bij deels lokale productie is echter de aanzienlijke behoefte aan opslag van waterstof die dit scenario met zich meebrengt (61 PJ). Het bovengrondse ruimtebeslag hiervan – in geval van ondergrondse opslag in zoutcavernes of lege gasvelden – bedraagt ongeveer 210 hectare.

De kans op effecten is het kleinst bij 100% import vanwege het geringere ruimtebeslag. Indien gekozen wordt voor het zoveel als mogelijk binnenlands produceren van synthetische brandstoffen, ontstaat een aanzienlijke aanvullende opgave voor windenergie op zee en een aanvullend ruimtebeslag in gebieden die al een hoge ruimtedruk en een omvangrijke opgave in de energietransitie kennen (havens van Rotterdam, Amsterdam en Eemshaven).

## 10 Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

### 10.1 Inleiding

Om de huidige rol van Nederland in de doorvoer van energie en grondstoffen ook in 2050 te kunnen faciliteren, is een andere invulling van het energiesysteem nodig dan wanneer dit niet het geval is. Om inzicht te krijgen in deze verschillen, is een tweetal opties onderzocht in deze structuurkeuze; één waarin er wél invulling wordt gegeven aan deze rol en één waarin dit niet het geval is. Beide opties baseren zich op hetzelfde scenario: Internationale Sturing.

### 10.2 Opties in deze structuurkeuze

De opties in deze structuurkeuze zijn als volgt:

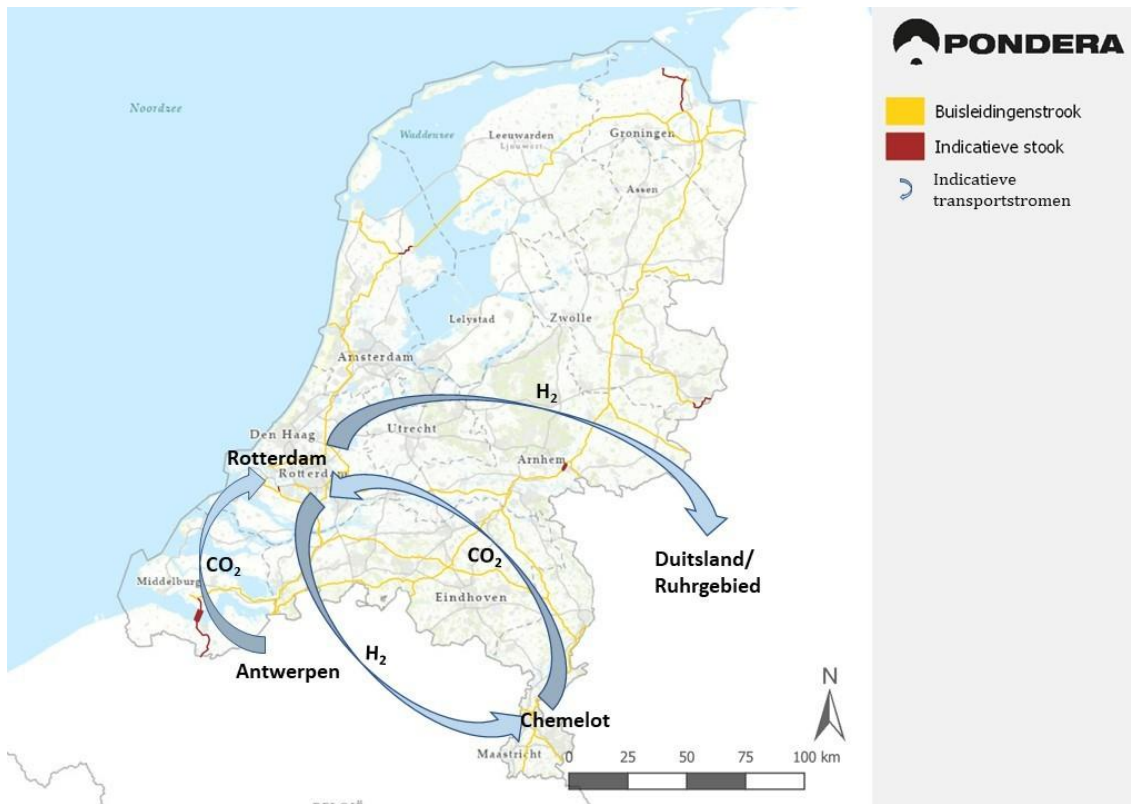
- Optie 1: er vindt alleen import en export plaats voor het Nederlandse belang. Er is geen sprake van doorvoer van energie en grondstoffen naar Duitsland. Deze optie dient als vergelijk om te bezien welke aanvullende effecten optreden in het geval optie 2 wordt toegepast (referentieoptie).
- Optie 2: er vindt wél import en export plaats ten behoeve van aangrenzende landen. De doorvoer vanuit Nederland richt zich hier primair op de energiebehoefte van Duitsland. Wel vindt er import van CO<sub>2</sub> plaats vanuit België, maar zij kunnen zichzelf van import van energie en andere grondstoffen bedienen via de eigen havens.

Tabel 10-1 geeft een overzicht van de benodigde buisleidingen van de oplossingsrichtingen van de optie extra doorvoer, ook te zien in Figuur 10-1. De optie geen extra doorvoer vergt geen nadere aanpassingen aan het energiesysteem, waardoor deze verder ook niet beschouwd en beoordeeld wordt.

Tabel 10-1 Overzicht totale ruimtebeslag van optie 2

Molecuul	Van	Naar	Diameter	Capaciteit (kton/j)	Inbedrijfname
<b>Waterstof</b>	Rotterdam	Chemelot	36"	2.000	<2030
		Duitsland	36"	2.000	2040
<b>Ammoniak</b>	Rotterdam	Duitsland	n.t.b.	>970	<2030
<b>Methanol</b>			n.t.b.	>660	<2030
<b>Kerosine</b>			16"	3.500	>2030
<b>Lpg</b>			12"	2.900	<2030
<b>Propeen</b>			12"	1.500	<2030
<b>CO<sub>2</sub></b>	Chemelot	Rotterdam	24"	15.000 (dense phase)	<2030
	Antwerpen	Rotterdam	n.t.b.	>9.500	<2030

Figuur 10-1 Buisleidingenstroken en transportstromen



### 10.3 Effectbeoordeling van optie 2: wel extra doorvoer

#### 10.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Aangenomen wordt dat de waterstof wordt aangevoerd als ammoniak en vervolgens als waterstof via buisleidingen wordt getransporteerd. Dit betekent dat de ammoniak gekraakt moet worden, voordat deze ingevoerd kan worden in het buisleidingennetwerk. Hiervoor zijn installaties nodig die de ammoniak tot de benodigde temperatuur brengen. De optie extra doorvoer gaat uit van de invoeding van de doorvoer vanaf Rotterdam. De plaatsing van deze ammoniakkrakers zal dan ook in of nabij de haven van Rotterdam geplaatst worden, omdat hier zowel het bunkeren als de invoeding plaatsvindt. Voor de invoeding zijn nieuwe gasontvangststation (inclusief compressoren) nodig.

Het exacte ruimtebeslag van deze onderdelen is onduidelijk, omdat zowel de omvang van de grondstoffen als de toepassing niet bekend is. Wel blijkt uit de effectbeoordeling van de Rotterdamse haven in Bijlage XIa dat er weinig beschikbare ruimte is. Herontwikkeling van het gebied is nodig om beschikbare ruimte te creëren. Het ruimtebeslag leidt tot een grote kans op effecten op ruimtebeslag bij de haven van Rotterdam. Voor de occupatielaag is de kans op effecten middelgroot vanwege externe veiligheid. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten ook middelgroot, dit komt door nabijgelegen Natura 2000-gebieden.

#### 10.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Voor de doorvoer van grondstoffen naar het buitenland zijn op de locaties van import terminals nodig om de aanvoer tijdelijk op te kunnen slaan. Uitgaande van de import via scheepvaart via de haven van Rotterdam, betekent dit dat er voldoende kaderuimte en terminals moeten zijn om de doorvoer naar

Duitsland te kunnen realiseren. Het totale volume aan opslag in terminals is onbekend. Ook dient er rekening te worden gehouden met de externe veiligheidscontouren van deze terminals.

Het exacte ruimtebeslag van deze onderdelen is onduidelijk, omdat zowel de omvang van de grondstoffen als de toepassing niet bekend is. Wel blijkt uit de effectbeoordeling van de Rotterdamse haven in Bijlage XIa dat er weinig beschikbare ruimte is. Herontwikkeling van het gebied is nodig om beschikbare ruimte te creëren. Het ruimtebeslag leidt tot een grote kans op effecten op ruimtebeslag bij de haven van Rotterdam in de netwerklaag. Voor de occupatielaag is de kans op effecten middelgroot vanwege externe veiligheid. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten ook middelgroot, dit komt door nabijgelegen Natura 2000-gebieden.

### 10.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

De omvang en locaties van de elektriciteitsinfrastructuur veranderen niet. De opties in deze structuurkeuze hebben geen ruimtelijk relevant effect ten aanzien van de elektriciteitsinfrastructuur.

### 10.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De doorvoer van waterstof kan via het nationale waterstofnetwerk van Gasunie worden getransporteerd. Vervolgens kan een internationale aansluiting bij Zevenaar of Winterswijk worden gebruikt voor de aansluiting met het Ruhrgebied in Duitsland. Er is geen ruimtebeslag, omdat volledig gebruik kan worden gemaakt van deze verbindingen.

Wat betreft de overige grondstoffen biedt de realisatie voor 2030 van de Delta Rhine Corridor binnen de huidige reserveringen uit de Structuurvisie Buisleidingen voldoende ruimte om de doorvoer naar Duitsland en de export van CO<sub>2</sub> te kunnen faciliteren (zie Bijlage V). Er zijn echter knelpunten voor de realisatie van deze verbindingen<sup>34</sup>. Deze knelpunten zijn naar verwachting op te lossen met toepassing van technische maatregelen (gestuurde boringen) of relatief kleine omleidingen buiten de bestaande reserveringen (I&W, 2021). Dit betekent dat er geen nieuwe infrastructuur gerealiseerd hoeft te worden na 2030. Hierdoor is er een kleine kans op effecten.

## 10.4 Conclusie

Het doorvoeren van grondstoffen naar het buitenland geeft een aanvullend ruimtebeslag op de locaties van import en invoeding in het buisleidingen netwerk door terminals, in de structuurkeuze is dit voorzien in de haven van Rotterdam. De ruimtedruk is hier groot door bestaande industrie en een omvangrijke opgave voor het invullen van de energietransitie. Wel is er een mogelijkheid tot herontwikkeling van bestaande locaties als gevolg van deze energietransitie. De kans op effecten bij Rotterdam is hierdoor groot. Er is een middelgrote kans op effecten bij externe veiligheid.

De realisatie van de Delta Rhine Corridor geeft voldoende capaciteit om de doorvoer in optie 2 (extra doorvoer) mogelijk te maken zonder extra buisleidingen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de bestaande reserveringen zoals opgenomen in de Structuurvisie Buisleidingen. Wel zijn er voor de realisatie hiervan (gepland voor 2030) lokale knelpunten geconstateerd.

<sup>34</sup> Uit de onderzoeken die momenteel (2023) worden uitgevoerd in het kader van de Delta Rhine Corridor blijkt dat er in de praktijk ruimtelijke knelpunten optreden binnen de gereserveerde ruimte. Hiervoor moeten passende oplossingen worden gevonden.

## 11 Structuurkeuze 10: Geothermie of restwarmte?

### 11.1 Inleiding

Volgens de Klimaatneutrale Energiescenario's 2050 (Berenschot, 2020) zullen 15% tot 45% van de huishoudens en gebouwen aansluiten op een warmtenet. Aan de hand van deze structuurkeuze worden de benodigde warmtetransportleidingen onderzocht die nodig zijn om te voorzien in de warmtebehoefte met behulp van bovenregionale warmtenetten. Afhankelijk van de warmtebron hebben de warmtetransportleidingen verschillende vertrekpunten.

### 11.2 Opties in deze structuurkeuze

Deze structuurkeuze bevat twee opties, waarbij de tweede optie twee varianten kent. De eerste optie gaat uit van zo veel mogelijk geothermische bronnen als voeding van de bovenregionale warmtenetten. Deze optie baseert zich op het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing. De concentratie van de warmtevraag is niet altijd nabij de nu bekende geothermische bronnen in de diepe ondergrond. De vraag en het aanbod worden met bovenregionale warmtetransportleidingen aan elkaar verbonden.

De tweede optie gaat uit van maximaal gebruik van restwarmte van de industrie. Waar de restwarmte en de vraag naar warmte niet dicht bij elkaar liggen, ontstaat een transportbehoefte. Deze optie is uitgewerkt in het scenario Nederland Energieland Europese Sturing en aangevuld met recente ontwikkelingen met bestaande plannen en ideeën voor bovenregionaal warmtetransport. De aanvulling van bestaande plannen en ideeën bestaat uit:

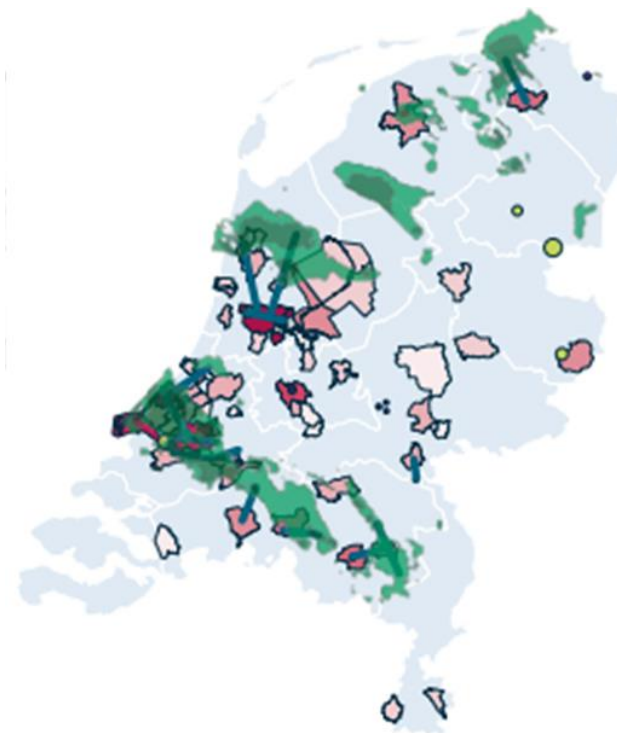
- Optie 1: Een warmteleiding tussen Moerdijk en Breda. Deze sluit een restwarmtebron aan op het bestaande Amernet. Moerdijk kan een belangrijke bron van restwarmte leveren.
- Optie 2: Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht. Chemelot kan een belangrijke bron van restwarmte leveren om in de vraag naar warmte van Maastricht te voorzien. Het gaat om een uitbreiding van het bestaande warmtenet in Maastricht.

### 11.3 Effectbeoordeling van optie 1: geothermie

#### 11.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Om zo veel als mogelijk gebruik te maken van geothermische bronnen, is een leiding gemodelleerd tussen de grotere concentraties van warmtevraag met nabijgelegen gebieden met een hoog geothermisch potentieel (weergegeven in Figuur 11-1). Hierbij wordt aangesloten bij de regionalisatie van I13050 (Netbeheer Nederland, 2021).

Figuur 11-1 Indicatieve ligging van geothermische putten



Indicatie leidinglengte: 400 - 500 km  
Gemiddelde diameter: DN500

### Occupatielaag

De ligging van een geothermisch doublet nabij bebouwing heeft een kleine kans op effecten omdat eventuele geluidhinder kan worden beperkt door het binnen plaatsen van bijvoorbeeld de pompen. Wel is er mogelijk sprake van tijdelijke hinder tijdens de aanleg op bebouwing (indien aanwezig) in de nabijheid van het doublet. Geothermie nabij bebouwing speelt mogelijk in de regio's Alkmaar, Rotterdam en Dordrecht en Midden- en Zuidoost-Brabant.

Er is een kleine kans op effecten op externe veiligheid. Door toepassing van geologisch vooronderzoek en van de juiste boortechnieken is het risico op een blow-out klein. Hierbij is het wel van belang dat de werkzaamheden conform wet- en regelgeving wordt verricht. Ook is er een kleine kans op het veroorzaken van kleine bevingen door het injecteren van water nabij geologische breuklijnen. Met behulp van geologisch onderzoek is de kans op dit effect goed te mitigeren en is de kans op effecten klein. De kans op effecten voor de occupatielaag is klein.

### Netwerklaag

Er zijn tussen de 40 en 90 geothermiedoubletten nodig om aan de warmtebehoefte te voldoen met geothermie in het gebruikte scenario. Het terrein dat het bovengrondse ruimtebeslag van een geothermisch doublet vormgeeft, heeft een oppervlakte van ongeveer 30x30 meter met daarop een gebouw. Tussen de doubletten is ongeveer minimaal 1,2 km afstand nodig om vermenging tussen warme en koude bronnen te voorkomen. In dit scenario is er sprake van minimaal 5 ha en maximaal 10 ha nodig verspreid

over Nederland. Door het kleine formaat van het terrein is er een kleine kans op effecten op de netwerklaag.

### Ondergrondlaag

De kans is op effecten door lekkage van proceswater naar grondwater is klein, omdat het ontwerp van de put hierop is aangepast (dubbele casing). Ook wordt de put gemonitord op lekdichtheid tijdens exploitatie. In het geval er een lekkage optreedt kan dit gemitigeerd worden door de exploitatie stil te leggen om de afsluiting van de casing te herstellen. Hiermee wordt ook een grotere lekkage voorkomen.

Ook zijn deze effecten te mitigeren door meervoudige casings toe te passen. Als een scheidende grondlaag wordt geraakt stopt de casing en wordt verder geboord met een kleinere diameter, tot een volgende scheidende grondlaag wordt geraakt.

De boring van een put kan door één of meerdere scheidende grondlagen worden uitgevoerd. Door meervoudige casings toe te passen wordt voorkomen dat er vermenging van verschillende kwaliteit grondwater plaatsvindt. Als een scheidende grondlaag wordt geraakt stopt de casing en wordt verder geboord met een kleinere diameter, tot een volgende scheidende grondlaag wordt geraakt. De kans op effecten door het optreden van effecten door vermenging van met watervoerende lagen is hiermee klein. Ook zijn de mogelijke kleine en lokale effecten te mitigeren. De kans op effecten op de ondergrondlaag is klein.

## 11.3.2 Effectbeoordeling van warmtetransport

Tabel 11-1 bevat de bovenregionale leidingen die worden aangelegd om met maximale inzet van geothermie de warmtevraag te bedienen. Voor de effectbeoordeling is uitgegaan van een hemelsbrede lijn tussen de woonkernen. Hierbij is gekeken naar welke (ruimtelijke) functies en kenmerken – waarop effecten kunnen plaatsvinden – zich in de omgeving van deze lijn bevinden. Vervolgens is per leiding en per laag de kans op effecten beoordeeld in Tabel 11-1.

Tabel 11-1 Te realiseren bovenregionale warmtetransportleidingen optie 1, inclusief effectbeoordeling per laag

Van	Naar	Lengte (km)	Occupatie	Netwerk	Ondergrond
Dordrecht	Breda	23-35	Geringe dichtheid	Doorkruising Maas/Hollands Diep	Doorkruising Biesbosch/Hollands Diep
Rotterdam regio		50-75	Hoge dichtheid	Doorkruising Nieuwe Maas en belangrijke infra	Relatief zettingsgevoelig
Rotterdam	Den Haag	18-28	Hoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen en spoorwegen	Relatief zettingsgevoelig
Amsterdam regio		16-23	Hoge dichtheid	Doorkruising Noordzeekanaal	Relatief zettingsgevoelig
Alkmaar	Amsterdam	25-37	Middelhoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen, spoorwegen, Noordzeekanaal en NNN	Relatief zettingsgevoelig en doorkruising weidevogelgebieden
Purmerend	Amsterdam	15-23	Geringe dichtheid	Geen bijzonderheden	Doorkruising IJperveld, Varkensland,

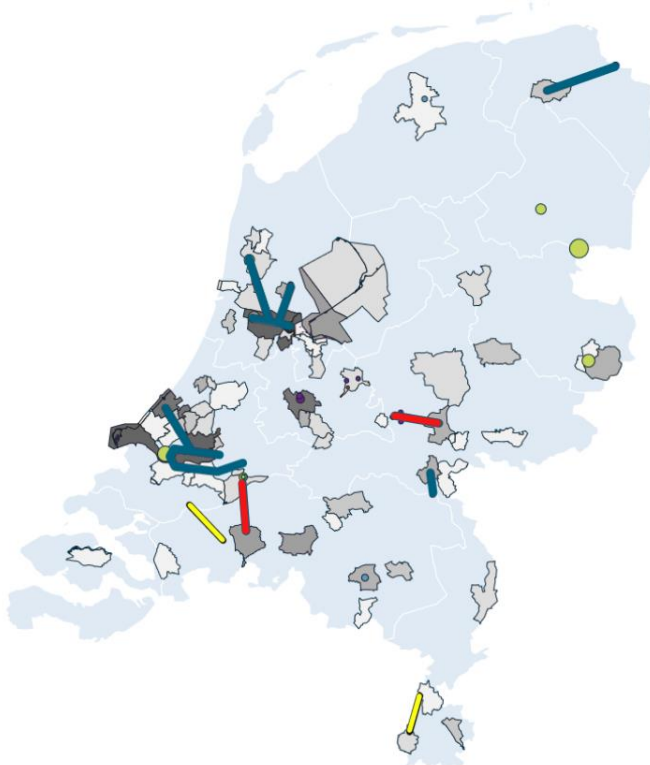
Van	Naar	Lengte (km)	Occupatie	Netwerk	Ondergrond
					Oostzanerveld en Twiske (N2000)
Land van Cuijk	Nijmegen	9-13	Geringe dichtheid	Doorkruising Maas/Maas-Waalkanaal en rijksweg	Kans op archeologische waarden.
Ede	Arnhem	19-29	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen en spoorwegen	Doorkruising Veluwe (N2000)
Delfzijl	Groningen	25-37	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen	-

## 11.4 Effectbeoordeling van optie 2: restwarmte

### 11.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Er zijn geen effecten als het gevolg van opwek van warmte in deze optie, aangezien opwek hier een restproduct is van bestaande bronnen en er dus geen opweklocaties bijkomen. De restwarmte wordt in andere regio's opgewekt ten opzichte van geothermie. Ten opzichte van de regionalisatie uit II3050 (Netbeheer Nederland, 2021) is op een tweetal locaties afgeweken. Dit staat in Figuur 11-2, de leidingen in rood zijn doorgehaald vallen af bij een focus op restwarmte. Dit zijn Dordrecht–Breda en Ede–Arnhem. De leidingen in geel zijn toegevoegd, dit zijn leidingen tussen Moerdijk en Breda en Chemelot en Maastricht.

Figuur 11-2 Regionalisatie warmtetransportleidingen voor restwarmte (Netbeheer Nederland, 2021; bewerkt door Pondera). Rode verbindingen vallen af bij restwarmte, gele verbindingen zijn toegevoegd bij restwarmte





## 11.4.2 Effecten van warmtetransport

De volgende tabel bevat de bovenregionale leidingen die worden aangelegd om met maximale inzet van restwarmte de warmtevraag te bedienen. Voor de effectbeoordeling is uitgegaan van een hemelsbrede lijn tussen de woonkernen. Hierbij is gekeken naar welke (ruimtelijke) functies en kenmerken – waarop effecten kunnen plaatsvinden – zich in de omgeving van deze lijn bevinden. Vervolgens is per leiding en per laag de kans op effecten beoordeeld. In deze optie wordt het bovenregionale warmtetransport op twee onderdelen gewijzigd ten opzichte van focus op geothermie (zie Figuur 11-2). Hierbij is vooral het verschil in de kans op effecten op de ondergrondlaag (doorkruising Natura 2000-gebieden bij geothermie, niet bij restwarmte) een verschil tussen de wijziging in leidingen.

Tabel 11-2 Te realiseren bovenregionale warmtetransportleidingen optie 2, inclusief effectbeoordeling per laag

Van	Naar	Lengte (km)	Occupatie	Netwerk	Ondergrond
Lage Zwaluwe	Breda	25-31	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen, spoorwegen en NNN	-
Land van Cuijk	Nijmegen	18-23	Geringe dichtheid	Doorkruising Maas/Maas-Waalkanaal en rijksweg	Kans op archeologische waarden.
Helmond	Eindhoven	54-68	Middelhoge dichtheid	Doorkruising NNN-gebied	-
Rotterdam regio		92-116	Hoge dichtheid	Doorkruising Nieuwe Maas en belangrijke infra	Relatief zettingsgevoelig
Rotterdam	Leiden	63-78	Hoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen en spoorwegen	Relatief zettingsgevoelig
Amsterdam regio		29-36	Hoge dichtheid	Doorkruising Noordzeekanaal	Relatief zettingsgevoelig
Purmerend	Amsterdam	47-59	Geringe dichtheid	Geen bijzonderheden	Doorkruising IJperveld, Varkensland, Oostzanerveld en Twiske (N2000)
Alkmaar	Amsterdam	40-50	Middelhoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen, spoorwegen, Noordzeekanaal en NNN	Relatief zettingsgevoelig en doorkruising weidevogelgebieden
Het Hoge Land	Groningen	32-40	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen	Geen bijzonderheden
Chemelot	Maastricht	10-15	Middelhoge dichtheid	Doorkruising rijksweg	Geen bijzonderheden

## 11.5 Conclusie

De opties verschillen onderling met name ten aanzien van de effecten van opwek; door (maximale) toepassing te geven aan geothermie (optie 1) worden er bronnen aangeboord die bij focus op restwarmte (optie 2) niet worden ingezet. Dit betekent met name een toename in de kans op tijdelijke effecten op de directe omgeving (geluid) en op de bodem (trillingen), al zijn deze effecten goed te mitigeren bij juiste toepassing van de techniek (kleine kans op effect). Bij het gebruik van restwarmte zijn er geen effecten voorzien als gevolg van opwek omdat de restwarmte al aanwezig is met de aanname dat er geen extra productie van warmte plaatsvindt om aan de vraag van te voldoen.

De effecten als gevolg van de bovenregionale leidingen zijn onderling gering afwijkend. Indien toepassing wordt gegeven aan geothermie, zal meer transport plaatsvinden vanuit de omgeving Rotterdam regio – Den Haag – Dordrecht. Dit wordt (enigszins) ontzien in de optie met restwarmte, omdat dan Breda wordt voorzien vanuit Moerdijk, en niet vanuit Dordrecht. Hiermee wordt een complexe kruising met de Biesbosch en het Hollands Diep voorkomen. Dit is ook aangewezen als Natura 2000-gebied. Hetzelfde geldt voor de leiding tussen Ede en Arnhem (kruising Natura 2000-gebied Veluwe) voor geothermie die bij restwarmte niet aanwezig is. De in plaats daarvan toegevoegde restwarmteleiding Chemelot-Maastricht doorkruist geen Natura 2000. De effecten in het Noorden van Nederland blijven nagenoeg gelijk; in beide gevallen is er sprake van bovenregionale leidingen met soortgelijke effecten.

Er is sprake van een klein onderscheid in de kans op effecten als gevolg van de aanleg en het gebruik van bovenregionale warmtetransportleidingen in de hier onderzochte opties. In de praktijk is het logischer om een combinatie van geothermie en restwarmte te gebruiken.

## 12 Systeemontwikkeling 11: Maximale elektrificatie

### 12.1 Inleiding

Het energiesysteem van de toekomst kan niet drijven op één energiedrager. Elektriciteit, waterstof, groen-gas en warmte vervullen allemaal een rol in het systeem. De verhouding tussen deze energiedragers in het toekomstig energiesysteem is echter nader in te vullen. In de zeven scenario's die ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling in deze IEA is dit verschillend ingevuld. De systeemontwikkeling voor maximale elektrificatie baseert zich dan ook op het alternatief dat maximaal invulling geeft aan de energiedrager elektriciteit. Dit is het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing. De effectanalyse van deze systeemontwikkeling sluit aan bij de kwalitatieve beschrijving zoals opgenomen in Bijlage VIII. Vanwege het hoge abstractieniveau is er geen effectbeoordeling gedaan zoals bij de structuurkeuze 1 t/m 10, maar een korte abstracte effectanalyse uitgevoerd van mogelijke effecten van de beide opties binnen deze systeemontwikkeling.

Deze systeemontwikkeling bevat de volgende opties voor maximale elektrificatie:

- Optie 1: Om te voldoen aan de maximaal geëlektrificeerde vraag wordt het aanbod ingevuld met hernieuwbare opwek. Deze optie baseert zich (kwalitatief) op het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.
- Optie 2: Om te voldoen aan de maximaal geëlektrificeerde vraag wordt het aanbod ingevuld met regelbare centrales. Deze optie baseert zich (kwalitatief) op het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.

Omdat de effecten van de beide opties niet kwantitatief zijn berekend in deze IEA, worden de opties niet separaat geanalyseerd. Om de effecten in samenhang te analyseren en naast elkaar te zetten, worden de opties in één paragraaf behandeld.

### 12.2 Effectanalyse

#### 12.2.1 Effectanalyse van opwek/productie

Elektrificatie van de energievraag leidt tot extra elektriciteitsproductie en mogelijk tot verlaging van vraag naar andere energiedragers. Deze elektriciteitsvraag kan worden ingevuld door opwek in Nederland of import van elektriciteit, waterstof en methaan. De effectanalyse van de systeemontwikkeling gaat in op de effecten van de opties voor het realiseren van de aanvullend benodigde opwek in hernieuwbare energie of door inzet van regelbare centrales, dit is hieronder kort uitgelegd.

#### Aanvullend hernieuwbare opwek

Om maximaal gebruik te maken van elektriciteit neemt de hoeveelheid opgesteld vermogen zonne- en windenergie op land toe. In structuurkeuze 3 'locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering' zijn de verschillen tussen clustering en spreiding van hernieuwbaar op land nader bekeken. In deze systeemontwikkeling worden de effecten uit structuurkeuze 3 uitvergroot door een groter opgesteld vermogen zon en wind. Bij spreiding van opwek is de kans op effecten op landschap groter door meer aantasting door plaatsing van wind en zon in bijvoorbeeld Nationale Landschappen. Ook zijn de effecten op Natura 2000-gebieden nog groter door meer vermogen windenergie verspreid over het land. Bij clustering betekent het dat er nog intensiever in een aantal gebieden in Nederland hernieuwbare opwek wordt gerealiseerd. Dit heeft lokaal zeer grote effecten op leefomgeving, landschap en natuur maar vrijwaart hiermee effecten op delen van Nederland waar geen extra hernieuwbaar op land wordt

gerealiseerd. Windenergie op zee is in dit alternatief maximaal ingevuld (72 GW). Omdat de piekvraag naar elektriciteit toeneemt, is er naast het aanvullend ruimtebeslag door meer hernieuwbaar op land, zeer waarschijnlijk ook meer ruimte nodig voor de plaatsing van aanvullende regelbare centrales. Dit betekent dat er bij clustering van piekcentrales op Barro-locaties ruimtelijke knelpunten ontstaan omdat er niet voldoende beschikbare ruimte is. Mogelijk moeten Barro-locaties worden uitgebreid. Bij spreiding van meer kleinschalige regelbare centrales worden er op nog meer plaatsen centrales (risicobronnen) geplaatst. Zie ook structuurkeuze 5 'Spreiding of clustering regelbare centrales'.

#### Aanvullend regelbaar vermogen

Door bij maximale elektrificatie de opwek te realiseren met regelbaar vermogen, betekent dat er aanvullend grote centrales geplaatst moeten worden. De opties en bijbehorende effecten van structuurkeuze 5 zijn hier ook van toepassing, aangezien de centrales qua ruimtebeslag nagenoeg gelijk zijn, alleen het aantal vollasturen dat de centrales draaien is aanzienlijk groter. Dit betekent dat er ten opzichte van de regelbare centrales een grotere beschikbaarheid van koelwater benodigd is voor de grote centrales. De grote centrales worden gevoed door waterstof of methaan. Als er voor wordt gekozen om deze energiedragers in Nederland te produceren, is er een aanvullend opgesteld hernieuwbaar vermogen nodig. Zie voor effecten van meer vermogen hernieuwbaar op land de optie 'aanvullend hernieuwbare opwek' hierboven. Indien gekozen wordt voor import van waterstof en methaan, worden de effecten grotendeels afgewenteld op het buitenland. Voor de import zijn er voorzieningen noodzakelijk zoals opslagterminals en voldoende internationale transportcapaciteit. De effecten hiervan zijn geanalyseerd in structuurkeuze 9. De kans op effecten is met name in de netwerklaag door het toegenomen ruimtebeslag in de havenindustriële gebieden. Hier zullen importterminals ruimte vergen, naast andere industriële ontwikkelingen en overige opgaven binnen de energietransitie. De afwenteling naar het buitenland betreft mogelijke effecten door de opwek van energie en de realisatie van exportterminals.

### 12.2.2 Effecten van opslag

De extra elektriciteitsvraag leidt niet persé tot een grotere behoefte aan opslag. Dit hangt af van hoe de vraag ingevuld wordt. Als dit wordt ingevuld met hernieuwbaar vermogen is er waarschijnlijk extra opslag nodig in de vorm van batterijen. De kans op effecten door meer batterijen is sterk afhankelijk van de plaatsing hiervan. Als er een grote of middelgrote kans op effecten is voor de plaatsing van batterijen blijkt uit Bijlage XIa dat dit voornamelijk in de netwerklaag is. Specifiek gaat het om het ruimtebeslag dat niet beschikbaar is.

Bij de optie van het plaatsen van aanvullende regelbare centrales om te voldoen aan de vraag bij maximale elektrificatie, is er waarschijnlijk geen aanvullende opslag nodig met batterijen. Het is onduidelijk of er meer of minder opslag nodig is voor waterstof. Elektrificatie vermindert weliswaar het gebruik van waterstof primair, maar als regelbare centrales waterstof en geen methaan als brandstof gebruiken is er alsnog een grote waterstofvraag.

### 12.2.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

Het is niet te zeggen op welke plekken knelpunten optreden en waar extra elektriciteitsinfrastructuur noodzakelijk is. Het is van belang om de locaties van vraag en aanbod zo dicht mogelijk bij elkaar te brengen, waardoor knelpunten mogelijk zelfs opgelost kunnen worden. Als de elektrificatie van de vraag zich bijvoorbeeld voornamelijk manifesteert in de nabijheid van de aanlandingslocaties van windenergie op zee, worden knelpunten die ontstaan door het transport van deze elektriciteit naar locaties elders in Nederland opgelost. Als de additionele vraag en de extra productie geografisch ver uit elkaar liggen, dan

leidt dit tot extra belasting op het elektriciteitsnet. Het is waarschijnlijk dat dan elektriciteit verder landinwaarts getransporteerd dient te worden. Dit kan bijvoorbeeld spelen bij de verbindingen in Noord-Holland waar grote kans op effecten op Natura 2000, woonkernen en Stelling van Amsterdam is. Ook verbindingen vanaf de Maasvlakte richting Maasbracht/Duitsland/België. Hierbij wordt Noord-Brabant doorkruist met nieuwe bovengrondse verbindingen. Dit heeft een grote kans op effecten op landschap en Natura 2000. Ditzelfde geldt ook voor verbindingen vanaf Borssele landinwaarts.

#### 12.2.4 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

De invulling van de benodigde aanvullende opwek door hernieuwbare bronnen ontstaan er overschotten in productie die omgezet worden in waterstof. Dit resulteert in een grotere transportbehoefte van de elektrolyzers naar het Nationaal Waterstofnetwerk. Ook hier kunnen knelpunten ontstaan ten op de aansluitleidingen.

De grootste belasting van het nationaal waterstofnetwerk wordt echter veroorzaakt door transport vanaf de waterstofopslag naar centrales. De keuze voor het invullen van de vraag met regelbare centrales leidt vermoedelijk tot intensivering van de knelpunten in de aansluitleidingen naar de centrales. Het is de verwachting dat er geen knelpunten ontstaan op het Nationaal Waterstofnetwerk aangezien deze voldoende capaciteit heeft.

### 12.3 Conclusie

Het maximaal inzetten op de elektrificatie van het energiesysteem resulteert in een grotere vraag naar hernieuwbare opwek op land en regelbare centrales. Bij meer hernieuwbare opwek zijn er grote effecten op landschap en natuur te verwachten. Bij regelbare centrales is er voornamelijk ruimtegebruik bij de Barro-locaties, die mogelijk uitgebreid moeten worden. Door meer hernieuwbare opwek is er ook meer behoefte aan batterijen. De effecten zijn afhankelijk van de locatie, maar kunnen groot zijn door een gebrek aan ruimte op meer industriële of dichtbebouwde locaties. Het is onduidelijk of de vraag naar waterstof toe- of afneemt. Door meer elektriciteitsgebruik kan er minder waterstofvraag zijn, maar als regelbare centrales gevoed worden door waterstof en niet door methaan kan er een hogere waterstofvraag ontstaan.

De kans op effecten in de elektriciteitsinfrastructuur is niet goed in te schatten omdat niet duidelijk is waar vraag en aanbod zullen toe of afnemen. Als er niet gekozen wordt om opwek zo dicht mogelijk bij de vraag te plaatsen, is het aannemelijk dat er nieuwe verbindingen nodig zullen zijn. De verwachting is dat dit in Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en Noord-Brabant tot nieuwe verbindingen zal leiden. Dit heeft een grote kans op effecten op landschap, natuur en bebouwing.

## 13 Stroomontwikkeling 12: Maximaal gebruik waterstof

### 13.1 Inleiding

Het energiesysteem van de toekomst kan niet drijven op één energiedrager. Elektriciteit, waterstof, groengas en warmte vervullen allemaal een rol in het systeem. De verhouding tussen deze energiedragers in het toekomstig energiesysteem is echter nader in te vullen. In de zeven scenario's die ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling in deze IEA is dit verschillend ingevuld. De stroomontwikkeling voor het maximale gebruik van waterstof baseert zich dan ook op het scenario dat maximaal invulling geeft aan de energiedrager waterstof. Dit is het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing. De effectanalyse van deze stroomontwikkeling sluit aan bij de kwalitatieve beschrijving zoals opgenomen in Bijlage VIII. Vanwege het hoge abstractieniveau is er geen effectbeoordeling gedaan zoals bij de structuurkeuze 1 t/m 10, maar een korte abstracte effectanalyse uitgevoerd van mogelijke effecten van maximaal gebruik waterstof. In deze stroomontwikkeling worden geen opties met elkaar vergeleken. Er wordt gekeken welke knelpunten ontstaan bij toepassing van het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing.

### 13.2 Effectanalyse

#### 13.2.1 Effecten van opwek/productie

Bij maximaal gebruik van waterstof moet in een grotere primaire vraag worden voorzien dan in het geval van maximale elektrificatie omdat bij de productie van waterstof met elektriciteit de energie voor een deel wordt omgezet in warmte. Dit kan door middel van import en door middel van binnenlandse productie van waterstof. Als de aanvullende vraag volledig wordt bediend door import is er geen ruimtebeslag als gevolg van opwek. Productie van waterstof wordt dan in het buitenland gedaan, wat betekent dat de effecten voor Milieu & Ruimte hiervan ook naar het buitenland worden afgewenteld. Als de aanvullende waterstofvraag wordt gerealiseerd met behulp van aanvullende binnenlandse productie is er sprake van meer ruimtebeslag door opwek van elektriciteit (wind en zon) en productie van waterstof (elektrolyzers).

#### Aanvullende opwek door wind en zon

De aanvullende behoefte aan opwek door wind kan offshore worden aangevuld met 20,5 GW. Dit kan worden ingezet voor de aanvullende primaire vraag. Ook kan er – in vergelijking met andere scenario's – nog 10 GW aan wind op land worden toegevoegd. Afhankelijk van de keuze om deze opwek op land te spreiden of te clusteren is een toename in de kans op effecten ten aanzien van landschap en ecologie. Bij clustering zijn er grote effecten op landschap en natuur op meer lokale schaal (in de clusters). Bij spreiding is er een grote kans op effecten op landschap en ecologie op nationale schaal. Zie ook hoofdstuk 4.

#### Aanvullende productie door elektrolyzers

Indien gekozen wordt voor binnenlandse productie van waterstof, is naast de aanvullende opwek door wind en zon ook aanvullend vermogen in elektrolyzers nodig. Deze kunnen bij de vraag van H<sub>2</sub> of bij het aanbod van elektriciteit worden geplaatst. Indien gekozen wordt voor plaatsing bij de vraag is een aanvullend ruimtebeslag verwacht in bovengrondse hoogspanningsverbindingen tussen aanlandingslocaties van windenergie op zee en locaties van de H<sub>2</sub>-vraag. Dit komt mogelijk overeen met nieuwe verbindingen nodig bij structuurkeuze 4 optie 2 plaatsing elektrolyzers bij de vraag (zie hoofdstuk 5). Hier zijn er nieuwe verbindingen nodig op de trajecten Tilburg–Eindhoven, Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd. Zie effecten onder elektriciteitsinfrastructuur. Als elektrolyzers worden geplaatst bij de aanlandingslocaties, neemt de ruimtedruk toe op deze locaties. Dit meest kritische locaties zijn de haven van Rotterdam en

Borssele/Sloegebied. Hier ligt al een grote opgave voor de realisatie van de energietransitie die veel ruimte vergt. Door het toevoegen van elektrolyzers wordt het ruimtelijk knelpunt enkel groter. Mogelijke uitbreiding van de industriegebieden heeft mogelijk grote effecten op omliggende landbouw, natuur en woonkernen.

### 13.2.2 Effecten van opslag

In het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing wordt bijna alle gebruikte waterstof geïmporteerd. Als waterstof via havens wordt geïmporteerd, en niet offshore geproduceerd met windenergie op zee, zijn hiervoor terminals nodig en is er minder seizoensopslag in bijvoorbeeld zoutcavernes benodigd. Waterstof kan op verschillende manieren via schepen geïmporteerd worden: vastgelegd in een Liquefied Organic Hydrogen Carrier (LOHC); opgenomen in een drager zoals ammoniak of methanol of gekoeld tot -253 graden Celsius. In de haven zal dan ruimte gereserveerd moeten worden voor opslag; en afhankelijk van de vorm, voor 'dehydrogenation'. Dehydrogenation is het proces om waterstof van de drager te ontdoen. Dat is nodig om waterstof als zodanig in het waterstofnetwerk in te kunnen voeden. Ook dit ruimtebeslag zal hoogstwaarschijnlijk in de havengebieden landen. Het is onduidelijk hoeveel ruimtebeslag dit betekent, maar de ruimtedruk op de industriële havengebieden is al groot door de huidige invulling en de overige opgaves vanuit de energietransitie. Mogelijke uitbreiding van de havenindustriegebieden heeft mogelijk grote effecten op omliggende landbouw, natuur en woonkernen.

Bij een groot gebruik van waterstof wordt een deel van de waterstof direct ingezet, en een deel voor de levering van elektriciteit via regelbare centrales. Omdat waterstof wordt geïmporteerd en er minder sprake is van een groot aandeel hernieuwbare opwek, is er minder vraag naar opslag voor het leveren van flexibiliteit bij maximaal gebruik van waterstof.

### 13.2.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

Inzet op maximaal gebruik van waterstof zorgt, ten opzichte van maximale elektrificatie, voor een lagere belasting op het elektriciteitsnet. Er ontstaan daardoor in het algemeen minder knelpunten op het elektriciteitsnet. Maar om hier iets verder op in te gaan; als elektrolyzers bij de H<sub>2</sub>-vraag geplaatst worden is het mogelijk dat er nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Mogelijk zijn dit Tilburg–Eindhoven, Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd. Bij Tilburg–Eindhoven is er een middelgrote kans op effecten door ligging nabij woonkernen en effecten op landschap. Voor alle genoemde verbindingen is NNN en Natura 2000 een aandachtspunt vanwege doorkruising of nabijge ligging waardoor er een toename in aanvaringslachtoffers zal zijn.

### 13.2.4 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

Door een maximaal gebruik van waterstof kunnen er knelpunten ontstaan in de infrastructuur. Deze knelpunten treden met name op bij aanlandingslocaties en aftakkingen van het Nationaal Waterstofnetwerk. Voorbeelden zijn Maasvlakte–Wijngaarden en Vlissingen–Bergen op Zoom. Of verzwaring hier nodig is moet nader onderzocht worden. Waarschijnlijk is een eventuele verzwaring mogelijk binnen de huidige buisleidingstrook, er zijn daarom geen ruimtelijke effecten te verwachten.

### 13.3 Conclusie

Om te kunnen voorzien in de vraag naar waterstof in het geval gekozen wordt voor maximale inzet van waterstof, is eerst een keuze nodig ten aanzien van de bron die ruimtelijk relevant is; importeren of binnenlandse productie.

Bij import is er sprake van een relatief beperkt ruimtebeslag voor importterminals in havengebieden.

De effecten van de opwek van de energie benodigd om waterstof te produceren wordt afgewenteld naar het buitenland. Bij binnenlandse productie is er sprake van een groot extra ruimtebeslag door meer opgesteld vermogen zon en wind op land. Bij clustering van de opwek heeft dit grote effecten op natuur en landschap op lokale schaal. Bij spreiding heeft dit grote effecten op natuur en landschap op nationale schaal. Daarnaast hebben elektrolyzers nog ruimtebeslag de locaties waar wind op zee aan land komt of bij locaties waar waterstofvraag is. Bij het laatste zijn er mogelijk nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig met effecten op woonkernen, natuur en landschap. Voor zowel importeren als binnenlandse productie kunnen er knelpunten in de waterstofinfrastructuur ontstaan. Dit heeft waarschijnlijk geen ruimtelijke gevolgen omdat er binnen bestaande reserveringen nieuwe leidingen gerealiseerd kunnen worden.



## 14 Stroomontwikkeling 13: Gebruik groengas/methaan

### 14.1 Inleiding

Het energiesysteem van de toekomst kan niet drijven op één energiedrager. Elektriciteit, waterstof, groengas en warmte vervullen allemaal een rol in het systeem. De verhouding tussen deze energiedragers in het toekomstig energiesysteem is echter nader in te vullen. In de zeven scenario's die ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling in deze IEA is dit verschillend ingevuld. De stroomontwikkeling voor het maximale gebruik van groengas baseert zich dan ook op het scenario dat maximaal invulling geeft aan de energiedrager groengas. Dit is het scenario Nederland Energieland Europese Sturing. Tegelijkertijd is in dit scenario een grote rol voor waterstof weggelegd via import. Het is niet mogelijk om het effect van inzet op groengas/methaan afzonderlijk te analyseren aan de hand van dit scenario. De effectanalyse van deze stroomontwikkeling sluit aan bij de kwalitatieve beschrijving zoals opgenomen in Bijlage VIII. Vanwege het hoge abstractieniveau is er geen effectbeoordeling gedaan zoals bij de structuurkeuze 1 t/m 10, maar een korte abstracte effectanalyse uitgevoerd van mogelijke effecten van maximaal gebruik van groengas. In deze stroomontwikkeling worden geen opties met elkaar vergeleken. Er wordt gekeken welke knelpunten ontstaan bij toepassing van het scenario Nederland Energieland Europese Sturing.

### 14.2 Effectanalyse

#### 14.2.1 Effecten van opwek/productie

In deze stroomontwikkeling is er een belangrijke basiskeuze te maken; wordt de productie van groengas zo veel als mogelijk in het binnenland geproduceerd (begrenst door de omvang van reststromen) of wordt groengas volledig geïmporteerd waarbij effecten op het buitenland worden afgewenteld. In het geval van binnenlandse productie zal dit verspreid over het land plaatsvinden, in met name agrarische gebieden. Hierdoor is de kans op effecten ten aanzien van woonkernen veelal beperkt. Groengas kan ook geïmporteerd worden uit andere Europese landen via het gasleidingennetwerk. Daarnaast kan het geïmporteerd worden in de vorm van bio-lng via lng-tankers. Daarvoor zijn importterminals nodig in de havens. De ruimtedruk in havengebieden is al groot door overige opgaven in de energietransitie. Extra importterminals vergroten het ruimtelijk knelpunt daar. Mogelijke uitbreiding van de havenindustriegebieden heeft mogelijk grote effecten op omliggende landbouw, natuur en woonkernen.

#### 14.2.2 Effecten van opslag

Ongeacht de keuze ten aanzien van binnenlandse opwek, is er sprake van een grote hoeveelheid import van groengas. Een deel van dit geïmporteerde groengas wordt, net als nu, opgeslagen in bestaande ondergrondse opslagen om op alle momenten van het jaar in de vraag te kunnen voorzien. Bij maximale toepassing van groengas wordt ook waterstof in aparte bergingen (zoutcavernes) opgeslagen. De totale behoefte aan opslag verandert nagenoeg niet, waardoor de huidige gasopslagen meer dan voldoende zijn voor opslag van methaan. Vanwege het gebruik van de bestaande gasopslagen voor groengas, is voor waterstof opslag in zoutcavernes relevant. De effecten hiervan zijn in structuurkeuze 6 opgenomen. Hieruit blijkt dat dit terecht komt in noordoost Nederland. Hier zijn lokaal effecten van bodemdaling en verlies van landbouwgrond door benodigde bovengrondse infrastructuur. Ook zijn er nieuwe ondergrondse aansluitingen nodig naar de locaties van de zoutcavernes.

### 14.2.3 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

#### Methaaninfrastructuur

In het scenario Nederland Energieland Europese Sturing ontstaan knelpunten op de Maasvlakte, tussen Borssele/Sloegebied en Bergen op Zoom en bij de aansluiting van de Flevocentrale. Er is ook een groei van de industrie voorzien en wordt zowel methaan als waterstof ingezet om in die vraag te voorzien. Het is onzeker of de knelpunten op de Maasvlakte en tussen Borssele/Sloegebied en Bergen op Zoom ontstaan als er geen groei van de industrie plaatsvindt. Daarnaast wordt zowel methaan als waterstof ingezet in de gebouwde omgeving in dit scenario. Omdat het huidige net een grotere capaciteit aankan dan in 2050 aan methaan inzet is voorzien, wordt er geen aanvullend ruimtebeslag in de methaaninfrastructuur verwacht. Wel is er mogelijk een aanvullende ruimtevraag voor het plaatsen van boosters om het regionaal geproduceerde methaan in te voeden in het net. Dit betreft in principe een beperkt ruimtelijke omvang op een aantal plaatsen.

#### Waterstofinfrastructuur

Er wordt vanuit gegaan dat er geen ruimtelijke reserveringen van nationaal belang nodig zijn in het HTL, omdat eventuele verzwaringen waarschijnlijk binnen de huidige tracés passen. Wel is het de verwachting dat er aanvullende aansluitleidingen gerealiseerd moeten worden. Dit vanwege het mogelijk dubbele gebruik van het buisleidingennet; op dezelfde locaties moet zowel een waterstof- als een methaanvraag bediend worden. Uitgaande van de aanleg van een nieuwe aansluitleiding in de nabijheid van bestaande tracés, is het ruimtebeslag beperkt. Daarnaast moeten meer onderdelen van de infrastructuur van het aardgasnet in gebruik blijven als gevolg van het inzetten van zowel methaan als waterstof. Het gaat dan om het in bedrijf houden van aparte compressoren, vulstations etc. voor beide gassen.

### 14.3 Conclusie

Maximale inzet op methaan resulteert in volledig gebruik van reststromen ten behoeve van de productie van groengas. Dit is echter onvoldoende om in de vraag te voorzien, waardoor import nodig is, met als gevolg de realisatie van terminals in de havengebieden indien import via schepen plaatsvindt. Dit levert ruimtelijke knelpunten op binnen de havengebieden. Mogelijke uitbreiding van deze gebieden heeft grote gevolgen voor nabijgelegen landbouw, natuur en woonkernen. Ook is import via (bestaande) buisleidingen mogelijk. Naast methaan is er in 2050 ook vraag naar waterstof, waardoor het bestaande net voor beide gassen gebruikt wordt. Het is de verwachting dat – na realisatie van het Nationaal Waterstofnetwerk – er geen aanvullend ruimtebeslag is in het HTL om deze dubbele functie te vervullen. Wel zullen aanvullende aansluitleidingen gerealiseerd moeten worden op locaties waar zowel vraag is naar methaan als waterstof. Het ruimtebeslag hiervan is niet in te schatten, maar naar verwachting is het ruimtebeslag relatief beperkt en zijn de effecten op Milieu & Ruimte daarmee ook beperkt.

## 15 Bronnen

- Arcadis. (2011). *Inpasbaarheid energie-initiatieven Sloegebied*.
- BCI. (2020). *Haalbaarheidsstudie Buisleidingen R'dam – Chemelot – NRW, Bijlage 1 Trace Alternatieven en Afwegingen*. Nijmegen: Buck Consultants International.
- Berenschot. (2020). *Klimaatneutrale energiemerario's 2050*. Utrecht: Berenschot, Kalavasta.
- Berenschot, Kalavasta. (2020). *Klimaatneutrale energiemerario's 2050*. Utrecht: Berenschot.
- Buck Consultants International. (2020). *Bijlage 2 Marktpraag & Business Case - Bevindingen werkgroep business case (Chemelot en PoR) opgesteld door BCI*. Nijmegen.
- CE Delft. (2021). *Groeiprojecties energie-intensieve industrie*. Delft: CE Delft.
- CIEP. (2017). *The European Refining sector - a diversity of markets*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- COVRA. (2020). Opgehaald van Jaarrapport 2020: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2021). Opgehaald van Jaarrapport 2021: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2022). *Nationale Radioactief Afval Inventarisatie*.
- EBN, Gasunie. (2017). *Transport en Opslag van CO2 in Nederland*. Den Haag: Energiebeheer Nederland.
- Gasunie. (2016). *Prediction of Subsidence above caverns at Zuidwending, The Netherlands Operation Phase Report on WP3: Subsidence Prediction*.  
<https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>.
- Guidehouse & Berenschot. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*.
- I&W. (2018). *Structuurvisie Ondergrond*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
- I&W. (2021). *Aandachtspunten Verkenning Buisleidingstracé PoR-Chemelot-NRW*.
- I&W, M. (2016). *Het nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen*. Opgehaald van <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/nationale-programma-radioactief-afval/documenten/publicatie/2016/06/24/nationale-programma-radioactief-afval>
- I&W, M. (2021). *Landelijk Crisisplan Straling*. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/repository/ronl-3f45e45d-4699-4b93-99ea-a12114d1c68c/1/pdf/tk-bijlage-1-landelijk-crisisplan-straling.pdf>
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*. Den Haag: Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*.
- Nieuwland GEO-Informatie. (2008). *Ruimtelijke Analyse Buisleidingstroken en -tracés - Deel A: Hoofdrapport*. Wageningen: Nieuwland GEO-Informatie.
- PBL. (2017). *Negatieve emissies*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2020). *Decarbonisation options for Large Volume Organic Chemical production, Shell Pernis*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rebel. (2021). *Actualisatie toekomstscenario's voor afvalverbranding in Nederland*. Rotterdam: Rebel.
- Rijksoverheid. (2023). *Kernenergie in Nederland*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/opwekking-kernenergie#anker-7-aanbod-en-opslag-radioactief-afval>
- Royal HaskoningDHV. (2021). *Nationale CO2-opslagbehoefte tot 2035*. Nijmegen: Royal HaskoningDHV.
- RVO. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040; Guidehouse en Berenschot*. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-39a57614254aef46d047e1de1a9fd6c48938f50b/pdf>
- Strategy&. (2021). *HyWay 27: waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk? Eindrapport voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat*. Amsterdam.
- TNO. (2020). *Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES*.
- TNO. (2021). *Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030-2050. Technische evaluatie van vraag en aanbod*. TNO & EBN.



VWS. (2005). *Potentiële koelcapaciteit rijkswateren 2005-2050*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat/RIZA.

# BIJLAGE XII Welvaartsanalyse PEH

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Ward van Santen, Ellen Schep

**Nagekeken door**  
Martijn Blom

## Disclaimer

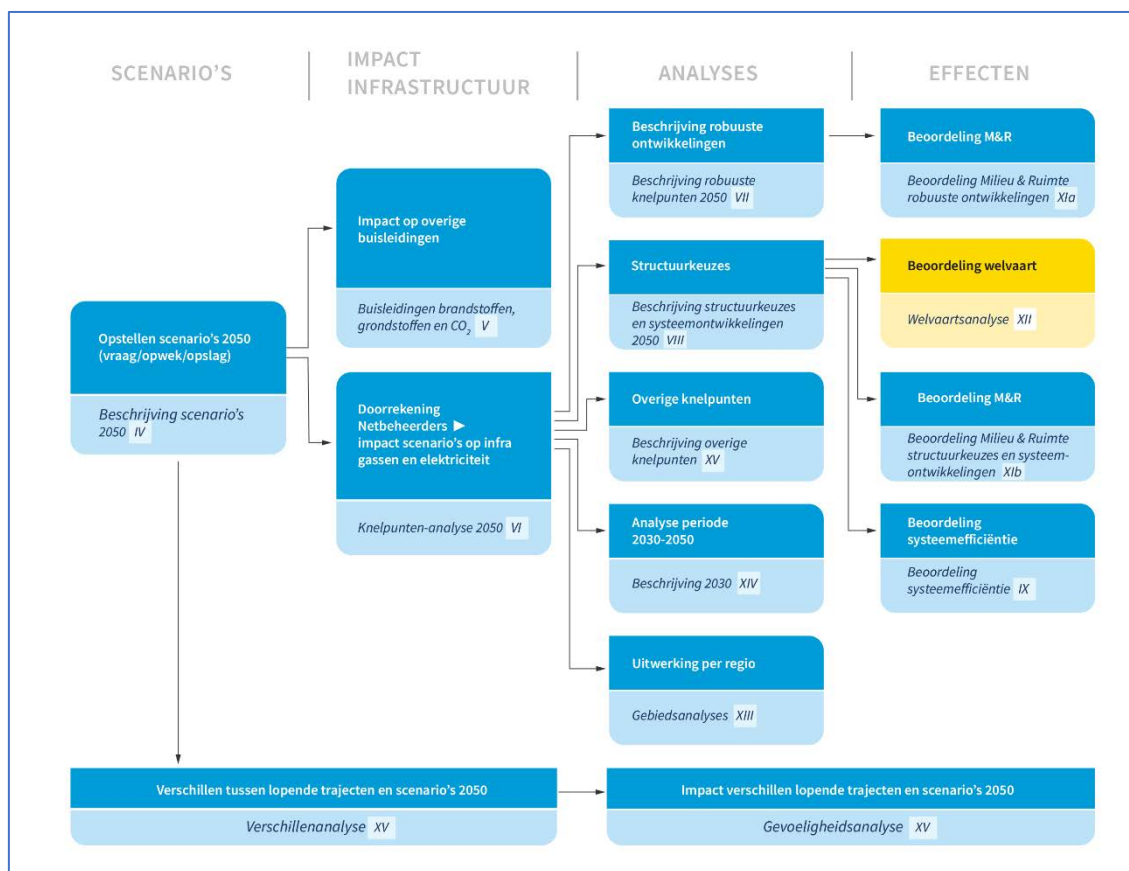
In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.



## 0 Samenvatting

Deze Bijlage XII, *Welvaartanalyse*, bevat de beoordeling van de structuurkeuzes voor de thema Welvaartsanalyse. Hiervoor wordt de uitwerking van de structuurkeuzes, in Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*, gebruikt. Hiermee geeft deze bijlage inzicht in de effecten van de verschillende structuurkeuzes (helemaal rechts in Figuur 0-1). De overige effecten van de structuurkeuzes zijn te vinden in Bijlagen IX *Beoordeling Systeemefficiëntie* en XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes en systeemontwikkelingen*.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



Binnen PEH wordt voor de beoordeling van de welvaartseffecten aangesloten bij het instrument maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Een kenmerk van een MKBA is dat naast financiële kosten en baten (voor gebruiker of producent) ook maatschappelijke kosten en baten (voor de gehele samenleving) worden meegenomen. In tegenstelling tot het beoordelingskader voor Milieu, maakt een MKBA de effecten van de structuurkeuzes dus zo veel mogelijk meetbaar in geld. Een groot voordeel daarvan is dat alle effecten vergelijkbaar worden gemaakt onder één noemer. In deze bijlage beschrijven we eerst de methodiek van de welvaartsanalyse en daarna presenteren we de uitkomsten en gebruikte kengetallen.

In een welvaartsanalyse worden altijd verschillende opties (alternatieven) tegen elkaar afgezet. In PEH bevatten alle structuurkeuzes twee opties, behalve structuurkeuzes 11 tot en met 13: deze structuurkeuzes bevatten slechts één alternatief. Daarom zijn voor structuurkeuzes 11, 12 en 13 geen welvaartsanalyses uitgevoerd.

## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Aanpak</b>	<b>3</b>
1.1	Inleiding	3
1.2	Definitie MKBA en toepassing binnen de welvaartanalyse	3
1.3	Overzicht opties binnen structuurkeuzes	4
1.4	Mee te nemen effecten	5
1.5	Afbakening en uitgangspunten	8
<b>2</b>	<b>Welvaartsanalyse per structuurkeuze</b>	<b>8</b>
2.1	Structuurkeuze 1: Aanlanding wind op zee, kust of diep	8
2.2	Structuurkeuze 2: Aanlanding wind op zee, geconcentreerd of verspreid	14
2.3	Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land	17
2.4	Structuurkeuze 4: Opweklocaties elektrolyzers	22
2.5	Structuurkeuze 5: Locaties piekcentrales	26
2.6	Structuurkeuze 6: Opslaglocaties waterstof	28
2.7	Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie	33
2.8	Structuurkeuze 8: Productie synthetische brandstoffen	40
2.9	Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland	44
2.10	Structuurkeuze 10: Maximaal gebruikmaken van nationale warmtebronnen	50
<b>3</b>	<b>Conclusies</b>	<b>53</b>
3.1	Inleiding	53
3.2	Conclusies	53
<b>A.</b>	<b>Bijlage</b>	<b>56</b>
A.1.	Kosten energieproductie	56



# 1 Aanpak

## 1.1 Inleiding

Binnen PEH wordt voor de beoordeling van de welvaartseffecten aangesloten bij het instrument maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Een kenmerk van een MKBA is dat naast financiële kosten en baten (voor gebruiker of producent) ook maatschappelijke kosten en baten (voor de gehele samenleving) worden meegenomen. In tegenstelling tot het beoordelingskader voor Milieu, maakt een MKBA de effecten van de structuurkeuzes dus zo veel mogelijk meetbaar in geld. Een groot voordeel daarvan is dat alle effecten vergelijkbaar worden gemaakt onder één noemer. In deze bijlage beschrijven we eerst de methodiek van de welvaartsanalyse en daarna presenteren we de uitkomsten en gebruikte kengetallen.

In een welvaartsanalyse worden altijd verschillende opties (alternatieven) tegen elkaar afgezet. In PEH bevatten alle structuurkeuzes twee opties, behalve structuurkeuzes 11 tot en met 13: deze structuurkeuzes bevatten slechts één alternatief. Daarom zijn voor structuurkeuzes 11, 12 en 13 geen welvaartsanalyses uitgevoerd.

## 1.2 Definitie MKBA en toepassing binnen de welvaartanalyse

### Zo veel mogelijk aansluiten bij systematiek MKBA

Door middel van een MKBA kunnen de huidige en de toekomstige voor- en nadelen van de structuurkeuzes voor de samenleving als geheel zo objectief mogelijk (in euro's) in kaart worden gebracht.

Een MKBA wordt ingezet vanuit een ruime opvatting van het begrip welvaart. Het energiesysteem (van productie, transport tot opslag en distributie naar de eindgebruiker) levert de Nederlander de mogelijkheid goederen en diensten te produceren en consumeren, en daarmee voorziet het in economisch nut. Daarmee nemen we in principe de financiële effecten mee in alle schakels van het energiesysteem (productie, energienetten voor transport en distributie en opslag voor matching van vraag en aanbod).

Naast het energiesysteem neemt een MKBA ook immateriële zaken mee, die geen prijs op een markt hebben. Dit zijn bijvoorbeeld effecten op milieu, landschap, natuur en ruimtelijke kwaliteit. Ook hier geldt dat we alle schakels van het energiesysteem meenemen. Daarbij maken we onderscheid tussen effecten die niet door de initiatiefnemer (de partij die verantwoordelijk is voor de infrastructuur) worden meegenomen en effecten die wel onderdeel zijn van financiële afweging bij de aanleg ervan. Een voorbeeld van de laatste betreft de uitkoop van gevoelige bestemmingen in de buurt van hoogspanningsleidingen (de zogenaamde specifieke magneetveldzone)<sup>1</sup>. Hiermee vindt vrijwillige compensatie plaats van geleden hinder (welvaartsverlies). Met een dergelijke uitkoopregeling krijgen zogenaamde externe ruimtelijke effecten een prijs in de gemaakte ruimtelijke afweging, gericht op wel of niet aanleggen in een gebied en de specifieke tracékeuzes. Een voorbeeld van de eerste betreft het uitzicht van elektriciteitsinfrastructuur (zoals hoogspanningsleidingen) op de ruimere omgeving. Kortom, het Nederlandse energiesysteem kent een aanzienlijke impact op de woon- en leefomgeving, maar een groot deel van de impact kan reeds gezien worden als onderdeel van *directe* financiële investeringen door middel van regel- en vergunningverlening.

<sup>1</sup> Voor het aanleggen van nieuwe hoogspanningslijnen geldt een langdurig traject (variërend van enkele tot meerdere jaren) op het gebied van ruimtelijke ordening en vergunningen. Voor de keuze van tracés heeft al een ruimtelijke optimalisatie plaatsgevonden met het oog op het minimaliseren van de ruimtelijke, visuele en elektromagnetische hinder voor de directe omgeving. Ook dit kan gezien worden als een vorm van 'internalisatie' van externe effecten.

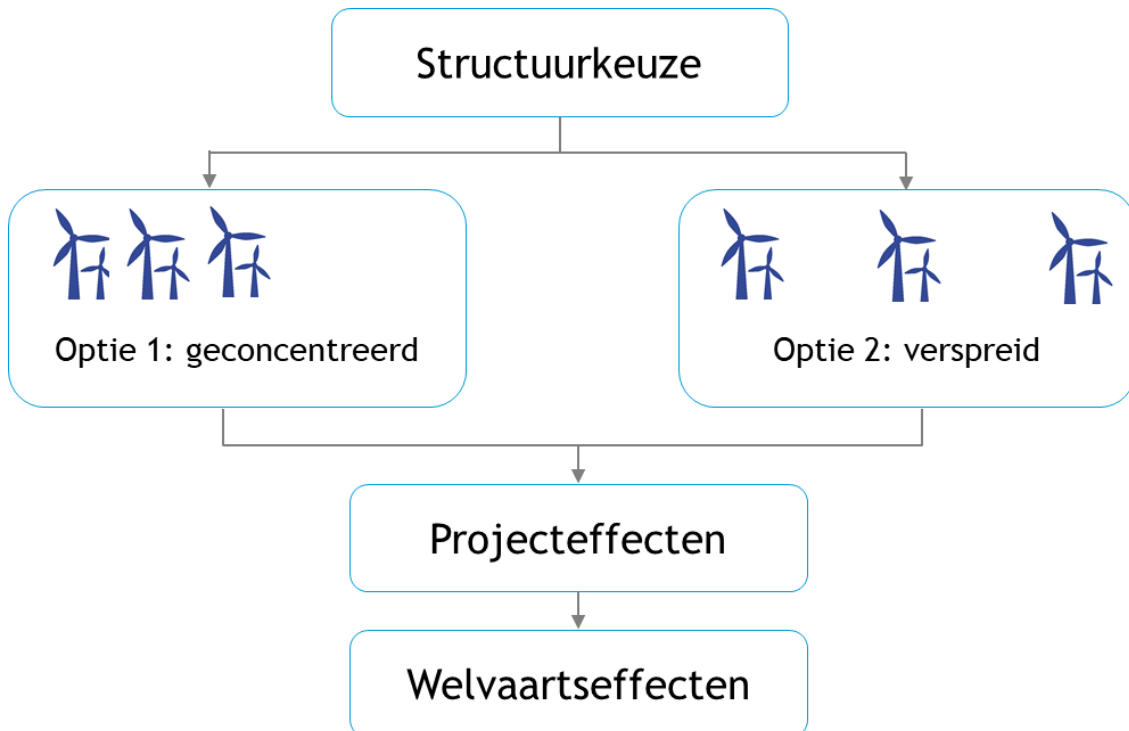
Als er geen markten zijn waarvan een prijs kan worden afgeleid, wordt de waarde van deze effecten met een specifieke waarderingstechniek in geld uitgedrukt. Binnen een MKBA wordt een vergelijking gemaakt van alle kosten en baten van één of meerdere projectalternatieven (mogelijke oplossingsrichtingen) met een nulalternatief (meest waarschijnlijke ontwikkeling mocht het project niet doorgaan). Het verschil tussen het projectalternatief en het nulalternatief vormt het uitgangspunt van een ‘klassieke MKBA’.

Aangezien wij geen complete MKBA voorstaan maar een deel van de effecten in beeld willen brengen, wordt dit een welvaartsanalyse genoemd. Het verschil met een klassieke MKBA is dat wij in onze welvaartsanalyse niet vergelijken met een zogenaamd nulalternatief. Dit betekent ook dat de resultaten van de afzonderlijke analyses van de structuurkeuzes niet tot één eindresultaat leiden. Per structuurkeuze is er sprake van een andere vergelijking. Dit betekent ook dat de resultaten niet kunnen worden gebruikt om keuzes onderling te rangschikken, ze gelden uitsluitend voor de opties binnen de structuurkeuze (disclaimer). In de conclusies komen we hierop terug.

### 1.3 Overzicht opties binnen structuurkeuzes

In deze welvaartsanalyse vergelijken we de verschillende opties **binnen** een structuurkeuze. We kijken dus wat het effect is van een andere ruimtelijke invulling op de welvaart. Figuur 1-1 laat dit aan de hand van een voorbeeld zien.

Figuur 1-1 - Voorbeeld vergelijking binnen structuurkeuzes



We vergelijken dus niet met een zogenaamd nulalternatief. Dit betekent ook dat de resultaten van de afzonderlijke structuurkeuzes niet optelbaar zijn. Per structuurkeuze is er dus sprake van een andere vergelijking. Tabel 1-1 laat per structuurkeuze zien welke opties worden vergeleken. In de laatste drie structuurkeuzes zijn geen opties opgenomen. Deze structuurkeuzes zijn onvoldoende uitgewerkt om welvaartseffecten te kunnen benoemen, daarom worden deze ook niet meegenomen in de analyse.

Tabel 1-1 - Overzicht opties binnen structuurkeuzes

	Structuurkeuze	Optie 1	Optie 2
1	Aanlanding wind op zee, kust of diep	Grootschalige aanlanding wind op zee aan de kust	Aanlanding wind op zee aan kust en in binnenland
2	Aanlanding wind op zee, geconcentreerd of verspreid	Geconcentreerde aanlanding wind op zee	Verspreide aanlanding wind op zee
3	Locaties hernieuwbare opwek op land	Verspreide ontwikkeling wind en zon op land	Geconcentreerde ontwikkeling zon en wind op land in vijf clusters
4	Opweklocaties elektrolyzers	Clustering van elektrolyzers nabij de productie	Clustering van elektrolyzers nabij industrieclusters
5	Locaties piekcentrales	Verspreiding van kleinschalige piekcentrales over het hele land	Clustering van kleinschalige piekcentrales op Barro-locaties
6	Opslaglocaties waterstof	Waterstofopslag in aan te leggen zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe	Waterstofopslag in huidige gasopslagen en lege gasvelden
7	Toepassing kernenergie	Geen nieuwe kerncentrales, additionele zon op land, wind op land en gascentrales	Vijf nieuwe kerncentrales op Maasvlakte en bij Borssele
8	Productie synthetische brandstoffen	Volledige import van synthetische brandstoffen	Eigen productie van synthetische brandstoffen, aangevuld met import
9	Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland	Alleen import en export van grondstoffen voor Nederlands belang	Extra import en export van grondstoffen van en naar het buitenland
10	Maximaal gebruikmaken van nationale warmtebronnen	Restwarmte als warmtebron	Geothermie als warmtebron
11	Maximale elektrificatie	Geen differentiatie in opties	
12	Maximaal gebruik waterstof	Geen differentiatie in opties	
13	Gebruik groengas/methaan	Geen differentiatie in opties	

## 1.4 Mee te nemen effecten

### 1.4.1 Afbakening effecten

In deze welvaartsanalyse nemen we alleen effecten mee *indien* ze differentiëren *binnen* een structuurkeuze. Als voorbeeld hiervan nemen we de elektriciteitsproductie binnen een structuurkeuze. Als deze bij beide opties gelijk is, laten we de effecten hiervan buiten beschouwing. In deze analyse kijken we naar het verschil tussen beide opties, en als er geen verschil is vallen deze effecten tegen elkaar weg. Om de welvaartseffecten vergelijkbaar te maken, waarderen we deze zoveel mogelijk in euro's. Voor een aantal effecten is het niet mogelijk de effecten in euro's uit te drukken en zijn de effecten kwalitatief beoordeeld.

### 1.4.2 Type effecten

In een welvaartanalyse worden doorgaans drie typen effecten onderscheiden:

- **Directe effecten:** de voor- en nadelen van de opties binnen een structuurkeuze ten opzichte van elkaar voor de exploitant. Het gaat hierbij met name om investeringskosten, exploitatiekosten en opbrengsten voor de exploitant. Voor het inschatten van deze effecten is gebruikgemaakt van kengetallen verkregen via experts en/of literatuur. De kengetallen geven een gemiddelde weer. Het type en detail van de meegenomen kosten verschilt door databeschikbaarheid per structuurkeuze. Locatiespecifieke omstandigheden kunnen leiden tot hogere of lagere kosten. Er is geen rekening gehouden met leer- of schaaffecten. Daarnaast zijn verschillen in grondprijzen ook niet meegenomen. Hiervoor is gekozen omdat een schatting van de kosten voor grond moeilijk zijn te maken omdat exacte locaties in de meeste structuurkeuzes niet zijn gekozen. De kosten voor industriegebied zijn daarnaast niet

goed openbaar beschikbaar. Voor landbouwgebied is dat wel het geval<sup>2</sup>, maar uit deze getallen blijkt dat het kostenverschil tussen de opties ordergrootte hooguit enkele miljoenen euro's is.

Industriegebied is dan wel significant duurder dan landbouwgebied, maar onze inschatting is dat dit element geen doorslaggevende factor zal hebben in de welvaartsanalyses.

- **Indirecte effecten:** de effecten die voortvloeien uit de directe effecten van de structuurkeuzes, preciezer gesteld: de doorwerking van directe effecten via transacties en anderszins naar andere actoren in de economie. Een voorbeeld van een indirect effect is de doorwerking op de arbeidsmarkt: een bepaalde optie kan leiden tot extra werkgelegenheid ten opzichte van de alternatieve optie. In de praktijk is het welvaartseffect door indirecte effecten beperkt. In deze analyse worden indirecte effecten verwaarloosbaar geacht en worden daarom niet meegenomen. Uitzondering hierop zijn de structuurkeuzes 8 en 9, waarbij expliciet extra economische activiteiten worden gecreëerd door productie respectievelijk doorvoer van nieuwe brandstoffen. Ook zouden indirecte effecten in termen van productiviteitstoename kunnen plaatsvinden van industriële clusters die toegang krijgen tot een betrouwbare, meer continue en goedkopere levering van deze nieuwe brandstoffen. Voor het inschatten van deze effecten wordt gebruikgemaakt van kengetallen verkregen via experts en/of literatuur. Voor structuurkeuze 8 wordt ook het effect in werkgelegenheid (in fte) in beeld gebracht. Dit is op basis van een model van CE Delft.
- **Externe effecten:** dit betreft de effecten die onbeoogd zijn door de gebruiker. Deze zijn vaak moeilijk in geld uit te drukken omdat markten – en dus prijzen – ontbreken. Hieronder vallen effecten op milieu en ruimtelijke effecten voor de omwonenden. Sommige effecten zijn niet onbeoogd voor de initiatiefnemer. Voor het voorkomen van negatieve effecten op milieu of omwonenden kunnen in dat geval al (verplichte) inpassingsmaatregelen zijn genomen. Er kan beargumenteerd worden dat deze kosten dan als directe kosten voor de initiatiefnemer kunnen worden meegenomen. Wij gaan hier dieper op in. Daar waar mogelijk worden effecten kwantitatief in beeld gebracht. Voor het inschatten van deze externe effecten is gebruikgemaakt van kengetallen verkregen via experts en/of literatuur. Andere externe effecten worden kwalitatief beoordeeld. Een voorbeeld daarvan is het welvaartsverlies dat recreanten ervaren als gevolg van hinder die hun beleving beïnvloedt. Daar waar dit significant differentieert tussen de opties is dit kwalitatief meegenomen. In deze studie zijn geen externe kosten voor CO<sub>2</sub>-emissies berekend omdat er wordt uitgegaan van het feit dat Nederland klimaatneutraal is in 2050.

### Veel externe effecten al geïnternaliseerd

Voor het compenseren en voorkomen van een groot aantal lokale milieu- en ruimtelijke effecten geldt dat hiervoor inpassingsmaatregelen verplicht zijn door milieuwetgeving en wetgeving ten aanzien van ruimtelijke ordening. In dat geval kan beargumenteerd worden dat de kosten ter preventie of compensatie van deze effecten in belangrijke mate onderdeel zijn van de directe kosten van de initiatiefnemer (internalisatieprincipe). Sommige milieueffecten spelen op locatie- en inpassingsniveau. Deze effecten zijn meestal onderdeel van de businesscase, ofwel een haalbaarheidsstudie voor de initiatiefnemer, en een randvoorwaarde om te mogen opereren. Een voorbeeld is het inrichten van groenzones voor landschappelijke inpassing. In het kader van veiligheid worden minimumafstanden gehanteerd tot installaties, lijnen en kabels. Lijnen, kabels en stations moeten daardoor vaak op een minimumafstand liggen van bijvoorbeeld woningen. Deze afstanden leiden tot indirect ruimtebeslag. Ook door het compenseren van omwonenden worden externe effecten geïnternaliseerd. We geven expliciet aan wanneer er sprake is van externe effecten en wanneer deze al geïnternaliseerd zijn.

<sup>2</sup> Voor een indicatie van grondprijzen is [Boerderij: Markt bedrijfsmiddelen, Grondprijzen](#) geraadpleegd.

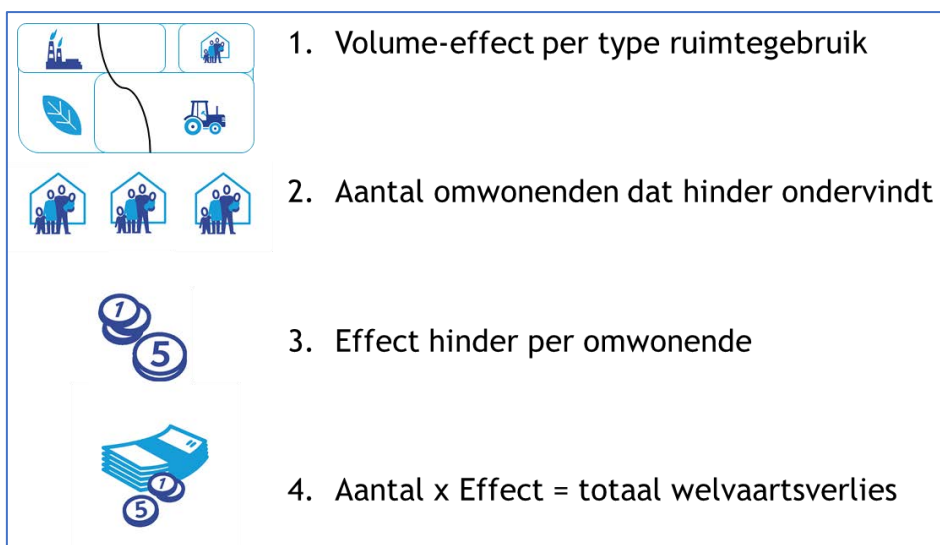
### 1.4.3 Methode voor het meenemen van maatschappelijke effecten

Om te beginnen schatten we de projecteffecten van de opties in. Het gaat hierbij om volume-effecten, bijvoorbeeld om het aantal huishoudens dat hinder ondervindt van een windmolen of hoogspanningsverbinding. Maatgevend voor deze projecteffecten zijn functionele eenheden zoals het aantal kilometers extra hoogspanningskabel en aantal woningen dat naar verwachting visuele of milieuhinder ondervindt als gevolg nieuwe energiefuncties. We maken hiervoor deels gebruik van inschattingen van Pondera en deels van eigen analyses.

Hierna worden de projecteffecten vertaald naar welvaartseffecten, uitgedrukt in euro's. Om hiertoe te komen worden zoals gezegd in eerste instantie de volume-effecten in kaart gebracht per type ruimtegebruik. Voorbeelden hiervan zijn windmolens, zonneparken, hoogspanningskabels, elektrolyzers en kern- en elektriciteitscentrales. Omdat de grootte van het welvaartseffect van deze componenten afhangt van de locatie, wordt er gebruikgemaakt van vier verschillende typen gebieden: landbouw, bebouwd, industrie en recreatie. Zo kan bijvoorbeeld voor elk gebiedstype het aantal windmolens of het aantal kilometers aan hoogspanningskabel in kaart gebracht worden.

Vervolgens wordt op basis van kengetallen een inschatting gemaakt van het aantal omwonenden dat hinder ondervindt en de omvang hiervan. De kengetallen worden deels gebaseerd op bestaande literatuur zoals bevolkingsdichtheidscijfers van CBS en deels op verkregen informatie van bijvoorbeeld de netbeheerder. Hierna wordt, ook op basis van kengetallen, een inschatting gemaakt van effect van de hinder per omwonende. Zo bestaan er kengetallen die aangeven dat woningen binnen een bepaalde straal van een windmolen een bepaalde waardedaling ondervinden. Uitgaande van de veronderstelling dat ondervonden hinder tot uitdrukking komt in de waardedaling kan dit worden gebruikt als indicator voor externe effecten. We gaan ervan uit dat de huidige inschattingen ook voor de toekomst gelden. Door gebruik te maken van een bepaalde woningdichtheid per gebiedstype kunnen het aantal getroffen woningen en het totale welvaartsverlies in euro's worden benaderd. Figuur 1-2 illustreert de verschillende stappen in dit proces.

Figuur 1-2 - Stappenplan bepalen maatschappelijke effecten



Het is belangrijk om te benadrukken dat alleen die externe effecten worden meegenomen in de welvaartsanalyse die differentiëren tussen de twee opties in de structuurkeuze. Dus wanneer er bijvoorbeeld in optie A hoogspanningsmasten op dezelfde locaties worden geplaatst als in optie B, zullen de welvaartseffecten als gevolg hiervan in beide opties niet van elkaar verschillen en dus niet worden meegenomen in de analyse.

Tenslotte worden, indien relevant, ook de (differentiërende) leveringszekerheid en risico's meegenomen in de welvaartsanalyse. Deze effecten zullen worden uitgedrukt in euro's. De effecten op natuur en biodiversiteit zullen kwalitatief worden beschreven.

## 1.5 Afbakening en uitgangspunten

- De looptijd van de analyse is 100 jaar en beslaat de periode 2022-2122. De kosten en baten worden uitgedrukt in het prijspeil van 2022. Investerings vinden veelal pas plaats na 2030.
- De resultaten worden gepresenteerd in een contante waarde. Alle kosten en baten worden verrekend met een discontovoet van 2,25%, conform aanbevelingen van de Werkgroep Discontovoet (Ministerie van Financiën, 2020).
- De kosten en baten worden gepresenteerd aan de hand van de effecten die bij de verschillende partijen optreden. Er wordt géén rekening gehouden met sectorspecifieke financieringskosten en risico-opslagen, tenzij anders vermeld.
- Niet-gekwantificeerde effecten worden als PM-post weergegeven. Deze hebben een positief dan wel negatief effect op het eindsaldo. Bij alle uitkomsten moet dus rekening worden gehouden met niet-gekwantificeerde PM-posten.
- De afbakening van de studie betreft welvaartseffecten voor alle inwoners van Nederland. Dit is voor rijksbeleid de meest voor de hand liggende keuze. Als er substantiële welvaartseffecten voor het buitenland zijn, wordt dit wel in beeld gebracht, maar telt dit niet mee in het MKBA-saldo.
- Offshore valt buiten de scope van de structuurvisie. Welvaartseffecten die te maken hebben met offshore activiteiten zullen wel worden benoemd, maar worden niet verder uitgewerkt.

## 2 Welvaartsanalyse per structuurkeuze

### 2.1 Structuurkeuze 1: Aanlanding wind op zee, kust of diep

#### 2.1.1 Inleiding

Deze structuurkeuze gaat over de aanlanding van windstroom vanaf zee. Hierin worden de volgende twee opties bekeken:

- aanlanding van wind op zee aan de kust;
- aanlanding van wind op zee gedeeltelijk in het binnenland.

Beide opties hebben met name impact op het hoogspanningsnet, waardoor nieuwe infrastructuur nodig is. De effecten hiervan staan centraal in de welvaartsanalyse van deze structuurkeuze. Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage A).

## 2.1.2 Uitgangspunten

### Projecteffecten

In optie 2, gedeeltelijke aanlanding van wind op zee in het binnenland, wordt gebruikt gemaakt van HVDC-kabels waardoor er minder netuitbreiding nodig is van de bestaande 380kV-verbindingen. In optie 1, aanlanding van wind op zee aan de kust, wordt geen gebruikgemaakt van HVDC-kabels en is meer 380kV-hoogspanningstracé nodig. Een overzicht van de benodigde netverzwaringen is te zien in Tabel 2-1. Voor elke optie is steeds gewerkt met een bandbreedte waarbinnen de kosten vallen. Op deze manier wordt er ruimte geboden voor de onzekerheid in de kosten van bepaalde componenten. ‘Laag’ vertegenwoordigt de onderkant van de bandbreedte (kosten vallen mee), terwijl ‘Hoog’ de bovenkant vertegenwoordigt (kosten vallen tegen).

**Hoogspanningstracé** – Een hoogspanningstracé bestaat uit hoogspanningsmasten waaraan kabels hangen die op verschillende spanningsniveaus (380/220/150/110 kV) elektriciteit transporteren. Dit gebeurt onder wisselspanning.

**Hoogspanningsstations** - Elektriciteit wordt vanaf het punt van energieproductie via bovengrondse lijnen en ondergrondse kabels naar energieafnemers getransporteerd. Op verschillende plekken in het net wordt elektriciteit omgezet naar lagere spanningsniveaus via transformatoren. Dit gebeurt in stations. Daarnaast worden grote afnemers en producenten aangesloten op stations (via overige velden). Hoogspanningsstations kunnen dus transformatoren en/of overige velden bevatten. Daarnaast bevat een station overige elektromagnetische componenten, zoals rails.

**380kV-velden** – Bij stations zijn, naast transformatoren, ook overige velden nodig voor het aansluiten van grote of wrek of vraag. Binnen het PEH kijken we naar overige velden die nodig zijn op 380kV-stations, dit noemen we 380kV-velden. Hier worden bijvoorbeeld wind op zee, regelbare centrales en grootschalige elektrolyzers op aangesloten. Bij de bouw van een station wordt typisch ruimte overgelaten om nieuwe velden toe te voegen, maar het totaal aantal velden op een station is beperkt.

**HVDC-kabels** – High-Voltage Direct Current (HVDC) kabels transporteren elektriciteit onder hoogspanningsgelijkstroom en wordt typisch gebruikt voor transport over grote afstanden. In Nederland worden op land nog geen HVDC-kabels toegepast.

**Redispatch** – Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.

Daarnaast zijn er in beide opties voor productie en opslag respectievelijk elektrolyzers en systeem-batterijen nodig. Terwijl de locaties verschillen, is het totale vermogen hiervan in beide opties gelijk. De mogelijkheid van waterstofproductie op zee valt buiten de scope van dit project en wordt dus niet beschouwd.

Tabel 2-1 - Structuurkeuze 1: Overzicht benodigde netverzwaringen

Component	Optie 1: Aanlanding aan kust		Optie 2: Aanlanding gedeeltelijk in binnenland		Eenheid
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	
<b>380kV-tracé</b>	338	338	59	59	Km
<b>HVDC-tracé</b>	0	0	259	259	Km
<b>Redispatch</b>	0,01	0,01	0,7	0,7	TWh/jaar
<b>380kV-velden</b>	67	79	69	81	Aantal velden

### Financiële effecten

Een inschatting van de investeringskosten voor de hoogspanningsinfrastructuur zijn gemaakt op basis van de kengetallen in Tabel 2-2. Dit omvat de kosten voor materiaal, ruimtelijke procedures, installatie, arbeid, grondaankoop, planschade en uitkoopregelingen. Voor 220kV-tracé wordt er aangenomen dat de kosten gelijk zijn aan die van 380kV-tracé. Voor de operationele kosten zijn de richtlijnen van de ACM gevolgd (Sumicsid, 2019). Dit is te zien in Tabel 2-3.

Tabel 2-2 - Overzicht geschatte CAPEX-hoogspanningsinfrastructuur

Component	Type	Kosten (€)
Tracé	380 kV	10 miljoen/km
Tracé	220 kV	10 miljoen/km
Tracé	150 kV	3,5 miljoen/km
Tracé	110 kV	3,5 miljoen/km
Station (leeg)	380/150 kV	3 miljoen
Trafo	380/150 kV	8 miljoen
Veld	380 kV	3 miljoen

Bron: TenneT.

Tabel 2-3 - Overzicht geschatte OPEX-hoogspanningsinfrastructuur

Component	Kosten (€)	Eenheid
380/220kV-tracé	0,0074	miljoen/km/jaar
HVDC-tracé	0,0042	miljoen/km/jaar

Bron: Sumicsid (Norm Grid Development - TCB18 PROJECT, Technical report, 2019).

De overige kosten zijn weergegeven in Tabel 2-4. Aangezien het bij HVDC-kabels een nieuwe technologie betreft, bevatten de geschatte kosten een hoge onzekerheidsfactor. Aangenomen kan worden dat de kosten in ieder geval hoger liggen dan voor een 380kV-tracé. Door de onzekerheid is daarom gekozen voor een tamelijk brede bandbreedte voor de kosten van een HVDC-tracé, waarbij het midden een factor drie hoger ligt dan de kosten voor een 380kV-tracé. Deze aanname ligt in lijn met de bevindingen uit eerder onderzoek (Rudervall R., 2000).

Tabel 2-4 - Overzicht overige geschatte kosten hoogspanningsinfrastructuur

Component	Kosten (€) – laag	Kosten (€) – hoog	Bron
Redispatch	100 per MWh	100 per MWh	TenneT, CE Delft
HVDC-tracé	20 miljoen/km	40 miljoen/km	CE Delft

Op basis van de benodigde netverzwaringen in Tabel 2-1 en de geschatte kosten is voor beide opties een kosteninschatting gemaakt. Deze is te zien in Tabel 2-5. De benodigde hoeveelheid elektrolyzers en systeembatterijen is gelijk voor beide opties en dus wordt dit niet meegenomen in de financiële analyse. Aangezien de totale hoeveelheid geproduceerde en daarmee te transporteren energie in beide opties gelijk is, differentiëren ook de financiële baten niet van elkaar.

Tabel 2-5 - Structuurkeuze 1: Overzicht financiële kosten in miljoenen euro's

	Optie 1: Aanlanding aan kust		Optie 2: Aanlanding gedeeltelijk in binnenland	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
380kV-tracé - CAPEX	5.338	5.338	932	932
380kV-tracé - OPEX	101	101	18	18
HVDC-tracé - CAPEX	0	0	8.181	16.361
HVDC-tracé - OPEX	0	0	18	18
Redispatch	41	41	2.837	2.837



	Optie 1: Aanlanding aan kust		Optie 2: Aanlanding gedeeltelijk in binnenland	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>380kV-velden</b>	317	374	327	384
<b>Totaal</b>	<b>5.797</b>	<b>5.854</b>	<b>12.312</b>	<b>20.550</b>

Voor de berekening van de totale kosten voor redispatch is gebruikgemaakt van een tijdschhorizon van 100 jaar. Voor 380kV-tracés wordt conform de richtlijnen van TenneT een economische levensduur van 40 jaar gehanteerd. Voor HVDC-tracés en 380kV-velden is dezelfde levensduur aangenomen.

### Effecten op de omgeving

De effecten op omwonenden in deze structuurkeuze zijn met name toe te schrijven aan hoogspanningskabels en -masten. De hoeveelheid elektrolyzers en systeembatterijen is in beide opties gelijk. Alhoewel de locaties kunnen verschillen tussen de opties zal dit hoofdzakelijk op industrieterrein zijn, waardoor het differentiërende effect te verwaarlozen is. Voor 380kV-velden geldt dat deze binnen bestaande stations worden geplaatst, waardoor het additionele ruimtelijke effect klein. Als er geen plek meer is binnen bestaande stations zullen deze uitgebreid of bijgebouwd moeten worden. Het verschil tussen het aantal benodigde velden in beide opties is dermate klein dat een significante differentiatie wat betreft het effect op omwonenden hier niet aannemelijk is.

Voor het effect van hoogspanningskabels en -masten op omwonenden is gebruikgemaakt van kengetallen van TenneT (TenneT, 2022) en bestaande literatuur. Deze kengetallen omvatten het woningwaardeverlies binnen verschillende stralen van hoogspanningstracés. In termen van welvaarteffecten kan deze waardedaling als een afspiegeling gezien worden van het werkelijke welvaartsverlies voor omwonenden. TenneT hanteert naast de standaard planschaderegeling een uitkoopregeling voor woningen die als 'gevoelige bestemming' worden aangemerkt. Gevoelige bestemmingen betreffen woningen, scholen, crèches en kinderdagverblijven die in de magneetveldzone komen te liggen<sup>3</sup> (TenneT, 2022).

Op basis van de uitkoopregeling, waarbij bewoners kunnen worden uitgekocht en TenneT het huis daarna weer op de markt brengt, kan de waardedaling van de woning worden geobserveerd met dien verstande dat de waardedaling kan worden bepaald ten opzichte van een situatie zonder hinder. De uitkoopregeling wordt op dit moment binnen een straal van 80 tot 100 meter toegepast en laat een gemiddelde daling van 20% zien per gevoelig object. De compensatie voor planschade beslaat een groter gebied en wordt geschat op 3 tot 10% van de woningwaarde (TenneT, 2022). Voor de straal van dit gebied zijn geen exacte kengetallen bekend bij TenneT. In deze studie is daarom aangenomen dat alles tussen een straal van 100 en 300 meter binnen de planschaderegeling valt.

De literatuur laat verschillende schattingen voor het woningwaardeverlies in de buurt van hoogspannings-tracés zien. In volgend tekstkader wordt hier uitgebreid op ingegaan. Op basis van deze literatuur hanteren wij een gemiddeld woningwaardeverlies van 6% tot 100 meter en 1% van 100 tot 300 meter. Dit gebruiken we voor de onderkant van de bandbreedte, terwijl het totale woningwaardeverlies op basis van de kengetallen van TenneT als bovenwaarde worden genomen.

<sup>3</sup> Uit een analyse van onderzoeksgegevens concludeert de Gezondheidsraad dat niet bewezen is dat magnetische velden oorzaak zijn van kinderleukemie, maar dat er wel aanwijzingen zijn voor een oorzakelijke verband. De opkoopregeling is gebaseerd op een voorzorgsprincipe rondom hoogspanningslijnen. Door de hoge bebouwendichtheid in Nederland is het echter vrijwel onmogelijk om een nieuw tracé zodanig te ontwikkelen dat er geen gevoelige bestemmingen in de magneetveldzone komen te liggen.

Onze inschatting voor het gemiddelde woningwaardeverlies van 6% tot 100 meter en 1% van 100 tot 300 meter is gebaseerd op een uitgebreide literatuurstudie. Er bestaan geen Nederlandse studies naar de woningwaardedaling als gevolg van de plaatsing van hoogspanningskabels en -masten. Wel bestaan er meerdere studies in de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk, Canada en Nieuw-Zeeland. Zo wordt er in de VS een waardedaling van 3 tot 9% binnen een straal van 150 meter gevonden (Hoen B., Atkinson-Palombo C., 2016). In een andere studie werd gevonden dat de prijs binnen een straal van 75 meter gemiddeld 3,5% daalt en tussen 75 en 150 meter ongeveer 1% (F.A., Chalmers J.A. & Voorvaart, 2009). Eerder toonde (Colwell P., 1990) een 6,6% waardedaling binnen 15 meter en 2% binnen 65 meter aan. In het VK werd gevonden dat een hoogspanningslijn binnen een straal van 100 meter leidde tot een waardedaling van gemiddelde 11,5% (Sims S., Dent P., 2005). In Canada toonde een studie aan het waardeverlies 6,3% was binnen een straal van 100 meter, terwijl deze nog 1% was binnen een straal van 200 meter (Hamilton S.W., Schwann G.M., 1995). In Nieuw-Zeeland werd een waardeverlies van 27% binnen 20 meter, 5% binnen 50 meter en minder dan 1% binnen 100 meter van een hoogspanningslijn gevonden (Callanan J., 2013). Al deze studies tonen een duidelijk negatief effect aan. Daarnaast hebben de studies gemeen dat de gemiddelde waardedaling zakt zodra de betreffende woning verder van de mast of kabels af staat.

We nemen daarbij aan dat bij ondergrondse HVDC geen hinder voor omwonenden plaatsvindt. Wel kan elektromagnetische straling plaatsvinden. Het bepalen van de exacte locaties van de hoogspannings-tracés valt buiten de scope van dit project. Wel is er per structuurkeuze bepaald hoeveel hoogspannings-tracé binnen verschillende type gebieden valt. Dit is te zien in Tabel 2-6. Het gaat hierbij om nieuw, bovengronds hoogspanningstracé omdat alleen dat effect op omwonenden heeft. In het lage scenario worden nieuwe tracés vaker parallel aan bestaande tracés gelegd. Wanneer een nieuw tracé parallel aan een bestaand tracé komt te liggen, hebben we aangenomen dat dit niet tot extra visuele hinder en dus welvaartsverlies leidt.

Tabel 2-6 - Structuurkeuze 1: Overzicht 380kV-tracé in km per gebiedstype\*

Type gebied	Optie 1: Aanlanding aan kust		Optie 2: Aanlanding gedeeltelijk in binnenland	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Landbouw</b>	42	268	42	55
<b>Bebouwing</b>	2	32	2	4
<b>Industrie</b>	1	22	1	2
<b>Recreatie</b>	1	21	1	2

\* Het gaat hier om hoogspanningstracé dat tot hinder leidt. Oftewel, nieuw, bovengronds hoogspanningstracé dat niet naast een bestaande tracé wordt aangelegd. Wanneer een nieuw tracé parallel aan een bestaand tracé komt te liggen, hebben we aangenomen dat dit niet tot extra visuele hinder en dus welvaartsverlies leidt.

Bron: Pondera.

Per gebiedstype is de woningdichtheid geschat, zichtbaar in Tabel 2-7, en voor de gemiddelde woningwaarde wordt aangenomen dat deze 300.000 euro bedraagt. Op basis van deze gegevens, gecombineerd met bovengenoemde kengetalen, kan het totale woningwaarde- en dus welvaartsverlies worden geschat. Deze kosten liggen voor optie 1 tussen de 6 en 312 miljoen euro en voor optie 2 tussen de 6 en 22 miljoen euro.

De relatief brede bandbreedte in optie 1 is via twee redenen te verklaren. Allereerst laat Tabel 2-6 zien dat er ingezet kan worden op minimale visuele hinder door nieuwe tracés zoveel mogelijk naast bestaande tracés te plaatsen. In het lage scenario leidt dit zo tot slechts 46 kilometer aan hoogspanningstracé dat tot extra visuele hinder leidt, terwijl dit in het hoge scenario maar liefst 343 kilometer is. De tweede verklaring is dat de gehanteerde bandbreedte voor woningwaardedalingen, met de waarde uit de literatuur als ondergrens en kengetallen van TenneT als bovengrens, hier nog bovenop komt.

Tabel 2-7 - Woningdichtheid per gebiedstype

Type gebied	Aantal woningen per km <sup>2</sup>
Landbouw	10
Bebouwing	500
Industrie	0
Recreatie	0

In deze structuurkeuze differentiëren de effecten op natuur en biodiversiteit niet tussen de opties en dus worden deze niet meegenomen.

#### Leveringszekerheid

Bij diepe aanlanding wordt een fors deel van de elektriciteit van de windparken op zee getransporteerd via HVDC-kabels onder de grond. Het gaat om 3 HVDC-kabels van 2 GW richting Diemen en 3 kabels van 2 GW richting Maasbracht. Er is nog veel onzekerheid over de betrouwbaarheid van HVDC-kabels op land. Voor de HVDC-kabels onder zee, die het Nederlandse elektriciteitsnet verbinden met Noorwegen, Groot-Brittannië en Denemarken, is de verwachte beschikbaarheid tussen de 94,7 en 98,8% (TenneT, 2021). Er zijn volgens TenneT redenen om aan te nemen dat de beschikbaarheid van HVDC-kabels onder land nog lager ligt, maar hoeveel lager is onbekend. De beschikbaarheid van reguliere AC-hoogspanningsmasten ligt een stuk hoger. Daarnaast worden deze redundant aangelegd, waardoor de betrouwbaarheid op bijna 100% ligt.

Als een HVDC-kabel uitvalt betekent dit niet direct dat er problemen ontstaan met de leveringszekerheid. TenneT sluit de windparken zo aan dat er maximaal 1 GW uitvalt bij een storing. Indien noodzakelijk kan het weggefallen vermogen opgevangen worden met regelbaar vermogen van de primaire reserve. Dit kost uiteraard extra geld, maar het is niet de verwachting dat er echt grote problemen met leveringszekerheid zullen ontstaan bij diepe aanlanding met HVDC-kabels.

#### Voorzieningszekerheid

De voorzieningszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

### 2.1.3 Uitkomsten

In Tabel 2-8 is het totaal aan kosten en baten te zien. Deze vallen zowel in het lage als in het hoge scenario uit in het voordeel van optie 1.

Het is belangrijk om te benoemen dat de door TenneT gemaakte schattingen voor de kosten van de elektriciteitsinfrastructuur inclusief externe kosten in de vorm van compensatieregelingen zijn, deze kosten zijn dus al geïnternaliseerd. Deze zijn echter ook uitgedrukt in de door ons berekende maatschappelijke kosten. Om dubbelstellingen te voorkomen en toch externe kosten uit te lichten, zijn daarom de maatschappelijke kosten voor de elektriciteitsinfrastructuur bij de financiële kosten in mindering gebracht.

Tabel 2-8 - Structuurkeuze 1: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Aanlanding aan kust		Optie 2: Aanlanding gedeeltelijk in binnenland	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	-5.791	-5.542	-12.306	-20.527
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		-5.791	-5.542	-12.306	-20.527
<b>Maat-schappelijk</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	-6	-312	-6	-22
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		-6	-312	-6	-22
	<b>Saldo</b>	<b>-5.797</b>	<b>-5.854</b>	<b>-12.312</b>	<b>-20.550</b>
	Natuur en biodiversiteit	<i>Differentieert niet</i>			
	Leveringszekerheid	<i>Differentieert niet</i>			

#### 2.1.4 Conclusie

Op basis van de uitkomsten in Tabel 2-8 concluderen we dat de welvaartseffecten voor optie 1, aanlanding aan kust, positiever uitvallen dan voor optie 2, diepe aanlanding. Dit is toe te schrijven aan de aanzienlijk hogere directe kosten in optie 2. Deze kosten komen voornamelijk voort uit de relatief hoge kosten van HVDC-kabels, maar ook door de hoge verwachte kosten voor redispatch. Het valt op dat de externe kosten slechts een fractie zijn van de directe kosten. Dit is in lijn met de ervaringen van TenneT, dat bij nieuwe hoogspanningsprojecten doorgaans slechts een klein percentage van de investeringskosten aan compensatieregelingen kwijt is (TenneT, 2022).

De lagere externe kosten door een HVDC-tracé ondergronds aan te leggen, wegen in deze structuurkeuze dan ook niet op tegen de aanzienlijk hogere kosten voor de realisatie van dit type hoogspanningskabels. Alhoewel HVDC-kabels nog niet op grote schaal zijn ingepast in de huidige hoogspanningsnetten, hebben we geen aanwijzingen gevonden dat de leveringszekerheid significant verschilt van reguliere AC-lijnen.

## 2.2 Structuurkeuze 2: Aanlanding wind op zee, geconcentreerd of verspreid

### 2.2.1 Inleiding

Deze structuurkeuze gaat wederom over de aanlanding van windstroom vanaf zee. Ditmaal wordt geconcentreerde aanlanding afgezet tegen gespreide aanlanding:

- aanlanding wind op zee – geconcentreerd;
- aanlanding wind op zee – verspreid.

Beide opties hebben met name impact op het hoogspanningsnet, waardoor nieuwe infrastructuur nodig is. De effecten hiervan staan centraal in de welvaartsanalyse van deze structuurkeuze. Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage A).

## 2.2.2 Uitgangspunten

### Projecteffecten

Geconcentreerde aanlanding van wind op zee heeft een grotere impact op het hoogspanningsnet.

Dit is terug te zien in de grotere hoeveelheid nieuw hoogspanningstracé en het aantal nieuwe 380 kV die nodig zijn en de hogere verwachte hoeveelheid redispatch. Een overzicht van de netverzwaringen staat in Tabel 2-9.

Daarnaast zijn er in beide opties voor productie en opslag respectievelijk elektrolyzers en systeembatterijen nodig. Terwijl de locaties verschillen, is het totale vermogen hiervan in beide opties gelijk. De mogelijkheid van waterstofproductie op zee valt buiten de scope van dit project en wordt dus niet beschouwd.

Tabel 2-9 - Structuurkeuze 2: Overzicht benodigde netverzwaringen

Component	Optie 1: Aanlanding wind op zee - geconcentreerd		Optie 2: Aanlanding wind op zee - verspreid		Eenheid
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	
<b>380kV-tracé</b>	158	158	1,5	1,5	Km
<b>220kV-tracé</b>	0	0	24,0	24,0	Km
<b>Redispatch</b>	0,95	0,95	0,20	0,20	TWh/jaar
<b>380kV-velden</b>	57	65	55	64	Aantal velden

### Financiële effecten

Een overzicht van de totale geschatte kosten voor beide opties is te zien in Tabel 2-10.

De benodigde hoeveelheid elektrolyzers en systeembatterijen is gelijk voor beide opties en dus wordt dit niet meegenomen in de financiële analyse. Aangezien de totale hoeveelheid geproduceerde energie in beide opties gelijk is, differentiëren ook de financiële baten niet van elkaar.

Tabel 2-10 - Structuurkeuze 2: Overzicht financiële kosten in miljoenen euro's

	Optie 1: Aanlanding wind op zee - geconcentreerd		Optie 2: Aanlanding wind op zee - verspreid	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
380/220kV-tracé – CAPEX	1.580	1.580	255	255
380/220kV-tracé - OPEX	47	47	8	8
Redispatch	3.851	3.851	811	811
380kV-velden	171	195	165	192
<b>Totaal</b>	<b>5.649</b>	<b>5.673</b>	<b>1.238</b>	<b>1.265</b>

### Effecten op de omgeving

De effecten op omwonenden in deze structuurkeuze zijn net als in structuurkeuze 1 voornamelijk toe te schrijven aan hoogspanningskabels en -masten. De hoeveelheid elektrolyzers en systeembatterijen zijn voor beide opties wederom gelijk en het ruimtelijke effect van 380kV-velden is vanwege dezelfde redenen te verwaarlozen.

Tabel 2-11 laat een overzicht zien van nieuw, bovengronds hoogspanningstracé. Op basis van deze gegevens, gecombineerd met bovengenoemde kengetallen, kan het totale woningwaarde- en dus welvaartsverlies worden geschat. Deze kosten worden voor optie 1 geschat op 6 tot 107 miljoen en voor optie 2 op 0 tot 7 miljoen.

Tabel 2-11 - Structuurkeuze 2: Overzicht 380/220-kV-tracé in km per gebiedstype\* (bron: Pondera)

Type gebied	Optie 1: Aanlanding wind op zee – geconcentreerd		Optie 2: Aanlanding wind op zee – verspreid	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Landbouw	42	117	0	19
Bebouwing	2	10	0	1
Industrie	1	10	0	0
Recreatie	1	12	0	0

\* Het gaat hier om hoogspanningstracé dat tot hinder leidt. Oftewel, nieuw, bovengronds hoogspanningstracé dat niet naast een bestaande tracé wordt aangelegd. Wanneer een nieuw tracé parallel aan een bestaand tracé komt te liggen, hebben we aangenomen dat dit niet tot extra visuele hinder en dus welvaartsverlies leidt.

In deze structuurkeuze differentiëren de effecten op natuur en biodiversiteit niet tussen de opties en dus worden deze niet meegenomen.

#### Leveringszekerheid

De leveringszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties. In beide gevallen is er een maximaal vermogen dat aangesloten kan worden op een station. Europese wetgeving, waar TenneT zich aan moet houden, zorgt ervoor dat er een maximaal vermogen is vastgesteld dat bij een storing mag wegvallen. Dit betekent dat er bij geconcentreerde aanlanding meerdere stations per aanlandingslocatie nodig zijn, waarmee het risico op problemen met leveringszekerheid minder groot is. Bij afvoerende hoogspanningsverbindingen moet alles 'redundant ( $n-1$ )' zijn, wat betekent dat de stroom ook afgevoerd kan worden als één verbinding uitvalt<sup>4</sup>. Daarom is er geen significant verschil in leveringszekerheid.

#### Voorzieningszekerheid

De voorzieningszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

<sup>4</sup> Redundant  $n-1$  betekent dat het hoogspanningsnet dat alle energie nog steeds getransporteerd kan worden al één component op een deel van het hoogspanningsnet uitvalt. Dit is nodig om te zorgen dat de leveringszekerheid ook behouden blijft als er onderhoud gepleegd wordt of een calamiteit optreedt. Bij een verbinding met twee circuits betekent dit één circuit voldoende moet zijn om alle energie te transporteren, voor het geval dat het tweede circuit uitvalt. En bij een station moet bijvoorbeeld één transformator meer geplaatst worden dan dat je onder normale omstandigheden nodig hebt.

### 2.2.3 Uitkomsten

In Tabel 2-12 is het totaal aan kosten en baten te zien. Deze vallen zowel in het lage als in het hoge scenario uit in het voordeel van optie 2.

Tabel 2-12 - Structuurkeuze 2: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Aanlanding wind op zee - geconcentreerd		Optie 2: Aanlanding wind op zee - verspreid	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	-6.657	-6.594	-1.482	-1.517
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		-6.657	-6.594	-1.482	-1.517
<b>Maatschappelijk</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	-6	-107	0	-7
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		-6	-107	0	-7
	<b>Saldo</b>	<b>-6.663</b>	<b>-6.701</b>	<b>-1.482</b>	<b>-1.524</b>
	Natuur en biodiversiteit	<i>Differentieert niet</i>			
	Leveringszekerheid	<i>Differentieert niet</i>			

### 2.2.4 Conclusie

Op basis van de uitkomsten in Tabel 2-12 concluderen we dat de welvaartseffecten voor optie 2, verspreide aanlanding, positiever uitvallen dan voor optie 1, geconcentreerde aanlanding. Dit is toe te schrijven aan de aanzienlijk hogere directe kosten in optie 1. Deze kosten komen voornamelijk voort uit de hoge verwachte kosten voor redispatch. Het is daarbij goed om te benoemen dat alleen de ruimtelijke effecten op land binnen de scope van dit project vallen en er dus niet wordt gekeken naar de kosten voor de kabels onder de zee. Het kan dus zijn dat als die kosten wel worden meegenomen optie 1 goedkoper is. Alleen op basis van deze welvaartsanalyse kan dus geen keuze gemaakt worden.

Daarnaast zijn ook de externe kosten in optie 1 hoger dan in optie 2, alhoewel deze slechts een fractie van de directe kosten zijn. Dit is in lijn met de ervaringen van TenneT, die bij nieuwe hoogspanningsprojecten doorgaans slechts een klein percentage van de investeringskosten aan compensatieregelingen kwijt zijn.

## 2.3 Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land

### 2.3.1 Inleiding

Deze structuurkeuze heeft betrekking op de locaties van zonne- en windenergie op land. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende twee opties:

- locaties hernieuwbare opwek op land – spreading;
- locaties hernieuwbare opwek op land – clustering.

Als gevolg van de locaties van zonnepanelen en windmolens hebben beide opties ook een andere impact op het hoogspanningsnet. De directe en externe kosten van zon op land, wind op land en de hoogspanningsinfrastructuur staan centraal in deze structuurkeuze. Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage 0).

### 2.3.2 Uitgangspunten

#### Projecteffecten

In beide opties worden 2.000 windmolens met een vermogen van 5,6 MW en een tiphoogte van 225 meter geplaatst. Het enige verschil is de locaties van deze turbines. In optie 2 worden de windmolens verdeeld over vijf clusters van gemiddeld 400 windmolens. Voor optie 1 wordt aangenomen dat de windmolens in clusters van 6 worden geplaatst op 333 verschillende locaties. Er is aangenomen dat de totaal opgewekte windenergie in beide opties hetzelfde is. Een grove schatting van de verdeling van het aantal windmolens over de verschillende gebiedstypen is te zien in Tabel 2-13.

Tabel 2-13 - Structuurkeuze 3: Overzicht aantal windmolens per gebiedstype (bron: Pondera)

Type gebied	Optie 1: Locaties hernieuwbare opwek op land - spreiding	Optie 2: Locaties hernieuwbare opwek op land - clustering
Landbouw	1.700	1.720
Bebouwing	200	200
Industrie	100	60
Recreatie	0	20

Voor beide opties geldt daarnaast een totaal vermogen van 30 GW aan zon op veld dat verdeeld moet worden over Nederland. Uitgaande van een benodigd oppervlak van 6,7 km<sup>2</sup> per GW (oftewel 150 MW per km<sup>2</sup>) zal er dus 200 km<sup>2</sup> aan zon op veld gerealiseerd moeten worden. In optie 2 worden de zonnepanelen in clusters geplaatst, waardoor er vier zonneparken van gemiddeld 50 km<sup>2</sup> ontwikkeld moeten worden. In optie 1 gebeurt dit verspreid, waarbij we hebben aangenomen dat dit gebeurt in 2.000 zonneparken van elk 10 hectare (0,1 km<sup>2</sup>) en een vermogen van elk 15 MW. Een grove schatting van de verdeling van het vermogen zon op land over de verschillende gebiedstypen is te zien in Tabel 2-14.

Tabel 2-14 - Structuurkeuze 3: Overzicht vermogen (in GW) zonneparken per gebiedstype

Type gebied	Optie 1: Locaties hernieuwbare opwek op land – spreiding	Optie 2: Locaties hernieuwbare opwek op land - clustering
Landbouw	25,2	25,2
Bebouwing	4,5	4,5
Industrie	0,3	0,3
Recreatie	0	0

Bron: Pondera.

Beide opties hebben daarnaast impact op de elektriciteitsinfrastructuur. Dit is terug te zien in de vorm van de benodigde koppelpunten in de regionale netten. Het gaat hierbij om HS/TS- en HS/MS-stations, waarvan er in optie 1 meer nodig zijn dan in optie 2. Voor het hoogspanningsnet is het lastig te zeggen of dit positief of negatief uitvalt voor clustering of spreiding. In de technische uitwerking van de structuurkeuzes wordt uitgebreid ingegaan op de onderbouwing hiervan (Bijlage A). Het hoogspanningsnet wordt in de welvaartsanalyse van deze structuurkeuze dus buiten beschouwing gelaten.

Daarnaast zijn er in beide opties voor opslag systeembatterijen nodig. Terwijl de locaties verschillen, is het totale vermogen hiervan in beide opties gelijk.



### Financiële effecten

De hoeveelheid zonnepanelen, windturbines en systeembatterijen is gelijk voor beide opties. Aangezien de totale hoeveelheid geproduceerde energie in beide opties gelijk is, differentiëren ook de financiële baten niet van elkaar.

Er zijn schaalvoordelen bij grotere windparken, maar deze zijn relatief beperkt (ordegrootte hooguit enkele procenten). Voordelen zitten erin dat bepaalde kosten (zoals mobilisatie en demobilisatie, kranen, etc.) over een grotere hoeveelheid turbines uitgesmeerd kunnen worden. Ook zullen producenten van turbines eerder bereid zijn genoegen te nemen met een lagere marge (waarmee de investeringskosten iets kunnen dalen voor grote parken). De plankosten nemen niet of nauwelijks af met schaalgrootte, omdat de procedures en vergunningverlening navenant complexer worden (CE Delft, 2016b). Aangezien de schaalvoordelen slechts een klein deel van de totale kosten uitmaken, laten we deze buiten beschouwing. Voor zonneparken biedt de literatuur geen specifieke studies, maar wordt aannemelijk geacht dat de schaalvoordelen van dezelfde orde grootte zijn als die van windmolenparken. Ook deze kostenbesparingen worden dus buiten beschouwing gelaten.

De jaarlijkse kosten voor regionale netverzwaring zijn afgestemd met de netbeheerders en bedragen 84 en 76 miljoen euro voor respectievelijk optie 1 en optie 2. Tabel 2-15 laat de totale verdisconteerde kosten voor een looptijd van 100 jaar zien.

Tabel 2-15 - Structuurkeuze 3: Overzicht financiële kosten in miljoenen euro's

	Optie 1: Locaties hernieuwbare opwek op land - spreiding		Optie 2: Locaties hernieuwbare opwek op land - clustering	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Regionale netverzwaring	3.405	3.405	3.081	3.081
<b>Totaal</b>	<b>3.405</b>	<b>3.405</b>	<b>3.081</b>	<b>3.081</b>

### Effecten op de omgeving

Voor de ruimtelijke effecten van windmolens en zonneparken is een soortgelijke aanpak gebruikt als voor hoogspanningstracés. De literatuur biedt voldoende kengetallen om de effecten op omwonenden te bepalen.

Zo is er een waardedaling zichtbaar voor woningen in Nederland tot 2,5 kilometer van een windmolen (Droes M.I. & Koster H.R.A., 2021). Deze daling is groter naarmate een windturbine dichterbij een woning staat en naarmate de windturbine hoger is. Voor windmolens met een minimale tiphoogte van 150 meter is binnen een straal van 2 kilometer een waardedaling van 5,4% te zien. Daarnaast wordt aangetoond dat met name de eerste turbine in de buurt van een woning effect heeft op de woningwaarde. De orde van grootte van deze effecten wordt bevestigd in ander onderzoek naar de invloed van windmolens op woningprijzen in Nederland (TNO, 2022). Er wordt aangetoond dat windmolens met een tiphoogte van meer dan 150 meter binnen een straal van 1 kilometer een gemiddelde waardedaling van 8% teweegbrengen, terwijl dat binnen 1 tot 2,5 kilometer 4,5% bedraagt. Als bandbreedte voor onze analyse hebben we daarom gekozen voor een minimum van 5,4% binnen een straal van 2 kilometer en een maximum van 5,9% binnen een straal van 2,5 kilometer.

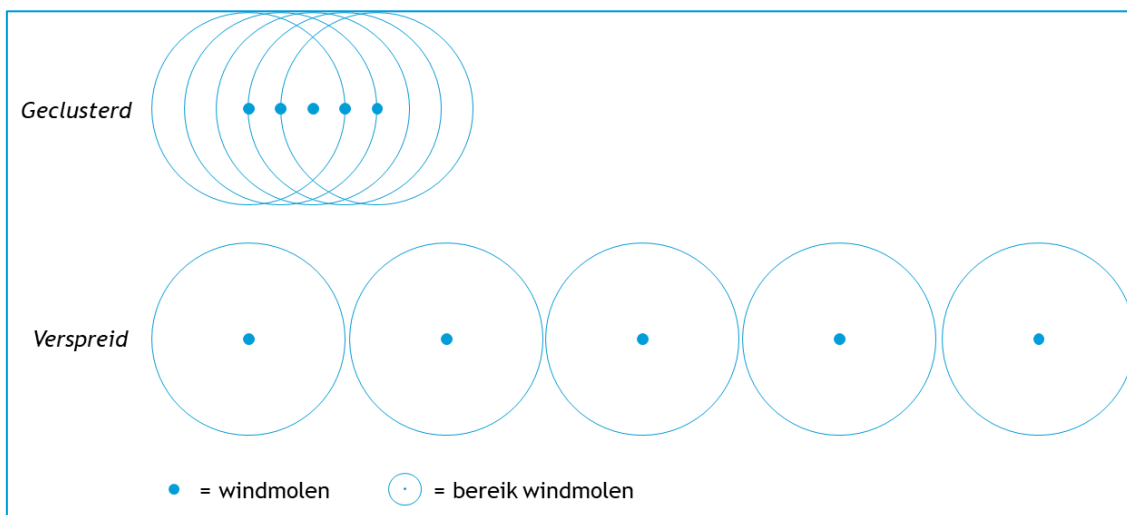
Aangezien met name de eerste windturbine effect heeft op de woningwaarde zal het totale welvaartsverlies in optie 1, spreiding van hernieuwbare opwek, groter zijn. Deze aanname is in lijn met (ETFI & Decisio, 2016), die aangeven dat de landschappelijke het kleinst is bij concentratie van turbines. Hierbij

moet de kanttekening worden geplaatst dat bovengenoemde onderzoeken niet hebben gekeken naar de grootte van een windpark. Het is immers niet ondenkbaar dat de externe kosten hoger zijn wanneer er een groot windpark voor de deur staat dan wanneer dit er slechts één of enkele windturbines zijn. Om hier niet aan voorbij te gaan, hebben we bij clustering van windmolens gekozen voor een potentiële waardedaling van 10 tot 20% binnen een straal van 2,5 kilometer.

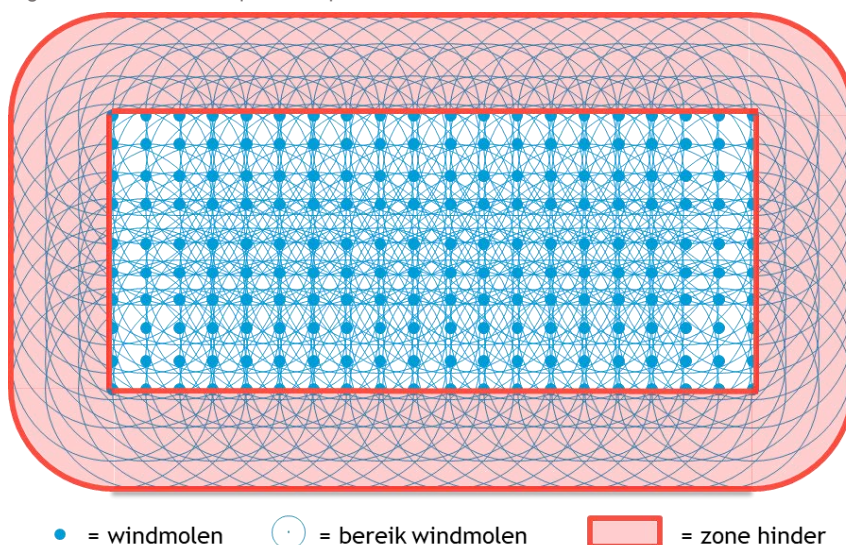
In de analyse is de grootte van windparken als startpunt genomen. Hierbij is uitgegaan van een gemiddeld indirect ruimtegebruik van 12 MW per km<sup>2</sup>. Figuur 2-1 illustreert het verschil in impact bij clustering en spreiding. Figuur 2-2 toont aan hoe de impactzone van een windpark is benaderd. Een overzicht van de totale externe kosten is te zien in

Tabel 2-16. Hierbij is, in lijn met de benadering van externe kosten voor hoogspanningskabels en -masten, de verdeling over de verschillende gebiedstypen, zichtbaar in Tabel 2-13, meegenomen.

Figuur 2-1 - Illustratie impact clustering en spreiding van vijf windmolens



Figuur 2-2 - Illustratie impact windpark



Het effect van zonneparken op woningwaardes wordt geschat op 2,6% binnen een straal van 1 kilometer (Droes M.I. & Koster H.R.A., 2021). In optie 1 nemen we aan dat de opwek volledig is verspreid over 333 zonneparken, waardoor het er meer omwonenden hinder ondervinden van deze zonneparken. Bij de realisatie van de vier zonneparken in optie 2 zal het welvaartsverlies lager zijn (de illustraties in Figuur 2-1 en Figuur 2-2 zijn hier ook op van toepassing). In lijn met de analyse voor windparken is er echter voor gekozen om uit te gaan van een hogere impact bij zonneparken van grote schaal, zoals bij clustering. In dat geval hebben we aangenomen dat de woningwaardedaling binnen een straal van 1 kilometer 5 tot 10% bedraagt. De totale externe kosten zijn te zien in Tabel 2-16. De verdeling over de verschillende gebiedstypen, zichtbaar in Tabel 2-14, is ook hier meegenomen.

Naast externe kosten voor omwonenden kan er door recreanten ook welvaartsverlies worden ervaren als gevolg van hinder die hun beleving beïnvloedt. De literatuur biedt geen kwantitatieve studies naar de effecten hiervan. Wel volgt uit de kwalitatieve analyse van (ETFI & Decisio, 2016) dat bij een goede inpassing de effecten van windmolenparken op toerisme beperkt zijn. Gebaseerd op de aanname dat er bij spreiding van windmolens sprake is van een minder goede inpassing, nemen we dit middels een kwalitatieve beoordeling mee in Tabel 2-17.

De regionale netverzwaring heeft alleen impact op de koppelpunten. Aangezien er voor HS/TS- en HS/MS-stations geen kengetallen voor het welvaartsverlies beschikbaar zijn, nemen we deze niet mee in de analyse.

Tabel 2-16 - Structuurkeuze 3: Overzicht externe kosten in miljoenen euro's

	Optie 1: Locaties hernieuwbare opwek op land - spreiding		Optie 2: Locaties hernieuwbare opwek op land - clustering	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Windmolens	7.684	11.849	954	2.455
Zonneparken	5.546	5.546	141	282
<b>Totaal</b>	<b>13.230</b>	<b>17.395</b>	<b>1.095</b>	<b>2.737</b>

De effecten op natuur en biodiversiteit verschillen tussen beide opties als gevolg van de plaatsing van wind en zon op land. Door de toepassing van clustering worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologisch gevoelige gebieden en Nationale Landschappen. Een uitgebreidere toelichting hiervan is terug te vinden in Bijlage VIII. In de welvaartsanalyse beoordelen we deze effecten, die in het nadeel van spreiding van opwek uitvallen, kwalitatief. Dit is te zien in Tabel 2-17.

#### Leveringszekerheid

De leveringszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

#### Voorzieningszekerheid

De voorzieningszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

### 2.3.3 Uitkomsten

In Tabel 2-17 is het totaal aan kosten en baten te zien. Deze vallen zowel in het lage als in het hoge scenario uit in het voordeel van optie 2.

Tabel 2-17 - Structuurkeuze 3: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Locaties hernieuwbare opwek op land – spreiding		Optie 2: Locaties hernieuwbare opwek op land - clustering	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	-3.405	-3.405	-3.081	-3.081
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		-3.405	-3.405	-3.081	-3.081
<b>Maat-schappelijk</b>	Productie (+ import)	-13.230	-17.395	-1.095	-2.737
	Recreatie	-	-		
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Differentieert niet</i>			
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		-13.230	-17.395	-1.095	-2.737
	<b>Saldo</b>	<b>-16.634</b>	<b>-20.800</b>	<b>-4.176</b>	<b>-5.818</b>
	Natuur en biodiversiteit	-	-		
	Leveringszekerheid	<i>Differentieert niet</i>			

### 2.3.4 Conclusie

Op basis van de uitkomsten in Tabel 2-17 concluderen we dat de welvaartseffecten voor optie 2, clustering van locaties van hernieuwbare opwek, positiever uitvallen dan voor optie 1, gespreide hernieuwbare opwek op land. Terwijl de directe kosten niet extreem van elkaar verschillen, zijn de externe kosten in optie 2 wel aanzienlijk lager. Dit is toe te schrijven aan het feit dat minder mensen visuele hinder ondervinden door hernieuwbare opwek te clusteren in wind- en zonneparken.

Er zijn in deze structuurkeuze geen keuzes gemaakt over de exacte locaties van deze wind- en zonneparken. De verdeling van de opweklocaties en het vinden van voldoende draagvlak zal daarom een volgend vraagstuk zijn. In deze context zal er voldoende aandacht moeten worden besteed aan de inpassing van hernieuwbare opwek in het landschap, bijvoorbeeld door zonneparken te omzomen met groen.

## 2.4 Structuurkeuze 4: Opweklocaties elektrolyzers

### 2.4.1 Inleiding

Deze structuurkeuze heeft betrekking op de locaties van elektrolyzers. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende twee opties:

- clustering elektrolyzers bij productie (aanlandingslocaties wind op zee);
- clustering elektrolyzers bij industrieclusters.

In de welvaartsanalyse van deze structuurkeuze staan samen met de elektrolyzers de verzwaringen van het hoogspanningsnet centraal. Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage A).

## 2.4.2 Uitgangspunten

### Projecteffecten

De opties in de structuurkeuze zijn oorspronkelijk doorgerekend onder twee verschillende scenario's. Dit heeft als gevolg dat het totale elektrische vermogen aan waterstofproductie verschilt tussen de twee opties. Om een eerlijke vergelijking te kunnen maken in de welvaartsanalyse zijn de opties daarom genormaliseerd. Het resultaat is te zien in Tabel 2-18. De mogelijkheid van waterstofproductie op zee valt buiten de scope van dit project en wordt dus niet beschouwd.

De doorrekening van de impact op het regionale laat zien dat er geen significant verschil wordt verwacht tussen optie 1 of optie 2 (Bijlage A). Daarom wordt dit in deze structuurkeuze buiten beschouwing gelaten.

Een indicatieve doorrekening laat zien dat er voor beide opties ongeveer 7 kilometer aan waterstofleiding nodig is. Een toelichting hiervan staat beschreven in de technische uitwerking van de structuurkeuze (Bijlage VIII). De benodigde nieuwe infrastructuur kan bijna volledig worden ondervangen door bestaande gasleidingen om te bouwen naar waterstofleidingen. Er zal een overgangsfase bestaan waarin er nog steeds aardgas wordt gebruikt, maar ook de vraag naar waterstof toeneemt. Naar verwachting zijn hiervoor echter niet alsnog significante hoeveelheden nieuwe waterstofleidingen nodig. In het huidige netwerk is in veel gevallen immers sprake van meerdere parallelle leidingen. Wanneer het aardgasgebruik afneemt, kunnen leidingen daarom één voor één in gebruik worden genomen voor waterstof. Hiervoor gelden wel enkele uitzonderingen, waarvoor per locatie en situatie moet worden onderzocht of dit geldt en of er in de overgangsfase eventueel extra leidingen nodig zijn. De benodigde hoeveelheid waterstofleidingen is gebaseerd op eerste inschattingen, waarbij het detailniveau van het huidige model ervoor zorgt dat er nu nog geen uitspraken over de exacte uitkomst te doen zijn. Naar verwachting is dit echter een relatief lage extra kostenpost.

Tabel 2-18 - Genormaliseerd overzicht benodigde infrastructuur

	Optie 1: Clustering elektrolyzers bij productie (aanlandingslocaties wind op zee)		Optie 2: Clustering elektrolyzers bij industrieclusters	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>380kV-tracé (km)</b>	49	49	92	92
<b>220kV-tracé (km)</b>	0	0	54	54
<b>Redispatch (TWh/jaar)</b>	0,24	0,24	0,90	0,90
<b>380kV-velden</b>	20	20	19	19

### Financiële effecten

Een overzicht van de totale geschatte kosten voor beide opties is te zien in Tabel 2-10.

De benodigde infrastructuur is genormaliseerd op basis van de capaciteit aan elektrolyzers. De kosten hiervan differentiëren dus niet. Ook de benodigde hoeveelheid nieuwe waterstofleidingen verschilt niet tussen beiden opties en wordt dus buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2-19 - Structuurkeuze 4: Overzicht financiële kosten in miljoenen euro's

	Optie 1: Clustering elektrolyzers bij productie (aanlandingslocaties wind op zee)		Optie 2: Clustering elektrolyzers bij industrieclusters	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
380/220kV-tracé – CAPEX	490	490	1.460	1.460
380/220kV-tracé - OPEX	15	15	44	44
Redispatch	973	973	3.648	3.648
380kV-velden	60	60	57	57
<b>Totaal</b>	<b>1.538</b>	<b>1.538</b>	<b>5.209</b>	<b>5.209</b>

### Effecten op de omgeving

De effecten op omwonenden in deze structuurkeuze zijn voornamelijk toe te schrijven aan hoogspanningskabels en -masten. Voor waterstofleidingen worden grotendeels bestaande methaanleidingen gebruikt. Waar nieuwe leidingen nodig zijn zal dit in bestaande tracés worden geplaatst. De externe effecten van waterstofleidingen zijn daarom beperkt. Daarnaast differentieert de benodigde hoeveelheid waterstofleidingen niet en dus wordt dit buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2-20 laat het overzicht zien van nieuw, bovengronds hoogspanningstracé. Op basis van deze gegevens schatten we het welvaartsverlies voor optie 1, clustering van elektrolyzers bij productie, op 0 tot 58 miljoen en voor optie 2, clustering elektrolyzers bij industrieclusters, op 0 tot 79 miljoen.

Tabel 2-20 - Structuurkeuze 4: Overzicht 380/220kV-tracé in km per gebiedstype\*

Type gebied	Optie 1: Clustering elektrolyzers bij productie (aanlandingslocaties wind op zee)		Optie 2: Clustering elektrolyzers bij industrieclusters	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Landbouw</b>	0	48	0	75
<b>Bebouwing</b>	0	6	0	8
<b>Industrie</b>	0	3	0	3
<b>Recreatie</b>	0	2	0	3

\* Het gaat hier om hoogspanningstracé dat tot hinder leidt. Oftewel, nieuw, bovengronds hoogspanningstracé dat niet naast een bestaande tracé wordt aangelegd. Wanneer een nieuw tracé parallel aan een bestaand tracé komt te liggen, hebben we aangenomen dat dit niet tot extra visuele hinder en dus welvaartsverlies leidt.

Bron: Pondera.

In deze structuurkeuze differentiëren de effecten op natuur en biodiversiteit niet tussen de opties en dus worden deze niet meegenomen.

### Leveringszekerheid

De leveringszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

### Voorzieningszekerheid

De voorzieningszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

### 2.4.3 Uitkomsten

In Tabel 2-21 is het totaal aan kosten en baten te zien. Deze vallen zowel in het lage als in het hoge scenario uit in het voordeel van optie 1.

Tabel 2-21 - Structuurkeuze 4: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Clustering elektrolyzers bij productie (aanlandingslocaties wind op zee)		Optie 2: Clustering elektrolyzers bij industrieclusters	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Geen effect</i>			
	Elektriciteitsinfra	-1.856	-1.798	-6.088	-6.009
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		-1.856	-1.798	-6.088	-6.009
<b>Maatschappelijk</b>	Productie (+ import)			+	+
	Opslag	<i>Geen effect</i>			
	Elektriciteitsinfra	0	-58	0	-79
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
		0	-58	0	-79
	<b>Saldo</b>	<b>-1.856</b>	<b>-1.856</b>	<b>-6.088</b>	<b>-6.088</b>
	Natuur en biodiversiteit	<i>Differentieert niet</i>			
	Leveringszekerheid	<i>Differentieert niet</i>			

### 2.4.4 Conclusie

Op basis van de uitkomsten in Tabel 2-21 concluderen we dat de welvaartseffecten voor optie 1, clustering van elektrolyzers bij aanlandingslocaties wind op zee, positiever uitvallen dan voor optie 2, clustering van elektrolyzers bij industrie. In deze structuurkeuze is dit puur toe te schrijven aan de hogere directe kosten in optie 2. Het plaatsen van elektrolyzers bij industrieclusters vereist een grotere uitbreiding van het hoogspanningsnet en leidt naar verwachting tot hogere kosten als gevolg van redispatchen.

De externe kosten in deze structuurkeuze zijn slechts een fractie van de directe kosten. Dit is in lijn met de ervaringen van TenneT, die bij nieuwe hoogspanningsprojecten doorgaans slechts een klein percentage van de investeringskosten aan compensatieregelingen kwijt zijn. In het lage scenario zijn er zelfs geen externe effecten ten gevolge van de elektriciteitsinfrastructuur. Dit komt omdat de nieuwe tracés hier naast bestaande tracés worden aangelegd.

Hiertegenover staat dat er mogelijk enkele voordelen kleven aan de plaatsing van elektrolyzers bij industrieclusters. Zo vindt er minder verdunning van waterstof plaats, zodat de industrie gebruik kan maken van zuiverdere waterstof (Strategy, 2021). Daarnaast kan de restwarmte die ontstaat bij de productie van water worden gebruikt door de industrie. Aangezien er nog veel onzekerheden bestaan over de kosten van waterstof en de hoeveelheid restwarmte die ontstaat bij elektrolyzers, hebben we deze effecten kwalitatief beoordeeld (aangegeven met een '+' in Tabel 2-21).

De twee opties van de structuurkeuze zijn doorgerekend voor verschillende energiescenario's en daardoor zijn verschillende hoeveelheden voor elektrolyzers aangenomen. Bij de welvaartsanalyse zijn de effecten genormaliseerd op de hoeveelheid elektrolyzers van optie 2, ongeveer 19 GW. Bij het energetische scenario van optie 1 zitten grotere hoeveelheden wind op zee en ook grotere hoeveelheden elektrolyzers, ruim 50 GW. Bij deze hoeveelheden elektrolyzers zijn de negatieve effecten van het plaatsen elektrolyzers

bij industrieclusters (optie 2) op de elektriciteitsinfrastructuur nog groter ten opzichte van het plaatsen van elektrolyzers bij productie (optie 1) en komt optie 1 nog beter naar voren.

## 2.5 Structuurkeuze 5: Locaties piekcentrales

### 2.5.1 Inleiding

Deze structuurkeuze heeft betrekking op de locaties van piekcentrales. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende twee opties:

- piekcentrales – spreiding;
- piekcentrales – clustering.

Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*. In deze technische uitwerking wordt zowel de optie om groen methaan als waterstof als brandstof te gebruiken bekeken.

De impact op de benodigde methaanleidingen die hiervoor nodig zijn vallen buiten de scope van deze analyse.

### 2.5.2 Uitgangspunten

#### Projecteffecten

De projecteffecten in deze structuurkeuze zijn beperkt. Het totale vermogen aan piekcentrales is in beide opties even hoog. In optie 1 is dit verspreid over 160 verschillende locaties in Nederland, terwijl dit er in optie 2 slechts 12 zijn. Hierin volgt optie 1 de methodiek van I13050, waarbij de piekeenheden (ordegrootte 100 MW) worden verdeeld op basis van regionale tekorten. Bij optie 2 is uitgegaan van de beschikbare Barro-locaties. Als gevolg van deze verdeling ligt het gemiddelde vermogen per centrale in optie 2 aanzienlijk hoger.

Tenslotte is er in optie 1 ongeveer 53 kilometer aan waterstofleidingen nodig, terwijl dit voor optie 2 circa 19 kilometers bedraagt. Wat betreft de elektriciteitsinfrastructuur zijn er op het gebied van hoogspanning bij clustering van piekcentrales meer nieuwe velden nodig. Daarentegen staat dat piekcentrales bij spreiding op een lager spanningsniveau moeten worden aangesloten. Aangezien die kosten echter buiten de scope van deze studie vallen, is ervoor gekozen om de 380kV-velden in deze welvaartsanalyse ook buiten beschouwing te laten. In optie 2, clustering van piekcentrales, verliest men tenslotte de lokale potentie voor flex, maar in hoeverre dit tot extra verzwaringen van het regionale net leidt, is onbekend.

Tabel 2-22 - Structuurkeuze 5: Overzicht benodigde nieuwe infrastructuur

Component	Optie 1: Piekcentrales - spreiding		Optie 2: Piekcentrales - clustering		Eenheid
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	
Waterstofleidingen	53	53	19	19	Km

#### Financiële effecten

Doordat het totale vermogen aan piekcentrales in beide opties gelijk is, wordt aangenomen dat zowel de investerings- als de operationele kosten gelijk zijn. Voor zover bekend zijn er geen schaalvoordelen die leiden tot significante lagere kosten. De kosten voor nieuwe stations zijn hoger in optie 2. Dit is terug te zien in Tabel 2-23.



Tabel 2-23 - Structuurkeuze 5: Overzicht financiële kosten in miljoenen euro's

	Optie 1: Piekcentrales - spreiding		Optie 2: Piekcentrales - clustering	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Waterstofleidingen - CAPEX	45	45	16	16
Waterstofleidingen - OPEX	18	18	6	6
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>22</b>	<b>22</b>

### Effecten op de omgeving

De ruimtelijke impact in deze structuurkeuze differentieert niet tot nauwelijks tussen de opties.

### Leveringszekerheid

Bij optie 2 van de structuurkeuze, waarbij piekcentrales geclusterd worden, is de gemiddelde piekcentrale een stuk groter. Bij optie 1 zijn de centrales ongeveer 100 MW per stuk, terwijl het bij optie 2 centrales ongeveer 1 GW zijn. Dit betekent dat bij optie 2 een stuk meer vermogen wegvalt als een centrale uitvalt. Daarom is het risico op problemen met de leveringszekerheid groter met bij optie 2.

Gemiddeld gezien zijn piekcentrales 5% van het jaar onvoorzien niet beschikbaar door technische problemen (ENTSO-E, 2020). Daarnaast zijn centrales soms gesloten voor gepland onderhoud, gemiddeld tussen de 10 en 20 uur per jaar (ENTSO-E, 2020). Er ontstaan problemen met de leveringszekerheid als er onvoldoende piekcentrales beschikbaar zijn op momenten met veel elektriciteitsvraag en weinig productie van wind en zon. Ongeveer 30 tot 50 uur per jaar is het volledige vermogen aan regelbare centrales nodig en kunnen problemen ontstaan als een grote piekcentrale van 1 GW uitvalt. Echter, in de praktijk zal het regelbare vermogen vermoedelijk niet precies gedimensioneerd worden op de piekvraag maar zal er meer zekerheid ingebouwd worden. Daarnaast zijn er ook andere manieren om het weggevallen vermogen op te vangen, zoals extra import vanuit andere landen, extra ontladen van batterijen of afschakelen van vraag.

Bij optie 1, spreiding van piekcentrales, zijn er meer mogelijkheden voor TenneT om knelpunten op de hoogspanningsinfrastructuur operationeel op te lossen via redispatch. Bij optie 2 zijn er minder opties. Als knelpunten niet operationeel opgelost kunnen worden kan dit in het ergste geval ertoe leiden dat vraag afgeschakeld moet worden. In dat geval ontstaan dus lokaal problemen met de leveringszekerheid.

### Voorzieningszekerheid

De voorzieningszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

### 2.5.3 Uitkomsten

In Tabel 2-24 is het totaal aan kosten en baten te zien. Deze vallen zowel in het lage als in het hoge scenario uit in het voordeel van optie 2, clustering van piekcentrales.

Tabel 2-24 - Structuurkeuze 5: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Piekcentrales - spreiding		Optie 2: Piekcentrales - clustering	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Differentieert niet</i>			
	Overige infra	-63	-63	-22	-22
		-63	-63	-22	-22
<b>Maatschappelijk</b>	Productie (+ import)	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Differentieert niet</i>			
	Overige infra	<i>Differentieert niet</i>			
	<b>Saldo</b>	<b>-63</b>	<b>-63</b>	<b>-22</b>	<b>-22</b>
	Natuur en biodiversiteit	<i>Differentieert niet</i>			
	Leveringszekerheid	+	+		

### 2.5.4 Conclusie

De uitkomsten van deze welvaartsanalyse, te zien in Tabel 2-24, liggen te dicht bij elkaar om te kunnen concluderen dat de welvaartseffecten duidelijk in het voordeel van één van beide opties uitvallen. De enige differentiërende kosten in deze structuurkeuze zijn de directe kosten voor de nieuwe infrastructuur. Deze kosten vallen echter relatief laag uit en verschillen weinig van elkaar. Daarnaast hebben beide opties mogelijk een impact op het regionale net, maar het is niet in te schatten of deze in het nadeel van optie 1 of 2 uitvalt. De spreiding van piekcentrales levert wel een klein voordeel op het gebied van leveringszekerheid, wat ertoe leidt dat optie 1 een lichte voorkeur geniet.

## 2.6 Structuurkeuze 6: Opslaglocaties waterstof

### 2.6.1 Inleiding

Deze structuurkeuze heeft betrekking op de waterstofopslag. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende twee opties:

- De eerste optie is gebaseerd op het scenario Europese sturing en gaat uit van een geografische spreiding van opslag in zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe. Dit komt neer op 10 TWh aan waterstofopslag verdeeld over ongeveer 36 cavernes.
- De tweede optie is gebaseerd op het scenario Nationale Sturing en gaat uit van opslag in beschikbare (huidige) gasopslagen en in lege gasvelden, aangevuld met opslag in nieuw aan te leggen zoutcavernes nabij bestaande locaties. De optie gaat uit van 45% van de benodigde opslagcapaciteit in de bestaande gasopslag Norg, 40% in de bestaande gasopslagen in Noord-Holland, 5% in een leeg gasveld in Zuid-Holland en 5% in cavernes bij Zuidwending.

Voor de verdere toelichting van de scenario's en de technische uitwerking van deze structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage A). De totale hoeveelheid opslag verschilt dus tussen beide opties. Om een eerlijke vergelijking te kunnen maken zijn de opties voor de welvaartsanalyse daarom genormaliseerd naar 10 TWh voor zowel optie 1 als optie 2.

## 2.6.2 Uitgangspunten

### Projecteffecten

De genormaliseerde opties voor waterstofopslag zien er als volgt uit:

- **Waterstofopslag in zoutcavernes.** Een geografische spreiding van opslag in zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe. Dit gaat om ongeveer 36 cavernes die in clusters ontwikkeld worden met een totaal opslagvolume van 10 TWh.
- **Waterstofopslag in lege gasvelden.** Opslag in beschikbare huidige gasopslagen en in lege gasvelden. We nemen hierbij alléén de opslag in een leeg gasveld in Zuid-Holland van ~8 TWh en een bestaande opslag in Noord-Holland van ruim 2 TWh. Om een vergelijk te kunnen maken tussen de twee opties op basis van gelijke opslagcapaciteit laten we de bestaande gasopslag Norg en de opslag in cavernes bij Zuidwending buiten beschouwing.

De reden dat er voor deze samenstelling gekozen is, is om de grootste verschillen tussen beide opties te kunnen analyseren. Op deze manier wordt één bestaande gasopslag en één leeg gasveld vergeleken met opslag in zoutcavernes.

### Financiële effecten

Zoutcavernes zijn een geschikt opslagmedium voor stoffen zoals waterstof. Dit is een reeds bestaande technologie, waarvan (Gasunie, 2022) het Technology Readiness Level (TRL) schat op 9. Ondanks dat er weinig kengetallen bekend zijn voor de kosten van waterstofopslag, biedt de literatuur wel enige richting. (Strategy, 2021) schat in dat, vergeleken met bovengrondse opslag, grootschalige waterstofopslag voor de lange termijn alleen economisch interessant is wanneer er gebruik wordt gemaakt van geologische structuren. Hierbij wordt uitgegaan van relatief lage investeringskosten in vergelijking met bovengrondse opslag (Andersson & Grönkvist, 2019). De initiële kosten zijn onder andere lager omdat de opslag in de zoutcavernes gebeurt in kleinere cavernes die één voor één gereed kunnen worden gemaakt naarmate het waterstofgebruik toeneemt (IEA, 2019). (Bünger J. et al., 2016) maken enkele schattingen voor onder andere de investerings- en kapitaalkosten.

Tegenover de kosten van het gereed maken van de zoutcavernes voor waterstofopslag staan de baten voor zoutwinning. Zoutcavernes kunnen op deze wijze meerdere doelen dienen (energieopslag en zoutwinning). Uit eerder onderzoek bleek dat er onvoldoende informatie is om een businesscase voor zoutwinning te kunnen beoordelen (CE Delft, 2016a). Door het beperkte aantal zoutwinningsprojecten zijn er geen openbare en verifieerbare gegevens beschikbaar. Wel blijkt dat er afhankelijk van de winningslocatie zowel aan de kosten- als de opbrengstenkant grote verschillen kunnen bestaan. Echter wordt beredeneerd dat bij directe aanwezigheid van een zoutverwerkingsfabriek een positieve business case mogelijk is in Nederland. Het transport over lange afstanden (bijv. import van zout) is immers minder aantrekkelijk vanwege de relatief hoge transportkosten. Op die manier kunnen de initiële investeringskosten van waterstofopslag in zoutcavernes flink verminderd worden (zie tekstkader).

De kosten voor verwerking van het zout hangen af van de kwaliteit van het gewonnen zout en het product waar het tot verwerkt wordt. Ook is het van belang of bijvoorbeeld restwarmte via een afvalverbrandingsinstallatie wordt verkregen ten behoeve van het indampen van zout in ketels. Zoutwinning is een belangrijke upstream markt voor de industrie, bijvoorbeeld de chloorindustrie. Deze is gebaat bij de aanwezigheid van zout op korte afstand vanwege de lage kostprijs van zout, maar hoge transportkosten. Na afloop van een zoutwinning kan een caveerne worden gebruikt voor opslag van bijvoorbeeld aardgas<sup>5</sup>. Hierdoor wordt de waarde van een caveerne vergroot. Bron: (CE Delft, 2016a).

<sup>5</sup> Opslag van waterstof is een andere mogelijkheid en vergroot eveneens de waarde van de caveerne.

Om de juiste drukopbouw voor waterstofopslag in zoutcavernes mogelijk te maken, zijn de gecreëerde cavernes kleiner dan bij normale zoutwinning. Dit leidt ertoe dat er in plaats van enkele grote cavernes, meerdere kleinere zoutcavernes moeten worden gerealiseerd. Dit kan de businesscase voor zoutwinning verslechteren. Echter kan het zo worden ingericht dat er een optimaal midden tussen opslag- en pekelcavernes wordt gevonden. Zo kan zowel de opslag- als zoutmarkt bediend worden. Het creëren van zoutcavernes duurt ongeveer 6 tot 8 jaar, inclusief studies, planning en vergunningen (Nobian, 2022). Gezien de lange doorlooptijden benadrukt (Gasunie, 2022) daarom het belang de besluitvorming rondom deze processen tijdig in gang te zetten.

Voor de kosten van waterstofopslag in lege gasvelden is weinig bekend omdat deze techniek nog veel minder ver is ontwikkeld. Zo moeten er nog grote stappen worden gemaakt op het gebied van scheidingstechnieken (Gasunie, 2022). Bij opslag van waterstof in lege gasvelden kan immers vervuiling van waterstof plaatsvinden (TNO, 2020). Vanwege de grote onzekerheden van de kosten van waterstofopslag in lege gasvelden wordt een kostenvergelijking tussen beide opties niet gemaakt in deze welvaartsanalyse.

### Effecten op de omgeving

Voor de zoutwinningsfase worden er enkele risico's geïdentificeerd, onderstaande risico's zijn geïdentificeerd in het Milieueffectrapport Structuurvisie Ondergrond (Tauw, 2017). Zo zijn er enkele gebieden in Nederland waar een verhoogd risico bestaat op verslechtering van de kwaliteit van de waterlaag. Dit kan ontstaan als gevolg van het vermengen van grondwater van verschillende kwaliteiten tijdens de boorfase of het lekken van stoffen via of langs het boorgat. Daarnaast kan er tijdens de productie- en injectiefase schade ontstaan aan gebouwen en infrastructuur als gevolg van compactie of het ontstaan van instabiele zoutcavernes. Tenslotte kan het watersysteem beïnvloedt worden als gevolg van bodemdaling tijdens de productiefase (Tauw, 2017). In de vergunningverlening wordt onder andere middels een milieueffectrapportage gekeken of de risico's tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau geminimaliseerd zijn. Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) houdt toezicht op de veiligheid<sup>6</sup>. We nemen echter aan dat er niet meer zout hoeft te worden gewonnen om waterstofopslag in zoutcavernes mogelijk te maken. Daarom worden deze effecten niet meegenomen in de welvaartsanalyse.

Voor de opslag van gas en CO<sub>2</sub> in zoutcavernes en lege gasvelden zijn de risico's grotendeels vergelijkbaar (Tauw, 2017). Hoe dit voor de opslag van waterstof is, is echter onzeker. Hier is nog geen onderzoek naar gedaan en hier nog geen ervaring mee. Er kunnen hiernaast bevingen ontstaan als gevolg van het leegpompen van gasvelden (Tauw, 2017). De beoogde lege gasvelden in deze studie zijn echter al leeg, waardoor we aannemen dat er geen verhoogd risico op bevingen ontstaat bij het gebruik van lege gasvelden voor waterstofopslag.

Als gevolg van zoutwinning kan er zeer beperkte bodemdaling ontstaan. Bij dit soort bodemdalingen moet men denken aan geleidelijke dalingen van enkele centimeters over een wijdverspreid gebied en gedurende een lange periode. Daarnaast zijn er zeer lichte (niet door de mens voelbare) trillingen mogelijk, die 24/7 worden gemonitord en openbaar beschikbaar zijn. Naast deze trillingen wordt er een wijd palet aan andere effecten door Nobian gemonitord<sup>7</sup>. Bron: (Nobian, 2022)

In deze structuurkeuze differentiëren de effecten op natuur en biodiversiteit niet tussen de opties en dus worden deze niet meegenomen.

<sup>6</sup> <https://www.sodm.nl/sectoren/zoutwinning>

<sup>7</sup> Een van de websites waarop monitoring is terug te vinden is <https://www.nlog.nl/>

### Leveringszekerheid

Leveringszekerheid gaat over het leveren van energie op korte termijn. Waterstof uit opslagen wordt in PEH onder andere ingezet voor de productie van elektriciteit in grote en kleine centrales. Op dit moment worden aardgasopslagen in zoutcavernes gebruikt voor het leveren van kort cyclische flex (dagbasis)<sup>8</sup>. Korte termijn flexibiliteit kan nu niet geleverd worden vanuit een aardgasopslag in een gasveld, vanwege de snelheid waarmee het gas uit het veld gehaald wordt. Leveringszekerheid is dan onder meer afhankelijk van de snelheid van injectie en productie, die afhangt van de kwaliteit van de put, de omvang en druk van de opslag en van de stromingseigenschappen van het gas. De stroomeigenschappen van waterstof zijn anders dan van methaan, omdat het een lichter en kleiner gas is. Het kan zijn dat in de toekomst lege gasvelden met waterstof ook ingezet worden voor snelle levering. De snelheid van levering in de praktijk van deze lege aardgasvelden moet nog onderzocht worden. Voor nu nemen we aan dat waterstof in zoutcavernes een hogere leveringszekerheid voorzien dan waterstof in lege gasvelden.

### Voorzieningszekerheid

Voorzieningszekerheid gaat over het leveren van energie op langere termijn (seizoen). Op dit moment worden grote volumes aardgas in gasopslagen in lege gasvelden ingezet voor seizoenslevering. Aangezien een cluster aan zoutcavernes ook gas kan leveren voor seizoensfluctuaties differentieert de voorzieningszekerheid niet tussen beide opties.

## 2.6.3 Uitkomsten

Aangezien er voor zowel waterstofopslag in zoutcavernes als in lege gasvelden te weinig verifieerbare kengetallen bekend zijn om een goede kwantitatieve vergelijking te kunnen maken tussen beide opties<sup>9</sup>, is er gekozen voor een kwalitatieve analyse. Deze is gebaseerd op bestaande literatuur en interviews met Nobian en Gasunie.

De opslag van waterstof in zoutcavernes is een volwassen en reeds bestaande technologie (Andersson & Grönkvist, 2019). Zo zijn zoutcavernes in het Verenigd Koninkrijk als sinds de jaren 70 en in de Verenigde Staten al sinds de jaren 80 in gebruik voor waterstofopslag voor de chemische sector (IEA, 2019). Bij de opslag in zoutcavernes blijft de concentratie 98% (IEA, 2019), onder andere omdat waterstof niet reageert met zout en er weinig verlies is door lekkages. Alhoewel (Andersson & Grönkvist, 2019) stellen dat er slechts een beperkte hoeveelheid kussengas nodig is voor opslag in zoutcavernes, stelt (Gasunie, 2022) dat dit tot wel 50% van de totale opslag kan zijn. Daarnaast kan waterstof onder hoge druk worden opgeslagen in zoutcavernes waardoor het geschikt is voor de opslag van korte cycli en zijn de investeringskosten relatief laag (Andersson & Grönkvist, 2019).

Met het gebruik van lege gasvelden kan in potentie in de toekomst waterstof worden opgeslagen op grote schaal. Echter bevindt deze technologie zich nog in de onderzoeksfase. Op dit moment zijn er nog geen plekken waar pure waterstof wordt opgeslagen in lege gasvelden. Er bestaat een aantal uitdagingen die ervoor kunnen zorgen dat een lager percentage waterstof onttrokken kan worden dan er in eerste instantie was opgeslagen. Dit kan gebeuren doordat de geologische structuren van gasvelden poreus zijn (IEA, 2019); (Gasunie, 2022), maar ook door oplossing in formatiewater of omzetting naar methaan (TNO, 2020). Ook bestaan er uitdagingen doordat geo- en biochemische reacties van waterstof met gesteente, vloeistoffen en micro-organismen kunnen leiden tot technische, economische of milieurisico's (TNO,

<sup>8</sup> Volgens (Nobian, 2022) zijn zoutcavernes er tegen bestand om binnen een uur waterstof te onttrekken.

<sup>9</sup> Opslag in lege aardgasvelden is dus nog vooral sterk in onderzoek.

2020). Als gevolg hiervan moet waterstof mogelijk eerst ontdaan worden van verontreinigen voordat het gebruikt kan gaan worden (IEA, 2019).

Tabel 2-25 - Structuurkeuze 6: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Waterstofopslag in zoutcavernes		Optie 2: Waterstofopslag in lege gasvelden	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	<i>Onbekend</i>			
	Opslag	<i>Onbekend</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Overige infra	<i>Onbekend</i>			
<b>Maatschappelijk</b>	Productie (+ import)	<i>Geen effect</i>			
	Opslag	+	+		
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Overige infra	<i>Differentieert niet</i>			
	<b>Saldo</b>				
	Natuur en biodiversiteit	<i>Differentieert niet</i>			
	Leveringszekerheid	+	+		

#### 2.6.4 Conclusie

Uit bovenstaande kwalitatieve analyse kan voorzichtig worden geconcludeerd dat op dit moment de welvaartseffecten voor optie 1, waterstofopslag in zoutcavernes, positiever uitvallen dan voor optie 2, waterstofopslag in lege gasvelden. Opslag in zoutcavernes is een techniek die volwassener is en draagt daarmee een minder groot risico met zich mee. Daarnaast kunnen de zoutcavernes door de hogere druk beter gebruikt worden voor de opslag van korte cycli, waardoor de opslag in een kwalitatief hogere mate van (functionele behoefte voorziet dan opslag in aardgasvelden. Door de grotere invoer en uitvoer-capaciteit van zoutcavernes kan sneller worden ingespeeld op kortetermijnfluctuaties op de toekomstige waterstofmarkt, waardoor de economische marges groter zijn en ook adequatere systeemintegratie mogelijk kan worden gemaakt met de elektriciteitsmarkt. Daarnaast blijft de concentratie waterstof in zoutcavernes op 98% zonder chemische reactie, terwijl de verdunning en vervuiling van waterstof in lege gasvelden naar verwachting leidt tot extra risico's met betrekking tot het milieu en de businesscase.

Het is belangrijk om te benoemen dat we in deze welvaartsanalyse de twee opties naast elkaar hebben gezet zonder stil te staan bij het feit dat deze technieken ook naast elkaar gebruikt kunnen worden. Dit is, uitgaande van een gunstige ontwikkeling van de techniek waterstofopslag in lege gasvelden, immers goed denkbaar. Bij gebruik van waterstof op grote schaal zal er een breed, gedifferentieerd palet aan opslag- en flexmogelijkheden beschikbaar moeten zijn om te kunnen voorzien in de wensen van de markt. Het is daarom van belang dat ontwikkelingen in dit veld goed worden gemonitord, zodat hier tijdig op ingespeeld kan worden. Het is goed denkbaar dat in de komende jaren gestart wordt met de uitrol van waterstof-opslag in zoutcavernes, terwijl de opslag in lege gasvelden verder wordt ontwikkeld. Naarmate de vraag naar opslagcapaciteit toeneemt en de capaciteit in lege zoutcavernes niet meer toereikend is, kunnen ook de lege gasvelden worden ingezet.

## 2.7 Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie

### 2.7.1 Inleiding

Deze structuurkeuze heeft betrekking op de toepassing van kernenergie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende twee opties:

- geen kernenergie (meer gebruik van wind op land en meer gascentrales);
- kernenergie.

In de welvaartsanalyse van deze structuurkeuze staan de kosten voor energieproductie centraal. Het is de enige structuurkeuze waarin de energiekosten worden meegenomen in de welvaartsanalyse. Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage A).

### 2.7.2 Uitgangspunten

#### Projecteffecten

In optie 2 worden er in totaal vijf kerncentrales gebouwd met een totaal vermogen van 8,25 GW. Deze worden verdeeld over twee locaties: drie in Borssele en twee op de Maasvlakte. Door de plaatsing van deze kerncentrales moet er zo'n 190 kilometer aan nieuw 380kV-tracé gerealiseerd worden om het hoogspanningsnet te verzwaren.

Voor optie 1 zijn de voornaamste projecteffecten toe te schrijven aan de windmolens. De plaatsing van de 10 GW aan turbines is net zoals in structuurkeuze 3 uitgewerkt voor spreiding en clustering. Bij clustering worden de windmolens in vijf clusters op land geplaatst. De bijna 1.800 windturbines creëren samen dus vijf windparken verdeeld over heel Nederland. Bij spreiding zijn ze verdeeld over 298 clusters van zes turbines.

Verder is voor de additionele 35 GW aan gascentrales in optie 1 extra ruimte nodig in industriegebied. De benodigde capaciteit aan systeembatterijen is in optie 1 aanzienlijk groter: 33 GW tegenover 27 GW in optie 2. Dit komt neer op zo'n 39 hectare extra benodigde ruimte in optie 1. Het vermogen aan elektrolyzers en waterstofopslag ligt relatief dicht bij elkaar: het verschil is ongeveer 1 GW tussen beide opties. Voor elektrolyzers is in optie 2 zo'n 3 hectare extra ruimte nodig ten opzichte van optie 1.

Tabel 2-26 - Structuurkeuze 7: Overzicht benodigde nieuwe infrastructuur

Component	Optie 1: Geen kernenergie	Optie 2: Kernenergie	Eenheid
Kerncentrales	0	8	GW
Windmolens	10	0	GW
Gascentrales	87	52	TWh/jaar
Elektrolyzers	18	19	GW
Systeembatterijen	33	27	GW
Waterstofopslag	15,3	14	GW
380kV-verbindingentracé	0	191	Km
Redispatch	0,4	0	TWh/jaar
380-150kV-stations	2	3	Aantal
HS/MS- en HS/TS-stations	70	66	M€/jaar
MS-kabels CAPEX	448	150	M€

## Financiële effecten

De kosten voor productie vormen het grootste deel van de directe kosten. Hiervoor zijn de kostprijzen doorgerekend voor de productietechnieken kernenergie, windenergie en gascentrales. Daarnaast zijn de verwachte kosten voor import en curtailment geschat.

De aannames onderliggend aan de energiekostprijzen staan beschreven in (Bijlage A). Er is hierbij gebruikgemaakt van kostprijnschatting op basis van zogenaamde gestandaardiseerde kostenmethodes ('levelised cost of electricity') waarbij diverse aannames gevarieerd zijn. Er is gekozen voor een hoge en een lage kernenergieprijs van respectievelijk 113 en 70 euro per MWh. Op deze manier komt de bandbreedte van de specifieke financieringsrisico's die kenmerkend zijn voor investeringen in nieuwe kerncentrales tot uitdrukking in de kostprijs van kernstroom. De overige energiekostprijzen zijn terug te vinden in (Bijlage A).

Binnen een MKBA worden de resultaten gepresenteerd in een contante waarde. De kosten en baten worden zoveel mogelijk verrekend met een discontovoet van 2,25%, conform de aanbevelingen van de Werkgroep Discontovoet (Ministerie van Financiën, 2020). Uitzondering op deze regel zijn investeringen met een verhoogd risicoprofiel. Dit leidt tot extra financierkosten en risico's op kostenoverschrijdingen, die zo goed mogelijk in de (onderliggende) kostenramingen tot uitdrukking moeten worden gebracht conform het advies van de werkgroep Discontovoet en algemene Leidraad MKBA. Kerncentrales, maar ook gascentrales op waterstof, kennen naar onze inschatting een dergelijk verhoogd risicoprofiel. In de Levelized Cost of Energy (LCOE) voor de verschillende energiedragers is hier rekening mee gehouden door de WACC te gebruiken die past bij het risicoprofiel van de investering. Voor het verdisconteren van de jaarlijkse kosten voor de energieproductie over een periode van 100 jaar is voor alle energiedragers gekozen voor de maatschappelijke discontovoet van 2,25%.

Naast de kosten voor energieproductie zullen er significante kosten worden gemaakt voor het gebruik van systeembatterijen. De kosten van systeembatterijen zijn gebaseerd op geschatte kosten in 2050 (Cole W., et al., 2021).

Een overzicht van alle directe kosten is te zien in Tabel 2-27. De scenario's A, B en C zijn in deze structuurkeuze als volgt gedefinieerd:

- A. hoge kernenergiekostprijs, lage overige energiekostprijzen;
- B. gemiddelde kernenergiekostprijs, gemiddelde overige energiekostprijzen;
- C. lage kernenergiekostprijs, hoge overige energiekostprijzen.

Tabel 2-27 - Structuurkeuze 7: Overzicht financiële kosten in miljarden euro's

	Optie 1: Geen kernenergie			Optie 2: Kernenergie		
	A	B	C	A	B	C
Energieproductie (+ import)	600	660	730	700	670	630
Systeembatterijen - CAPEX	61	61	61	51	51	51
Systeembatterijen - OPEX	19	19	19	16	16	16
380kV-tracé - CAPEX	0	0	0	3	3	3
380kV-tracé - OPEX	0	0	0	0	0	0
Redispatch	2	2	2	0	0	0
380-150kV-stations	0	0	0	0	0	0
Regionale netverzwaring	4	4	4	3	3	3
<b>Totaal</b>	<b>686</b>	<b>746</b>	<b>816</b>	<b>773</b>	<b>743</b>	<b>703</b>



In tegenstelling tot de andere structuurkeuzes wordt er in dit geval voor de kosten voor infrastructuur geen bandbreedte genomen. Hiervoor is gekozen om het aantal variabelen en daarmee de complexiteit van de scenario's te beperken en de nadruk te leggen op de kosten voor energieproductie. De kosten voor systeembatterijen zijn een relatief grote kostenpost waarvoor nog een hoop onzekerheid bestaan. In volgend tekstkader wordt daarom kort ingegaan op kosten voor systeembatterijen.

De toekomstige kosten voor systeembatterijen kennen nog een hoop onzekerheden. Voor een schatting van de kosten kan een optimistisch en een pessimistisch scenario voor 2050 worden gebruikt (Cole W., et al., 2021). Voor optie 1, geen kernenergie, vallen de geschatte, contante kosten over een looptijd van 100 jaar tussen de 42 en 119 miljard euro. Voor optie 2, kernenergie, zijn de geschatte kosten voor systeembatterijen 35 tot 99 miljard.

### Effecten op de omgeving

De schatting van de externe kosten als gevolg van windturbines is in lijn met de benadering in structuurkeuze 3. Zowel de externe kosten voor clustering als spreiding van windmolens zijn doorgerekend, waarna het gemiddelde van deze twee waarden is gehanteerd voor zowel scenario A, B als C. In tegenstelling tot structuurkeuze 3 is er dus niet voor een bandbreedte gekozen, wederom om de complexiteit van de scenario's in deze welvaartsanalyse te beperken. De gemiddelde externe kosten worden geschat op 5,8 miljard euro (contant over de gehele periode).

Tabel 2-28 laat een overzicht zien van nieuw, bovengronds hoogspanningstracé. Hier is wederom gekozen voor de gemiddelde waarde voor alle drie de scenario's om zo de complexiteit te beperken. Op basis van deze gegevens kan het totale woningwaarde- en dus welvaartsverlies worden geschat. De gemiddelde kosten voor optie 2 worden zo geschat op 34 miljoen euro (contant over de gehele periode). Een overzicht van alle externe kosten is opgenomen in Tabel 2-29.

### Externe kosten kernenergie

In lijn met de benadering van externe kosten voor hoogspanningskabels, windturbines en zonne-energie is literatuur beschikbaar die het effect van kerncentrales op woningwaardes onderzoekt. De uitkomsten van deze studies leiden niet tot een eenduidige conclusie. Zo worden er niet alleen negatieve effecten op de woningwaarden gevonden (Olsen S.M., Wolff H., 2013); (Davis L.W., 2011), maar ook positieve effecten als gevolg van de werkgelegenheid die een kerncentrale biedt (Bauer T., Braun S.T., Kvasnicka M., 2017). Daarnaast zijn er enkele studies die aantonen dat er geen effect bestaat of alleen een effect op korte termijn na een incident bij een (Zhu H., Deng Y., Zhu R., He X., 2016); (Tanaka S., Zabel J., 2018). Vanwege de uiteenlopende resultaten achten wij dit niet bruikbaar voor ons onderzoek. Bovendien zal het aantal *nieuwe* omwonenden nabij (binnen een straal van enkele kilometers) een kerncentrale beperkt zijn als de kerncentrales in Borssele en op de Maasvlakte worden neergezet. Voor een schatting van de externe kosten als gevolg van de nucleaire veiligheid kan daarnaast gebruik worden gemaakt van een kans-maal-effect methode. Het effect is de mogelijke schade van het kernongeval. De totale schade van de ramp in Fukushima wordt geschat op \$ 200 miljard (€ 180 miljard). Als we dit schalen naar het vermogen van de geplande kerncentrales in optie 2, kan de mogelijke schade in Nederland worden geschat op 200 miljard euro. Voor een inschatting van de kans op een dergelijk ongeval loopt de literatuur zeer uiteen, daarom hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de invloed van de geschatte kans duidelijk te maken.

Als startpunt nemen we een jaarlijkse kans van één op één miljoen dat een kernramp ontstaat met een totale schade van 200 miljoen euro. In dit geval zijn de totale externe kosten over een periode van 100 jaar ongeveer 8 miljoen euro. Verhogen we de kans naar 1 op 100.000 jaar wordt dit 82 miljoen euro, is de kans 1 op 10.000 jaar dan 824 miljoen euro. In Tabel 2-30, aan het eind van dit hoofdstuk, is te zien dat in scenario C (lage kernenergieprijzen) het verschil in kosten en baten ongeveer 120 miljard bedraagt in het voordeel van kernenergie. Dat betekent dat als de *verwachtingswaarde* van de kosten als gevolg van nucleaire veiligheid meer dan 120 miljard bedragen, de welvaartsanalyse positiever uitvalt voor de optie zonder kernenergie. Uit onze analyse blijkt dat dit omslagpunt ligt bij

een kans van ongeveer 1 op de 70 jaar. Kortom, als de kans op een nucleaire ongeluk groter is dan 1 op 70 jaar, dan is de verwachtingswaarde dermate groot dat optie 1 aantrekkelijker wordt.

(Martens B., 2014) doet een uitgebreide analyse naar de economische schade van een kernramp in het Belgische Doel. In de analyse wordt rekening gehouden met het feit dat Doel zich in een relatief zeer dichtbevolkt gebied bevindt, waardoor de potentiële schade hoger wordt geschat dan in Fukushima. Er wordt een basisscenario gedefinieerd waarin de geschatte kosten van een ramp 740 tot 1400 miljard euro bedragen. Als we uitgaan van een totale schade van 1100 miljard ligt het kantelpunt in onze gevoeligheidsanalyse bij een kans van 1 op 370 jaar. Deze kans ligt, net als de kans van 1 op 70 jaar, echter zoveel hoger dan waarop de nieuwe generatie kerncentrales wordt ontworpen, dat we concluderen dat de nucleaire veiligheid geen doorslaggevende rol heeft in deze welvaartsanalyse.

Tabel 2-28 - Structuurkeuze 7: Overzicht 380kV-tracé in km per gebiedstype\*

Type gebied	Optie 1: Geen kernenergie			Optie 2: Kernenergie		
	A	B	C	A	B	C
Landbouw	0	0	0	73	73	73
Bebouwing	0	0	0	3	3	3
Industrie	0	0	0	5	5	5
Recreatie	0	0	0	5	5	5

\* Het gaat hier om hoogspanningstracé dat tot hinder leidt. Oftewel, nieuw, bovengronds hoogspanningstracé dat niet naast een bestaande tracé wordt aangelegd. Wanneer een nieuw tracé parallel aan een bestaand tracé komt te liggen, hebben we aangenomen dat dit niet tot extra visuele hinder en dus welvaartsverlies leidt.

Bron: Pondera.

Tabel 2-29 - Structuurkeuze 7: Overzicht externe kosten in miljarden euro's

	Optie 1: Geen kernenergie			Optie 2: Kernenergie		
	A	B	C	A	B	C
Windmolens	5,8	5,8	5,8	0	0	0
Hoogspanningstracé	0	0	0	0,034	0,034	0,034
<b>Totaal</b>	<b>5,8</b>	<b>5,8</b>	<b>5,8</b>	<b>0,034</b>	<b>0,034</b>	<b>0,034</b>

De analyse in structuurkeuze 3 volgend en uitgaande van een gedeeltelijk verspreide wind op land is er sprake van een minder goede inpassing van opwek in optie 1. De welvaartseffecten, die kwalitatief zijn beoordeeld, vallen daarom negatiever uit voor optie 1, geen kernenergie. Dit is te zien in Tabel 2-30.

De effecten op natuur en biodiversiteit verschillen tussen beide opties als gevolg van de toepassing van veel wind op land in de optie zonder kernenergie. Hierbij ontstaat een grotere kans op effecten op ecologisch beschermde gebieden en soorten dan bij de lokale toepassing van kernenergie (inclusief de realisatie van nieuwe verbindingen in het elektriciteitsnet). Een uitgebreidere toelichting hiervan is terug te vinden in Bijlage VIII. In de welvaartsanalyse beoordelen we deze effecten, die in het nadeel van de optie zonder kernenergie uitvallen, kwalitatief. Dit is te zien in Tabel 2-30.

### Leveringszekerheid

Bij optie 2 van deze structuurkeuze vervangen kerncentrales piekcentrales en windmolens op land. Op momenten met veel wind is er altijd voldoende productiecapaciteit, dus zowel kerncentrales als windmolens op land zijn dan niet noodzakelijk voor voldoende leveringszekerheid. Echter, het gebruik van kerncentrales in plaats van piekcentrales kan wel effect hebben op de leveringszekerheid.

Toekomstige kerncentrales hebben een vermogen van ruim 1.600 MW en hebben daarmee een groter vermogen dan gascentrales. Dit betekent dat bij optie 2 een stuk meer vermogen wegvalt als een centrale

uitvalt. Huidige kerncentrales zijn gemiddeld gezien vaker gesloten voor geplande werkzaamheden dan piekcentrales, 54 dagen per jaar voor kerncentrales om 13 dagen per jaar voor piekcentrales (ENTSO-E, 2019). Maar het is onzeker of dit ook het geval is voor nieuwe kerncentrales. Er zit gemiddeld gezien geen verschil in onvoorziene sluiting tussen de twee type centrales (ENTSO-E, 2019).

Er ontstaan problemen met de leveringszekerheid als er onvoldoende piekcentrales beschikbaar zijn op momenten met veel elektriciteitsvraag en weinig productie van wind en zon. Ongeveer 30 tot 50 uur per jaar is het volledige vermogen aan regelbare centrales nodig en kunnen problemen ontstaan als een grote piekcentrale van 1 GW uitvalt en ongeveer 50 tot 100 uur per jaar kunnen problemen ontstaan als een grote kerncentrale van 1,6 GW uitvalt. Echter, in de praktijk zal het regelbare vermogen vermoedelijk niet precies gedimensioneerd worden op de piekvraag maar zal er meer zekerheid ingebouwd worden. Daarnaast zijn er ook andere manieren om het weggevallen vermogen op te vangen, zoals extra import vanuit andere landen, extra ontladen van batterijen of afschakelen van vraag.

In de praktijk zijn er bij beide opties naar verwachting geen grote problemen met de leveringszekerheid. Het risico lijkt iets groter bij kerncentrales aangezien een groter vermogen wegvalt en de huidige kerncentrales vaker gesloten zijn dan piekcentrales. Maar het is onzeker of dit ook geldt voor nieuwe kerncentrales. Daarom gaan we uit dat de leveringszekerheid niet significant differentieert tussen beide opties.

#### Voorzieningszekerheid

Op het gebied van voorzieningszekerheid is er bij kernenergie in de exploitatiefase een grotere afhankelijkheid van niet in Nederland aanwezig zijnde grondstoffen. Het gaat hierbij met name om uranium, waarvan de grootste reserves zich bevinden in Australië, Canada en Kazachstan. De concentratie van het uranium en de kosten waaronder dit gewonnen wordt, verschillen sterk. Uitgaande van de voorraad uranium in de lagere prijscategorie en het type dat in conventionele reactoren wordt gebruikt, is er op basis van het huidige wereldwijde vermogen aan kerncentrales voldoende uranium voor de komende 90 jaar (World Nuclear Association, 2022). De afhankelijkheid van het buitenland en de onzekerheid over prijsontwikkelingen op de lange termijn vallen op het gebied van voorzieningszekerheid in het nadeel uit voor kernenergie. Mogelijke innovatieve ontwikkeling zoals het gebruik van alternatieve grondstoffen als thorium zijn hier buiten beschouwing gelaten.

Daartegenover staat dat er bij kernenergie minder afhankelijkheid bestaat voor (duurzame) brandstof voor gascentrales. Alhoewel deze brandstoffen in theorie gedeeltelijk in Nederland geproduceerd kunnen gaan worden, is er nog geen zekerheid te bieden over de (mate van) beschikbaarheid hiervan en blijft men daarbij afhankelijk van import vanuit het buitenland. Al met al schatten we daarom in dat de voorzieningszekerheid voor kernenergie niet significant verschilt van de optie zonder kernenergie.

### 2.7.3 Uitkomsten

In Tabel 2-30 is het totaal aan kosten en baten te zien. Deze vallen in scenario A uit in het voordeel van optie 1, geen kernenergie, terwijl in het scenario C de voorkeur naar optie 2, kernenergie, zal uitgaan. Dit geeft aan hoezeer de ontwikkelingen in technologie en dus kostprijzen van met name technieken zoals het bouwen van kerncentrales en windparken de uitkomst voor optie 1 dan wel 2 bepalen. De ontwikkeling van de kostprijs van kernenergie zal in sterke mate afhankelijk zijn van het bouwen van nieuwe kerncentrales.

Bij toepassing van kernenergie kunnen externe kosten (en baten) optreden. Hiervan is sprake als bij het exploiteren van de kerncentrale negatieve effecten ontstaan die niet in de stroomprijs terecht komen, maar

wel een effect hebben op de omgeving. Voorbeelden kunnen zijn CO<sub>2</sub>-reductie<sup>10</sup>, leverings- en voorzieningszekerheid, nucleaire veiligheid, en berging van het kernafval. Wij constateren dat een groot deel van deze kosten opgenomen zijn in de directe kosten (en dus onderdeel maken van de stroomprijs van een kerncentrale). Een voorbeeld hiervan zijn de kosten voor de *tijdelijke berging* van nucleair afval die volledig in rekening worden gebracht bij klanten van de COVRA, zoals producenten van nucleaire geneesmiddelen en kerncentrales. Voor de eindberging is een voorziening opgenomen voor de toekomstige kosten van zowel het onderzoek naar als de realisatie van de eindberging. Aangezien er nog geen definitieve oplossing is voor de finale berging bestaat er een risico dat deze bijdragen van de afvalproducenten onvoldoende is. In Tabel 2-30 is deze onzekerheid daarom kwalitatief beoordeeld. Ook de kosten van nucleaire ongevallen voor zowel werknemers als voor de leef- en woonomgeving van het exploiteren van nieuwe kerncentrales zijn naar verwachting gering, indien een *kans-maal-effect*-benadering wordt gevolgd en deze kosten per kWh worden 'omgeslagen'. Vanwege publieke perceptie die sterk bepalend is voor welvaartseffecten en het feit dat er geen geaccepteerde methode is voor financiële risicowaardering<sup>11</sup>, hebben wij uiteindelijk ervoor gekozen om deze nucleaire risico's niet monetair te kwantificeren. Wel voeren we een kantelpuntanalyse uit, waarbij de kans op een ongeval wordt vastgesteld waarbij kosten van optie 1 gelijk zijn aan optie 2.

Tabel 2-30 - Structuurkeuze 7: Overzicht kosten en baten in miljarden euro's

		Optie 1: Geen kernenergie			Optie 2: Kernenergie		
		A	B	C	A	B	C
<b>Financieel</b>	Energieproductie (+ import)	-600	-660	-730	-700	-670	-630
	Energieopslag	-80	-80	-80	-67	-67	-67
	Elektriciteitsinfra	-5	-5	-5	-6	-6	-6
		-686	-746	-816	-773	-743	-703
<b>Maatschappelijk</b>	Energieproductie (+ import)	-6	-6	-6			
	Recreatie	-	-	-			
	Nucleaire veiligheid <sup>12</sup>				--	--	--
	Energieopslag	Geen effect					
	Tijdelijke berging nucleair afval				Meegenomen in kosten energieproductie		
	Eindberging nucleair afval				--	--	--
	Elektriciteitsinfra				-0,03	-0,03	-0,03
		-6	-6	-6	-0,03	-0,03	-0,03
<b>Saldo</b>	<b>-692</b>	<b>-752</b>	<b>-822</b>	<b>-773</b>	<b>-743</b>	<b>-703</b>	
	Natuur en biodiversiteit	-	-	-			
	Leveringszekerheid	Differentieert niet					
	Voorzieningszekerheid	Differentieert niet					

<sup>10</sup> Omdat deze niet differentieert tussen optie 1 en 2, is het klimaateffect buiten beschouwing gelaten.

<sup>11</sup> Willingness to pay- of accept-waarden worden ofwel bepaald door mensen direct hiernaar te vragen (verklaarde voorkeur) ofwel door daadwerkelijke waarden af te leiden uit marktgegevens (gebleken voorkeur). Een voorbeeld van dit laatste zijn lagere huisprijzen rond kerncentrales; hieruit kan dus een 'gebleken acceptatiebereidheid' voor nucleaire veiligheid worden afgeleid. Daarbij moet opgemerkt worden dat een deel van de risicoaansprakelijkheid tot een gemaximeerd bedrag verzekerd is en dus onderdeel uitmaakt van directe kosten.

<sup>12</sup> Externe kosten zijn niet kwantitatief te bepalen. Een literatuurstudie naar de woningwaardedalingen rondom kerncentrales levert geen eenduidige conclusie op. De gevoeligheidsanalyse in Paragraaf 2.7.2 is bedoeld om een beeld te schetsen van de impact van nucleaire veiligheid op de uitkomst van deze welvaartsanalyse.

### Gevoeligheidsanalyse vollasturen windmolens

Voor de inschatting van de kosten voor energieproductie is in dit hoofdstuk uitgegaan van 2.300 vollasturen voor wind op land en 3.700 voor wind op zee. Er kan beargumenteerd worden dat dit een conservatieve inschatting is. Volgens de Nederlandse Vereniging Duurzame Energie (NVDE) en de Nederlandse Windenergie Associatie (NWEA) ligt het gemiddeld aantal vollasturen voor wind op land in 2050 op 3.900 en voor wind op zee op 4.900. Meer vollasturen betekent meer productie met hetzelfde aantal windmolens en dus minder inzet van gascentrales. Dit is in het voordeel van optie 1 (geen kernenergie). Om te kijken wat de invloed hiervan is op de uitkomsten van de welvaartsanalyse, hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met deze hogere aantallen vollasturen.

Tabel 2-31 toont de samengevatte uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse. De kosten voor energieproductie vallen in optie 1, geen kernenergie, aanzienlijk lager uit (14 tot 15% lager dan de referentie, zichtbaar in Tabel 2-30). Ook voor optie 2, kernenergie, vallen de kosten lager uit (9 tot 11% lager dan de referentie). De financiële kosten voor energieproductie vallen in scenario A en B nu duidelijk lager uit voor optie 1 dan voor optie 2. Aangezien de kosten voor energieproductie het voornaamste deel van de kosten in de welvaartsanalyse omvatten, valt de welvaartsanalyse in scenario A en B voordeliger uit voor optie 1. In alle scenario's (A, B en C) zijn de verschillen tussen optie 1 en optie 2 groter geworden. Vooral in scenario B is het effect duidelijk zichtbaar omdat de uitkomsten in de referentie relatief dichtbij elkaar lagen.

Tabel 2-31 - Uitkomsten gevoeligheidsanalyse vollasturen windmolens

		Optie 1: Geen kernenergie			Optie 2: Kernenergie		
		A	B	C	A	B	C
<b>Financieel</b>	Energieproductie (+ import)	-510	-560	-630	-640	-610	-560
	Energieopslag	-80	-80	-80	-67	-67	-67
	Elektriciteitsinfra	-5	-5	-5	-6	-6	-6
		-595	-650	-760	-713	-683	-633
<b>Maatschappelijk</b>		-6	-6	-6	-0,03	-0,03	-0,03
	<b>Saldo</b>	<b>-601</b>	<b>-656</b>	<b>-766</b>	<b>-713</b>	<b>-683</b>	<b>-633</b>

#### 2.7.4 Conclusie

De resultaten in Tabel 2-30 tonen aan dat er geen eenduidige conclusie bestaat over de uitkomst van deze welvaartsanalyse. De relatief brede bandbreedte is een reflectie van de grote onzekerheden die bestaan over de energieprijzen in de toekomst. In scenario A (hoge kernenergiekostprijzen, lage andere energiekostprijzen) vallen de kosten voor optie 1, geen kernenergie, lager uit dan voor optie 2, kernenergie. In scenario C (lage kernenergiekostprijzen, hoge andere energiekostprijzen) gaat de voorkeur echter uit naar kernenergie. Onder gemiddelde prijzen in scenario B vallen de kosten ongeveer even hoog uit. De onzekerheid in de ontwikkelingen van de energieprijzen brengt risico's met zich mee. Zo zal het voor kernenergie bij een afnemende energievraag lastiger worden om rendabel te blijven. Een kerncentrale draait immers altijd omdat deze CAPEX intensief is. Hierdoor zullen kerncentrales bij een afnemende energievraag vaker draaien wanneer dit niet nodig is. Bij gascentrales speelt dat probleem niet aangezien die alleen aan staan wanneer het nodig is.

Onze inschatting is dat er vanuit een investeringsoogpunt meer financiële risico's bestaan wanneer wordt gekozen voor kernenergie dan wanneer de keuze valt op optie 1. De overheid moet er daarom op inzetten om deze financiële risico's te beperken en te 'de-risken' op kernenergie wanneer hiervoor wordt gekozen. Vanuit een maatschappelijk kostenperspectief zijn de kosten voor het dragen van deze financiële risico's echter onderdeel van het kostenbegrip.

In de studie van (Witteveen+Bos, eRisk Group, HCSS & Zero, R., 2022) is de aanname gedaan dat het binnen de huidige situatie met noodzaak van een zekere overheidsdeelname een WACC van 3,8% (laag) en 7,0% (hoog) aannemelijk is en niet van 9,0% ('merchant-led'). De analyse van Witteveen+Bos is gericht op een verkenning van de integrale kosten in de toekomstige energievoorziening van 2040 en 2050 (gedefinieerd als levelised cost of electricity) onder verschillende financieringsregimes van de overheid. In onze studie zijn de energiekosten gebaseerd op een WACC van 6 tot 9%, maar wordt er gekeken naar de welvaartseffecten voor Nederland als geheel.

Het bouwen en exploiteren van kerncentrales kent ook onverzekerde risico's: kosten van productie voor derden die zich niet in de prijs uiten. De externe kosten voor de nucleaire veiligheid zijn in kaart gebracht door een gevoeligheidsanalyse uit te voeren. In deze analyse is op basis van een kans-maal-effect-methode aangetoond dat het kantelpunt ligt tussen een kans op een kernongeval van 1 op de 70 jaar en een kans van 1 op de 370 jaar. Wordt de kans groter dan deze waarde, dan vallen de kosten voor kernenergie hoger uit dan de optie zonder kernenergie. Deze kans is echter zoveel hoger dan de voorwaarden waaronder de laatste generatie kerncentrales wordt gebouwd, dat we concluderen dat de nucleaire veiligheid geen doorslaggevende rol heeft in deze welvaartsanalyse.

Het is belangrijk om te benadrukken dat voor nucleaire veiligheid in Tabel 2-27 dan wel een kwalitatieve beoordeling is gegeven, maar dat hierbij niet voorbij moet worden gegaan aan de impact. De kans op een ongeval is klein, maar de schaal van de schade enorm. Voor de eindberging van nucleair afval geldt ook dat de mogelijke impact erg groot kan zijn, terwijl dit slechts kwalitatief is meegenomen. Wanneer er voor kernenergie wordt gekozen is dit een belangrijk aandachtspunt dat vroeg geadresseerd moet worden om tot een duurzame oplossing te komen.

Bij toepassing van kernenergie is op lokaal niveau iets minder energie-infrastructuur nodig, maar bij toepassing van kernenergie in Borssele en Rotterdam (in deze hoeveelheden) zijn forse uitbreidingen van het hoogspanningsnet nodig. Daarom vallen de kosten voor nieuwe energie-infrastructuur iets hoger uit voor optie 2, met kernenergie. De kosten voor energieopslag vallen daarentegen weer iets lager uit voor optie 2. Het verschil in contante kosten over een periode van 100 jaar bedraagt ongeveer 13 miljard euro voor systeembatterijen. Beide kostenposten staan niet in verhouding tot de kosten voor energieproductie

Tenslotte moet er benadrukt worden dat er in de technische uitwerking maar naar één mogelijk scenario voor toepassing van kernenergie is gekeken en dat dit wordt vergeleken met één specifiek scenario zonder kernenergie. Alhoewel men hieruit dus eigenlijk geen algemene conclusie kan trekken over kernenergie, geeft het wel goed inzicht in de afhankelijkheden met betrekking tot deze keuze.

## 2.8 Structuurkeuze 8: Productie synthetische brandstoffen

### 2.8.1 Inleiding

#### Projecteffecten

Voor optie 1, binnenlandse productie van synthetische brandstoffen, is de benodigde infrastructuur aanzienlijk groter dan voor optie 2, import van synthetische brandstoffen. Het gaat hierbij om de aanleg van fabrieken, elektrolyzers, systeembatterijen, Direct Air Capture (DAC)-installaties, waterstofopslag en piekcentrales. Extra import- en exportterminals voor kerosine en scheepsbunkers zijn voor beide opties nodig. Tabel 2-32 toont een overzicht van alle benodigde infrastructuur.

Tabel 2-32 - Structuurkeuze 8: Overzicht benodigde infrastructuur

Component	Optie 1: Synthetische brandstoffen - binnenlandse productie		Optie 2: Synthetische brandstoffen - import		Eenheid	Categorie
	Laag	Hoog	Laag	Hoog		
Importterminal kerosine	125	125	170	170	PJ/jaar	Overige infra
Importterminal scheepsbunkers	400	400	543	543	PJ/jaar	Overige infra
Exportterminal kerosine	23	23			PJ/jaar	Overige infra
Exportterminal scheepsbunkers	72	72			PJ/jaar	Overige infra
Elektrolyzers	19	19			GW	Productie
Systeembatterijen	1	1			GW	Opslag
Opslag waterstof	61	61			PJ	Opslag
Piekcentrales	1	1			GW	Productie
Synfuels	188	188			PJ/jaar	Productie
Direct Air Capture (DAC)	47	47			PJ/jaar	Productie

### Financiële effecten

In Tabel 2-33 is een overzicht te zien van de kosten per categorie, waarbij de kosten voor productie en opslag het hoogst uitvallen. Voor waterstofopslag is uitgegaan van de kosten voor opslag in zoutcavernes (Strategy, 2021). Door de grote benodigde hoeveelheid waterstofopslag, vallen zijn de geschatte kosten voor systeembatterijen aanzienlijk lager uit (Cole W., et al., 2021). Voor kosten van Direct Air Capture (DAC) en de fabrieken voor de productie van synthetische brandstoffen is gebruikgemaakt van ramingen voor 2050 (Frontier Economics Ltd. and Agora Verkehrswende, 2018). Hierbij moet worden opgemerkt dat beide technieken nog niet (op grote schaal) worden toegepast en dat er nog grote onzekerheden bestaan voor de toekomst. Voor de kosten van een fabriek voor synthetische brandstoffen is een pessimistisch en een optimistisch scenario beschikbaar die is gebruikt in respectievelijk het lage en het hoge scenario. Voor optie 2, de import van synthetische brandstoffen, zitten de voornaamste kosten in de extra capaciteit voor importterminals. De grootste kostenpost voor deze terminals zijn de opslagtanks (ISPT, 2019).

Tabel 2-33 - Structuurkeuze 8: Overzicht financiële kosten in miljarden euro's

	Optie 1: Synthetische brandstoffen - binnenlandse productie		Optie 2: Synthetische brandstoffen - import	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Productie	67	74	0	0
Opslag	36	38	0	0
Overige infra	1	1	1	1
<b>Totaal</b>	<b>103</b>	<b>113</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

### Effecten op de omgeving

De ruimtelijke impact in deze structuurkeuze differentieert niet tot nauwelijks tussen de opties. De nieuwe infrastructuur zal voornamelijk worden gerealiseerd in haven- of industriegebied, waarbij deels bestaande infrastructuur wordt omgebouwd. Om deze twee redenen is het effect op omwonenden beperkt. Daarnaast zullen buisleidingen ondergronds worden aangelegd of omgebouwd, waardoor ook hier geen significante externe kosten voor gelden. De additionele wind op zee valt buiten de scope van dit project en wordt dus niet meegenomen in de analyse.

In deze structuurkeuze differentiëren de effecten op natuur en biodiversiteit niet tussen de opties en dus worden deze niet meegenomen.

### Indirecte effecten

De realisatie van fabrieken voor de productie van synthetische brandstoffen kan leiden tot extra directe, structurele werkgelegenheid. Voor de schatting van de additionele werkgelegenheid hebben we gebruik gemaakt van een intern model van CE Delft. Hierbij hebben we de aanname gemaakt dat een fabriek voor synthetische brandstoffen soortgelijke eigenschappen heeft als een elektrolyser. Aangezien we de werkgelegenheid in een MKBA niet één op één als welvaartseffecten kunnen zien, nemen we alleen de additionele werkgelegenheid in fte mee in de resultaten. Het model toont aan dat de realisatie van één of meerdere fabrieken voor synthetische brandstoffen kan leiden tot zo'n 2.100 tot 5.700 fte aan additionele werkgelegenheid in 2050. Uitgaande van de benodigde 188 PJ per jaar, komt dit neer op gemiddeld 20 fte per PJ. Dit ligt in lijn met de 20 tot 80 fte per PJ die voor de productie van biobrandstoffen worden gevonden (TNO Energy Transition, 2020).

### Leveringszekerheid

Op het gebied van leveringszekerheid van synthetische brandstof scoort optie 1, binnenlandse productie, iets beter dan optie 2, al blijft de importafhankelijkheid erg groot. De binnenlandse productie van synthetische brandstoffen is slechts een klein gedeelte van de totale vraag. Van de 170 PJ/j kerosinevraag kan maximaal 45 PJ/j (26%) lokaal geproduceerd worden, voor scheepsbunkers is dit 143 van de 543 PJ/j (26%).

Ook in het scenario met zoveel mogelijk lokale productie komt dus nog 74% uit import. De leveringszekerheid van import moet gegarandeerd worden door diversiteit van bronnen en voldoende langetermijncontracten. Desalniettemin kan het vanuit zelfvoorzienend oogpunt absoluut als voordeel worden gezien om productie in eigen land te hebben, zijnde het van beperkte omvang.

De binnenlandse productie kan aan de andere kant 10-20% per jaar variëren als gevolg van de weersafhankelijke opwek. Deze variatie bedraagt omgerekend zo'n 2-5% van de totale vraag en is dus relatief gering. Het tekort aan brandstof zal meestal aangevuld kunnen worden met extra import, waardoor weersomstandigheden nauwelijks invloed hebben op de leveringszekerheid.

De leveringszekerheid van waterstof en elektriciteit verschilt nauwelijks tussen beide opties. De consumptie van zowel waterstof als elektriciteit neemt toe om de brandstoffabriek te voorzien, maar daar wordt een even grote hoeveelheid wind op zee, elektrolyzers, batterijen en piekcentrales tegenover gezet. In het uiterste geval kan de productie van brandstof tijdelijk worden stilgelegd en kan de waterstof en elektriciteit elders in het systeem gebruikt worden.

### Voorzieningszekerheid

De voorzieningszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.



## 2.8.2 Uitkomsten

In Tabel 2-34 is het totaal aan kosten en baten te zien. Te zien is dat zowel in het lage als in het hoge scenario het financiële plaatje in het voordeel is van optie 2. Daartegenover staan echter de gecreëerde werkgelegenheid en de leveringszekerheid die positiever uitvallen voor optie 1.

Tabel 2-34 - Structuurkeuze 8: Overzicht kosten en baten in miljarden euro's

		Optie 1: Synthetische brandstoffen - binnenlandse productie		Optie 2: Synthetische brandstoffen - import	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	-67	-74		
	Opslag	-36	-38		
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Overige infra	-1	-1	-1	-1
		-103	-113	-1	-1
<b>Maatschappelijk</b>	Productie (+ import)	+ 2.100 fte	+ 5.700 fte		
	Opslag	<i>Geen effect</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
	<b>Saldo</b>	<b>-103</b>	<b>-113</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>
	Natuur en biodiversiteit	<i>Differentieert niet</i>			
	Leveringszekerheid	+	+		

## 2.8.3 Conclusie

De uitkomsten van deze welvaartsanalyse, te zien in Tabel 2-34, zijn niet eenvoudig te leiden naar grote conclusies. Wel zijn er zowel directe als externe kosten die verschillen tussen beide opties. In optie 1 zijn er investeringskosten en operationele kosten voor de productie van synthetische kerosine en scheepsbunkers die in optie 2 logischerwijs niet worden gemaakt. Daartegenover staat de structurele, directe werkgelegenheid van ruim 2.100 tot wel 5.700 fte die kan ontstaan tijdens de operationele fase van de fabrieken voor synthetische brandstof.

Afhankelijk van het feit of de fabriek in Nederlandse handen komt te liggen of niet, kan de exploitatie daarnaast leiden tot een surplus voor de aandeelhouders die als positief welvaartseffect gerekend kan worden. Alhoewel bij de productie van synthetische brandstoffen in eigen land nog steeds 75% wordt geïmporteerd, kan de eigen productie bovendien leiden tot lagere prijzen voor kerosine en scheepsbunkers. Daartegenover staat in optie 1 wel de additionele capaciteit van wind op zee die nodig is voor de productie. De directe en externe kosten als gevolg hiervan vallen echter buiten de scope van deze studie.

## 2.9 Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

### 2.9.1 Inleiding

Deze structuurkeuze heeft betrekking op de doorvoer van grondstoffen naar het buitenland. Het gaat hierbij om waterstof, ammoniak, methanol, kerosine, lpg, propeen en CO<sub>2</sub>. De volgende twee opties<sup>13</sup> worden met elkaar vergeleken:

- doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant;
- doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant.

In beide opties wordt import van hernieuwbare brandstoffen voor doorvoer naar het buitenland en import van buitenlandse CO<sub>2</sub> voor opslag onder de Noordzee gefaciliteerd. Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage 0).

In deze structuurkeuze komt optie 2 grotendeels overeen met de plannen voor de Delta Corridor. Ten opzichte van de Delta Corridor is er in onze analyse echter geen aftakking naar België voor een buisleiding met circulaire grondstofstromen opgenomen. Daartegenover staan wel extra buisleidingen voor export van methanol en kerosine naar Duitsland en een importleiding van CO<sub>2</sub> vanuit België. Deze twee leidingen zijn geen onderdeel van de Delta Corridor. In optie 1 wordt het transport van grondstoffen gedaan met bestaande - of reeds geplande te ontwikkelen – infrastructuur en over bestaande modaliteiten (vooral via binnenvaart en treintransport).

### 2.9.2 Uitgangspunten

#### Projecteffecten

Het voornaamste projecteffect in deze structuurkeuze ontstaat door de aanleg van negen nieuwe buisleidingen in optie 2. Een overzicht van de nieuwe leidingen is te zien in Tabel 2-35. In optie 1 is het uitgangspunt dat de stoffen vooral via binnenvaartschepen en per trein zullen worden vervoerd.

Naast buisleidingen is er in beide opties ruimte nodig voor importterminals – bestaande uit kades, opslag-tanks en pompstations. Voor CO<sub>2</sub> is een exportterminal nodig, die bestaat uit een compressorstation en een verbinding met een exportpijpleiding. Verder is er bijvoorbeeld een grootschalige ammoniakkraker nodig om geïmporteerd ammoniak om te kunnen zetten in waterstof. Omdat de importvolumes in beide opties gelijk zijn, nemen we aan dat de infrastructuur voor opslag en overslag niet differentieert tussen beide alternatieven en dus zal dit niet worden meegenomen in de analyse.

<sup>13</sup> In de oorspronkelijke structuurkeuze zijn de opties als volgt gedefinieerd: (1) Alleen import/export voor Nederlands belang (waarbij wordt bedoeld op grondstoffen die nodig zijn voor de binnenlandse productie); en (2) Extra import/export voor doorvoer van/naar buitenland (waarbij het gaat om import van hernieuwbare brandstoffen voor doorvoer naar het buitenland en import van buitenlandse CO<sub>2</sub> voor opslag onder de Noordzee). Om in de welvaartsanalyse een eerlijke vergelijking te kunnen maken tussen beide opties, is het transportvolume in optie 1 gelijkgesteld aan dat in optie 2. Oftewel, er vindt in optie 1 ook import en export plaats voor buitenlands belang, maar dit gebeurt zonder de aanleg van buisleidingen zoals in optie 2.

Tabel 2-35 - Structuurkeuze 9: Overzicht benodigde nieuwe buisleidingen

Molecuul	Van	Naar	Diameter	Capaciteit (kton/jaar)	Lengte (km)	Inbedrijfname	Delta Corridor
Waterstof	Rotterdam	Chemelot	36"	2.000	249	<2030	Ja
		Duitsland	36"	2.000	260	2040	Ja
Ammoniak	Rotterdam	Duitsland	N.t.b.	>970	260	<2030	Ja
Methanol			N.t.b.	>660	260	<2030	Nee
Kerosine			16"	3.500	260	>2030	Nee
Lpg			12"	2.900	260	<2030	Ja
Propeen			12"	1.500	260	<2030	Ja
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	24"	15.000 (dense phase)	249	<2030	Ja
	Antwerpen	Rotterdam	N.t.b.	>9.500	80	<2030	Nee

### Financiële effecten

In Tabel 2-36 is een overzicht te zien van de investeringskosten (CAPEX) en de operationele kosten (OPEX) voor de buisleidingen. Het gaat hierbij alleen om de kosten voor het deel van de buisleidingen dat in Nederland moet worden aangelegd. De PEH studie richt zich immers op ruimtelijke reserveringen in Nederland.

Een deel van de kosten is gebaseerd op voorlopige resultaten van de MKBA Delta Corridor, uitgevoerd door (Ecorys, 2022). We zijn hierbij uitgegaan van de kosteninschatting waarbij de buizen gezamenlijk worden aangelegd. Wanneer de buizen gezamenlijk worden aangelegd, levert dit schaalvoordelen op en kan dit kostenefficiënter worden gedaan. Het gevolg hiervan is dat de kosten voor de aanleg per buisleiding lager uitvallen dan wanneer de leidingen afzonderlijk zouden worden aangelegd. Voor de kosten van ammoniak-, methanol- en kerosineleidingen hebben we gebruikgemaakt van de haalbaarheidsstudie voor buisleidingen tussen de haven van Rotterdam, Chemelot en Noord-Rijn Westfalen (BCI, 2021).

In deze welvaartsanalyse maken we onderscheid tussen twee scenario's: scenario A en scenario B. In scenario A (optimistisch) vallen de kosten laag en de baten hoog uit voor optie 2, doorvoer met Delta Corridor-variant. In scenario B (pessimistisch) hebben we gerekend met hoge kosten en lage baten voor optie 2.

Tabel 2-36 - Overzicht financiële kosten buisleidingen in miljoenen euro's

Molecuul	Van	Naar	Kosten	Optie 1: Doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant		Optie 2: Doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant		Bron
				A	B	A	B	
				Waterstof	Rotterdam	Chemelot/ Duitsland	CAPEX	
Ammoniak	Rotterdam	Duitsland	OPEX	0	0	839	839	(Ecorys, 2022)
			CAPEX	0	0	378	810	(BCI, 2021),
Methanol	Rotterdam	Duitsland	OPEX	0	0	189	405	CE Delft, eigen berekeningen
			CAPEX	0	0	118	254	
Kerosine	Rotterdam	Duitsland	OPEX	0	0	59	127	
			CAPEX	0	0	219	470	
Lpg	Rotterdam	Duitsland	OPEX	0	0	110	235	
			CAPEX	0	0	339	339	(Ecorys, 2022)
Propeen	Rotterdam	Duitsland	OPEX	0	0	169	169	(Ecorys, 2022)
			CAPEX	0	0	339	339	(Ecorys, 2022)
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	OPEX	0	0	168	168	(Ecorys, 2022)
			CAPEX	0	0	1.214	1.214	(Ecorys, 2022)
			OPEX	0	0	640	640	(Ecorys, 2022)

Molecuul	Van	Naar	Kosten	Optie 1: Doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant		Optie 2: Doorvoer grondstoffen met Delta Corridor- variant		Bron
				A	B	A	B	
CO <sub>2</sub>	Antwerpen	Rotterdam	CAPEX	0	0	390	390	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
			OPEX	0	0	206	206	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
<b>Totaal</b>				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7.569</b>	<b>8.335</b>	

Om de volumes grondstoffen te kunnen doorvoeren, zijn er ook in optie 1 infrastructurele investeringen nodig voor scheepvaart en treintransport. Deze kosten vallen in deze analyse onder de (voor optie 2) vermeden kosten in de vorm van kapitaalvergoedingen voor het gebruik van de transportmiddelen (CAPEX-vergoeding). Een overzicht hiervan is te zien in Tabel 2-37.

Tabel 2-37 - Overzicht vermeden kosten (optie 2 t.o.v. optie 1) in miljoenen euro's

Molecuul	Van	Naar	Optie 1: Doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant		Optie 2: Doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant		Bron
			A	B	A	B	
Waterstof	Rotterdam	Chemelot/ Duitsland	0	0	-2	-2	(Ecorys, 2022)
Ammoniak	Rotterdam	Duitsland	0	0	-10	-1	CE Delft, eigen berekeningen
Methanol	Rotterdam	Duitsland	0	0	-15	-5	CE Delft, eigen berekeningen
Kerosine	Rotterdam	Duitsland	0	0	-51	-17	CE Delft, eigen berekeningen
Lpg	Rotterdam	Duitsland	0	0	-77	-77	(Ecorys, 2022)
Propeen	Rotterdam	Duitsland	0	0	-18	-18	(Ecorys, 2022)
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	0	0	-112	-112	(Ecorys, 2022)
CO <sub>2</sub>	Antwerpen	Rotterdam	0	0	-36	-36	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
<b>Totaal</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-320</b>	<b>-268</b>	

Transport via buisleidingen is doorgaans goedkoper dan transport via binnenvaart of per treinvervoer. Daarom bestaat er met het oog op transportkosten een financieel voordeel voor optie 2. Zoals eerder aangegeven zijn de transportvolumes voor beide opties genormaliseerd; we hebben aangenomen dat de getransporteerde hoeveelheid grondstoffen in optie 1 gelijk is aan optie 2. Hierbij wordt de aanname gemaakt dat er in optie 1 altijd aan de extra transportvraag voldaan kan worden, door voornamelijk gebruik van binnenvaart en treintransport.

Het is echter niet voor alle grondstoffen even aannemelijk dat dezelfde hoeveelheid getransporteerd kan worden via binnenvaart of trein. Voor CO<sub>2</sub> is het bijvoorbeeld in theorie mogelijk om deze volumes per binnenvaartschip te transporteren, maar het volume lijkt te groot om binnen de huidige capaciteit uit te voeren. Daarom is in paragraaf 2.9.3 een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij er in optie 1 een buisleiding tussen Antwerpen en Rotterdam wordt aangelegd. Op deze manier kan CO<sub>2</sub> via – nog aan te leggen – buisleidingen in België naar Rotterdam worden vervoerd. Voor de overige brandstoffen zouden ook

gevoeligheidsanalyses kunnen worden uitgevoerd, omdat hiervoor gelijkaardige overwegingen een rol spelen en een buisleiding via Antwerpen een mogelijk alternatief zou kunnen bieden. De gevoeligheidsanalyses voor deze varianten vallen echter buiten de scope van dit onderzoek. Voor waterstof is dit minder relevant, omdat het transport hiervan mogelijk met de waterstofbackbone kan worden opgevangen.

Een overzicht van het verschil in transportkosten is gegeven in Tabel 2-38. Hierbij zijn de transportkosten afgezet tegen de kosten in optie 1. Het is te zien dat de geschatte transportkosten in optie 2 bijna 6 miljard euro lager uitvallen dan optie 1.

Tabel 2-38 - Overzicht verschil transportkosten (optie 2 t.o.v. optie 1) in miljoenen euro's

Molecuul	Van	Naar	Optie 1: Doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant		Optie 2: Doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant		Bron
			A	B	A	B	
Waterstof	Rotterdam	Chemelot/ Duitsland	0	0	-2.780	-2.780	(Ecorys, 2022)
Ammoniak	Rotterdam	Duitsland	0	0	-31	-31	CE Delft, eigen berekeningen
Methanol	Rotterdam	Duitsland	0	0	-16	-5	CE Delft, eigen berekeningen
Kerosine	Rotterdam	Duitsland	0	0	-54	-18	CE Delft, eigen berekeningen
Lpg	Rotterdam	Duitsland	0	0	-82	-82	(Ecorys, 2022)
Propeen	Rotterdam	Duitsland	0	0	-18	-18	(Ecorys, 2022)
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	0	0	-2.246	-2.246	(Ecorys, 2022)
CO <sub>2</sub>	Antwerpen	Rotterdam	0	0	-722	-722	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
<b>Totaal</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5.948</b>	<b>-5.902</b>	

### Indirecte effecten

Als gevolg van de aanleg van buisleidingen kan er beargumenteerd worden dat de concurrentiepositie van bedrijven in de industriële clusters nabij deze leidingen - zoals Moerdijk en Chemelot - verbetert. De bedrijven hebben op deze manier immers een betere toegang tot (duurzame) grondstoffen en beschikken over meer en goedkopere mogelijkheden om hun productieproces CO<sub>2</sub>-neutraler vorm te geven. Dit kan grote bedrijven stimuleren in Nederland gevestigd te blijven, of juist bedrijven aantrekken die nog niet in Nederland gevestigd zijn.

Deze indirecte effecten kunnen in een MKBA worden opgenomen, maar dit moet - gezien de hoge mate van onzekerheid - op voorzichtige wijze worden gedaan. Daarom nemen we, conform de Algemene Leidraad MKBA, een bandbreedte van 0 tot 30% van het verschil in transportkosten als inschatting van de indirecte baten. Dit komt uit op een concurrentievoordeel van 0 tot maximaal 1,7 miljard euro. Aangezien wij in dit onderzoek niet aannemelijk hebben kunnen maken dat deze indirecte baten ook daadwerkelijk optreden, is onze verwachting dat deze eerde bij 0 zullen liggen.

### Effecten op de omgeving

In de MKBA Delta Corridor, uitgevoerd door Ecorys, zijn de externe effecten van de buisleidingen beoordeeld ten opzichte van de referentie. Onder de beoordeelde effecten vallen broeikasgassen (CO<sub>2</sub>), luchtkwaliteit (NO<sub>x</sub>, PM, SO), verkeersveiligheid, geluid, habitatverlies en externe veiligheid. Uit de voorlopige resultaten van de MKBA Delta Corridor blijkt dat vermeden broeikasgassen en verbeterde luchtkwaliteit door het vermijden van binnenvaart verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de externe kosten.

Voor de buisleidingen waarvoor in de MKBA Delta Corridor geen inschatting is gemaakt van externe effecten, is – gebruikmakend van een bandbreedte en op basis van de beschikbare gegevens - een eigen inschatting gemaakt van de kosten.

De externe effecten wat betreft visuele hinder zijn in deze structuurkeuze beperkt. De buisleidingen worden ondergronds aangelegd en zullen dus beperkte visuele hinder veroorzaken. Daarnaast zullen (in beide opties) de terminals in haven- of industriegebied geplaatst worden waardoor de externe effecten beperkt zijn.

Tabel 2-39 – Verschil externe kosten (broeikasgassen, luchtkwaliteit, verkeersveiligheid, geluid, habitatverlies en externe veiligheid), optie 2 t.o.v. optie 1

Molecuul	Van	Naar	Optie 1: Doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant		Optie 2: Doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant		Bron
			A	B	A	B	
Waterstof	Rotterdam	Chemelot/ Duitsland	0	0	-34	-34	(Ecorys, 2022)
Ammoniak	Rotterdam	Duitsland	0	0	-157	-14	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
Methanol	Rotterdam	Duitsland	0	0	-107	-10	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
Kerosine	Rotterdam	Duitsland	0	0	-371	-34	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
Lpg	Rotterdam	Duitsland	0	0	-153	-153	(Ecorys, 2022)
Propeen	Rotterdam	Duitsland	0	0	-226	-226	(Ecorys, 2022)
CO <sub>2</sub>	Chemelot	Rotterdam	0	0	-527	-527	(Ecorys, 2022)
CO <sub>2</sub>	Antwerpen	Rotterdam	0	0	-169	-169	(Ecorys, 2022), CE Delft, eigen berekeningen
<b>Totaal</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1.744</b>	<b>-1.167</b>	

#### Leveringszekerheid

Er is geen significant verschil in de leveringszekerheid.

#### Voorzieningszekerheid

De voorzieningszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

### 2.9.3 Uitkomsten

In Tabel 2-40 is het totaal aan kosten en baten te zien. Het overzicht toont aan dat dit in scenario A in het voordeel is van optie 2, terwijl scenario B positiever uitvalt voor optie 1.

Tabel 2-40 - Structuurkeuze 9: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant		Optie 2: Doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant	
		A	B	A	B
<b>Financieel</b>	Conversie	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Buisleidingen	0	0	-7.109	-8.335
	Vermeden kosten	0	0	320	268
	Verschil transportkosten	0	0	5.948	5.902
		0	0	-840	-2.166
<b>Indirect</b>	Concurrentieopslag	0	0	1.784	0
<b>Maatschappelijk</b>	Conversie	<i>Geen effect</i>			
	Opslag	<i>Geen effect</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Buisleidingen	0	0	1.744	1.167
		0	0	1.744	1.167
	<b>Saldo</b>			<b>2.688</b>	<b>-998</b>
	Leveringszekerheid	<i>Differentieert niet</i>			

### Gevoeligheidsanalyse

Voor CO<sub>2</sub> is het in theorie mogelijk om de volumes per binnenvaartschip te transporteren. We achten dit echter geen realistisch scenario voor grote volumes. Daarom hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij er in optie 1 een buisleiding tussen Antwerpen en Rotterdam wordt aangelegd. Op deze manier kan CO<sub>2</sub> vanuit Duitsland via – nog aan te leggen - buisleidingen in België naar Rotterdam kan worden vervoerd. Deze analyse is alleen gezien vanuit het oogpunt dat grondstoffen vanuit Duitsland naar Rotterdam vervoerd moeten worden; het mogelijke voordeel dat Chemelot verliest door geen CO<sub>2</sub> via buisleidingen te kunnen vervoeren is hierin niet meegenomen.

De uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse zijn opgenomen in onderstaande tabel. Er is te zien dat het voordeel met oog op de transportkosten voor optie 2 minder groot is dan in Tabel 2-40. Daarentegen vallen de externe kosten positiever uit voor optie 2. Vergeleken met Tabel 2-40 valt het totaal aan kosten en baten in scenario A min of meer hetzelfde uit. Scenario B valt nu positiever uit voor optie 2.

 Tabel 2-41 - Gevoeligheidsanalyse CO<sub>2</sub>-buisleiding in optie 1; overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant		Optie 2: Doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant	
		A	B	A	B
<b>Financieel</b>	Conversie	<i>Differentieert niet</i>			
	Opslag	<i>Differentieert niet</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Buisleidingen	0	0	-6.513	-7.740
	Vermeden kosten	0	0	172	120
	Verschil transportkosten	0	0	2.981	2.934
		0	0	-3.360	-4.686
<b>Indirect</b>	Concurrentieopslag	0	0	894	0
<b>Maatschappelijk</b>	Conversie	<i>Geen effect</i>			
	Opslag	<i>Geen effect</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Buisleidingen	0	0	5.284	4.708
		0	0	5.284	4.708
	<b>Saldo</b>			<b>2.819</b>	<b>23</b>
	Leveringszekerheid	<i>Differentieert niet</i>			

## 2.9.4 Conclusie

Op basis van de uitkomsten in Tabel 2-40 en de gevoeligheidsanalyse in Tabel 2-41 concluderen we dat de welvaartseffecten voor optie 1, doorvoer grondstoffen zonder Delta Corridor-variant, iets positiever uitvallen dan voor optie 2, doorvoer grondstoffen met Delta Corridor-variant. Kijkend naar de bandbreedte - die tot uitdrukking komt in scenario's A en B - kan het echter beide kanten opvallen.

In de gepresenteerde uitkomsten hebben we aangenomen dat de financiële kosten gedragen worden door Nederlandse partijen (waarmee dus ook de financiële baten voor deze partijen zijn). Als dit gedaan wordt door buitenlandse partijen, zal de uitkomst van de welvaartsanalyse er heel anders uit zien. Een welvaartsanalyse wordt immers vanuit nationaal (Nederlands) perspectief benaderd. In dat geval valt de uitkomst aanzienlijk positiever uit voor de aanleg van een Delta Corridor-variant; de maatschappelijke baten (met name vermeden broeikasgassen en luchtvervuiling) overheersen dan.

We moeten bij deze uitkomst nogmaals benadrukken dat in de onderliggende structuurkeuze (Bijlage A) bij optie 1 minder grondstoffen worden doorgevoerd. In deze welvaartsanalyse hebben we de transportvolumes in optie 1 en optie 2 aan elkaar gelijkgesteld. Hierbij hebben we aangenomen dat deze hogere volumes (grotendeels) door binnenvaart en treintransport opgevangen kunnen worden. Dit hebben we gedaan om een eerlijke vergelijking mogelijk te maken tussen beide opties. Zoals gedefinieerd in de onderliggende structuurkeuze is het echter aannemelijker dat er zonder aanleg van een Delta Corridor (-variant) minder import en export plaatsvindt en de volumes dus kleiner zijn.

## 2.10 Structuurkeuze 10: Maximaal gebruikmaken van nationale warmtebronnen

### 2.10.1 Inleiding

Deze structuurkeuze heeft betrekking op de inzet van geothermie of restwarmte bij warmtenetten in Nederland. De volgende twee opties worden met elkaar vergeleken:

- geothermie;
- restwarmte.

In de welvaartsanalyse van deze structuurkeuze staan de directe kosten centraal. Voor de technische uitwerking van de structuurkeuze wordt verwezen naar (Bijlage A).

### 2.10.2 Uitgangspunten

#### Projecteffecten

Voor de realisatie van zowel restwarmte als geothermie is nieuwe infrastructuur nodig. In de structuurkeuze is uitgegaan van circa 640 MW aan vermogen voor beide opties. In het geval van geothermie moet een aardwarmte-installatie, bestaande uit een doublet van twee geothermieputten, worden aangelegd. In deze welvaartsanalyse is uitgegaan van 40 doubletten van elk 16 MW. Voor de uitkoppeling van restwarmte moeten op bedrijfsterreinen enkele aanpassingen en installaties worden uitgevoerd.

Tenslotte moeten er voor beide opties lokale warmtetransportleidingen worden aangelegd, zodat deze bronnen kunnen worden aangesloten op het bovenregionale warmtenet. In het geval van geothermie is de geschatte hoeveelheid leidingen 400 tot 500 kilometer, voor restwarmte is dit 200 tot 300 kilometer.



### Financiële effecten

Voor de schatting van de investerings- en operationele kosten volgen we de aannames van het (PBL, 2021) die worden gebruikt bij de inschatting van de onrendabele top van relevante warmtetechnieken. Tabel 2-42 laat zien dat de kosten voor geothermie aanzienlijk hoger uitvallen. Dit heeft te maken met zowel de hoger investerings- en operationele kosten. Daarnaast beslaan ook de kosten voor de transportleidingen een groot deel van de totale kosten. Deze resultaten sluiten aan bij de gunstige kosteneffectiviteit van restwarmte als techniek ten opzichte van geothermie als collectieve verwarmingsoptie van woningen en gebouwen.

Tabel 2-42 - Structuurkeuze 10: Overzicht financiële kosten in miljoenen euro's

	Optie 1: Geothermie		Optie 2: Restwarmte	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Geothermie - CAPEX	1.396	1.396	0	0
Geothermie - OPEX	1.714	1.714	0	0
Restwarmte - CAPEX	0	0	330	527
Restwarmte - OPEX	0	0	206	330
Transportleidingen – CAPEX	1.792	2.148	908	1.776
Transportleidingen - OPEX	457	985	231	815
<b>Totaal</b>	<b>5.359</b>	<b>6.243</b>	<b>1.676</b>	<b>3.447</b>

### Effecten op de omgeving

Het ruimtegebruik voor zowel restwarmte als geothermie is beperkt. In het geval van restwarmte zullen er aanpassingen en installaties moeten worden uitgevoerd op bedrijfsterreinen. Voor een aardwarmte-installatie is in de operationele fase een terrein van 30 bij 30 meter nodig voor een gebouw met de installaties, opslag en een kantoor. Voor beide opties is het effect op de omgeving dus beperkt en daarom gaan we er vanuit dat er geen substantiële ruimte-gerelateerde externe kosten zijn. De transportleidingen worden allemaal ondergronds aangelegd, waardoor ook dit geen welvaartseffect heeft op bijvoorbeeld omwonenden. Voor geothermie zijn enkele veiligheidsrisico's bekend. Het gaat hierbij over de kans op aardbevingen (seismiciteit), milieu- en letselschade bij ongecontroleerde uitstroom van gas of olie, vermenging met of verontreiniging van zoetwatervoerende lagen of oppervlaktewater met zout formatiewater en arbeidsveiligheidsrisico's. De risico's bij de opsporing en winning van aardwarmte worden vergelijkbaar ingeschat met die bij de opsporing van olie en gas (SodM, 2017); (Tauw, 2017).

In gebieden met natuurlijke breuken en in bestaande gebieden waar gas wordt gewonnen wordt de kans op een aardbeving hoger ingeschat dan in gebieden met een stabiele ondergrond. De seismische risico's zijn eveneens groter bij ultradiepe geothermie. De kans op een aardbeving bij geothermiewinning in Nederland is klein als voldoende rekening wordt gehouden met natuurlijke breuken en gaswinningsgebieden.

Bij het boren van een put bestaat de kans dat een olie- of gashoudend reservoir wordt aangeboord. In het geval van hoge druk kan hierbij een ongecontroleerde uitstroom van olie of gas ontstaan (een 'blow-out'). Dit risico is in Nederland aanwezig, maar zeer beperkt tot verwaarloosbaar. Sinds de jaren 70 heeft dit in Nederland niet meer plaatsgevonden. Dit komt omdat er veel informatie beschikbaar is over de ondergrond.

Zoetwatervoerende lagen in de ondergrond zijn zeer belangrijk in de voorziening van ons drinkwater. Bij opsporing en winning van aardwarmte kunnen deze lagen op verschillende manieren vermengd raken met zout formatiewater. Deze effecten zijn zeer ongewenst. Het risico op vermenging van zoet met zout water wordt door SodM ingeschat als aanzienlijk indien er sprake is van een zoetwatervoerende laag in de verticale boring.

Daarnaast bestaan er enkele arbeidsrisico's voor medewerkers op geothermielocaties. Dit bestaat uit het in aanraking komen met heet water, werken met zwaar en risicovol gereedschap, het risico op vallende voorwerpen en het in aanraking komen met radioactiviteit die van nature in de grond kan voorkomen. Deze risico's verschillen niet significant van de risico's in de olie- en gassector en zijn goed beheersbaar.

In deze structuurkeuze differentiëren de effecten op natuur en biodiversiteit niet tussen de opties en dus worden deze niet meegenomen.

#### Leveringszekerheid

De leveringszekerheid in deze structuurkeuze differentieert niet tussen de opties en wordt daarom niet meegenomen.

#### Voorzieningszekerheid

In deze welvaartsanalyse kennen beide opties onzekerheden. Voor geothermie geldt dat het nog niet op grote schaal is toegepast, waardoor er op het gebied van voorzieningszekerheid risico's bestaan. Deze onzekerheid is dus technisch van aard en speelt met name op de lange termijn. Naarmate het aantal doubletten toeneemt dat aan een collectieve warmtenet verbonden is, neemt ook de voorzieningszekerheid van de warmtevoorziening toe.

De optie restwarmte is benaderd vanuit (een update van) het Europese scenario in II3050. Hierin wordt uitgegaan van een groei van de (klimaatneutrale) industrie, waarbij er voldoende restwarmte geproduceerd blijft worden om aan de vraag te voldoen. Dit heeft dus een positief effect op de voorzieningszekerheid van de lange termijn. Onder andere scenario's, waarbij de industrie bijvoorbeeld krimpt en/of restwarmtebeschikbaarheid (voor externe doeleinden) afneemt als gevolg van energietransitie in de industrie, kan de voorzieningszekerheid voor restwarmte op termijn afnemen. Op korte termijn bestaan er risico's dat een fabriek stil komt te liggen, waardoor het van belang is dat er voldoende back-up beschikbaar is.

Aangezien de voorzieningszekerheid voor beide opties zowel positief als negatief kan uitvallen hebben we aangenomen dat dit niet differentieert. Voor beide opties bestaan er risico's, waardoor overdimensionering en voldoende back-up van belang zijn.

### 2.10.3 Uitkomsten

In Tabel 2-43 is het totaal aan kosten en baten te zien. Deze vallen zowel in het lage als in het hoge scenario uit in het voordeel van restwarmte. Vanuit maatschappelijk oogpunt kent optie 2 (restwarmte) lagere totale kosten, en heeft daarmee het meest gunstige impact op de (brede) welvaart. Vanwege de beperkte ruimtelijke gevolgen zijn voor beide opties de externe kosten van dit ruimtebeslag (beide groten-deels onder de grond, voor geothermiedoublet een zeer beperkt ruimtebeslag bovengrond). Welvaart kan in deze analyse dus vanuit zo laag mogelijke kosten voor het energiesysteem benaderd worden.

Tabel 2-43 - Structuurkeuze 10: Overzicht kosten en baten in miljoenen euro's

		Optie 1: Geothermie		Optie 2: Restwarmte	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
<b>Financieel</b>	Productie (+ import)	-4.589	-4.589	-749	-1.197
	Opslag	<i>Geen effect</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Overige infra	-2.518	-3.715	-1.277	-3.071
		-7.107	-8.304	-2.025	-4.268
<b>Maatschappelijk</b>	Productie (+ import)	-	-		
	Opslag	<i>Geen effect</i>			
	Elektriciteitsinfra	<i>Geen effect</i>			
	Overige infra	<i>Geen effect</i>			
	<b>Saldo</b>	<b>-7.107</b>	<b>-8.304</b>	<b>-2.025</b>	<b>-4.268</b>
	Natuur en biodiversiteit	<i>Differentieert niet</i>			
	Leveringszekerheid	<i>Differentieert niet</i>			

#### 2.10.4 Conclusie

De uitkomsten in Tabel 2-43 laten zien dat de welvaartseffecten voor optie 2, inzet op restwarmte, positiever uitvallen dan voor optie 1, gebruik van geothermie. Het verschil is met name te herleiden tot de directe kosten van de productielocaties, die aanzienlijk hoger zijn voor geothermie. Daarnaast is ook de benodigde hoeveelheid transportleidingen en de daarmee gepaard gaande kosten lager voor restwarmte.

Wat betreft externe kosten bestaan er enkele risico's bij geothermie, waardoor restwarmte als de veiligere optie wordt gezien. Deze risico's zijn echter lastig uit te drukken in euro's. Voor geothermie op grote schaal geldt daarnaast dat het zich nog moet bewijzen, terwijl dit voor restwarmte al wel is gedaan. Al met al vallen hiermee de welvaartseffecten positiever uit voor het gebruik van restwarmte.

### 3 Conclusies

#### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden kort de belangrijkste uitkomsten en conclusies van de verschillende welvaartsanalyses samengevat. Voor de uitgebreide conclusies wordt verwezen naar de desbetreffende hoofdstukken.

#### 3.2 Conclusies

##### 3.2.1 Structuurvisie 1: Aanlanding wind op zee, kust of diep

In deze welvaartsanalyse vallen de welvaartseffecten voor optie 1, aanlanding aan de kust, positiever uit dan voor optie 2, diepe aanlanding. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de externe kosten slechts een fractie van de directe kosten zijn, wat in lijn is met de compensatieregeling die TenneT treft met omwonenden. Meerkosten voor investering (ondergronds) HVDC-wegen bij huidige kosteninschatting niet op tegen het (voorkomen) welvaartsverlies. De uiteindelijke keuze rondom deze welvaartsanalyse is dus een afweging van directe kosten. De mogelijkheid van waterstofproductie op zee valt buiten de scope van dit project en is dus niet beschouwd.

### 3.2.2 Structuurkeuze 2: Aanlanding wind op zee, geconcentreerd of verspreid

In deze welvaartsanalyse vallen de welvaartseffecten voor optie 2, geconcentreerde aanlanding wind op zee, positiever uit dan voor optie 1, verspreide aanlanding. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de externe kosten slechts een fractie van de directe kosten zijn, wat in lijn is met de compensatieregeling die TenneT treft met omwonenden. Het grootste deel van de directe kosten betreft verwachte kosten voor redispatch.

### 3.2.3 Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land

In deze welvaartsanalyse vallen de welvaartseffecten voor optie 2, clustering van hernieuwbare opwek op land, positiever uit dan voor optie 1, gespreide opwek. Terwijl het verschil in directe kosten relatief beperkt is, spelen de externe kosten een belangrijke rol. Door clustering ondervinden er immers minder mensen hinder, wat zorgt voor lagere externe kosten.

### 3.2.4 Structuurkeuze 4: Opweklocaties elektrolyzers

In deze welvaartsanalyse vallen de welvaartseffecten voor optie 1, clustering van elektrolyzers bij aanlandingslocaties, positiever uit dan voor optie 2, clustering van elektrolyzers bij industrie. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de externe kosten slechts een fractie van de directe kosten zijn, wat in lijn is met de compensatieregeling die TenneT treft met omwonenden. Het grootste deel van de directe kosten betreft verwachte kosten voor redispatch. Bijkomend voordeel van de plaatsing van elektrolyzers bij industrie is dat er minder verdunning van waterstof plaatsvindt dan wanneer het vanaf de aanlandingslocaties getransporteerd moet worden. Daarnaast kan de vrijgekomen restwarmte van de elektrolyzers mogelijk gebruikt worden door de industrie.

### 3.2.5 Structuurkeuze 5: Locaties piekcentrales

In deze welvaartsanalyse is het verschil in kosten tussen optie 1, spreiding van piekcentrales, en optie 2, clustering van piekcentrales, te klein om hier grote conclusies aan te verbinden. De differentiërende directe kosten zijn relatief laag en er zijn geen significante externe kosten. Wel is de inschatting dat de leveringszekerheid voor optie 2 iets hoger is.

### 3.2.6 Structuurkeuze 6: Opslaglocaties waterstof

In deze (kwalitatieve) welvaartsanalyse vallen de verwachte welvaartseffecten voor optie 1, gebruik van zoutcavernes voor waterstofopslag, positiever uit dan voor optie 2, waterstofopslag in lege gasvelden. De voornaamste reden hiervoor is dat de techniek voor opslag in zoutcavernes relatief volwassen is, terwijl de waterstofopslag in lege gasvelden nog in de kinderschoenen staat. Daarnaast bieden zoutcavernes de mogelijkheid voor kort cyclische opslag, doordat de druk hoog kan worden gehouden. Bovendien blijft waterstof in zoutcavernes naar verwachting schoner en van een hogere concentratie. Daarentegen is het belangrijk om te benadrukken dat het in de toekomst aannemelijk lijkt dat beide technieken naast elkaar gebruikt zullen gaan worden. Een keuze voor of opslag in zoutcavernes of opslag in lege gasvelden, zoals in deze welvaartsanalyse, is dus meer een vergelijking om de verschillen van beide opties uit te lichten.

### 3.2.7 Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie

In deze welvaartsanalyse is er geen eenduidige conclusie over de welvaartseffecten van optie 1, geen kernenergie, en optie 2, kernenergie. De grote onzekerheden over de toekomstige energiekostprijzen worden gereflecteerd in de uitkomsten van de drie scenario's in deze welvaartsanalyse. De uiteindelijke uitkomst zal dus sterk afhangen van de ontwikkelingen rondom de energiekostprijzen. Bij toepassing van kernenergie is op lokaal niveau iets minder energie-infrastructuur nodig, maar bij toepassing van kernenergie in Borssele en Rotterdam (in deze hoeveelheden) zijn forse uitbreidingen van het hoogspanningsnet nodig. Daarom vallen de kosten voor nieuwe energie-infrastructuur iets hoger uit voor optie 2, met kernenergie. De kosten voor energieopslag vallen daarentegen weer iets lager uit voor optie 2. Beide kostenposten staan niet in verhouding tot de kosten voor energieproductie. De externe kosten in deze welvaartsanalyse zijn grotendeels kwalitatief beoordeeld. Hieronder vallen ook de nucleaire veiligheid en de eindberging van nucleair afval. Alhoewel de kans op bijvoorbeeld een kernongeval erg klein is, is het belangrijk om te benadrukken dat de mogelijke schade enorm kan zijn. Met een gevoeligheidsanalyse is geprobeerd aan te tonen hoe de interactie tussen kans en schade is werkt en hoe dit invloed heeft op de uitkomst van de welvaartsanalyse. Onze conclusie van deze gevoeligheidsanalyse is dat de externe kosten met betrekking tot nucleaire veiligheid niet van doorslaggevende factor zijn in de welvaartsanalyse.

### 3.2.8 Structuurkeuze 8: Productie synthetische brandstoffen

De welvaartsanalyse waarin (gedeeltelijke) binnenlandse productie van synthetische brandstoffen wordt vergeleken met import van synthetische brandstoffen leidt niet tot grote, eenduidige conclusies. Tegenover de vereiste investeringen voor fabrieken voor synthetische brandstoffen staat de directe, structurele werkgelegenheid die hierdoor wordt gecreëerd. Een duidelijke afweging tussen de twee opties is echter lastig.

### 3.2.9 Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

In deze welvaartsanalyse vallen de welvaartseffecten voor optie 1, doorvoer van grondstoffen zonder Delta Corridor-variant, iets positiever uit dan voor optie 2, doorvoer van grondstoffen met Delta Corridor-variant. We moeten bij deze uitkomst nogmaals benadrukken dat in de onderliggende structuurkeuze bij optie 1 minder grondstoffen worden doorgevoerd. In deze welvaartsanalyse hebben we de transportvolumes in optie 1 en optie 2 aan elkaar gelijkgesteld. In de gepresenteerde uitkomsten hebben we daarnaast aangenomen dat de financiële kosten gedragen worden door Nederlandse partijen (waarmee dus ook de financiële baten voor deze partijen zijn). Als dit gedaan wordt door buitenlandse partijen, zal de uitkomst van de welvaartsanalyse er heel anders uit zien. Een welvaartsanalyse wordt immers vanuit nationaal (Nederlands) perspectief benaderd. In dat geval valt de uitkomst aanzienlijk positiever uit voor de aanleg van een Delta Corridor-variant; de maatschappelijke baten (met name vermeden broeikasgassen en luchtvervuiling) overheersen dan.

### 3.2.10 Structuurkeuze 10: Maximaal gebruikmaken van nationale warmtebronnen

In deze welvaartsanalyse vallen de welvaartseffecten voor optie 2, restwarmte, positiever uit dan voor optie 1, geothermie. Het verschil zit met name in de directe kosten, die hoger uitvallen voor geothermie. Daarnaast is de geothermie een techniek die zich nog niet op grote schaal heeft bewezen, terwijl dit voor restwarmte al wel het geval is. De externe effecten zijn kwalitatief beoordeeld, waarbij er is geconstateerd dat er enkele (beperkte) veiligheidsrisico's gelden voor geothermie die niet op restwarmte van toepassing zijn.

## A. Bijlage

### A.1. Kosten energieproductie

De minimale en maximale kostenprijzen voor de verschillende energiebronnen zijn vertaald naar drie scenario's (A, B en C).

Tabel 3-1 - Overzicht kosten energieproductie

Energiekosten 2050 (EUR/MWh)	Prijsscenario A	Prijsscenario B	Prijsscenario C
Zonne-energie	€ 25	€ 30	€ 59
Windenergie	€ 25	€ 30	€ 48
Kernenergie	€ 113	€ 95	€ 70
Import	€ 58	€ 70	€ 84
Gascentrales (geen kernenergie)	€ 156	€ 169	€ 181
Gascentrales (wel kernenergie)	€ 168	€ 181	€ 193

#### Zonne-energie

- Maximum: Het SDE++ advies voor 2022 voor zon groter dan 1 MW grondgebonden staat op 59 euro per MWh (PBL, 2020). Dit is dus de huidige kostprijs en aangenomen als maximale kostprijs in 2050.
- Midden: De gehanteerde middenprijs is 30 euro per MWh.
- Minimum: IRENA rapporteert uitgebreid over de ontwikkeling van de wind- en zonkostprijs richting 2050. De verwachte kostprijzen voor zowel wind als zon zijn gemiddeld rond de 25 euro per MWh in 2050 (IRENA, 2020).

#### Windenergie

- Maximum: Wind op land voor het gemiddelde bedrag voor de verschillende windsnelheden op 48 euro per MWh, gebaseerd op gemiddelde van de SDE+ 2022 (PBL, 2022).
- Midden: De gehanteerde middel prijs is 30 euro per MWh.
- Minimum: De verwachte kostprijzen voor zonne-energie zijn gemiddeld rond de 25 euro per MWh in 2050 (IRENA, 2020). In de I13050-studie zijn de geschatte kosten voor wind 23 euro per MWh (Kalavasta & Berenschot, 2020).

In de doorrekening van de totale productiekosten voor windmolens is uitgegaan van 2.300 draaiuren per jaar. Dit is een relatief conservatieve inschatting en heeft effect op de resultaten.

#### Kernenergie

- Maximum: De Engelse overheid heeft een strike price afgesproken voor Hinkley Point C van 113 euro per MWh (Van Dorp J., 2019). De hiervoor aangenomen WACC ligt rond de 9%.
- Midden: De middenprijs is aangenomen op 95 euro per MWh. Dit is een afweging tussen onze eigen inschatting van 100 euro per MWh en de schatting in de I13050 op 92 euro per MWh (Kalavasta & Berenschot, 2020). Deze kostprijsaanname gaat uit van een investering van 5.200 euro per MWh en een WACC van 7%.
- Minimum: De financiële controlecommissie van de Engelse overheid heeft becijferd dat bij een WACC van 6% de kosten 70 euro per MWh zouden zijn (NAO, 2017).

Er bestaat veel onzekerheid over de kostenontwikkeling van kernenergie. De recente centrales zijn allen in zeer grote mate over het budget heen gegaan. Een relatieve kostenreductie is echter ook mogelijk doordat een leercurve wordt gevolgd. Daarnaast heeft de WACC een grote invloed op de relatieve prijs.

### Import

Import is nodig in de relatief dure uren van de elektriciteitsmarkt wanneer er een tekort is aan productie in Nederland en daardoor naar verwachting ook in het buitenland. Gebaseerd op een run van het PowerFlex-model van CE Delft<sup>14</sup> is de importprijs voor dit scenario bepaald op 70 euro per MWh. Dit is de gemiddelde prijs op momenten dat stroom geïmporteerd wordt. Als bandbreedte is aangenomen dat de minimum en maximum prijs respectievelijk 20% onder en 20% boven deze prijs liggen.

### Gascentrales

De kosten van de back-up-centrales zijn afhankelijk van de brandstofkosten maar daarnaast ook voor een belangrijk gedeelte de vaste kosten. In de verschillende scenario's verschilt namelijk het gewenste vermogen (GW) dat vereist is, als ook hoeveel de centrales worden ingezet voor energieproductie (TWh) waardoor het aantal vollasturen per jaar verschilt. De vaste kosten zijn echter grotendeels gelijk.

De kostenaannames voor de gascentrales zijn (CE Delft, 2020):

- Investering: 7.500 euro per kW<sub>elektrisch</sub>.
- Operationele kosten: 2% van de totale investering (jaarlijks).
- WACC: 5,8% (in lijn met algemene WACC voor CO<sub>2</sub>-reducerende maatregelen in de SDE++ (PBL, TNO, DNV GL, Guidehouse & Witteveen+Bos, 2021).
- Rendement centrale: 55%.
- Er zijn twee brandstofkostenscenario's vastgesteld die de lage en hoge prijsaannee bepalen (CE Delft, 2021):
  - hoge prijs van 80 €/MWh: Waterstof geproduceerd met elektrolyse, prijs van duurzame elektriciteit van 30 €/MWh
  - lage prijs van 60 €/MWh: Waterstof geproduceerd met elektrolyse, prijs van duurzame elektriciteit van 20 €/MWh

Met behulp van het ETM is het vermogen en energieproductie van het flexibel vermogen bepaald. Hiermee worden de totale kosten en kosten per MWh bepaald.

<sup>14</sup> Voor meer informatie: <https://ce.nl/publicaties/het-powerflex-model/>

# BIJLAGE XIII Gebiedsanalyses 2050

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief

02-06-2023





## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectenanalyse

**Projectnaam**  
Programma Energiehoofdstructuur

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Roel van Ooij, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Mariëlle de Sain, Frans Rooijers

## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

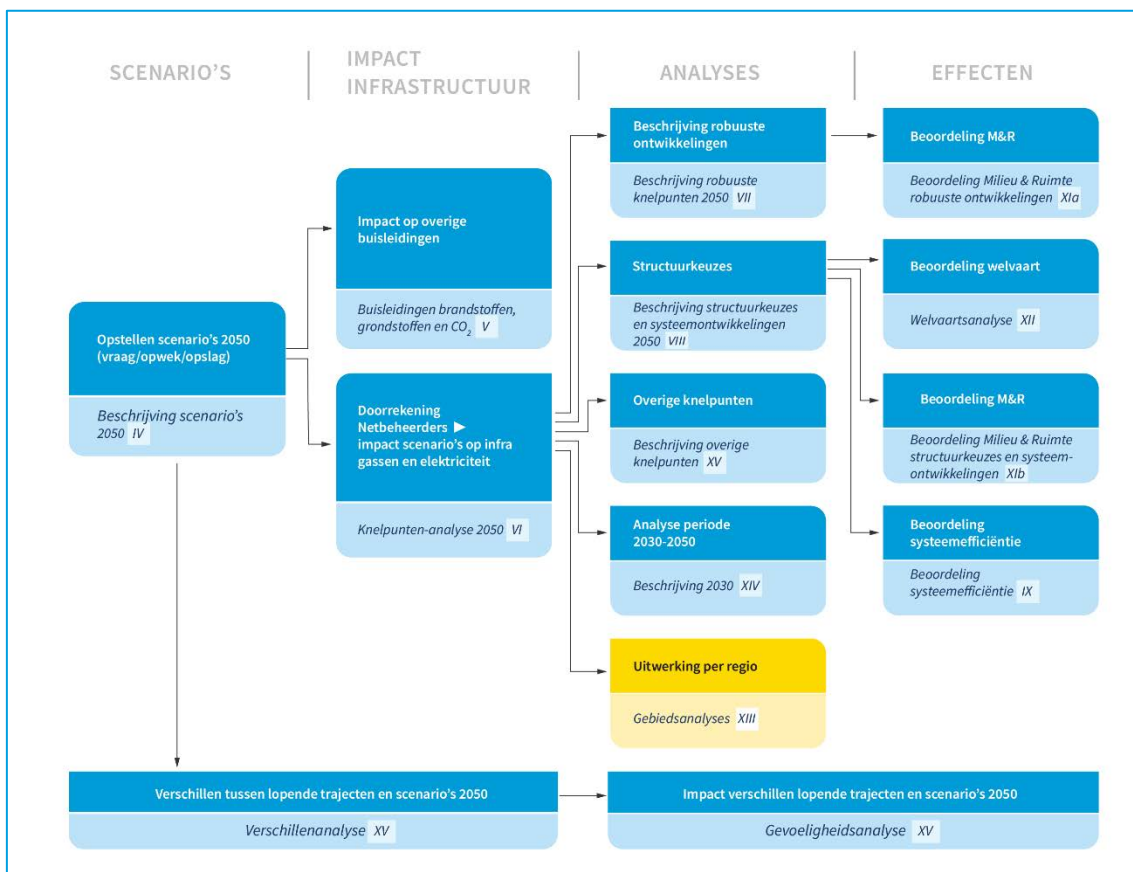
## Inhoudsopgave

0	Samenvatting	2
1	Inleiding	3
1.1	Algemeen	3
1.2	Energie-infrastructuur tot aan 2030	3
2	Gebiedsanalyse Noord-Nederland	7
2.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Nederland?	7
2.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	8
2.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	9
2.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	14
3	Gebiedsanalyse Noord-Holland en Flevoland	17
3.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Holland en Flevoland?	17
3.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	18
3.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	20
3.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	25
4	Gebiedsanalyse Midden- en Oost-Nederland	31
4.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Midden- en Oost-Nederland?	31
4.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	32
4.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	33
4.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	37
5	Gebiedsanalyse Zuid-Holland	39
5.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Holland?	39
5.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	40
5.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	41
5.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	48
6	Gebiedsanalyse Zeeland	52
6.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zeeland?	52
6.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	53
6.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	54
6.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	58
7	Gebiedsanalyse Zuid-Nederland	62
7.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Nederland?	62
7.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	63
7.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	65
7.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	71
8	Bronnen	76

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage XIII, *Gebiedsanalyses 2050*, worden de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse (IEA) PEH voor zes regio's op een rij gezet. Per regio wordt besproken welke ruimte nodig is voor energie-infrastructureur. Hiervoor worden de uitkomsten van Bijlagen IV tot en met XII gebruikt. Deze bijlage valt onder Analyse in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In deze bijlage worden de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse (IEA) PEH voor zes regio's op een rij gezet. Per regio wordt besproken welke ruimte nodig is voor energie-infrastructuur. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De zes regio's die zijn toegelicht in aparte hoofdstukken zijn:

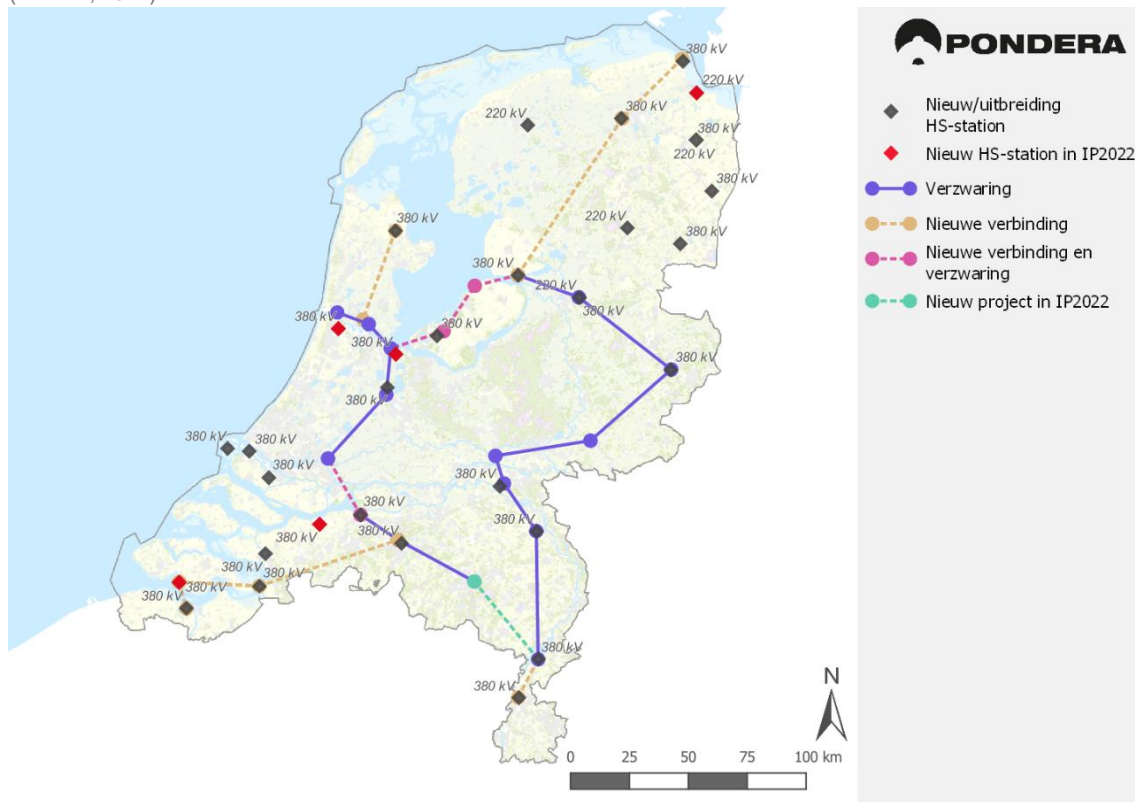
- Noord Nederland bestaande uit de provincies Groningen, Friesland en Drenthe;
- Noord-Holland en Flevoland;
- Midden- en Oost-Nederland bestaande uit de provincies Gelderland, Utrecht en Overijssel;
- Zuid-Holland;
- Zeeland;
- Zuid-Nederland bestaande uit de provincies Noord-Brabant en Limburg.

Het doel van deze bijlage is het samenbrengen van relevante informatie uit de IEA voor de betreffende regio's. Op deze manier zijn de bevindingen van de IEA per regio op één plek te vinden. Er wordt gekeken naar wat er op de regio afkomt tot aan 2030, vervolgens wordt ingegaan op wat er in ieder geval nodig is na 2030 en tot slot wordt toegelicht welke effecten bepaalde keuzes in het energiesysteem hebben. Zie Bijlage I *Woordenboek* voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

## 1.2 Energie-infrastructuur tot aan 2030

In het investeringsplan 2022 van TenneT (TenneT, 2022) staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende tien jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld van de investeringen.

Figuur 1-1 - Aanpassingen in het hoogspanningsnet tussen nu en 2030 volgens de investeringsplannen van TenneT (TenneT, 2022)



Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van een nationaal waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in heel Nederland in totaal 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. Figuur 1-2 toont de verwachte waterstofinfrastructuur na ombouw van het huidige aardgasnetwerk in het jaar 2050 (op basis van I13050). Het is de verwachting dat tussen 2030 en 2050 een steeds groter deel van het aardgasnet omgezet wordt in een waterstofnetwerk. Aangenomen wordt dat dit zonder een aanvullend ruimtebeslag kan worden uitgevoerd.

Figuur 1-2 - Configuratie transportnetwerk voor waterstof in 2050 (NetbeheerNL, 2021)



#### Leeswijzer

In bijlage X1a zijn bij diverse ontwikkelingen leeswijzers opgenomen over locaties van puntinfrastructuur en voor batterijen en voor 380kV-verbindingen over bijna afgeronde, lopende of in de nabije toekomst op te starten projecten. Deze leeswijzer is opgesteld omdat de informatie hierover doorwerkt in deze bijlage XIII.

Voor de **puntinfrastructuur van Beverwijk** (zie bijlage X1a H6) en **Simonshaven** (zie bijlage X1a H6) geldt het volgende: In de doorrekeningen die in deze studie gemaakt zijn en ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling is uitgegaan van omgeving Beverwijk als locatie waar de robuuste ontwikkelingen voor (converter)stations, batterijen en elektrolyzers plaatsvinden en Simonshaven als locatie waar de robuuste ontwikkeling voor een 380kV-station plaatsvindt. Echter deze kunnen ook in een breder gebied rondom Beverwijk (Noorzeekanaalgebied) en Simonshaven plaatsvinden omdat andere locaties mogelijk meer wenselijk zijn. Het ruimtebeslag en de effecten zijn wel beoordeeld voor de omgeving van Beverwijk en Simonshaven om daarmee een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft.

Voor de **robuuste ontwikkelingen van batterijen** (zie bijlage X1a H22) en **niet robuuste ontwikkelingen van batterijen** (zie bijlage X1a H22) geldt het volgende: In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld. Hierdoor kan het zijn dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem bezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft, zijn deze locaties wel beoordeeld.

Voor de robuuste ontwikkeling van **puntinfrastructuur Den Helder** (bijlage X1a H9) en Middenmeer (zie bijlage X1a H13) en voor de niet-robuuste ontwikkelingen van **380kV-verbindingen** (bijlage X1a H25) en **Kop van Noord-Holland** (bijlage X1a H32) geldt het volgende: Op dit moment is er nog geen 380kV-verbinding noordelijker dan Beverwijk in Noord-Holland, maar deze is wel gepland in het IP2022 en meegenomen als gerealiseerd in de berekeningen van het netmodel die zijn uitgevoerd in het kader van de IEA. Waar de verbinding tussen het noorden en het zuiden van Noord-Holland komt en welke 380kV-stations hierbij horen is nog niet bekend. In de berekeningen voor deze IEA is uitgegaan van omgeving Middenmeer als aansluitlocatie voor windenergie op zee. In de praktijk kan de aanlanding ook in de omgeving van Den Helder plaatsvinden. Daarnaast gaat na het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA de RCR-procedure voor de verbinding Noord-Holland Noord van start (zomer 2023). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure(s).

Voor de niet-robuuste ontwikkeling van de **380kV-verbindingen Bleiswijk – Krimpen** (zie bijlage X1a H27), **Crayestein – Krimpen** (zie bijlage X1a H29) en **Krimpen – Geertruidenberg** (zie bijlage X1a H33) geldt het volgende: Gedurende het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA is begin 2023 de RCR-procedure opgestart voor de verbinding tussen Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of Crayestein. In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure(s).

Voor de niet-robuuste ontwikkeling van de **380kV-verbindingen Geertruidenberg – Tilburg** (zie bijlage X1a H30), **Halsteren-Geertruidenberg 380kV** (zie bijlage X1a H31) en **Rilland-Halsteren** (zie bijlage X1a H36) geldt het volgende: Op dit moment is de procedure voor de aanpassing van de 380kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg via Halsteren/ Geertruidenberg bijna doorlopen. Er wordt een extra 380kV-station gerealiseerd in Halsteren. Daarnaast wordt een nieuwe verbinding tussen Rilland en Tilburg gerealiseerd: Zuid-West 380kV Oost. Dit project is inmiddels vergund en het tracé is bekend (zie: [TenneT projectenatlas Zuid-West 380kV Oost](#)). Uit de voor deze IEA gebruikte scenario's blijkt dat in de toekomst mogelijk nog een extra verbinding (niet-robuust) nodig zal zijn tussen Rilland-Tilburg (via Halsteren- Geertruidenberg), bovenop boven op het project 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Bij de tracéalternatieven en beoordeling daarvan in deze IEA is zoveel mogelijk aangesloten bij de gegevens uit het MER dat voor Zuid-West 380kV Oost is opgesteld. Daarbij wordt wel opgemerkt dat de beoordeling in de IEA voor het PEH op een veel hoger abstractieniveau is opgesteld dan het MER voor Zuid-West 380kV Oost.

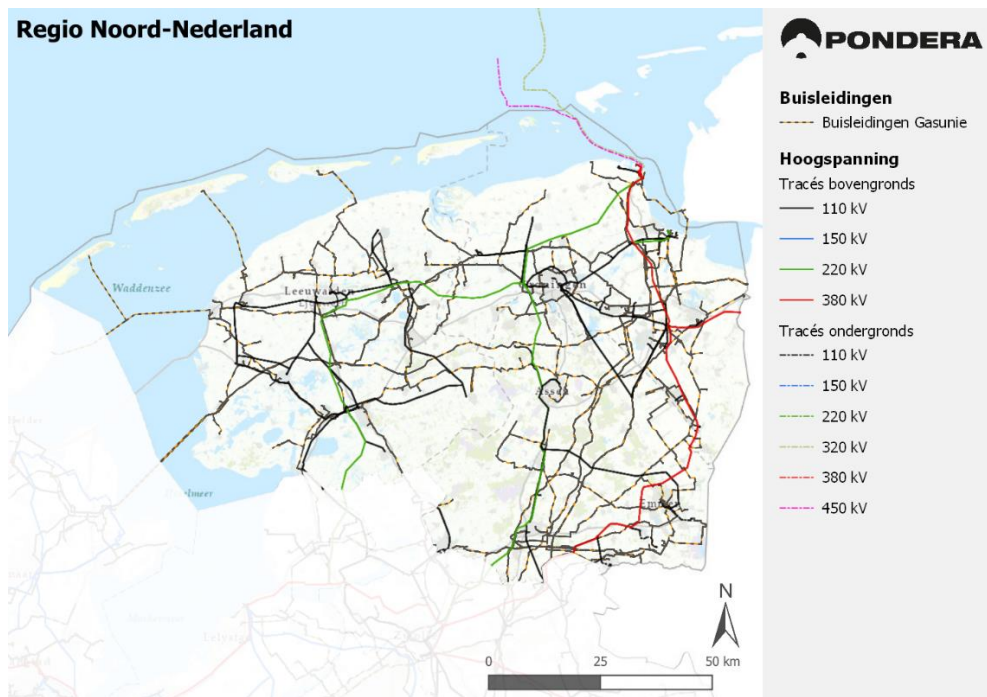
## 2 Gebiedsanalyse Noord-Nederland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincies Groningen, Drenthe en Friesland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur bij de Barro-locaties Eemshaven en Delfzijl, ontwikkelingen in de ondergrond (bijvoorbeeld voor opslag van gassen) en mogelijke uitbreiding van 380kV-infrastructuur. Op de Barro-locaties is mogelijk sprake van een meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I *Woordenboek* voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

### 2.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Nederland?

De onderstaande figuur toont de huidige energie-infrastructuur in Noord-Nederland. Er loopt een 380kV-verbinding vanaf de Eemshaven richting Meeden en Zwolle. Bij Meeden is het 380kV-net verbonden met het Duitse hoogspanningsnet. Daarnaast heeft Noord-Nederland een 220kV-net. Dit loopt in een lus door Friesland, Groningen en Drenthe. Vanaf deze lus loopt 110kV-infrastructuur richting de uithoeken van de provincies. Daarnaast loopt er een groot aantal gastransportleidingen door Noord-Nederland. Deze verbinden het Groningengasveld en kleinere gasvelden met locaties waar gas wordt gebruikt, zoals industrie en huishoudens. Naast de transportleidingen bestaat de infrastructuur ook uit een aantal meng-, meet- en regelstations. Daarnaast vindt ook een groot deel van de gasopslag plaats in Groningen en Drenthe. Er lopen gastransportleidingen vanaf de gaswinningslocaties en de gasopslagen richting de rest van Nederland en richting Duitsland (via Oude Statenzijk in Oost-Groningen). Naast de publieke buisleidingen van Gasunie lopen in Groningen enkele private buisleidingen van de NAM.

Figuur 2-1 - Overzicht energie-infrastructuur Noord-Nederland





## 2.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

### 2.2.1 Wat staat er op de planning tot 2030?

#### Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Noord-Nederland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 2-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 2-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Noord-Nederland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Eemshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Meeden	Uitbreiding station
380kV-station	Vierverlaten	Nieuw station
380kV-station	Musselkanaal	Nieuw station
380kV-station	Veenoord Boerdijk	Nieuw station
220kV-station	Delfzijl	Nieuw station
380kV-verbinding	Eemshaven Oude Schip-Vierverlaten	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Vierverlaten - Ens	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Eemshaven – Eemshaven Oude Schip	Toevoegen 3de circuit
Converterstation	Eemshaven	Ontwikkeling converterstations
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

#### Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het nationaal waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in heel Nederland in totaal 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Noord-Nederland. Het aantal kilometers voor de verbinding Noord-Nederland - NZKG (Noordzeekanaalgebied) en Noord-Nederland - Chemelot zijn voor het hele traject, dus ook dat deel wat buiten Noord-Nederland ligt.

Tabel 2-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Cluster Noord-Nederland	171	140	31	2024-2025
Verbinding Noord-Nederland-Noordzeekanaalgebied	206	175	31	2026
Verbinding Noord-Nederland-Chemelot	216	200	16	2027

## 2.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet vanaf de Eemshaven fors. Of uitbreidingen nodig zijn, is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 2.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Er zijn plannen om tot 2031 5,3 GW aan windenergie op zee (via netten op zee) aan te laten landen in de Eemshaven. Er liggen al plannen voor een uitbreiding van een bestaand 380kV-station en de aanleg van converterstations om dit vermogen te kunnen aansluiten (zie Wat staat op de planning tot 2030?).

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. Bij de Eemshaven gaat het naar verwachting om minimaal 1.800 MW aan batterijen. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast zijn extra velden bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in de Eemshaven, Burgum en Delfzijl/Weiwerd (hierna Delfzijl genoemd) omgebouwd worden naar waterstofcentrales.

In Eemshaven is minimaal 25 ha nodig voor de robuuste ontwikkelingen tussen 2030 en 2050. Hiervan heeft een nieuw hoogspanningsstation het grootste ruimtebeslag. In Delfzijl gaat het om minimaal 15 ha waar ook een nieuw station het grootste deel van het ruimtebeslag vormt. Op beide locaties worden voor het thema Milieu & Ruimte geen grote effecten verwacht.

## 2.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

### 2.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Noord-Nederland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Noord-Nederland, in welke vorm (elektriciteit, waterstof) en waar?
- Hoeveel hernieuwbare opwek op land wil je in Noord-Nederland?
- Waar wil je elektrolyzers in Noord-Nederland en hoeveel?
- Hoeveel waterstofopslag wil je in Noord-Nederland en waar?
- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie?
- Bovenregionaal warmtetransport

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

### 2.3.2 Wat zijn de ruimtelijke effecten van de keuzes?

#### Aanlanding windenergie op zee (elektrisch)

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat 5,3 GW aan windenergie op zee aangesloten wordt bij de Eemshaven tot 2031. Dit is beschouwd als ondergrens van de hoeveelheid windenergie op zee die in 2050 aanlandt in Noord-Nederland.

Er is onderzocht wat de effecten zijn als nog meer windstroom aanlandt in Noord-Nederland.

Er is gekeken naar maximale aanlanding van 10 GW bij de Eemshaven in 2050. Er is in dit geval meer ruimte nodig voor uitbreiding van de bestaande 380kV-stations (en mogelijke ontwikkeling nieuwe stations) in de Eemshaven om deze windstroom aan te sluiten, ruimte voor extra converterstations en ruimte voor elektrolysers en batterijen. In totaal is dan maximaal circa 205 hectare nodig. Dit forse ruimtebeslag lijkt beschikbaar mits deze ontwikkelingen prioriteit hebben en goed wordt gekeken naar de inpassing binnen het gebied.

Er zijn geen waarschijnlijk nauwelijks nieuwe 380kV- of 220kV-verbindingen nodig door aanlanding van windenergie op zee in Noord-Nederland tot 10 GW. De afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet (inclusief geplande uitbreidingen) is voldoende om extra aanlanding van windenergie op zee te kunnen faciliteren. Bovenstaande is gebaseerd op de doorrekeningen van de zeven scenario's die gebruikt zijn in het PEH. In de CES 2.0 wordt uitgegaan van een hogere elektriciteitsvraag in Noord-Nederland. Daardoor kan ook meer windenergie op zee aanlanden in de Eemshaven. Naar verwachting kan, bij realisatie van de CES 2.0 3 tot 3,5 GW extra windenergie op zee aanlanden zonder nieuwe uitbreidingen aan hoogspanningsverbindingen nodig zijn, dus minimaal 13 tot 13,5 GW in totaal. Er is niet onderzocht hoeveel windenergie op zee maximaal elektrisch kan aan landen in Noord-Nederland zonder extra verzwaringen aan 380kV-verbindingen.

In de analyses is uitgegaan van de Eemshaven als enige aanlandingslocatie in Noord-Nederland, aangezien dit de meest logische locatie is voor aanlanding van windenergie op zee. Een deel van het verwachte ruimtebeslag in de Eemshaven kan verplaatst worden als gekozen wordt om een deel van windenergie op zee aan te laten landen op een andere locatie, bijvoorbeeld bij Vierverlaten. De effecten hiervan op de hoogspanningsverbindingen zijn beperkt, alleen de belasting op de verbinding tussen de Eemshaven en Vierverlaten kan hierdoor mogelijk wat lager uitvallen. Maar het is de verwachting dat deze verbinding in alle gevallen voldoende capaciteit heeft, dus dat dit geen ruimtelijke consequentie heeft.

#### Aanlanding windenergie op zee (waterstof)

Het is mogelijk dat een deel van de energie van windenergie op zee in 2050 aanlandt in de vorm van waterstof. De elektriciteit wordt dan op zee al omgezet in waterstof en vervolgens wordt de waterstof via een buisleiding getransporteerd naar land. De meeste transportleidingen op land in Noord-Nederland hebben voldoende capaciteit om grote hoeveelheden waterstof af te voeren. Dat is het geval als er gekozen wordt voor aanlanding van elektriciteit in de Eemshaven (een deel van de elektriciteit wordt hier dan omgezet in waterstof via elektrolysers), maar ook als er gekozen wordt voor aanlanding van windenergie op zee in de vorm van waterstof. Het PEH kijkt niet naar de capaciteit van offshore leidingen. Bij aanlanding in de vorm van waterstof in de Eemshaven moet een passende aansluiting naar het waterstofnetwerk aangelegd worden, of een bestaande leiding gereed gemaakt worden. Daarnaast is op de aanlandingslocatie (een beperkte hoeveelheid) ruimte nodig voor een werklocatie met een gasmeetinstallatie. Bij aanlanding in de vorm van waterstof is geen ruimte nodig voor elektrolysers in de

Eemshaven (wel mogelijk voor het deel van de windenergie dat elektrisch aanlandt). Het plaatsen van offshore elektrolyzers vraagt daarnaast ruimte op de Noordzee. Dit valt niet binnen de scope van het PEH.

#### Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

Noord-Nederland kan een potentiële locatie zijn voor grootschalige clustering van windturbines op land aangezien de provincie aan de kust ligt (wat leidt tot hogere windsnelheden), de landschappen geschikt zijn voor plaatsing windturbines en er in de toekomst naar verwachting forse elektriciteitsvraag is in de provincie. Ook voor grootschalige clustering van zon op veld leent Noord-Nederland zich goed. Er is onderzocht wat de effecten zijn voor de energie-infrastructuur als er grootschalige clusters van wind op land en zonnenvelden in Oost-Groningen en Oost-Drenthe komen. Er is gekeken naar 7,4 GW wind op land en 14,1 GW zon op veld in Noord-Nederland.

Bij plaatsing van grootschalige clusters van windturbines en zonnenvelden in Noord-Nederland is het ook wenselijk om meer batterijen te plaatsen bij 220kV- en 110kV-stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten, bijvoorbeeld bij 110kV-station Meeden. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 220kV- en 110 kV-stations voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Grootschalige clustering van hernieuwbare opwek op land in Noord-Nederland leidt tot een grotere transportbehoefte op het hoogspanningsnet. Mogelijk moeten daardoor één of meerdere 110kV-pockets in Oost-Groningen of Oost-Drenthe opgesplitst worden in kleinere pockets. In dat geval moet een nieuw 380kV-station geplaatst worden, met een ruimtebeslag van 10 ha. Het is nog onduidelijk hoe de nieuwe pockets er in dat geval uit moeten zien en waar een nieuw station moet komen. Er zijn naar verwachting geen verzwaringen nodig voor de 380kV-verbindingen.

Bij clustering worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen, doordat er minder sprake is van verspreid liggende wind en zon op land. Hiermee wordt de kans op effecten die optreden op de locaties van clustering wel groter.

#### Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. De elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Als elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee worden geplaatst komt er een fors vermogen aan elektrolyzers bij de Eemshaven. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de analyse is gekeken naar het plaatsen van maximaal 8,8 GW aan elektrolyzers bij de Eemshaven. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 90 hectare. Daarnaast is ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations om deze elektrolyzers aan te sluiten. Er ontstaan knelpunten op 380kV-infrastructuur als er geen elektrolyzers geplaatst worden bij Eemshaven, maar wel forse hoeveelheden windenergie op zee aanlanden. Dit leidt vermoedelijk niet tot noodzaak voor nieuwe hoogspanningsverbindingen en dus ook niet tot een additioneel ruimtebeslag, maar wel tot hogere kosten doordat er meer redispatch (zie Bijlage I *Woordenboek*) nodig is.

Delfzijl kan ook een potentiële locatie zijn voor grootschalige elektrolyzers als deze elektrolyzers geplaatst worden bij de industriële waterstofvraag. Er is hierbij gekeken naar de effecten van het plaatsen van maximaal 6,5 GW aan elektrolyzers op die locatie. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 65 ha. Daar bovenop is nog ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Grootschalige elektrolyse bij Delfzijl zonder aanlanding van windenergie op zee op die locatie leidt tot fors transport van elektriciteit tussen de Eemshaven en Delfzijl. Daardoor zijn vermoedelijk nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig bij de 220kV-verbindingen Robbenplaat – Weiwerd en Weiwerd – Meeden. Dit kunnen nieuwe 220kV-verbindingen zijn of een opwaardering van de bestaande 220kV-verbindingen naar 380kV-verbindingen (geen ruimtelijke impact).

#### Opslag van waterstof

Vraag en aanbod van energie sluit niet op alle momenten in het jaar op elkaar aan. Om ten alle tijden in de vraag naar energie te kunnen voorzien is opslag nodig. Voor seizoensopslag is waterstof in gasbergingen (waar nu aardgas is opgeslagen), of waterstof in zoutcavernes (zoals nu aardgas in Zuidwending) geschikt. In het noorden van Nederland, met name Groningen, Drenthe en het oosten van Friesland, zijn zoutlagen in de ondergrond dik genoeg om zoutcavernes aan te leggen. Daarnaast kan de gasopslag van Norg onderzocht worden of deze ingezet kan worden voor waterstofopslag.

Op één locatie kunnen zo'n 5 à 6 zoutcavernes geschikt gemaakt worden voor opslag van waterstof. Dat is de bestaande gasopslag in Zuidwending en op nieuwe nog te kiezen locaties. Als de totale opslagbehoefte relatief klein is (10 TWh), zijn er vier nieuwe clusters van zoutcavernes nodig. Voor elke locatie moet dan eerst pekels gewonnen, afgevoerd en verwerkt of geloosd worden om cavernes te kunnen maken. Daarna komen op elke locatie putten om waterstof te injecteren en produceren uit de cavernes. Daarbij komen er per cluster gasstations en moeten er leidingen gelegd worden om deze te verbinden met het Nationaal Waterstofnetwerk. Of er bestaande leidingen vervangen moeten worden, is afhankelijk van waar de cavernes komen en op welk deel van het gastransportleidingennet deze worden aangesloten.

Wanneer de optie om waterstof op te slaan in lege gasvelden overwogen wordt, moet vroegtijdig een onderzoekstraject in gang gezet worden om de mogelijkheden in kaart te brengen. Eén leeg gasveld kan voldoende zijn waardoor er geen nieuwe cavernes hoeven worden aangelegd. Dit lege gasveld kan ook een bestaande gasberging zijn. In Noord-Nederland zouden UGS Norg of UGS Grijpskerk als opties onderzocht kunnen worden. In combinatie met opslag van waterstof in lege gasvelden (in het geval na onderzoek dit technisch haalbaar zou blijken), zouden de bestaande cavernes bij Zuidwending ingezet kunnen worden voor opslag van waterstof om kort-cyclisch waterstof te kunnen leveren.

De opslag van waterstof in zoutcavernes heeft impact op de ruimte. Opslag in zoutcavernes kan vanuit systeemperspectief gunstig zijn omdat er spreiding is over meerdere locaties, en omdat de cavernes ook

ingezet kunnen worden voor arbitrage. Opslag van waterstof in lege gasvelden heeft weinig ruimtelijke impact omdat daar al infrastructuur aanwezig is.

#### Locatie van regelbare centrales

In Noord-Nederland staan op dit moment grote regelbare gascentrales bij Eemshaven, Delfzijl en Bergum. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbare centrales die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden bij de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is op de Barro-locaties Eemshaven, Delfzijl en Burgum. Bij de Eemshaven zou dit kunnen leiden tot maximaal 5.000 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van 25 ha. Bij Delfzijl en Burgum zou dit op beide locaties tot maximaal 400 MW extra regelbaar vermogen kunnen leiden, met een ruimtebeslag kleiner dan 5 ha. Daarbovenop is in beide gevallen ruimte nodig voor extra velden bij 220kV- of 380kV-stations. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in de regio Noord-Nederland gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gas (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gas richting de centrales nodig zijn.

#### Bovenregionaal warmtetransport

Er zijn plannen om in Groningen een warmtenet aan te leggen voor de verwarming van woningen. Als hoofdbron voor een warmtenet kan onder meer gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. In Tabel 2-3 staat welke leidingen in PEH aangenomen zijn per bron in de regio Groningen:

Tabel 2-3 - Leidingen regio Groningen

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Het Hoge Land	Groningen	32-40	450	80
Restwarmte	Delfzijl	Groningen	25-37	450	80

De effecten op Milieu & Ruimte verschillen tussen de bron en tussen het traject. De ruimtelijke effecten inclusief milieurisico's zijn groter voor geothermie dan voor restwarmte.

Uitgaande van een gemiddeld vermogen van een geothermiedoublet van ongeveer 7,5 MW betekent dit dat er ongeveer 8 geothermiedoubletten zouden komen tussen Cuijk en Nijmegen, indien gekozen wordt

voor geothermie als warmtebron. Per 35 km is ongeveer één pompstation nodig voor het warmtenet. Vanuit Milieu & Ruimte is er een middelgrote kans op effecten door geothermiedoubletten door tijdelijke hinder tijdens de aanleg in dichtbebouwde gebieden. De hinder wordt veroorzaakt door geluid en trillingen in de nabijheid van gebouwen.

## 2.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

### 2.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is om elektriciteit bij de elektrolyzers te krijgen. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee bij de Eemshaven kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Er zijn verschillende keuzes die effect hebben op de hoeveelheid elektriciteit die geproduceerd wordt in Noord-Nederland, namelijk de keuzes voor (elektrische) aanlanding van windenergie op zee, de locatie van hernieuwbare opwek op land en de locatie van regelbare centrales. Door de grote afvoercapaciteit van het 380kV-net in Noord-Nederland is het mogelijk om zowel grote hoeveelheden aanlanding van windenergie op zee als grootschalige hernieuwbare opwek op land te faciliteren zonder dat hier grootschalige uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor nodig zijn. De keuzes voor de locaties van regelbare centrales raakt niet aan de keuzes voor aanlanding van windenergie op zee en hernieuwbare opwek op land omdat deze centrales vooral elektriciteit produceren op momenten met weinig wind en zon.

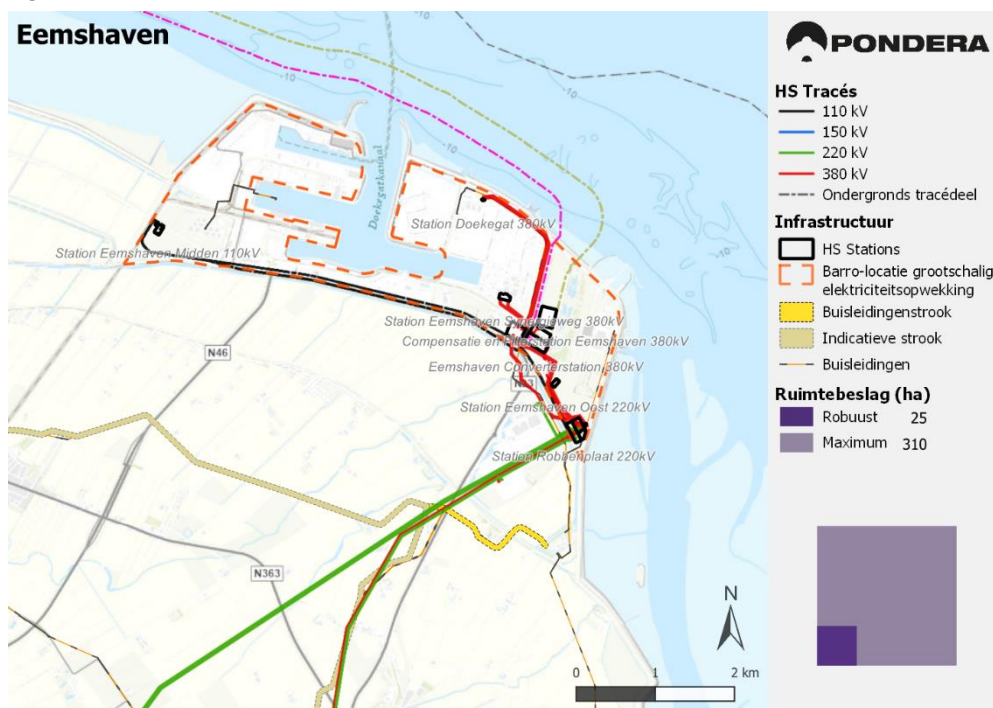
Bijna alle keuzes uit paragraaf 2.3 hebben een ruimtelijke neerslag op de Barro-locatie Eemshaven, en in mindere mate Delfzijl. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is waarschijnlijk niet haalbaar om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten keuzes gemaakt worden.

### 2.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 2-4 - Maximaal ruimtebeslag Eemshaven

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	8.700	25 (aanvullend ruimtebeslag)
Nieuwe stations/velden	-	30
Converterstations	-	20
Elektrolyzers	8.800	90
Batterijen	4.300	125

Figuur 2-2 - Eemshaven



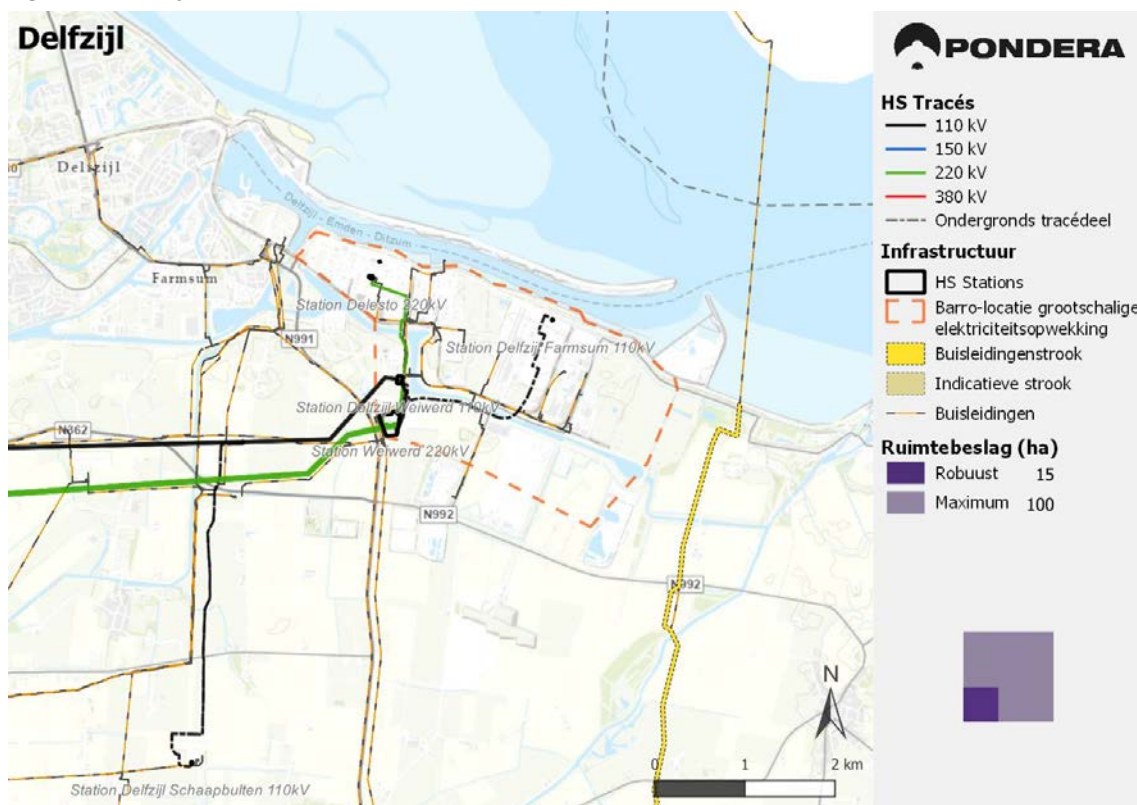
Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Eemshaven de omvang van het maximale ruimtebeslag het grootste aandachtspunt is. Met een uitbreiding van het Eemshavengebied (reeds voorzien) en zorgvuldige inpassing lijkt dit maximale ruimtebeslag haalbaar. Dit gaat wel ten koste van beschikbare ruimte voor overige industriële invulling.

Tabel 2-5 - Maximaal ruimtebeslag Delfzijl

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	400	5
Nieuwe stations/velden	-	10
Elektrolyzers	6.600	65
Batterijen	740	20



Figuur 2-3 - Delfzijl



Uit de effectbeoordeling voor Delfzijl blijkt dat het grootste aandachtspunt het ruimtebeslag is bij het maximale scenario. Er zijn geen overige aandachtspunten vanuit Milieu & Ruimte. De ruimte lijkt op dit moment beschikbaar. De haalbaarheid is afhankelijk van de samenkomst van het maximale ruimtebeslag en het ruimtebeslag van overige toekomstige ontwikkelingen in het gebied.

### 3 Gebiedsanalyse Noord-Holland en Flevoland

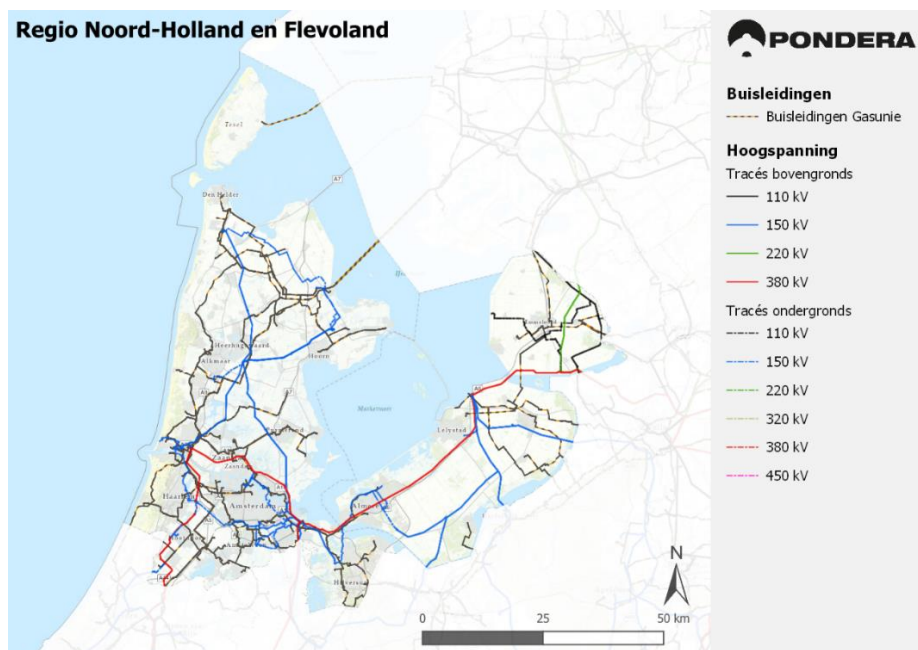
In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen van de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincies Noord-Holland en Flevoland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur bij de Barro-locaties Beverwijk en Diemen, mogelijke nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen en de ontwikkeling van mogelijke aanlandingslocaties Middenmeer en Den Helder. Op de Barro-locaties en aanlandingslocaties van windenergie op zee is mogelijk sprake van meervoudige ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolysers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

#### 3.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Holland en Flevoland?

Figuur 3-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Noord-Holland en Flevoland. Er lopen meerdere 380kV-verbindingen in het zuiden van Noord-Holland, tussen de 380kV-stations Vijfhuizen, Beverwijk, Oostzaan en Diemen. Daarnaast loopt een 380kV-verbinding van Diemen naar Lelystad en Ens. In de kop van Noord-Holland is alleen 150kV-infrastructuur aanwezig. In Flevoland is naast de 380kV-verbinding ook nog 150kV- en 110kV-infrastructuur aanwezig.

Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Noord-Holland en Flevoland. Er loopt een buisleidingenstrook met L-gas (laagcalorisch gas/Groningen gas) en H-gas (hoogcalorisch gas) transportleidingen vanaf de afsluitdijk richting Beverwijk en Hoofddorp. Vanaf Den Helder lopen enkele H-gastransportleidingen richting deze strook. In Flevoland loopt een H-gasleiding richting de Maximacentrale en enkele L-gasleidingen richting Emmeloord en Lelystad. Daarnaast lopen in Noord-Holland enkele buisleidingen voor transport van overige stoffen, zoals de OCAP-leiding (CO<sub>2</sub>) en een olieleiding nabij IJmuiden.

Figuur 3-1 - Gastransport kaart H-gas (rood), NGT-gas (bruin), G-gas (blauw), L-gas (paars), N2 (zwart)



## 3.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

### 3.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

#### Elektriciteit

In het investeringsplan van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende tien jaar (uitleg type investeringen in Bijlage XIV). Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Noord-Holland en Flevoland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 3-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 3-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Noord-Holland en Flevoland

Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-station en 380kV-verbinding</b>	Verzwarend kop van Noord-Holland <sup>1</sup>	Nieuw station en verbinding
<b>380kV-station</b>	Almere	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Spaarndam	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Weesp	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Oostzaan	Uitbreiding station
<b>380kV-verbinding</b>	Vierverlaten – Ens	Nieuwe verbinding (2 circuits)
<b>380kV-verbinding</b>	Ens – Lelystad	Aanleg 3de circuit
<b>380kV-verbinding</b>	Lelystad - Diemen	Aanleg 3de circuit
<b>Converterstation</b>	Beverwijk	Ontwikkeling converterstations
<b>380kV-verbinding</b>	Meerdere verbindingen	Verzwarend circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
<b>150/110kV-verbindingen</b>		Implementatie pocketstructuur

#### Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstofnet en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Noord-Holland en Flevoland.

<sup>1</sup> Het is nog onzeker hoe de uitbreidingen er precies uit gaan zien. In dit onderzoek is uitgegaan van twee 380kV-circuits tussen de kop van Noord-Holland (omgeving Den Helder en Middenmeer) en het gebied ten noorden van Amsterdam.

Tabel 3-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing	Fasering
<b>NZKG-Rotterdam/Moerdijk</b>	79	79	-	Ombouw en vervanging leiding	2023-2026
<b>Cluster NZKG</b>	30	15	15	Ombouw en vervanging leiding	2023-2026
<b>Verbinding Noord-Nederland NZKG</b>	206	175	31	Ombouw en vervanging leiding	2023-2026

### 3.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Noord-Holland en Flevoland dan voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. In paragraaf 3.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

#### Elektriciteit

In de gehanteerde scenario's is voorzien dat minimaal 2 GW windenergie op zee aanlandt in de kop van Noord-Holland (Middenmeer of Den Helder, meer over de keuze tussen Middenmeer en Beverwijk in paragraaf 3.3) en minimaal 2,8 GW in Beverwijk. Er is een uitbreiding van een bestaand 380kV-station of een nieuw 380kV-station nodig bij zowel de kop van Noord-Holland als Beverwijk vanwege de aanlanding van windenergie op zee.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. Bij Beverwijk gaat het naar verwachting om minimaal 1.100 MW aan batterijen en bij de kop van Noord-Holland om minimaal 760 MW. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van het hoogspanningsstation waar de kabels van de netten op zee aanlanden.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de centrales in Diemen, Amsterdam (Hemweg), Lelystad en Velsen omgebouwd worden of dat hier nieuwe centrales komen.

In Beverwijk is circa 45 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen tussen 2030 en 2050. Nieuwe stations en batterijen hebben het grootste ruimtebeslag. In de kop van Noord-Holland is minimaal 35 hectare nodig. Bij Diemen is geen extra ruimte nodig voor robuuste ontwikkelingen, enkel wanneer er gekozen wordt voor diepe aanlanding van windenergie op zee op deze locatie (zie paragraaf 3.3). Voor de kop van Noord-Holland en (logischerwijs) Diemen is de verwachting dat hier geen grote knelpunten op het vlak van Milieu & Ruimte zich voordoen. Bij Beverwijk is de kans op effecten op Milieu & Ruimte groot omdat de beschikbare ruimte zeer beperkt is vanwege bestaande bebouwing en het aanwezige Werelderfgoed Stelling van Amsterdam.

#### Gassen

In het Westelijk Havengebied Amsterdam, bij Schiphol en bij IJmuiden ontstaan knelpunten in het H-gasleidingennet, die in 2050 voor waterstoftransport dient.

In het Westelijk Havengebied Amsterdam gaat het om een aansluitleiding naar de Hemweg-centrale. Op deze locatie staat naar verwachting een elektriciteitscentrale met een grotere capaciteit in 2050. De leiding die er nu ligt is gedimensioneerd op de huidige capaciteit van de centrale. De aansluitleiding moet daarom vervangen worden voor een leiding met een passende capaciteit. Dit kan binnen het huidige tracé. Er is daarom in principe geen ruimtelijke reservering nodig.

Het knelpunt bij Schiphol is ook in een aansluitleiding naar een elektriciteitscentrale, namelijk de elektriciteitscentrale in Diemen. Hier geldt ook dat de aansluitleiding mogelijk vervangen moet worden voor een aansluitleiding met een passende capaciteit bij de elektriciteitscentrale op waterstof. Dit kan binnen het huidige tracé. Er is daarom in principe geen ruimtelijke reservering nodig.

Bij Beverwijk en IJmuiden ontstaat een knelpunt door de plaatsing van elektrolyzers in Beverwijk. Op deze locatie landt windenergie op zee aan. In de buurt van Beverwijk ontstaat naar verwachting een grote waterstofvraag vanuit Tata Steel waardoor ontwikkeling van grootschalige elektrolyzers hier voor de hand ligt. In dit gebied lopen zowel G-gas- als H-gasleidingen. Bij realisatie van elektrolyzers in Beverwijk kan onderzocht worden of het ombouwen van een G-gasleiding naar een waterstofleiding voldoende capaciteit zou geven voor waterstoftransport. Wanneer dit niet het geval is, zou een nieuwe aansluitleiding in de bestaande buisleidingstrook mogelijk een oplossing zijn. In beide gevallen is geen ruimtelijke reservering nodig. Daarbij is uitgegaan van een directe aansluiting van de elektrolyzers op het gasnet. Wanneer de elektrolyzers niet direct naast een bestaande gastransportleiding geplaatst worden, is een nieuwe reservering nodig voor een gastransportleiding die de elektrolyzers verbindt met het waterstofnetwerk of een aansluitleiding van voldoende capaciteit.

### 3.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

#### 3.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden, zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van de keuzes die gemaakt kunnen worden. De relevante keuzes voor de provincies Noord-Holland en Flevoland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Noord-Holland en waar?
- Hoeveel hernieuwbare opwek op land wil je in Noord-Holland en Flevoland?
- Waar wil je elektrolyzers in Noord-Holland en Flevoland plaatsen en hoeveel?
- Wil je opslag van waterstof faciliteren in Noord-Holland?
- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie in Noord-Holland en Flevoland?
- Komt er bovenregionaal warmtetransport in Noord-Holland en gebruik je dan geothermie of restwarmte als hoofdbron?
- Wil je waterstof importeren in IJmuiden (Noord-Holland)?

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

#### 3.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

##### Aanlanding windenergie op zee (elektrisch)

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat ruim 2 GW aan windenergie op zee aangesloten worden in Beverwijk tot 2031. Het is de verwachting dat dit minimaal 2,8 GW wordt in 2050. Daarnaast is het uitgangspunt dat minimaal 2 GW windenergie op zee aanlandt in de kop

van Noord-Holland. In dat geval ontstaan geen zware knelpunten op de hoogspanningsinfrastructuur en zijn geen nieuwe verbindingen nodig.

Er is onderzocht wat de effecten zijn als meer windenergie op zee aanlandt in Noord-Holland. Er is gekeken naar maximaal 15 GW in de kop van Noord-Holland en maximaal 5 GW in Beverwijk (inclusief de bestaande plannen). Bij dusdanig grote hoeveelheden windenergie op zee ontstaan grote knelpunten op het 380kV-hoogspanningsnet in Noord-Holland. De twee bovengrondse circuits tussen Kop van Noord-Holland en ten noorden van Amsterdam (aangenomen in deze studie) hebben dan niet voldoende transportcapaciteit, waardoor nieuwe circuits nodig zijn. Daarnaast zijn dan ook de verbindingen Beverwijk – Oostzaan, Beverwijk – Vijfhuizen en Oostzaan – Diemen zijn dan nieuwe circuits nodig<sup>2</sup>. Het aanleggen van deze nieuwe circuits heeft grote landschappelijke effecten. Ook zijn er grote uitdagingen bij de ruimtelijke inpassing hiervan door onder andere woonkernen en cultuurhistorie waardoor op sommige delen bovengrondse aanleg niet haalbaar lijkt. Deze negatieve effecten kunnen voorkomen worden door minder windenergie op zee aan te landen in Noord-Holland. In 3.4 wordt besproken hoeveel windenergie op zee kan aanlanden in Noord-Holland voordat uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. Dit hangt samen met de uitrol van hernieuwbare opwek op land en de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag.

Bij grootschalige aanlanding van windenergie op zee in de kop van Noord-Holland en Beverwijk is er ook een grote ruimte vraag op de aanlandingslocaties voor uitbreiding van bestaande of ontwikkeling van één of meerdere nieuwe hoogspanningsstations, extra convertorstations, mogelijk elektrolyzers<sup>3</sup> en batterijen. Voor Beverwijk betekent dit een ruimte vraag van circa 130 ha. Gezien de beperkte ruimte (zie paragraaf 3.2) lijkt dit ruimtebeslag niet haalbaar. Voor de kop van Noord-Holland geldt een ruimtebeslag van circa 385 ha. Dergelijk ruimtebeslag gaat in dit gebied ten koste van landbouwgrond en is door de omvang een aandachtspunt.

Een alternatief voor het voorkomen van grote verzwareningen aan het 380kV-net in Noord-Holland is het doortrekken van ondergrondse HVDC<sup>4</sup>-kabels vanaf de windenergiegebieden op zee naar locaties in het binnenland in plaats van aanlanding aan de kust. Dit heet diepe aanlanding. In Noord-Holland zou Diemen een geschikte locatie kunnen zijn voor diepe aanlanding gezien de ligging van het station aan de hoofdlijn van het 380kV-net. Daarom zijn de effecten van diepe aanlanding in Diemen onderzocht. Diepe aanlanding in Diemen kan zorgen dat op een deel van de 380kV-verbindingen in Noord-Holland geen uitbreiding meer nodig is. Diepe aanlanding bij Diemen leidt echter tot een grote ruimte vraag in Diemen voor nieuwe hoogspanningsstation(s), extra convertorstations, mogelijk elektrolyzers en batterijen. Dit gaat om circa 145 ha. Er is hiervoor niet voldoende ruimte beschikbaar. De conclusie is dus dat diepe aanlanding de aanleg van nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen kan voorkomen, maar dat diepe aanlanding in Diemen niet haalbaar is. Er kan gekeken worden naar diepe aanlanding op andere locaties.

In de kop van Noord-Holland zijn zowel Den Helder als Middenmeer in beeld als aanlandingslocatie. Op beide locaties is nu nog geen 380kV-station aanwezig. Er zijn wel plannen voor de ontwikkeling van een 380kV-station in de Kop van Noord-Holland. Als gekozen wordt voor (elektrische) aanlanding bij Den Helder is hier de ontwikkeling van een 380kV-station voor de hand liggend en is een 380kV-verbinding nodig naar de Kop van Noord-Holland. De keuze heeft geen effect op de rest van het hoogspanningsnet.

<sup>2</sup> Na het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA gaat de RCR-procedure voor de verbinding Noord-Holland Noord van start (zomer 2023). Daarin worden zowel 2 als 4 circuits onderzocht.

<sup>3</sup> Aanlandingspunten van windenergie op zee zijn een logische locatie hiervoor, maar niet de enige optie. Meer hierover bij het kopje **Locatie van elektrolyzers**.

<sup>4</sup> High Voltage Direct Current. Direct Current is gelijkstroom.

Zowel bij Middenmeer als bij Den Helder ligt in 2050 naar verwachting een waterstoftransportleiding in de buurt, dus op beide locaties kunnen elektrolyzers geplaatst worden als windenergie op zee daar aanlandt (meer hierover bij de keuze Locatie van elektrolyzers).

#### Aanlanding windenergie op zee (waterstof)

Het is mogelijk dat een deel van de windenergie op zee in 2050 aanlandt in de vorm van waterstof. De elektriciteit wordt dan op zee al omgezet in waterstof en vervolgens wordt de waterstof via een buisleiding getransporteerd naar land. In Noord-Holland is Den Helder een logische locatie voor aanlanding van waterstof vanwege de nabijheid van gastransportleidingen op land en vanwege bestaande offshore buisleidingen die daar aan land komen die mogelijk hergebruikt kunnen worden. De transportleidingen op land hebben in principe voldoende capaciteit om grote hoeveelheden waterstof af te voeren. Een alternatief is aanlanding bij IJmuiden, waar ook offshore leidingen aanwezig zijn maar met een lagere capaciteit. Er zijn mogelijk korte aanvoerleidingen vanaf de aanlandingslocatie naar de waterstoftransportleidingen nodig. Daarnaast is op de aanlandingslocatie (een beperkte hoeveelheid) ruimte nodig voor een werklocatie met een gasmeetinstallatie. Het plaatsen van offshore elektrolyzers vraagt daarnaast ruimte op de Noordzee. Dit valt niet binnen de scope van het PEH.

#### Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

De kop van Noord-Holland en Flevoland kunnen potentiële locaties zijn voor grootschalige clustering van wind op land vanwege de hoge windsnelheden, de inpassingsmogelijkheden binnen het grootschalige karakter van het landschap en de in de toekomst naar verwachting grote elektriciteitsvraag in de provincie. Ook voor grootschalige clustering van zon op land lenen deze regio's zich goed. Er is onderzocht wat de effecten zijn voor de energie-infrastructuur als er grootschalige clusters van wind op land en zon op land in de kop van Noord-Holland en Flevoland komen. Er is gekeken naar 1,4 GW (gehele provincie 1,5 GW) wind op land en 3,0 GW zon op veld (gehele provincie 4,7 GW) in de kop van Noord-Holland en 3,1 GW wind op land en 2,8 GW zon op veld in Flevoland.

Bij plaatsing van grootschalige clusters van windturbines en zonnevelden is het ook wenselijk om meer batterijen te plaatsen bij 150kV-stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten, bijvoorbeeld bij 150kV-station Dronten. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 150kV-stations voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Grootschalige clustering van hernieuwbare opwek op land in de kop van Noord-Holland en Flevoland leidt ook tot een grotere transportbehoefte op het hoogspanningsnet. Mogelijk moeten daardoor één of meerdere 150kV-pockets in deze gebieden opgesplitst worden in kleinere pockets. In dat geval moet een nieuw 380kV-station geplaatst worden, met een ruimtebeslag van 10 ha. Het is nog onduidelijk hoe de

nieuwe pockets er in dat geval uit moeten zien en waar een nieuw station moet komen. Er zijn naar verwachting geen verzwaringen nodig voor de 380kV-verbindingen.

Bij clustering worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen, doordat er minder sprake is van verspreid liggende wind en zon op land. Hiermee wordt de kans op effecten die optreden op de locaties van clustering wel groter.

#### Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Als elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee worden geplaatst komt er een groot vermogen aan elektrolyzers bij Beverwijk, Den Helder of Middenmeer en mogelijk Diemen. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de analyse is gekeken naar het plaatsen van maximaal 4,8 GW (50 hectare) aan elektrolyzers bij Beverwijk, maximaal 14,6 GW (145 hectare) bij Middenmeer of Den Helder en maximaal 5,5 GW (55 hectare) bij Diemen. Daarnaast is ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations om deze elektrolyzers aan te sluiten. Indien hiervoor een extra hoogspanningsstation gerealiseerd moet worden is dit ruimtebeslag meegenomen onder nieuwe stations (in paragraaf 3.4.2).

Als elektrolyzers geplaatst worden bij industriële waterstofvraag komen er mogelijk ook elektrolyzers bij Beverwijk. Er worden in dat geval geen elektrolyzers geplaatst in Diemen of in de Kop van Noord-Holland.

#### Opslag van (methaan en) waterstof

In Noord-Holland zijn twee huidige gasbergingen beschikbaar. Het gaat om de gasopslag USG Bergermeer, een grote seizoensopslag, en de PGI Alkmaar, een kleine opslag voor pieklevering. Deze huidige gasbergingen kunnen – net als nu – in 2050 ingezet worden voor de opslag van methaan. Als dat het geval is, zijn deze niet beschikbaar voor de opslag van waterstof. Als volledig ingezet wordt op waterstof, kan onderzocht worden of één van deze opslagen (of eventueel beide) geschikt gemaakt kunnen worden voor waterstof.

Indien het niet kan, moet waterstof elders opgeslagen worden. In Noord-Holland is nog een optie verkend, namelijk een leeg gasveld bij de IJmond. Ook hiervoor geldt dat het onzeker is of opslag van waterstof mogelijk is.

In principe zijn gastransportleidingen bij beide locaties aanwezig. Daarbij gaat het om ondergrondse opslag, met een minimaal ruimtebeslag. Naar verwachting zijn hiervoor geen nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig.

#### Locatie van regelbare centrales

Op dit moment staan elektriciteitscentrales in Diemen, Amsterdam (Hemweg), Velsen en Lelystad.



In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de elektriciteitsvraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte voor regelbare centrales nodig als nu. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden op de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is bij de Barro-locaties Diemen, Amsterdam, Velsen en Lelystad. Bij Amsterdam zou dit kunnen leiden tot maximaal 4.000 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van circa 20 ha. Daarnaast zijn hier dan extra velden bij 380kV-stations voor nodig. Bij de andere locaties in Noord-Holland en Flevoland is onvoldoende ruimte voor meer regelbaar vermogen. Indien spreiding wordt toegepast, zal een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan zal dan ook in Noord-Holland en Flevoland gerealiseerd moeten worden. Vanuit systeem-perspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380-, 150- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales.

Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig is. Als er gekozen wordt om op de huidige Barro-locatie van Lelystad een grotere centrale te plaatsen, is de huidige transportleiding niet van voldoende capaciteit. Er is dan een grotere transportleiding, maar dit past binnen een bestaande buisleidingenstrook. Daarom is er geen ruimtelijke reservering nodig.

### Warmtetransport

In de regio Noord-Holland is uitbreiding van bestaande warmtenetten mogelijk om in de warmtevraag van de gebouwde omgeving te voorzien. Geothermie of restwarmte kunnen dienen als hoofd warmtebron voor deze warmtenetten. Hieronder volgt een overzicht van mogelijke uitbreidingen van het warmtenet voor de bronnen geothermie en restwarmte in Noord-Holland tussen nu en 2050.

Tabel 3-3 - Warmtetransport Noord-Holland

Warmtebron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Purmerend	Amsterdam	47-59	400	55
Geothermie	Alkmaar	Amsterdam	40-50	350	50
Restwarmte	Alkmaar	Amsterdam	25-37	500	130
Restwarmte	Purmerend	Amsterdam	15-23	500	130

In de buurt van Amsterdam is voor beide soorten bronnen een uitbreiding van het warmtenet mogelijk. Bij aanlandingslocaties waar een aansluiting op het warmtenet is voorzien, kan de restwarmte van de

elektrolyzers mogelijk ingezet worden samen met de restwarmte op de industrielocatie, bijvoorbeeld bij aanlanding in Diemen.

#### Import waterstof

In de CES 2.0 staat een toename van vraag naar waterstof opgenomen, met name door de introductie van de DRI-technologie voor staalproductie. Invulling van waterstofvraag (100-150 kton/jaar in 2030 en 400 kton/jaar vanaf 2035) wordt in de CES 2.0 deels voorgesteld door aansluiting op het landelijk waterstofnetwerk, en deels met import. In de CES 2.0 voor het Noordzeekanaalgebied stelt MIEK een import terminal voor waterstof voor in dit gebied. De volumecapaciteit van de waterstofterminal is naar verwachting 200 kton. De ruimte in het Westelijk Havengebied wordt nu gebruikt voor kolen, olie en aardgas. Deze ruimte kan in de toekomst mogelijk ingezet worden voor de waterstofterminal.

### 3.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

#### 3.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes die in ogenschouw genomen moet worden. Hieronder wordt besproken hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeem-perspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee in Beverwijk en de kop van Noord-Holland kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Daarnaast raakt de keuze voor de (elektrische) aanlanding van windenergie op zee aan de keuze rondom clustering van hernieuwbare opwek op land. Bij grote hoeveelheden aanlanding windenergie op zee in de kop van Noord-Holland ontstaan grote lokale overschotten die niet afgevoerd kunnen worden door het hoogspanningsnet. Clusters van hernieuwbare opwek op land in de kop van Noord-Holland kunnen leiden tot nog meer lokale overschotten en het probleem verergeren. De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie in de kop van Noord-Holland moet in samenhang bekeken worden om te voorkomen dat dusdanig grote lokale overschotten aan elektriciteit ontstaan dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. In het kader hieronder wordt besproken hoeveel aanbod mogelijk is in de kop van Noord-Holland voordat dit het geval is.

#### **Hoeveel aanbod van elektriciteit in de kop van Noord-Holland voordat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn?**

Er kunnen knelpunten ontstaan op het 380kV-net doordat in Noord-Holland meer elektriciteit geproduceerd wordt of aanlandt dan lokaal gebruikt wordt. Hier wordt geanalyseerd hoeveel windenergie op zee kan aanlanden voordat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Aangezien wind op land vaak tegelijk produceert met windenergie op zee zorgt elke MW wind op land extra er vermoedelijk ook voor dat je 1 MW minder windenergie op zee of kernenergie kwijt kan. Dit moet je dus ook meewegen in de analyse hoeveel opwek je kwijt kan. Zon-pv heeft hier geen effect op, aangezien de productie van zon-pv meestal niet gelijktijdig met de productie van wind plaatsvindt. Regelbare centrales produceren op momenten met weinig wind, dus deze productie heeft hier ook geen effect op. Hoeveel aanbod van elektriciteit in de kop van Noord-Holland mogelijk is hangt ook af van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, aangezien bij een hogere elektriciteitsvraag een groter deel van het aanbod direct gebruikt kan worden en niet getransporteerd hoeft te worden.

Er zijn plannen om 380kV-verbindingen aan te leggen vanaf de Kop van Noord-Holland en het zuidelijke deel van Noord-Holland. Het is nog onzeker hoe deze uitbreidingen er uit gaan zien. In dit onderzoek is uitgegaan van twee circuits tussen de Kop van Noord-Holland en ten noorden van Amsterdam. Deze twee circuits worden uitgerust met 4kA-geleiders en hebben een totale afvoercapaciteit van 2650 MW (2 circuits met 2.650 MW capaciteit, N-1-redundantie). Een deel van het lokale aanbod van elektriciteit in de kop van Noord-Holland kan direct gebruikt worden door lokale vraag van de gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie en elektrolysers. Het is de verwachting bij meer dan 4 GW aanbod van elektriciteit (windenergie op zee en wind op land) in de kop van Noord-Holland (excl. Beverwijk) knelpunten ontstaan op het de afvoerende 380kV-verbinding van de kop van Noord-Holland richting ten noorden van Amsterdam, maar dan zijn de knelpunten naar verwachting nog oplosbaar met redispatch. Vanaf 4,5 GW aanbod van elektriciteit in de kop van Noord-Holland (excl. Beverwijk) is naar verwachting een nieuw circuit nodig. Aangezien dit om een 3de circuit gaat zijn nieuwe masten nodig en is de ruimtelijke impact fors.

De hoeveelheid windenergie op zee die kan aanlanden is afhankelijk van de elektriciteitsvraag in Noord-Holland Noord, bijvoorbeeld van datacenters. Bij een hogere elektriciteitsvraag kan meer elektriciteit direct gebruikt worden en kan meer stroom aanlanden. Bovenstaande is gebaseerd op de doorrekeningen van de zeven scenario's die gebruikt zijn in het PEH, waarin uitgegaan wordt van ongeveer 300 MW aan datacenters in de kop van Noord-Holland. Voor elke MW extra vraag van datacenters kan een MW extra windenergie op zee aanlanden. Het is onduidelijk of bovenstaande omslagpunten ook gelden voor de 380kV-verbindingen Beverwijk – Oostzaan, Beverwijk – Vijfhuizen en Oostzaan – Diemen. Aangezien dit geen uitlopers van het net zijn is een integrale doorrekening nodig om de effecten van aanlanding van windenergie op zee op deze verbindingen in te schatten. Uit de doorrekeningen van de scenario's volgt dat er bij 5 GW aanlanding in Noord-Holland (3 GW in Beverwijk en 2 GW kop Noord-Holland) geen nieuwe circuits nodig zijn bij deze verbindingen en bij 11 GW aanlanding in Noord-Holland (3 GW in Beverwijk en 8 GW kop Noord-Holland) wel. Het omslagpunt voor deze verbindingen ligt dus ergens tussen de 5 GW en 11 GW aanlanding van windenergie op zee in Noord-Holland.

Bovenstaande is gebaseerd op de doorrekeningen van de zeven scenario's die gebruikt zijn in het PEH. In de CES 2.0 wordt uitgegaan van een hogere elektriciteitsvraag in het Noordzeekanaalgebied. Daardoor kan ook meer windenergie op zee aanlanden bij Beverwijk (geen effect op de verbinding tussen de kop van Noord-Holland en het zuidelijk deel). Naar verwachting kan, bij realisatie van de CES 2.0 1 tot 2,5 GW extra windenergie op zee aanlanden zonder nieuwe uitbreidingen aan hoogspanningsverbindingen nodig zijn, dus 6 tot 13,5 GW in Noord-Holland in totaal.

Bij een grote vraag naar waterstof (bijvoorbeeld door verduurzamingsplannen van Tata Steel) kan gekozen worden voor aanvoer van op de Noordzee geproduceerde waterstof via offshore leidingen tot aan Den Helder, voor productie bij aanlandingslocaties of bij de industrieclusters of import vanuit het buitenland. Een combinatie van verschillende bronnen is ook mogelijk. Offshore waterstofproductie vraagt extra ruimte op de Noordzee, maar nauwelijks ruimte op land. De keuze voor productie bij de aanlandingslocaties vraagt veel ruimte op de aanlandingslocaties (waar in sommige gevallen ruimte al beperkt is, zie paragraaf 3.4.2). Bij import vanuit het buitenland, bijvoorbeeld in de vorm van ammoniak, is ruimte nodig voor importterminals. De regio IJmuiden kan ook aanspraak maken op import van waterstof dat via een andere locatie, bijvoorbeeld Rotterdam, het land binnenkomt aangezien de regio IJmuiden in 2030 al verbonden is met het Nationaal Waterstofnetwerk en daarmee verbonden is met Rotterdam. In dat geval is ook nauwelijks extra ruimte nodig in Noord-Holland.

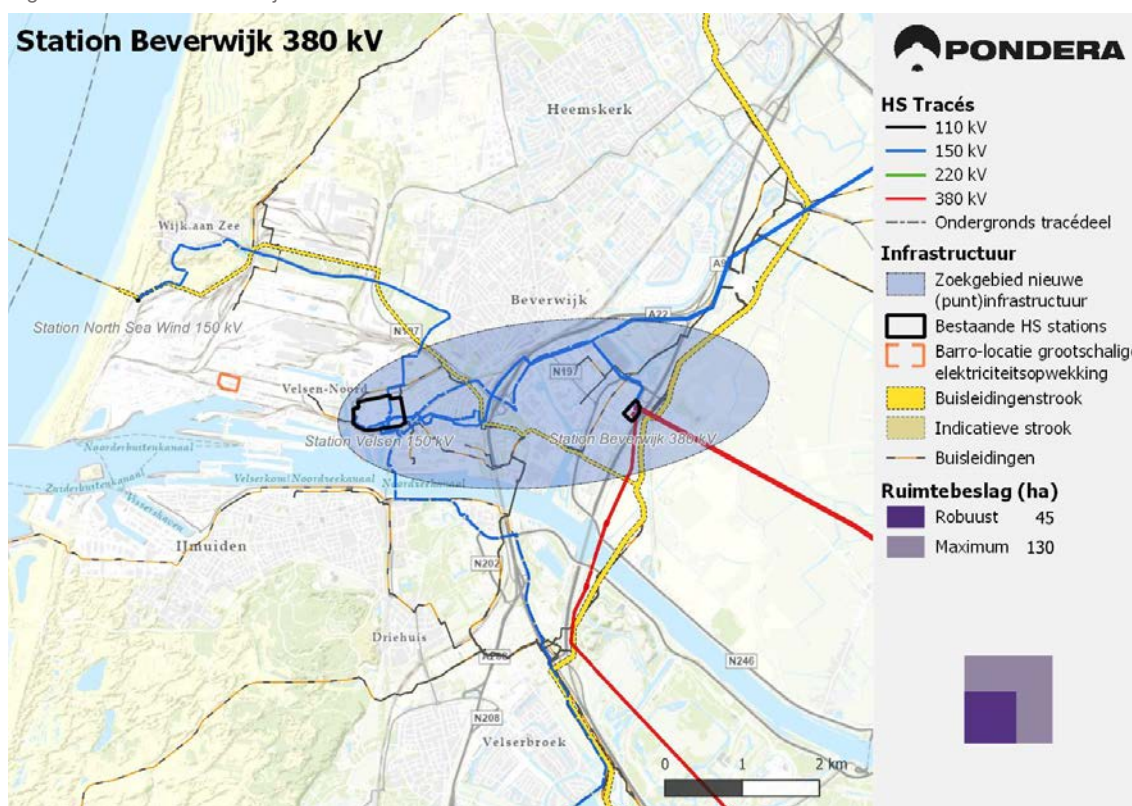
Bijna alle keuzes uit paragraaf 3.3 hebben een ruimtelijke neerslag op de Barro-locaties Beverwijk en Diemen en mogelijke aanlandingslocaties Middenmeer en Den Helder. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is waarschijnlijk niet haalbaar om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten keuzes gemaakt worden.

### 3.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 3-4 - Maximaal ruimtebeslag Beverwijk

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10
Convertoerstations	-	10
Elektrolyzers	4.800	50
Batterijen	2.000	60

Figuur 3-2 - Station Beverwijk

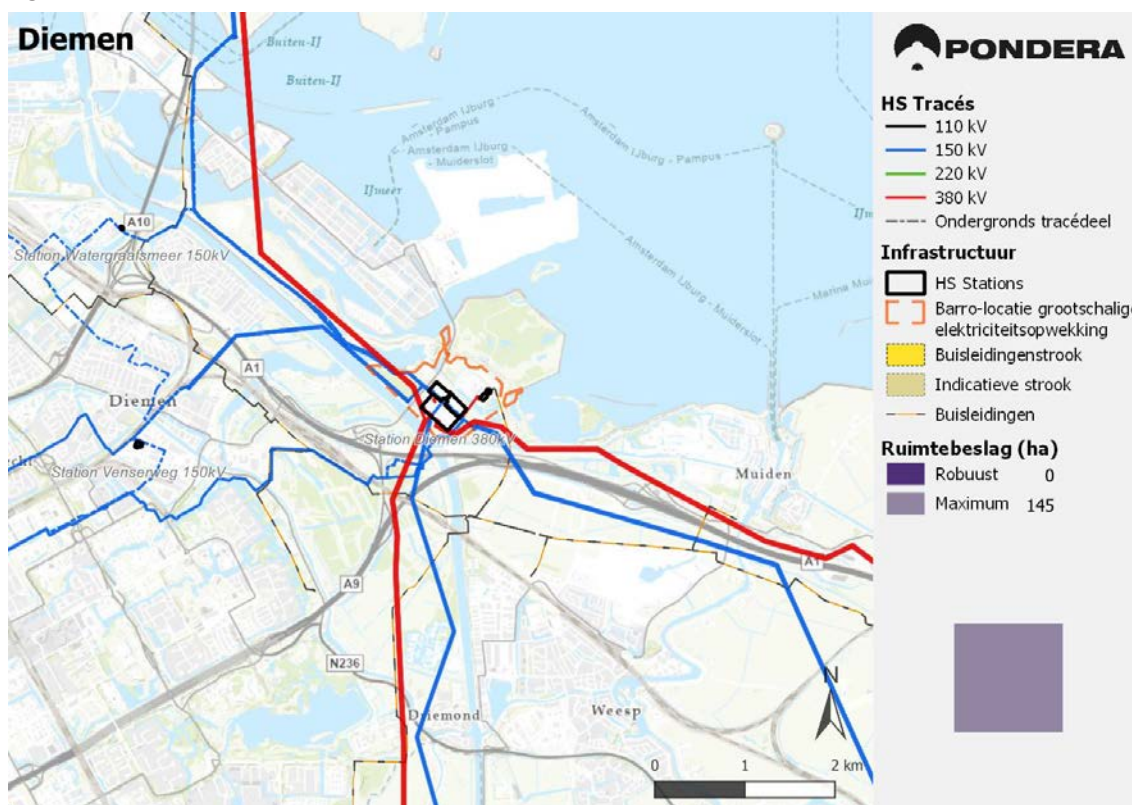


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Beverwijk de grootste aandachtspunten de beperkt beschikbare ruimte en de aanwezigheid van werelderfgoed Stelling van Amsterdam zijn. Voor het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte beschikbaar en ook het minimale ruimtebeslag is zeer lastig te realiseren.

Tabel 3-5 - Maximaal ruimtebeslag Diemen

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	20
Converterstations	-	15
Elektrolyzers	5.600	55
Batterijen	2.000	55

Figuur 3-3 - Diemen

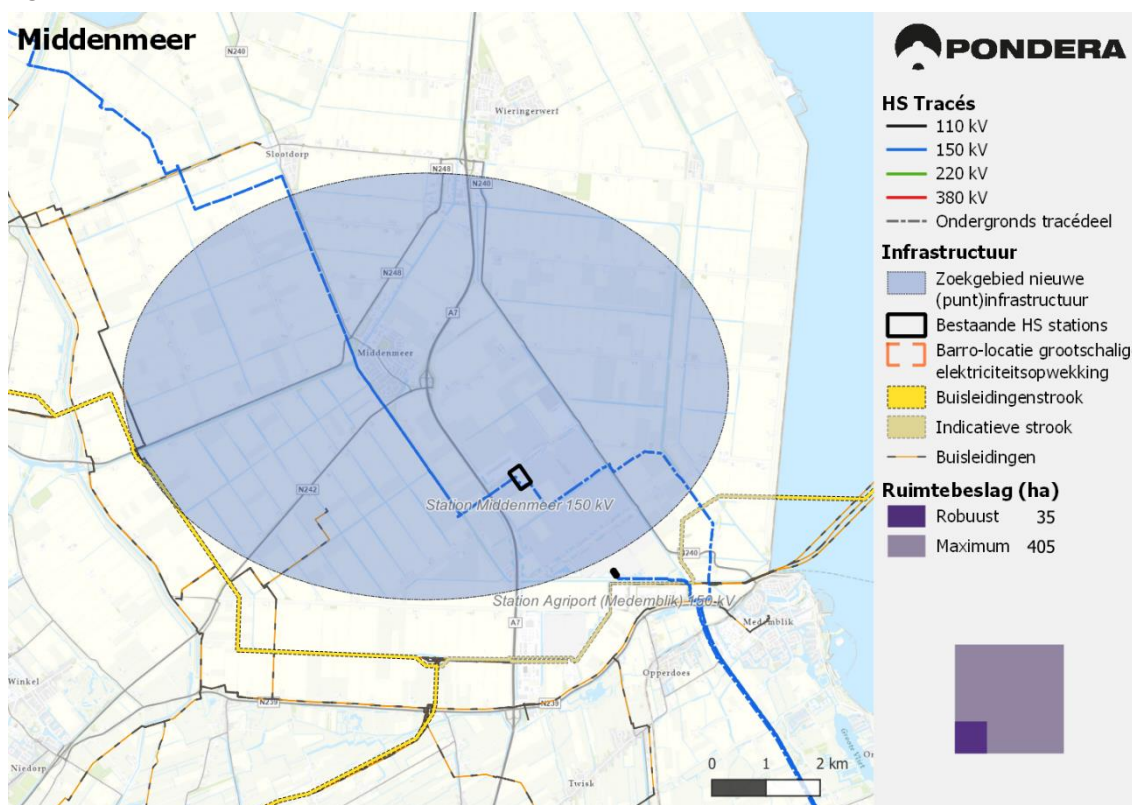


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Diemen het grootste aandachtspunt de beperkt beschikbare (en letterlijk fysieke) ruimte is door de nabijheid van woonkernen, bestaande energie-infrastructuur en nabijheid van Natura 2000-gebied. Voor het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte beschikbaar.

Tabel 3-6 - Maximaal ruimtebeslag Middenmeer

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	40
Converterstations	-	40
Elektrolyzers	14.600	145
Batterijen	6.000	180

Figuur 3-4 - Middenmeer



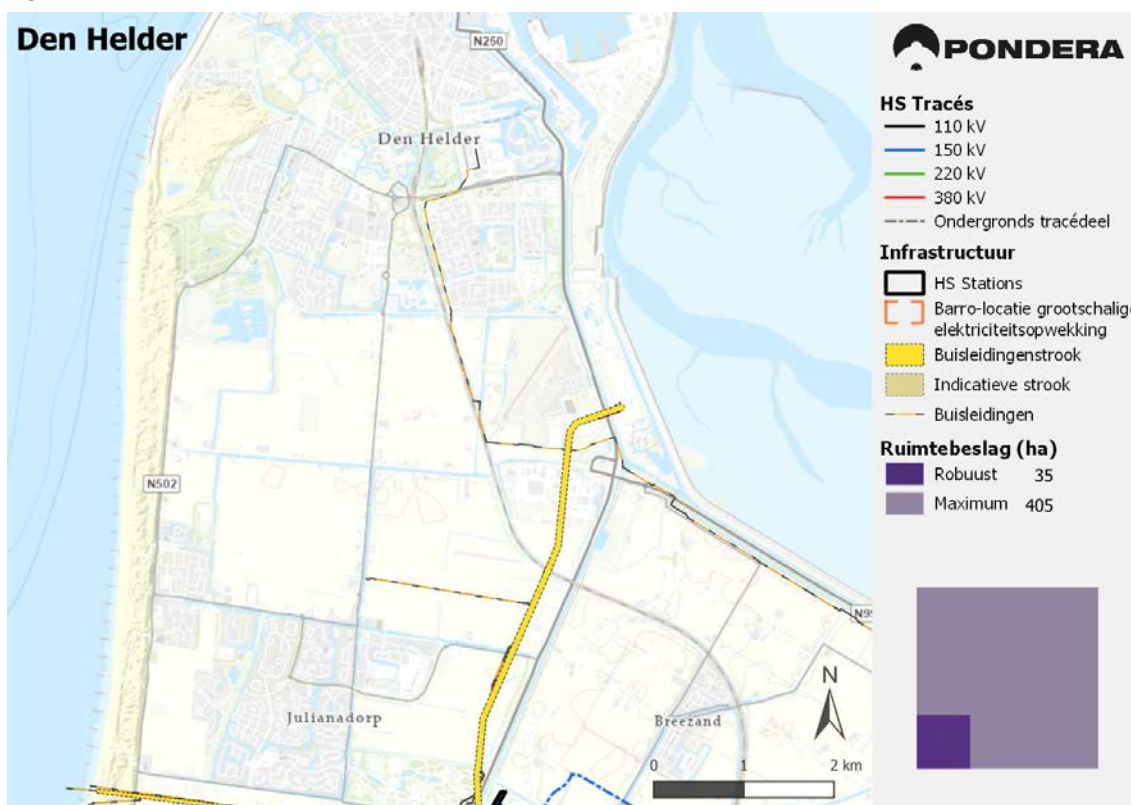
Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Middenmeer<sup>5</sup> het grootste aandachtspunt de hoeveelheid benodigde ruimte is. Deze ruimte beschikbaar maken gaat ten koste van landbouwgrond. Dit is een aandachtspunt, maar het lijkt wel haalbaar. Voor het minimale ruimtebeslag zijn er geen aandachtspunten.

<sup>5</sup> In de modelberekeningen is uitgegaan van Middenmeer als aansluitlocatie voor windenergie op zee. In de praktijk kan de aanlanding ook in de omgeving van Den Helder plaatsvinden. Het ruimtebeslag van Middenmeer is daarom ook geprojecteerd en beoordeeld voor Den Helder. Zie ook Bijlage XIa over Middenmeer en Den Helder.

Tabel 3-7 - Maximaal ruimtebeslag Den Helder

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	40
Converterstations	-	40
Elektrolyzers	14.600	145
Batterijen	6.000	180

Figuur 3-5 - Den Helder



Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Den Helder het grootste aandachtspunt de hoeveelheid benodigde ruimte is. Dit ruimtebeslag heeft een negatief effect op landbouwgrond en lokale recreatie. Ook kan dit knellen met verspreide woningen in de omgeving. Voor het minimale ruimtebeslag zijn er geen aandachtspunten.

## 4 Gebiedsanalyse Midden- en Oost-Nederland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincies Utrecht, Overijssel en Gelderland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de uitbreiding van 380kV-infrastructuur en ontwikkeling van nieuwe buisleidingen. Zie Bijlage I *Woordenboek* voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

### 4.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Midden- en Oost-Nederland?

De onderstaande figuur toont de huidige energie-infrastructuur in Midden- en Oost-Nederland. Aan de westkant van Utrecht loopt een 380kV-verbinding vanaf Noord-Holland via Breukelen richting Zuid-Holland. Aan de oostzijde van Gelderland en Overijssel loopt een 380kV-verbinding vanaf Noord-Brabant via Dodewaard (nabij Nijmegen) en Doetinchem en Hengelo richting Zwolle. Bij Zwolle loopt een 380kV-verbinding richting Ens in Flevoland en een verbinding richting Meeden in Groningen. Bij Doetinchem en Hengelo is het 380kV-net verbonden met het Duitse hoogspanningsnet. Daarnaast loopt een 150kV-net door de provincies Utrecht en Gelderland. De 150kV-netten in Utrecht en Gelderland zijn aan elkaar verbonden (en daarnaast ook met het 150kV-net in Flevoland). In Overijssel loopt een lokaal 110kV-net en een 220kV-verbinding richting Drenthe.

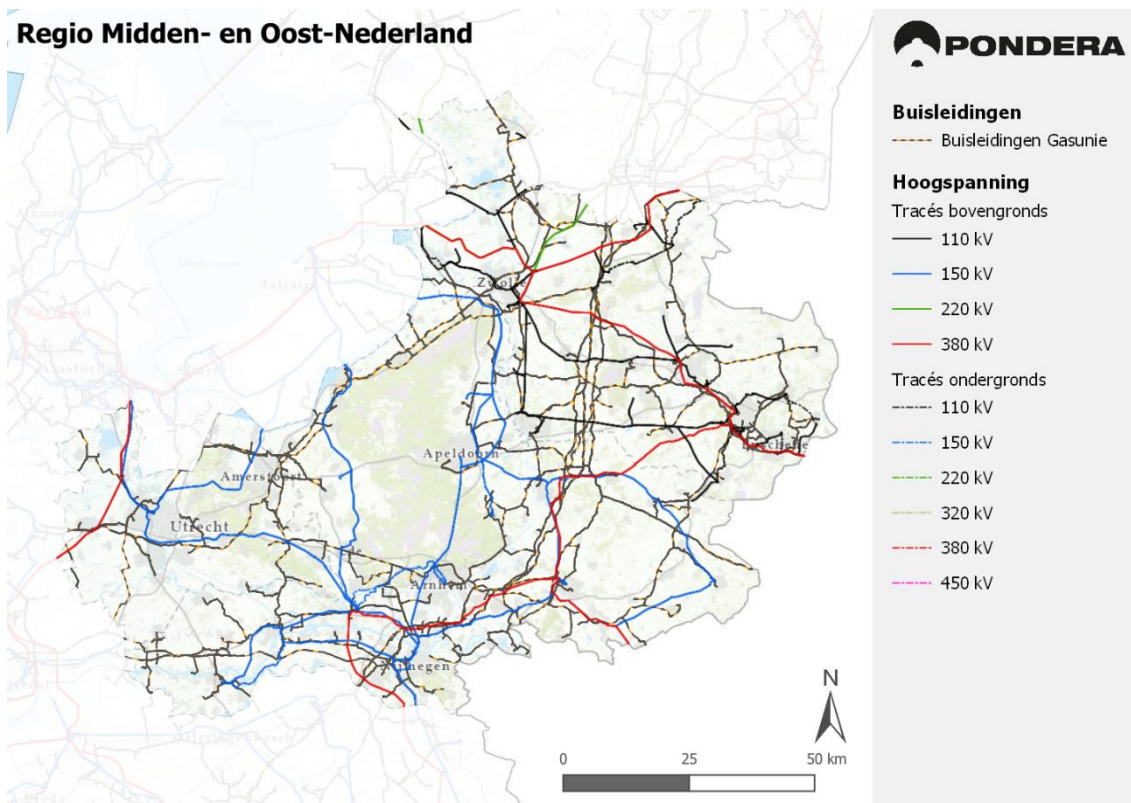
Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Midden- en Oost-Nederland. Er komen vanuit het noorden twee stroken met H-gas (hoogcalorisch gas) en L-gas (laagcalorisch gas) leidingen samen bij Ommen. Vanaf daar loopt een H-gasleiding richting Flevoland en L-gasleidingen richting Flevoland en richting Utrecht. Daarnaast loopt vanaf Ommen een strook met H-gas en L-gas verder naar het zuiden richting Noord-Brabant en Limburg. Bij Enschede<sup>6</sup>, Winterswijk en Zevenaar is het Nederlandse gas-transportnet verbonden met het Duitse gastransportnet.

Ten slotte lopen er enkele pijpleidingen van de Defensie Pijpleiding Organisatie (DPO) door Utrecht, Gelderland en Overijssel. Door deze pijpleidingen wordt kerosine getransporteerd.

<sup>6</sup> NB: Bij Enschede is alleen een verbinding met cavernes bij het Duitse Epe. Er is daar geen exportstation en geen rechtstreekse verbinding met de Duitse gasnetten.



Figuur 4-1 - Overzicht energie-infrastructuur Midden- en Oost-Nederland



## 4.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

### 4.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

#### Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Verwacht wordt dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Midden- en Oost-Nederland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 4-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 4-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Midden- en Oost-Nederland

Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-station</b>	Wijchen	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Breukelen	Uitbreiding station
<b>380kV-verbinding</b>	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
<b>150/110kV-verbindingen</b>		Implementatie pocketstructuur

## Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstofnet en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Midden- en Oost-Nederland.

Tabel 4-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting Midden- en Oost-Nederland

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Exportverbindingen Duitsland (inclusief traject Ommen-Winterswijk/ Zevenaar)	134	134	n.v.t.	2027-2030
Verbinding Noord-Nederland - Chemelot	216	200	16	2027

### 4.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Bovenop de geplande volgt uit de analyses dat er een uitbreiding van de 380kV-verbinding tussen Zwolle en Hengelo nodig is en mogelijk ook tussen Ens en Zwolle. Deze uitbreidingen zijn nodig om uitwisseling van elektriciteit met Duitsland te faciliteren. Het is echter onzeker of deze uitbreiding echt nodig is, mogelijk komt dit als knelpunt naar voren doordat de uitwisseling van elektriciteit met het buitenland beperkt gemodelleerd is. Naast deze ontwikkelingen is er tussen 2030 en 2050 naar verwachting een uitbreiding van het 380kV-station bij Dodewaard of de ontwikkeling van een nieuw 380kV-station noodzakelijk.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen nodig zijn. Hoogspanningsstations en koppelpunten tussen het hoogspanningsnet en de regionale netten zijn logische locaties voor deze batterijen. Het is daarom de verwachting dat op deze locaties batterijen gaan komen in de toekomst.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales of groengas-centrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Utrecht omgebouwd worden of vervangen worden door nieuwe centrales.

Of verder nog nieuwe energie-infrastructuur nodig is hangt af van de keuzes die gemaakt worden. Paragraaf 4.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

## 4.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

### 4.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zuid-Nederland zijn:

- locatie van hernieuwbare opwek op land;
- locatie van elektrolyzers;
- locatie van regelbare centrales;
- opslag van waterstof;

- bovenregionale warmte-infrastructuren.

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

#### 4.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

##### Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

De hoeveelheid hernieuwbare opwek op land kan in de provincies Gelderland, Overijssel en Utrecht na 2030 nog fors groeien. In de scenario's is gekeken naar maximaal 5 GW zon op veld en 1,5 GW wind op land in Overijssel, maximaal 6,5 GW zon op veld en 2,5 GW wind op land in Gelderland en maximaal 2 GW zon op veld en 1 GW wind op land in Utrecht in 2050. Bij plaatsing van grote hoeveelheden hernieuwbare opwek op land is het wenselijk om batterijen te plaatsen bij stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 150kV-stations in Zeeland voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Door de voorziene pocketstructuur van het 150kV-net kan veel meer elektriciteit getransporteerd worden. Daarnaast kunnen batterijen een forse bijdrage leveren aan lokale balancerings van vraag en aanbod van elektriciteit. Het is daarom de verwachting dat er, boven op de voorziene pocketstructuur, geen additionele uitbreidingen aan de hoogspanningsnetten in Gelderland, Overijssel en Utrecht nodig zijn door de groei van de hernieuwbare opwek op land, indien er ook batterijen in deze provincies komen. Als er geen batterijen komen zijn mogelijk wel uitbreidingen aan het hoogspanningsnet nodig bij een forse groei van de hernieuwbare opwek.

##### Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee is vanuit systeemperspectief efficiënter, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Er is geen aanlanding van windenergie op zee voorzien in deze regio. Het PEH is beperkt tot de effecten van plaatsing van elektrolyzers bij de 5 grote industriële clusters in Nederland (Rotterdam, NZKG, Chemelot, Zeeland, Noord-Nederland). Er is ook een 6e industriële cluster, waar over Nederland verspreide kleine industrie onder valt. Deze hebben invloed op de regionale netten. De effecten op regionale netten zijn niet onderzocht binnen PEH, waar alleen infrastructuur van nationaal belang is

meegenomen. Hier wordt kort benoemd wat mogelijke effecten zouden kunnen zijn. In het tekstblok worden effecten van spreiding in plaats van clustering beschreven.

In Midden- en Oost-Nederland zijn verspreid kleinere industrieën en industriële clusters aanwezig, die aangesloten zijn op regionale netten. Elektrolyzers kunnen mogelijk in de toekomst ook daar geplaatst worden, om in de vraag naar waterstof te voorzien. Daarnaast zouden elektrolyzers ook bij overschotten van opwek van wind op land (en eventueel zon op land) geplaatst kunnen worden. In sommige gevallen zullen deze hernieuwbare opweklocaties dichtbij regionale industrieclusters staan. Dan kan het zijn dat er - analoog aan de bovenregionale analyse in PEH op de nationale elektriciteitsnetten - minder knelpunten op regionale elektriciteitsnetten ontstaan. Daarbij moeten dan wel regionale gasnetten beschikbaar zijn voor transport van waterstof naar de vraag.

#### **Effect spreiding elektrolyzers in plaats van clustering**

Binnen PEH wordt gekeken naar verschillende manieren om elektrolyzers te clusteren. Maar het is ook een optie om elektrolyzers te spreiden. Bij de I13050 scenario's worden elektrolyzers ook grotendeels bij de aanlandingslocaties geplaatst, maar worden daarnaast ook elektrolyzers verspreid door het land geplaatst om overschotten van hernieuwbare productie op land op te vangen.

Door het clusteren van elektrolyzers bij de aanlandingslocaties mis je de optie om overschotten op land lokaal op te vangen en krijg je meer belasting op de regionale transportnetten, op 110/150kV-niveau. Uit de doorrekening van de scenario's I13050 Nationale Sturing en PEH Nationale Sturing volgt dat dit niet direct tot extra knelpunten lijkt te leiden op deze netvlakken, onder meer doordat er ook al batterijen actief zijn. Bij clusterlocaties van hernieuwbare opwek kunnen elektrolyzers in het binnenland de knelpunten die ontstaan op het 150kV- en het 110kV-net verminderen (zie ook paragraaf 2.3, de knelpunten bij de hernieuwbare opwek clusters zijn extra hoog doordat er geen elektrolyzers bij geplaatst zijn). Op het 220kV- en 380kV-netwerk heeft het clusteren van elektrolyzers amper effect ten opzichte van clustering bij aanlandingslocaties van windenergie op zee, aangezien op die netvlakken überhaupt geen knelpunten ontstaan door hernieuwbare opwek op land. Ook niet als er geen elektrolyzers bij geplaatst worden.

#### **Locatie van regelbare centrales**

Er zijn momenteel twee grote elektriciteitscentrales in Utrecht, en geen in Gelderland en Overijssel. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren door elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige centrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is in Utrecht naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Er is op de Barro-locatie in Utrecht naar verwachting geen extra ruimte voor extra grootschalige centrales, boven op de bestaande centrales. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in Overijssel, Gelderland of Utrecht gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen. Voor Milieu & Ruimte zijn effecten hiervan niet aan te geven omdat de precieze locaties niet duidelijk zijn.

De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig is. Als er gekozen wordt om op de huidige Barro-locatie van Lelystad een grotere centrale te plaatsen, is de huidige transportleiding niet van voldoende capaciteit. Er is dan een grotere transportleiding nodig. De leidingstrook Ommen-Maxima centrale Lelystad is geen SVB-strook. De leidingstrook heeft een lengte van circa 70 km. Als gekozen wordt voor een nieuwe leiding parallel aan de bestaande buisleiding is het ruimtebeslag circa 35 ha. Dit is een kleine kans op effecten voor ruimtebeslag. Wel is het bij een parallelle leiding nodig om een ruimtelijke reservering te maken.

### Opslag van waterstof

Vraag en aanbod van energie sluit niet op alle momenten in het jaar op elkaar aan. Om ten alle tijden in de vraag naar energie te kunnen voorzien is opslag nodig. Voor seizoensopslag is waterstof in gasbergingen (waar nu aardgas is opgeslagen), of waterstof in zoutcavernes (zoals nu aardgas in Zuidwending) geschikt. Als voor waterstofopslag in zoutcavernes wordt gekozen zijn een aantal locaties mogelijk geschikt. In het noorden van Nederland, met name Groningen, Drenthe en het oosten van Friesland, zijn zoutlagen in de ondergrond dik genoeg om zoutcavernes aan te leggen. De zoutlaag heeft daar zogenaamde verticale zoutpilaren waarin cavernes kunnen worden aangelegd.

In Twente zijn ook zoutlagen in de ondergrond aanwezig, maar deze zijn waarschijnlijk ongeschikt voor de aanleg van zoutcavernes voor waterstofopslag omdat de zoutlaag hier vooral uit horizontale zoutkussens bestaat i.p.v. verticaal gerekte zoutpilaren. Verder over de grens in Duitsland is het misschien wel mogelijk om waterstof op te slaan. Dit moet dan onderzocht worden.

Als voor opslag in zoutcavernes in Duitsland gekozen wordt, kan het zijn dat de capaciteit van (een deel van) de leiding tussen Ommen en Enschede onvoldoende is. Mogelijk kan dit knelpunt opgelost worden door een bestaande parallelle leiding in te zetten, die een grotere capaciteit heeft. Hier is geen ruimtelijke reservering nodig.

### Bovenregionaal warmtetransport

In Cuijk staat een biomassacentrale die warmte levert aan bedrijven op het industrieterrein. Er zijn plannen om in deze omgeving een warmtenet aan te leggen voor de verwarming van woningen. Ook in de regio Ede-Arnhem zijn er plannen voor een warmtenet.

Als hoofdbron voor een warmtenet kan onder meer gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. In Tabel 4-3 staat welke leidingen in PEH aangenomen zijn per bron in de regio Midden- en Oost-Nederland:

Tabel 4-3 - Warmtetransport Midden- en Oost-Nederland

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Land van Cuijk	Nijmegen	18-23	400	60
Restwarmte	Land van Cuijk	Nijmegen	9-13	400	60
Restwarmte	Ede	Arnhem	19-29	350	50

De effecten op Milieu & Ruimte verschillen tussen de bron en tussen het traject. Uitgaande van een gemiddeld vermogen van een geothermiedoublet van ongeveer 7,5 MW betekent dat bij de keuze voor geothermie er ongeveer 8 geothermiedoubletten komen tussen Cuijk en Nijmegen. Per 35 km is ongeveer één pompstation nodig voor het warmtenet. Vanuit Milieu & Ruimte is er een middelgrote kans op effecten

door geothermiedoubletten door tijdelijke hinder tijdens de aanleg in dichtbebouwde gebieden. De hinder wordt veroorzaakt door geluid en trillingen in de nabijheid van gebouwen. Bij een warmtenet is dit niet het geval bij de aanneming dat er geen nieuwe productie van restwarmte is. Bij de verbinding Land van Cuijk-Nijmegen is er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van de Maas (vaarweg en infrastructuur). De verbinding Ede-Arnhem heeft een grote kans op effecten op Natura 2000-gebied de Veluwe vanwege doorkruising van het gebied.

## 4.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

### 4.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit mogelijk samenhang tussen de keuze voor aanlanding van hernieuwbare opwek en de keuze voor elektrolyzers. Het is een optie om elektrolyzers in de buurt van hernieuwbare opwek op land te plaatsen. De hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is hangt af van de hoeveelheid hernieuwbare opwek op land.

De plaatsing van elektrolyzers biedt mogelijkheden om de restwarmte in te zetten als extra bron voor een warmtenet. Elektrolyzers produceren waterstof met een efficiëntie van ongeveer 60%, bij een temperatuur van ongeveer 70 graden Celsius. Dat betekent dat er 40% restwarmte is. Deze bron is dan in principe beschikbaar wanneer de elektrolyzers waterstof produceren, dus bij overschotten van hernieuwbare opwek op land. De gewenste omvang van de warmtebron in het voorbeeld bij Cuijk is rond de 60 MW. Restwarmte van elektrolyzers kan mogelijk een bijdrage leveren als de omvang van (een klein aantal) clusters optelt tot deze orde-grootte.

Meerdere keuzes uit paragraaf 4.3 hebben een mogelijke ruimtelijke neerslag op 380kV-, 150kV- of 110kV-stations. Hier kunnen mogelijk batterijen, elektrolyzers en kleinschalige regelbare centrales geplaatst worden. De beschikbare ruimte op deze locaties is mogelijk beperkt en in die gevallen is het niet altijd mogelijk om alle ontwikkelingen te faciliteren. Dan zijn keuzes hierin nodig. Omdat de omvang en locaties hiervan niet duidelijk zijn, is vanuit Milieu & Ruimte niet aan te geven wat de effecten hiervan zijn.

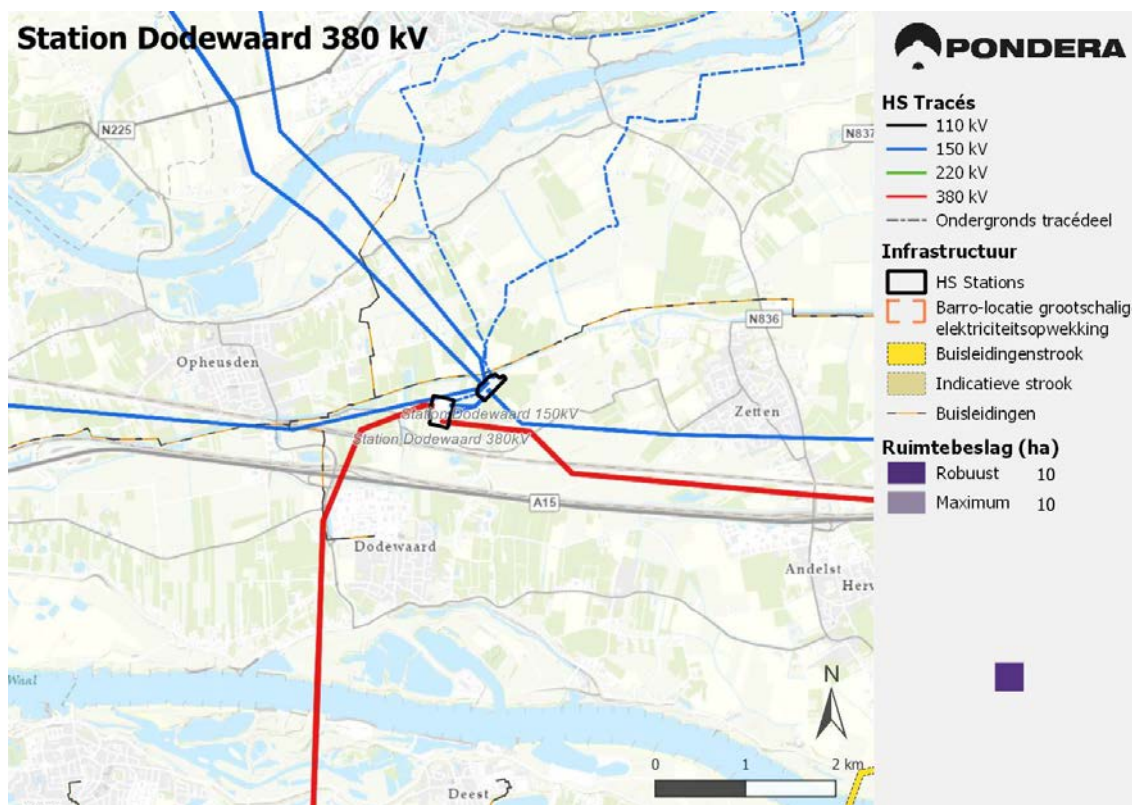
#### 4.4.2 Maximaal ruimtebeslag

In de regio Midden- en Oost-Nederland zijn er geen locaties aanwezig waar een groot ruimtebeslag verwacht wordt voor extra regelbare centrales, nieuwe stations, elektrolyzers en batterijen gezamenlijk. Concreet is er bij Dodewaard wel een verwacht ruimtebeslag, dit is hieronder toegelicht.

Tabel 4-4 - Maximaal ruimtebeslag Dodewaard

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10
Converterstations	-	-
Elektrolyzers	-	-
Kerncentrale	-	-
Batterijen	-	-

Figuur 4-2 - Station Dodewaard



Bij Dodewaard is er een nieuwe transformator nodig om de hoeveelheid elektriciteit te verwerken in 2050. Het is niet duidelijk of het huidige station nog capaciteit heeft voor een extra transformator of dat er een nieuw hoogspanningsstation nodig is om dit te faciliteren. Het maximale ruimtebeslag is de weergave van de laatste (worst-case) optie. Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Dodewaard het grootste aandachtspunt het overstromingsrisico is. Verder zijn er bekende archeologische waarden en ligt het Nationaal Landschap Rivierenland in de nabijheid. Voor het overstromingsrisico kan er gekozen worden om alles of de vitale onderdelen verhoogd aan te leggen.

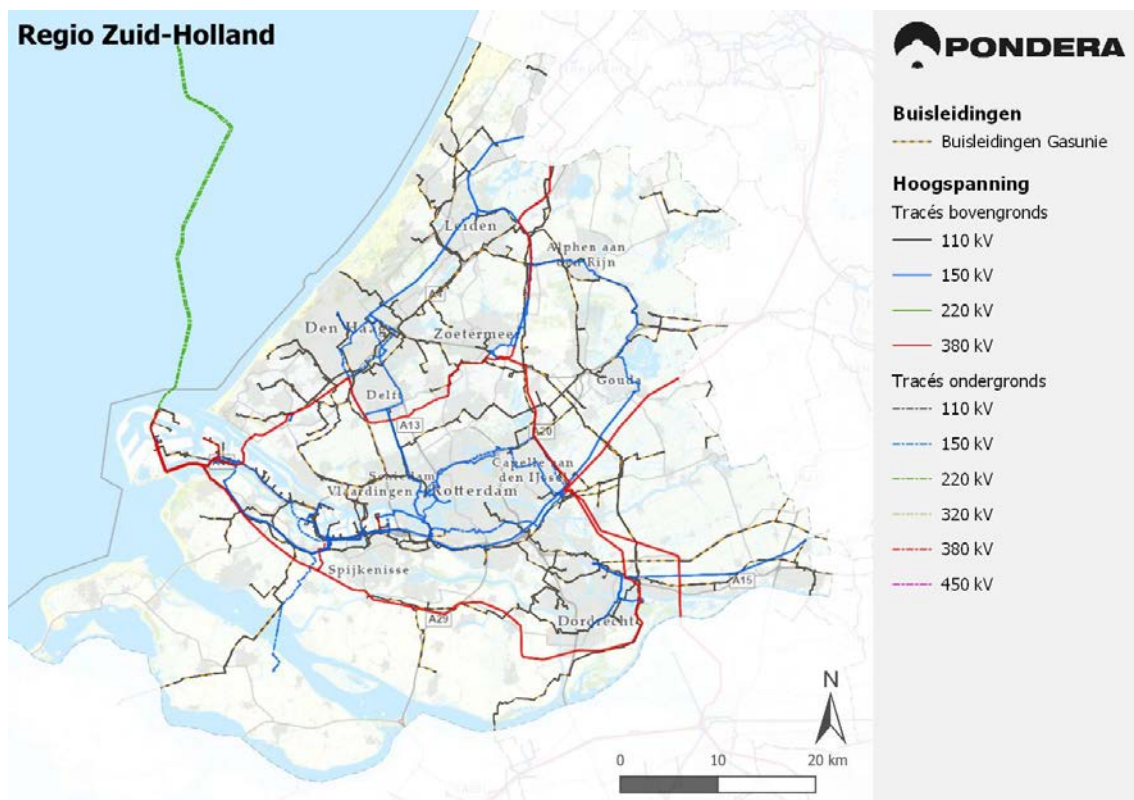
## 5 Gebiedsanalyse Zuid-Holland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincie Zuid-Holland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur in de Rotterdamse haven, ontwikkeling van nieuwe buisleidingen en mogelijke uitbreiding van 380kV-infrastructuur. In Rotterdam is mogelijk sprake van meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, import hernieuwbare gassen/brandstoffen, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl in de Rotterdamse haven beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

### 5.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Holland?

Figuur 5-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Zuid-Holland. Het 380kV-net bestaat uit een lus. De zuidoostkant van de lus loopt vanaf de Maasvlakte via Simonshaven, Crayestein en Krimpen naar Bleiswijk. De noordwestkant van de lus loopt vanaf de Maasvlakte via Hoek van Holland, Westerlee en Wateringen naar Bleiswijk. Bij Bleiswijk is het 380kV-net verbonden met Noord-Holland en bij Krimpen is het 380kV-net verbonden met Noord-Brabant en Utrecht. Tevens is een uitgebreid 150kV-net aanwezig in de provincie.

Figuur 5-1 - Overzicht energie-infrastructuur Zuid-Holland



Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Zuid-Holland. Bij Wijngaarden (regio Dordrecht) komen H-gas (hoogcalorisch gas) transportleidingen vanuit Noord-Holland, Noord-Brabant en Utrecht/ Gelderland samen. Deze lopen vervolgens richting de Rotterdamse haven en het Westland. Er lopen L-gas



(laagcalorisch gas/Groningen gas) door de provincie voor het transport van gas richting de gebouwde omgeving. Daarnaast loopt de OCAP-leiding door Zuid-Holland. Dit is een buisleiding die CO<sub>2</sub> transporteert vanaf de Rotterdamse haven naar tuinders. Daarnaast zijn in Zuid-Holland buisleidingen aanwezig voor transport van aardolie(producten) en chemicaliën.

## 5.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

### 5.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

#### Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Zuid-Holland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 5-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 5-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Zuid-Holland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Maasvlakte (Amaliahaven)	Nieuw station
380kV-station	Europoort	Nieuw station
380kV-verbinding	Krimpen – Geertruidenberg	3de circuit bij bestaande verbinding
Converterstation	Maasvlakte	Ontwikkeling converterstations
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

#### Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in heel Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 km aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Zuid-Holland.

Tabel 5-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting Zuid-Holland

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Cluster Rotterdam/Moerdijk	75	n.v.t.	75	2024-2025
Verbinding Rotterdam/Moerdijk – Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding NZKG-Rotterdam/Moerdijk	79	79	n.v.t.	2026

## 5.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Zuid-Holland dan voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 5.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Het is de verwachting dat tot 2031 7,4 GW aan windenergie op zee (via netten op zee) aangesloten gaat worden in Rotterdam. Er liggen al plannen voor een nieuw 380kV-station (Amaliahaven) om dit vermogen te kunnen aansluiten (zie Wat staat op de planning tot 2030?).

Bovenop de geplande investeringen van TenneT zijn vermoedelijk nieuwe 380kV-stations nodig in het Rotterdamse havengebied voor de implementatie van een pocketstructuur. Hiervoor wordt het 150kV-net opgeknipt in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV-station. Het opknippen van het 150kV-net heeft geen significant ruimtelijk effect (bovenop de ruimte voor de nieuwe 380kV-stations). Naast de bovenstaande ontwikkelingen zijn uitbreidingen nodig van de bestaande 380kV-stations Simonshaven en Maasvlakte. Als deze stations vol zijn moet een nieuw station gerealiseerd worden.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. Bij Rotterdam gaat het naar verwachting om minimaal 3.000 MW aan batterijen. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast is een extra veld bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Rotterdam omgebouwd worden of vervangen worden door nieuwe centrales.

In het havengebied van Rotterdam is minimaal circa 140 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen tussen 2030 en 2050. Batterijen, hoogspanningsstations en elektrolyzers hebben het grootste ruimtebeslag. Voor het thema Milieu & Ruimte is het grootste aandachtspunt de beschikbare ruimte in het havengebied van Rotterdam. In Simonshaven is minimaal circa 10 ha nodig voor een nieuw 380kV-hoogspanningsstation. Aandachtspunten zijn hier natuur (NNN en weidevogelgrasland) en de landschappelijke inpassing.

## 5.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

### 5.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zuid-Holland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Zuid-Holland, in welke vorm (elektriciteit, waterstof) en waar?
- Waar wil je elektrolyzers in Zuid-Holland en hoeveel?
- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie?

- Wil je nieuwe kerncentrales plaatsen in Zuid-Holland en hoeveel?
- Wil je waterstof importeren in Zuid-Holland?
- Wil je hernieuwbare brandstoffen importeren voor doorvoer?
- Komt er bovenregionaal warmtetransport in Zuid-Holland en gebruik je dan geothermie of restwarmte als hoofdbron?
- Wil je CO<sub>2</sub> afvangen bij de industrie (en mogelijk aanvoeren vanuit Duitsland, Limburg en Zeeland) en transporteren in de Rotterdamse haven?

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

### 5.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

#### Aanlanding windenergie op zee (elektrisch)

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat 7,4 GW aan windenergie op zee aangesloten wordt op de Maasvlakte tot 2031. Dit is beschouwd als ondergrens van de hoeveelheid windenergie op zee die in 2050 aanlandt in Zuid-Holland.

Er is onderzocht wat de effecten zijn als nog meer windstroom aanlandt in Zuid-Holland. Er is gekeken naar maximale aanlanding van 18,2 GW in Zuid-Holland in 2050. Hierbij is de optie beschouwd waarbij dit volledige vermogen aanlandt op de Maasvlakte. Bij dusdanig grote hoeveelheden windenergie op zee ontstaan grote knelpunten op het 380kV-hoogspanningsnet in Zuid-Holland. Er zijn dan nieuwe circuits nodig op de verbindingen Maasvlakte – Simonshaven, Simonshaven – Crayestein, Crayestein – Krimpen, Krimpen – Bleiswijk en Krimpen – Geertruidenberg. Er kan naar verwachting tot circa 10 GW windenergie op zee elektrisch aanlanden op de Maasvlakte zonder verzwaringen aan 380kV-verbindingen, indien daar ook elektrolyzers en batterijen gerealiseerd worden (In 1.4 staat uitgebreider omschreven hoeveel windenergie kan aanlanden in Zuid-Holland voordat verdere uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk is. Dit hangt ook samen met de uitrol van kernenergie en hernieuwbare opwek op land en van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag). Het aanleggen van deze nieuwe verbindingen heeft een grote landschappelijke impact. Ook worden meerdere natuurgebieden doorkruist en zijn er enkele ruimtelijke knelpunten waar fysieke ruimte ontbreekt waardoor realisatie in het geding kan komen. Dit is met name rondom de hoogspanningsstations Crayestein, Krimpen aan den IJssel en Bleiswijk. Door effecten van de verbindingen op lintbebouwing, is het realiseren van nieuwe verbindingen in het groene hart nog complexer. Afleidend uit bovenstaande is de conclusie dat vanuit Milieu & Ruimte er een grote kans op effecten is bij het aanlanden van een grote hoeveelheid windenergie op zee op de Maasvlakte.

Bij grootschalige aanlanding van windenergie op zee op de Maasvlakte ontstaat een grote ruimtevraag op de aanlandingslocaties voor nieuwe hoogspanningsstations, extra convertorstations, elektrolyzers en batterijen. Voor de Maasvlakte geldt een ruimtebeslag van circa 445 ha. Hier is een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid en een grote kans op effecten wat betreft beschikbare ruimte vanwege de grote ruimtevraag. Een dergelijke ruimtevraag lijkt enkel haalbaar indien energie-infrastructuur voorrang krijgt op andere ontwikkelingen of als er herontwikkeling van de ruimte plaatsvindt.

Een alternatief voor het voorkomen van veel verzwaringen aan het 380kV-net in Zuid-Holland is het doortrekken van ondergrondse HVDC-kabels vanaf de windenergiegebieden op zee naar locaties in het binnenland in plaats van aanlanding aan de kust. Dit heet diepe aanlanding. Diepe aanlanding richting Moerdijk en Geertruidenberg is een mogelijkheid die bekeken wordt in september 2022 gestarte

procedure.<sup>7</sup> Diepe aanlanding nog verder landinwaarts, in Limburg bij Maasbracht, kan ook een optie zijn. Dit is een logische plek aangezien het Nederlandse hoogspanningsnet hier verbonden is met het Duitse en Belgische hoogspanningsnet en Maasbracht in de buurt van industriecluster Chemelot ligt. Met diepe aanlanding in Maasbracht kunnen extra uitbreidingen aan 380kV-infrastructuur in zowel Zuid-Holland als Noord-Brabant en Limburg voorkomen worden. Daarnaast zorgt diepe aanlanding in plaats van aanlanding in Rotterdam voor een minder groot ruimtebeslag in Rotterdam. Vanuit Milieu & Ruimte is er bij een ondergrondse verbinding minder kans op effecten. Door ondergrondse ligging is er geen effect op landschap. Ook effecten op woonkernen en leefomgeving zijn verwaarloosbaar omdat woonkernen makkelijk vermeden kunnen worden en door ondergrondse realisatie dit geen effect heeft op de leefomgeving van omwonenden. Voor natuur is er geen risico op aanvaringssslachtoffers tegen bedradingen en kunnen de effecten bij eventuele doorkruisingen van natuurgebieden worden voorkomen of beperkt door het toepassen van gestuurde boringen.

In de analyses is uitgegaan van de Maasvlakte als enige aanlandingslocatie in Rotterdam. Echter bij Rotterdam zijn Europoort en Simonshaven ook mogelijke aanlandingslocaties, aangezien daar 380kV-stations aanwezig (of gepland) zijn. Een deel van het verwachte ruimtebeslag op de Maasvlakte kan verplaatst worden als een deel van de aanlanding van windenergie op zee op deze locaties plaatsvindt in plaats van op de Maasvlakte. De effecten op de hoogspanningsverbindingen is beperkt, alleen de belasting op de verbindingen Maasvlakte – Europoort en Maasvlakte – Simonshaven kan hierdoor wat lager uitvallen. Dit kan met name bij Simonshaven wel leiden tot negatieve effecten op Milieu & Ruimte door de aanwezigheid van natuurgebieden en waardevol landschap.

#### Aanlanding windenergie op zee (waterstof)

Het is mogelijk dat een deel van de windenergie op zee in 2050 aanlandt in de vorm van waterstof. De elektriciteit wordt dan op zee al omgezet in waterstof en vervolgens wordt de waterstof via een buisleiding getransporteerd naar land. De meeste transportleidingen voor waterstof in Rotterdam hebben voldoende capaciteit om grote hoeveelheden waterstof af te voeren, behalve op de Maasvlakte. Dat is het geval als er gekozen wordt voor aanlanding van elektriciteit op de Maasvlakte (een deel van de elektriciteit wordt hier omgezet in waterstof via elektrolyzers), maar ook als er gekozen wordt voor aanlanding van windenergie op zee in de vorm van waterstof. Bij aanlanding in de vorm van waterstof op de Maasvlakte moet een passende leiding geplaatst worden. Daarnaast is op de aanlandingslocatie (een beperkte hoeveelheid) ruimte nodig voor een werklocatie met een gasmeetinstallatie. Bij aanlanding in de vorm van waterstof is geen ruimte nodig voor elektrolyzers op de Maasvlakte (wel mogelijk voor het deel van de windenergie dat elektrisch aanlandt). Dit betekent ook dat er geen effecten optreden op het gebied van Milieu & Ruimte. Het plaatsen van elektrolyzers offshore vraagt ruimte op de Noordzee. Dit valt niet binnen de scope van het PEH.

#### Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

<sup>7</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/nederwiek-3>

Rotterdam is een geschikte locatie voor het plaatsen van elektrolyzers vanuit beide locatietypes. Er landt namelijk een grote hoeveelheid windenergie op zee aan op de Maasvlakte en er is naar verwachting een omvangrijke waterstofvraag uit de industrie in 2050. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de analyse is gekeken naar het plaatsen van minimaal 4 GW en maximaal 11,5 GW aan elektrolyzers in Rotterdam. Dit heeft respectievelijk een ruimtebeslag van circa 40 ha en circa 110 ha. Daarnaast is om deze elektrolyzers aan te sluiten ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Indien hiervoor een extra station gerealiseerd moet worden, is dit ruimtebeslag meegenomen onder nieuwe 380kV-stations (bij paragraaf 5.4.2).

#### Locatie van regelbare centrales

Er zijn op dit moment twee grote kolencentrales en nog enkele grote gascentrales/gas-WKK's in Rotterdam. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden op de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is in Rotterdam. In Rotterdam zou dit kunnen leiden tot maximaal 5.000 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van circa 25 ha. Daarbovenop is extra ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Zie paragraaf 5.4 onder Maximaal ruimtebeslag voor aandachtspunten van Milieu & Ruimte. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in de Zuid-Holland gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig zijn.

#### Nieuwe kerncentrales

De Maasvlakte is aangewezen als potentiële locatie voor nieuwe kerncentrales. Er is voor de IEA onderzocht wat de effecten zijn als er nieuwe kerncentrales geplaatst worden in Rotterdam. Er is uitgegaan van twee EPR-kerncentrales van 1,65 GW in het Rotterdam, dus in totaal 3,3 GW.

Uit de analyses volgt dat er knelpunten kunnen ontstaan op de 380kV-verbindingen vanaf Rotterdam naar Simonshaven door de combinatie van aanlanding van windenergie op zee en kernenergie, ook als er na 2031 geen additionele windenergie op zee aanlanding op de Maasvlakte terecht komt. Dit betekent dat hier een nieuw circuit gerealiseerd moet worden, wat een grote ruimtelijke impact heeft. In dit geval moet een nieuwe 380kV-verbinding aangelegd worden met lengte van ongeveer 25 km en een strookbreedte

van 100 meter. Bij een nieuwe verbinding worden mogelijk Natura 2000-gebied (Voornse Duin) of NNN-gebieden geraakt (afhankelijk van tracéopties). Dit nieuwe circuit is nodig doordat er grote regionale overschotten aan elektriciteit ontstaan door de combinatie van aanlanding van windenergie op zee en kerncentrales. De capaciteit van het hoogspanningsnet is onvoldoende om deze overschotten af te voeren. Bij aanlanding van meer windenergie op zee in Rotterdam na 2031 ontstaan naar verwachting ook op andere 380kV-verbindingen in Zuid-Holland knelpunten en zijn vermoedelijk ook daar nieuwe circuits nodig. In paragraaf 5.4 wordt besproken hoeveel windenergie en kernenergie kunnen aanlanden in Zuid-Holland voordat verdere uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. Dit hangt ook samen met de uitrol van hernieuwbare opwek op land en van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag.

Verder is er meer ruimte nodig op de 380kV-stations in Rotterdam om de kerncentrales aan te sluiten. Mogelijk is hier een nieuw 380kV-station voor nodig, bovenop de huidige plannen. Hier is circa 10 ha extra ruimte voor nodig. Daarnaast is in Rotterdam ruimte nodig voor de kerncentrales zelf. Hier is circa 30 ha extra ruimte voor nodig. Zie paragraaf 5.4 onder Maximaal ruimtebeslag voor aandachtspunten van Milieu & Ruimte.

#### Import waterstof

De import van waterstof is afhankelijk van de vraag naar waterstof in Nederland en daarbuiten. In Nederland is in 2050 naar schatting de import voor Nederlands gebruik ergens tussen de 47 en 291 TWh (Netbeheer Nederland, 2022). Een groot deel daarvan wordt via de Maasvlakte geïmporteerd.<sup>8</sup> De haven van Rotterdam speelt hierin dus een belangrijke rol.

De import van waterstof kan knelpunten geven op delen van de waterstofleidingen in het havengebied (bijv. het traject Pernis Wijngaarde) als de waterstofdoorvoer de capaciteit overschrijdt. Dit kan het geval zijn vanaf ongeveer 70 TWh waterstofimport via de Maasvlakte. In werkelijkheid is dit afhankelijk van meerdere factoren, zoals bijvoorbeeld piekvolumes, invoedlocatie maar ook in welke vorm waterstof wordt doorgevoerd. Als waterstof in de vorm van ammoniak wordt geïmporteerd, kan deze ook via bestaande ammoniakleidingen of transport over de weg doorgevoerd worden naar een vraaglocatie.

#### Opslag waterstof

Als grootschalig wordt ingezet op waterstofproductie- en gebruik in Nederland, is er een grotere vraag naar opslag van waterstof. In Zuid-Holland is, in een omtrek van 50 km rondom Rotterdam, een aantal lege gasvelden aanwezig, waarvan onderzocht kan worden of deze geschikt zijn voor opslag. Een aantal bevinden zich op land. Waterstofopslag in lege gasvelden is nog niet eerder gedaan, en brengt een groot aantal vragen met zich mee. Waterstof is een kleiner molecuul met andere eigenschappen dan methaan, waarmee een leeg gasveld ooit gevuld was. Wanneer deze optie overwogen wordt, moet vroegtijdig een onderzoekstraject in gang gezet worden om de mogelijkheden in kaart te brengen. Lege gasvelden zijn middels gasleidingen verbonden met het transportnet van Gasunie. De ruimte die nodig zou zijn voor het gebruik van deze gasvelden is vergelijkbaar met een huidige gasbergingsinstallatie zoals opslag Bergermeer in Alkmaar.

#### Bovenregionaal warmtetransport

In Zuid-Holland kan, op basis van concentratie van de warmtevraag in de gebouwde omgeving en het aanbod van restwarmte en geothermie gekozen worden om een aantal warmtetransportleidingen te leggen. De tracés van de warmtetransportleidingen verschillen wanneer er gekozen wordt voor rest-

<sup>8</sup> In het model is ervan uitgegaan dat 60% van de geïmporteerde waterstof op de Maasvlakte in het waterstofnet wordt geïnjecteerd.

warmte, of wanneer gekozen wordt voor geothermie. In de IEA worden de effecten op Milieu & Ruimte van de bron (restwarmte of geothermie) en de bijbehorende bovenregionale leiding beschreven. Voor beide bronnen geldt dat als er gekozen wordt voor inzet op bovenregionaal warmtetransport, er iets minder vraag naar elektriciteit voor ruimteverwarming is. De effecten hiervan op de hoogspanningsverbindingen (380 kV en 150 kV) in Zuid-Holland zijn beperkt omdat ook bij een inzet van warmte hier veel elektriciteit getransporteerd wordt door aanlanding van windenergie op zee. Toepassing van bovenregionale warmteleidingen leiden in stedelijke gebieden met een hoge dichtheid van bebouwing (zoals hier het geval is) tot mogelijke knelpunten waar fysieke ruimte beperkt is door bestaande infrastructuur en bebouwing. Afhankelijk van de locatie kan dit leiden tot een grote kans op effecten.

Als hoofdbron voor een warmtenet kan gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. In onderstaande tabel staat welke leidingen nodig zijn per bron volgens de scenario's:

Tabel 5-3 – Benodigde verbindingen per bron (geothermie of restwarmte)

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
<b>Geothermie</b>	Rotterdam regio		92-116	700	240
	Rotterdam	Leiden	63-78	700	250
<b>Restwarmte</b>	Rotterdam regio		50-75	700	240
	Rotterdam	Den Haag	18-28	700	250

Uitgaande van een gemiddeld vermogen van een geothermiedoublet van ongeveer 7,5 MW betekent dit dat er bijna 70 geothermiedoubletten zouden komen in de regio Rotterdam en tussen Rotterdam en Leiden, indien gekozen wordt voor geothermie als warmtebron. Per 35 km is ongeveer één pompstation nodig voor het warmtenet. Vanuit Milieu & Ruimte is er een middelgrote kans op effecten door geothermiedoubletten door tijdelijke hinder tijdens de aanleg in dichtbebouwde gebieden. De hinder wordt veroorzaakt door geluid en trillingen in de nabijheid van gebouwen.

Als basis voor de scenario's in Zuid-Holland is de WarmtelinQ genomen. Dit is een voorzien plan. Het voorziene traject door WarmtelinQ is weergegeven in Figuur 5-2. WarmtelinQ is een eerste stap in het opzetten van de bovenregionale energie-infrastructureur. Het omvat een deel in de regio Rotterdam (tracé dat de industriële restwarmte met Vlaardingen verbindt over 13 km), en een deel van een mogelijke verbinding tussen Rotterdam en Leiden (tracé dat Vlaardingen met Den Haag verbindt over 22 km).

De verwachting volgens de voor deze IEA gehanteerde scenario's is dat er nog veel meer warmtetransport in de Rotterdamse regio ontwikkeld kan worden. De totale transportleidingen volgens de scenario's (plannen en verwachtingen) staan in bovenstaande tabel. Het gaat hier ook om tracés naar verder gelegen industrie in de Rotterdamse haven richting de Maasvlakte, en naar stedelijk gebied richting Dordrecht. Er zijn plannen om de WarmtelinQ met Leiden te verbinden met een zijdelingse aftakking. Dit projectidee heet de WarmtelinQ+ en is onderdeel van het traject Rotterdam-Leiden uit de tabel. Vooralsnog ligt enkel de aanbouw van de WarmtelinQ (35 km) vast. Verdere uitbreiding zal de toekomst uitwijzen.

Figuur 5-2 - Overzicht van leidingen binnen WarmtelinQ



Bron: <https://www.warmteling.nl/project>

### Doorvoer hernieuwbare grondstoffen en brandstoffen

De Rotterdamse haven is een logische locatie voor import van grondstoffen en hernieuwbare brandstoffen, zoals waterstof en ammoniak. De eerste importterminals zijn dan ook al gepland. Er kan import plaatsvinden voor binnenlands gebruik (zie kopje Import waterstof), maar er kan ook extra geïmporteerd worden voor doorvoer richting het buitenland (met name Duitsland). Binnen het project van de Delta Rhine Corridor wordt gewerkt aan een buisleidingenbundel van Rotterdam richting Duitsland, maar dit is nog niet definitief. Naast de extra buisleidingen van de Delta Rhine Corridor is in de Rotterdamse haven extra ruimte nodig voor importterminals. Hiervoor kan (deels) vrijkomende ruimte worden gebruikt van overslag van fossiele brandstoffen. De buisleidingen kunnen naar verwachting in bestaande reserveringen worden gerealiseerd en hebben geen effect op Milieu & Ruimte. Het ruimtebeslag voor de importterminals in de Rotterdamse haven is niet bekend. Wel is de ruimtedruk in de haven groot en komt dit bovenop het voorziene ruimtebeslag. Herontwikkeling van de ruimte en bestaande industrie kan mogelijk ruimte bieden voor de terminals.

### CO<sub>2</sub>-transport

Binnen de Rotterdamse haven wordt gewerkt aan infrastructuur voor CCS. In de toekomst kan CO<sub>2</sub>-transport vanuit andere industriegebieden hier ook op aanhaken. Zo zijn er plannen voor CO<sub>2</sub>-transport per buisleiding vanaf Chemelot en mogelijk Duitsland (Delta Rhine Corridor), en per schip vanuit Zeeland en mogelijk Antwerpen richting Rotterdam. Hiervoor is geen extra ruimte nodig: de buisleidingen van de Delta Rhine Corridor passen in de bestaande reserveringen. Hiermee is er geen effect op Milieu & Ruimte.



## 5.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

### 5.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeem-perspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee in de Rotterdamse Haven kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Daarnaast raakt de keuze voor de aanlanding van windenergie op zee aan de keuze rondom kernenergie in Zuid-Holland. Aanlanding van windenergie op zee in combinatie met een groot vermogen aan kernenergie leidt tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Dit heeft een grote ruimtelijke impact. De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie in Zuid-Holland moet in samenhang bekeken worden om te voorkomen dat dusdanig grote lokale overschotten aan elektriciteit ontstaan waardoor nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn.

De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie in Zeeland moet in samenhang bekeken worden om te voorkomen dat dusdanig grote lokale overschotten aan elektriciteit ontstaan dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. In het kader hieronder wordt besproken hoeveel aanbod mogelijk is in Zeeland voordat dit het geval is.

#### **Hoeveel aanbod van elektriciteit in de Rotterdamse haven voordat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn?**

Er kunnen knelpunten ontstaan op het 380kV-net doordat in Noord-Holland meer elektriciteit geproduceerd wordt of aanlandt dan lokaal gebruikt wordt. Hier wordt geanalyseerd hoeveel windenergie op zee kan aanlanden voordat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Aangezien wind op land vaak tegelijk produceert met windenergie op zee zorgt elke MW wind op land extra er vermoedelijk ook voor dat je 1 MW minder windenergie op zee of kernenergie kwijt kan. Dit moet je dus ook meewegen in de analyse hoeveel opwek je kwijt kan. Zon-pv heeft hier geen effect op, aangezien de productie van zon-pv meestal niet gelijktijdig met de productie van wind plaatsvindt. Regelbare centrales produceren op momenten met weinig wind, dus deze productie heeft hier ook geen effect op. Hoeveel aanbod van elektriciteit in de Rotterdamse haven mogelijk is hangt ook af van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, aangezien bij een hogere elektriciteitsvraag een groter deel van het aanbod direct gebruikt kan worden en niet getransporteerd hoeft te worden.

Op basis van de doorgerekende scenario's kan een inschatting gemaakt worden hoe groot het aanbod van elektriciteit kan zijn voordat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Hieruit volgt dat in 2050 tot 7,5 GW aan aanbod van elektriciteit (windenergie op zee, wind op land en kernenergie) mogelijk is zonder dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn, uitgaande van vergaande elektrificatie en het plaatsen van batterijen en elektrolyzers bij de aanlandingslocatie. Dit aanbod komt overeen met de huidige plannen. Vanaf 10 GW aanlanding van windenergie op zee zijn mogelijk nieuwe circuit nodig is bij de 380kV-verbindingen tussen de Maasvlakte en Simonshaven en tussen Simonshaven en Crayestein. Mogelijk kunnen deze investeringen voorkomen worden door het plaatsen van grote hoeveelheden elektrolyzers in de Rotterdamse haven. Bij 18 GW aanbod van elektriciteit (windenergie op zee, wind op land en kernenergie) zijn in ieder geval nieuwe circuits nodig bij de 380kV-verbindingen tussen de Maasvlakte en Simonshaven en tussen Simonshaven en Crayestein en zijn daarnaast ook nieuwe circuits nodig bij de 380kV-verbindingen Crayestein – Krimpen, Krimpen – Bleiswijk en Krimpen – Geertruidenberg.

De plaatsing van elektrolyzers bij de aanlanding van windenergie op zee in de haven van Rotterdam biedt mogelijkheden om de restwarmte in te zetten als extra bron voor een warmtenet. Elektrolyzers produceren waterstof met een efficiëntie van ongeveer 60%, bij een temperatuur van ongeveer 70 graden Celsius. Dat betekent dat er 40% restwarmte is. Deze bron is dan in principe beschikbaar wanneer de elektrolyzers waterstof produceren, dus bij overschotten van wind. In combinatie met warmteopslag kan dit, gezien de omvang van elektrolysecapaciteit (4 tot 11,5 GW), een aanzienlijke warmtebron zijn.

De keuze voor extra vermogen aan regelbare centrales in Rotterdam raakt niet direct aan de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en kernenergie. Dit komt doordat deze regelbare centrales alleen draaien op momenten dat de andere bronnen weinig produceren, dus op momenten dat er weinig wind of zon is. Het plaatsen van extra regelbare centrales leidt dus niet tot een nieuwe 380kV-verbinding. Wel levert het plaatsen een extra ruimtebeslag op binnen Rotterdam. Bij de plaatsing van kerncentrales, die het hele jaar door draaien, zijn minder regelbare centrales nodig. Elke MW kernenergie kan één MW regelbare centrales vervangen. Dit betekent dat er in dat geval minder ruimte nodig is voor regelbare centrales.

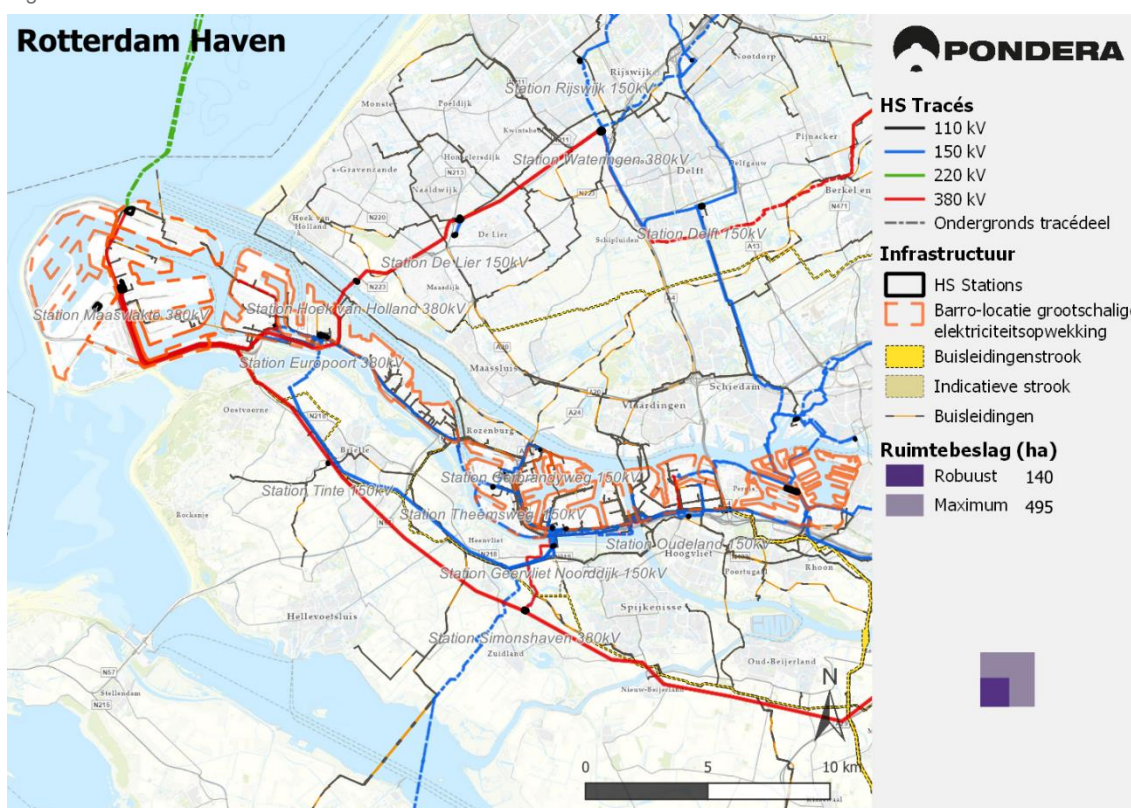
Bijna alle keuzes uit paragraaf 5.3 hebben een ruimtelijke neerslag in Rotterdam. Het havengebied van Rotterdam is een groot gebied waarin keuzes voor de invulling van de ruimte in de toekomst mede bepalend zijn voor de haalbaarheid van de voorziene energie-infrastructuur.

## 5.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 5-4 - Maximaal ruimtebeslag Rotterdamse haven

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	5.000	25 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	50
Converterstations	14.000	35
Elektrolyzers	11.500	110
Kerncentrale	3.300	30
Batterijen	7.900	225

Figuur 5-3 - Rotterdamse haven

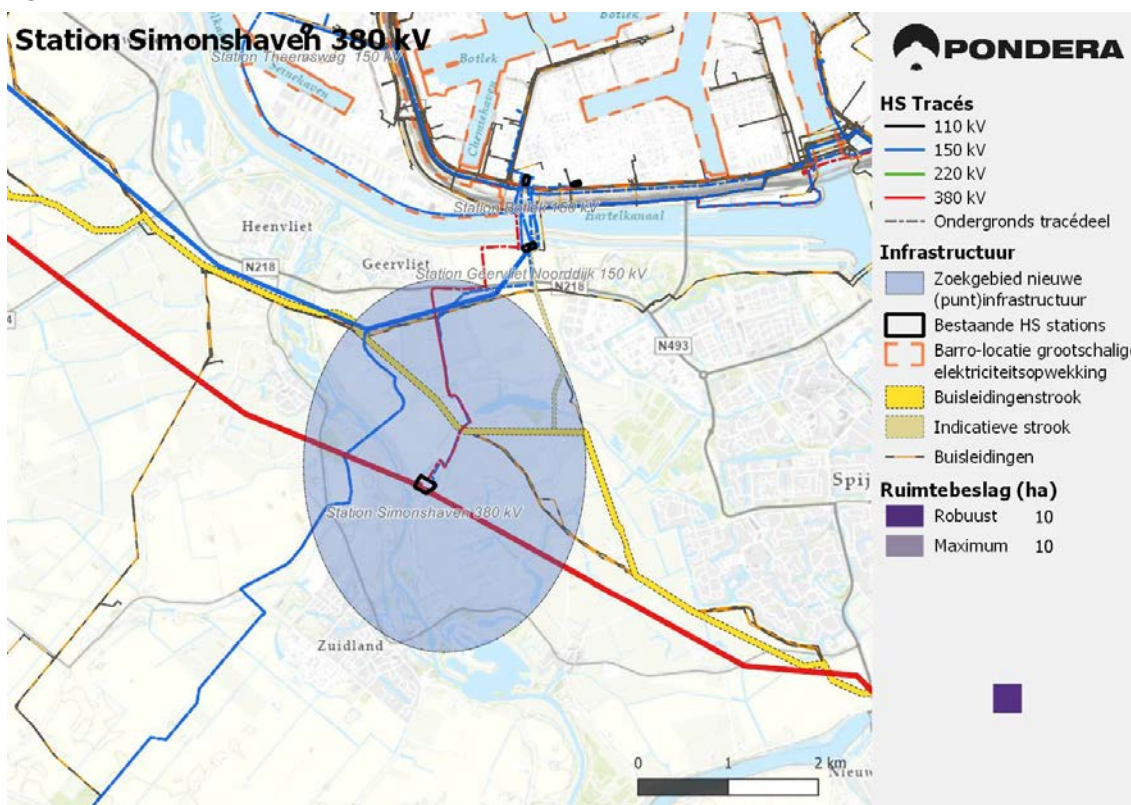


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor de Rotterdamse haven de grootste aandachtspunten de aanwezige risicobronnen en het ruimtebeslag zijn. Er zijn veel risicocontouren aanwezig die een groot deel van de haven bedekken, dit kan knellen met het toevoegen van risicobronnen met onder andere batterijen, elektrolyzers en een kerncentrale. Het maximale ruimtebeslag is groot, het beschikbaar maken van ruimte door herontwikkeling lijkt noodzakelijk om het maximale ruimtebeslag in te passen binnen het havengebied.

Tabel 5-5 - Maximaal ruimtebeslag Simonshaven

Onderdeel	Maximale capaciteit	Maximale ruimte
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10 ha
Converterstations	-	-
Elektrolyzers	-	-
Batterijen	-	-

Figuur 5-4 - Station Simonshaven



Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Simonshaven blijkt dat de grootste aandachtspunten natuur en landschap zijn. Het bestaande 380kV-station is omringd door NNN-gebied en ten oosten ligt weidevogelgrasland. Daarnaast is het een open agrarisch gebied met het stroomgebied van de Bernisse en de voormalige ambachtsheerlijkheid Biert als landschappelijke waarden. Dit zijn aandachtspunten die mede de haalbaarheid van de ontwikkeling bepalen.

## 6 Gebiedsanalyse Zeeland

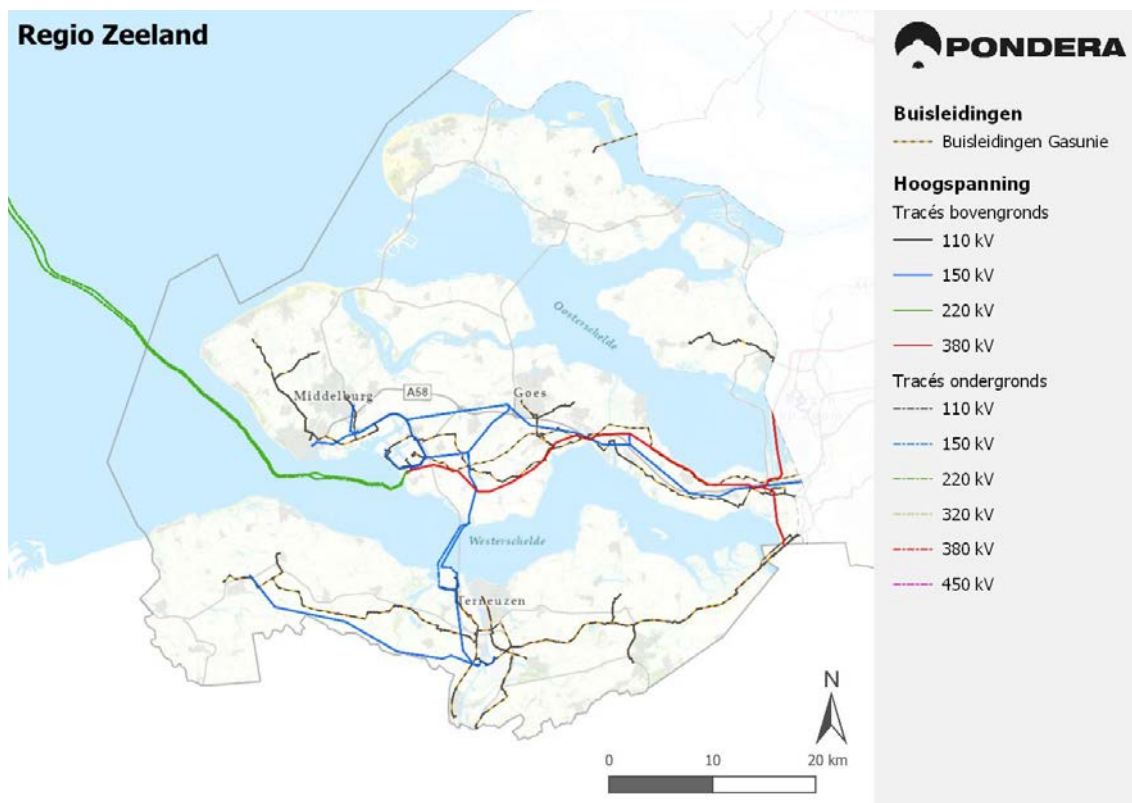
In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincie Zeeland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur bij de Barro-locaties Borssele/Sloegebied en Terneuzen/Sas van Gent en mogelijke uitbreiding van 380kV-infrastructuur. Op de Barro-locaties is mogelijk sprake van een meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

### 6.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zeeland?

Figuur 6-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Zeeland. Er loopt een 380kV-verbinding tussen Borssele/Sloegebied en Rilland. Bij Rilland is het 380kV-net verbonden met de rest van het Nederlandse 380kV-net en met het Belgische hoogspanningsnet. In Zeeuws-Vlaanderen, Walcheren en Zuid-Beveland is 150kV-infrastructuur aanwezig.

Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Zeeland. Er loopt een L-gas (laagcalorisch gas/ Groningen-gas) transportleiding richting Borssele/Sloegebied en enkele L-gas- en een H-gas (hoogcalorisch gas) leidingen richting Zeeuws-Vlaanderen. Ook zijn in Zeeland enkele buisleidingen aanwezig voor transport van aardolie(producten) en chemicaliën.

Figuur 6-1 - Overzicht energie-infrastructuur Zeeland



## 6.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

### 6.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

#### Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Zeeland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (Tabel 6-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 6-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Zeeland

Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-station</b>	Rilland	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Borssele/Sloegebied	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Borssele/Sloegebied	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Schouwen-Duiveland, Tholen & West Brabant	Nieuw station
<b>380kV-verbinding</b>	Rilland – Tilburg	Nieuwe verbinding (2 circuits)
<b>380kV-verbinding</b>	Zuid-Beveland - Terneuzen	Nieuwe verbinding (2 circuits)
<b>380kV-verbinding</b>	Borssele/Sloegebied-Rilland	Toevoegen 3de en 4de circuit
<b>Converterstation</b>	Borssele/Sloegebied	Ontwikkeling converterstations Net op zee
<b>380kV-verbinding</b>	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
<b>150/110kV-verbindingen</b>		Implementatie pocketstructuur

#### Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in Nederland in totaal 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Zeeland.

Tabel 6-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting Zeeland

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
<b>Cluster Zeeland</b>	34	n.v.t.	34	2027
<b>Verbinding Rotterdam/Moerdijk-Zeeland</b>	83	83	n.v.t.	2027
<b>Verbinding Zeeland-Chemelot</b>	122	122	n.v.t.	2030
<b>Exportverbinding België</b>	8	8	n.v.t.	2030

## 6.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Zeeland voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 6.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Er zijn plannen om tot 2031 5,4 GW aan windenergie op zee (netten op zee) aangesloten moet worden in het Sloegebied bij Borssele. Er liggen al plannen voor een uitbreiding van een bestaand 380kV-station, een 380kV- nieuw station en converterstations om dit vermogen te kunnen aansluiten (zie *Wat staat op de planning tot 2030?*).

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. Bij Borssele/Sloegebied gaat het naar verwachting om minimaal 2.300 MW aan batterijen. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast zijn extra velden bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Terneuzen en Borssele/Sloegebied omgebouwd worden of dat hier nieuwe centrales komen.

In Borssele/Sloegebied is minimaal circa 90 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen tussen 2030 en 2050. Batterijen hebben het grootste ruimtebeslag. In Terneuzen is minimaal 5 hectare nodig. Op beide locaties worden voor het thema Milieu & Ruimte geen grote effecten verwacht. Bij Borssele/Sloegebied bestaat een middelgrote kans op effecten. Dat komt vooral door de aanwezigheid van risicobronnen in het gebied.

## 6.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

### 6.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zeeland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Zeeland en waar?
- Hoeveel hernieuwbare opwek op land wil je in Zeeland?
- Waar wil je elektrolyzers in Zeeland plaatsen en hoeveel?
- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie in Zeeland?
- Wil je nieuwe kerncentrales plaatsen in Zeeland en hoeveel?
- Wil je waterstof importeren in Zeeland?
- Wil je CO<sub>2</sub> afvangen bij de industrie en transporteren richting Rotterdam?

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

### 6.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

#### Aanlanding windenergie op zee aan de kust

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat 5,4 GW aan windenergie op zee aangesloten wordt bij Borssele/Sloegebied tot 2031. Dit is beschouwd als ondergrens van de hoeveelheid windenergie op zee die in 2050 aanlandt in Zeeland.

Er is onderzocht wat de effecten zijn als nog meer windstroom aanlandt in Zeeland. Er is gekeken naar maximale aanlanding van 7,5 GW in Zeeland in 2050. Hierbij is de optie waarbij dit volledige vermogen aanlandt bij Borssele/Sloegebied, beschouwd. Er is in dit geval meer ruimte nodig op de 380kV-stations in Borssele/Sloegebied om deze windstroom aan te sluiten (of mogelijk een nieuw station), ruimte voor een extra converterstation en ruimte voor elektrolyzers en batterijen. In totaal is dan maximaal 145 hectare nodig. Deze ruimte lijkt beschikbaar mits er prioriteit wordt gegeven aan de ontwikkeling van deze onderdelen van het energiesysteem.

Daarnaast is onderzocht wat de effecten zijn als een deel van de windstroom aanlandt in Terneuzen/ Sas van Gent in plaats van Borssele/Sloegebied, tot maximaal 2 GW. Er is in dit geval meer ruimte nodig op 380kV-stations in Terneuzen, voor een mogelijk nieuw station, een extra converterstation, mogelijk elektrolyzers en batterijen. Er is, bij gedeeltelijke aanlanding in Terneuzen, waarschijnlijk geen extra verzwaring nodig van de hoogspanningsverbindingen tussen Zuid-Beveland en Terneuzen.

Er zijn geen nieuwe 380kV-verbindingen nodig door aanlanding van windenergie op zee in Zeeland tot 7,5 GW. De afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet is voldoende om extra aanlanding van windenergie op zee te kunnen faciliteren. In paragraaf 6.4 wordt besproken hoeveel windenergie op zee kan aanlanden in Zeeland voordat uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. Dit hangt samen met de uitrol van kernenergie en hernieuwbare opwek op land en met de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag.

#### Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

Zeeland kan een potentiële locatie zijn voor grootschalige clustering van windturbines op land aangezien de provincie aan de kust ligt (wat leidt tot hogere windsnelheden), de landschappen zich goed lenen voor windturbines en er in de toekomst naar verwachting forse elektriciteitsvraag is in de provincie. Ook voor grootschalige clustering van zon op veld leent Zeeland zich goed. Er is onderzocht wat de effecten zijn voor de energie-infrastructuur als er grootschalige clusters van wind op land en zonnenvelden in Zeeland komen. Er is gekeken naar 2,8 GW wind op land en 2,8 GW zon op veld in Zeeland.

Bij plaatsing van grootschalige clusters van windturbines en zonnenvelden in Zeeland is het ook wenselijk om meer batterijen te plaatsen bij 150kV-stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten, bijvoorbeeld bij 150kV-station Westdorpe. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 150kV-stations in



Zeeland voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Grootschalige clustering van hernieuwbare opwek op land in Zeeland leidt ook tot een grotere transport-behoefte op het hoogspanningsnet. Mogelijk moeten daardoor één of meerdere 150kV-pockets in Zeeland opgesplitst worden in kleinere pockets. In dat geval moet een nieuw 380kV-station geplaatst worden, met een ruimtebeslag van 10 ha. Het is nog onduidelijk hoe de nieuwe pockets er in dat geval uit moeten zien en waar een nieuw station moet komen. Er zijn naar verwachting geen verzwaringen nodig voor de 380kV-verbindingen.

Bij clustering worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen, doordat er minder sprake is van verspreid liggende wind en zon op land. Hiermee wordt de kans op effecten die optreden op de locaties van clustering wel groter.

#### Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Als elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee worden geplaatst komt er een groot vermogen aan elektrolyzers bij Borssele/Sloegebied. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de analyse is gekeken naar het plaatsen van maximaal 5,3 GW aan elektrolyzers bij Borssele/Sloegebied. Dit heeft een ruimtebeslag van 55 hectare. Daarnaast is ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations om deze elektrolyzers aan te sluiten. Bij de keuze voor aanlanding van windenergie op zee bij Terneuzen en de keuze voor het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingslocaties krijg je daar ook grootschalige elektrolyse. Er is gekeken naar de effecten van het plaatsen van maximaal 1,9 GW aan elektrolyzers bij Terneuzen. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 15 ha. Daarbovenop is nog ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations.

Als elektrolyzers geplaatst worden bij de industriële waterstofvraag, is een kleine hoeveelheid elektrolyzers bij Borssele/Sloegebied (minder dan 100 MW) nodig. Er is dan wel sprake van een forse hoeveelheid elektrolyse bij Terneuzen/Sas van Gent. Er is hierbij gekeken naar de effecten van het plaatsen van maximaal 1,9 GW aan elektrolyzers bij Terneuzen. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 15 ha. Ook hier is daar bovenop nog ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Grootschalige elektrolyse bij Terneuzen zonder aanlanding van windenergie op zee op die locatie leidt tot meer transport van elektriciteit tussen Zuid-Beveland en Terneuzen, maar naar verwachting is de capaciteit van de geplande 380kV-verbinding tussen Zuid-Beveland en Terneuzen voldoende om dit te faciliteren.

#### Locatie van regelbare centrales

Zeeland heeft op dit moment een grote regelbare gascentrales bij Borssele/Sloegebied (Sloe centrale) en een warmtekrachtcentrale bij DOW in Terneuzen. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden in de toekomst. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden bij de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is bij de Barro-locaties Borssele/Sloegebied/Vlissingen en Terneuzen-Sas van Gent. Bij Borssele/Sloegebied zou dit kunnen leiden tot maximaal 700 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van 5 ha. Bij Terneuzen zou dit tot maximaal 350 MW extra regelbaar vermogen kunnen leiden, met een ruimtebeslag van minder dan 5 ha. Daarbovenop is in beide gevallen ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in de regio Zeeland gerealiseerd worden. Vanuit systeem-perspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig is.

#### Nieuwe kerncentrales

Op dit moment staat bij Borssele/Sloegebied een kerncentrale van bijna 500 MW. Barro-locatie Borssele/Sloegebied/Vlissingen (ook wel Sloegebied) is daarnaast ook aangewezen als potentiële locatie voor nieuwe kerncentrales. Er is met de IEA onderzocht wat de effecten zijn als er nieuwe kerncentrales geplaatst worden in Borssele/Sloegebied/Vlissingen. Er is uitgegaan van drie EPR-kerncentrales van 1,65 GW in het Sloegebied, dus in totaal bijna 5 GW.

Uit de analyses volgt dat er forse knelpunten op de 380kV-verbindingen van Borssele/Sloegebied naar Rilland en vervolgens Tilburg en Geertruidenberg ontstaan. Dit komt doordat er forse regionale overschotten aan elektriciteit ontstaan door de combinatie van aanlanding van windenergie op zee en kerncentrales. De capaciteit van het hoogspanningsnet is onvoldoende om deze overschotten af te voeren (In paragraaf 6.4 wordt besproken hoeveel windenergie en kernenergie kunnen aanlanden in Zeeland voordat uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. Dit hangt ook samen met de uitrol van hernieuwbare opwek op land). Dit heeft als implicatie dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn tussen Borssele/Sloegebied en Rilland, tussen Rilland en Tilburg en tussen Rilland en Geertruidenberg. Dit heeft een forse ruimtelijke implicatie. In dit geval moet een nieuwe 380kV-verbinding aangelegd worden met lengte van ongeveer 50 km en een breedte van 100 meter. Bij elke nieuwe verbinding worden mogelijk Natura 2000-gebieden of NNN-gebieden geraakt.

Verder is er meer ruimte nodig op 380kV-stations in het Sloegebied om de kerncentrales aan te sluiten. Mogelijk is hier een nieuw station voor nodig, bovenop de huidige plannen. Hier is 10 ha extra ruimte voor nodig. Daarnaast is er ruimte nodig voor de kerncentrales zelf. Hier is maximaal 45 ha extra ruimte voor nodig.

### Import waterstof

Er wordt een forse potentie voor import van waterstof in de Schelde-Deltaregio benoemd in de CES 2.0: tussen 242 en 726 PJ (2.017 tot 6.015 kton). Import van waterstof is dan in de vorm van ammoniak of Liquid Organic Hydrogen Carriers. Bestaande terminals kunnen hiervoor ingezet worden. Beide waterstofdragers kunnen in de haven omgezet worden in waterstof. Dit is niet meegenomen voor de IEA/ PEH gebruikte scenario's voor deze regio.

Het kan zijn dat de import van de benoemde hoeveelheid waterstof effect heeft op de waterstofinfrastructuur in de Schelde-Deltaregio naar de Delta Corridor toe. Waar, en in welke mate, dat is, vraagt verder onderzoek. Het effect op de ruimte is afhankelijk van de vorm waarin de waterstof wordt doorgevoerd. Als waterstof met name geïmporteerd wordt als ammoniak, kan er ook gekozen worden voor doorvoer van ammoniak i.p.v. waterstof, en omzetting op de vraaglocatie in het buitenland. Omzetting in de Schelde-Deltaregio kan een ruimtelijke impact in de Schelde-Deltaregio hebben.

### CO<sub>2</sub>-transport

CCS kan een rol spelen bij verduurzaming van de industrie in Zeeland. Richting 2030, maar ook na 2030 richting 2050. Het is de verwachting dat CO<sub>2</sub> tot 2030 vanuit Zeeland afgevoerd wordt per schip. Maar na 2030 kan CO<sub>2</sub>-transport mogelijk ook via een buisleiding. Deze buisleiding zou dan vermoedelijk van Zeeland naar Rotterdam lopen.

## 6.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

### 6.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is om elektriciteit bij de elektrolyzers te krijgen. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee in Zeeland kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Daarnaast raakt de keuze voor de aanlanding van windenergie op zee aan de keuze rondom kernenergie in Zeeland. Aanlanding van windenergie op zee in combinatie met een groot vermogen aan kernenergie leidt tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Dit heeft een forse ruimtelijke impact. Clusters van hernieuwbare opwek op land in Zeeland kunnen leiden tot nog meer lokale overschotten. De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie in Zeeland moet in samenhang bekeken worden om te voorkomen dat dusdanig grote lokale overschotten aan elektriciteit ontstaan dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. In het kader hieronder wordt besproken hoeveel aanbod mogelijk is in Zeeland voordat dit het geval is.

#### Hoeveel aanbod van elektriciteit in Zeeland voordat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn?

Er kunnen knelpunten ontstaan op het 380kV-net bij gelijktijdige productie van windenergie op zee en kernenergie. Grofweg kan je zeggen dat je voor elke MW kernenergie die je plaatst, je 1 MW minder windenergie op zee kan laten aanlanden in Zeeland aangezien de knelpunten ontstaan bij gelijktijdige productie. Aangezien wind op land vaak tegelijk produceert met windenergie op zee zorgt elke MW wind op land extra er vermoedelijk ook voor dat je 1 MW minder windenergie op zee of kernenergie kwijt kan. Dit moet je dus ook meewegen in de analyse hoeveel opwek je kwijt kan. Zon-pv heeft hier geen effect op, aangezien de productie van zon-pv meestal niet gelijktijdig met de productie van wind plaatsvindt. Regelbare centrales produceren op momenten met weinig wind, dus deze productie heeft hier ook geen effect op. Hoeveel aanbod van elektriciteit in Zeeland mogelijk is hangt ook af van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, aangezien bij een hogere elektriciteitsvraag een groter deel van het aanbod direct gebruikt kan worden en niet getransporteerd hoeft te worden.

Er worden op dit moment twee nieuwe circuits aangelegd tussen Borssele/Sloegebied en Rilland. In totaal zijn er dan vier circuits. Na verzuring met 4kA-geleiders hebben deze circuits een totale afvoercapaciteit van bijna 8 GW (3 x 2650 MW, N-1-redundantie). Een deel van het lokale aanbod van elektriciteit in Zeeland kan direct gebruikt worden door lokale vraag van de gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie en elektrolyzers. Het is de verwachting bij meer dan 9,5 GW aanbod van elektriciteit (kernenergie, windenergie op zee, wind op land) knelpunten ontstaan op het de afvoerende 380kV-verbinding Borssele/Sloegebied naar Rilland, maar dan zijn de knelpunten naar verwachting nog oplosbaar met redispatch. Vanaf 10,5 GW aanbod van elektriciteit is naar verwachting een nieuw circuit nodig. Aangezien dit om een 5de circuit gaat zijn nieuwe masten nodig en is de ruimtelijke impact fors.

Bovenstaande is gebaseerd op de doorrekeningen van de zeven scenario's die gebruikt zijn in het PEH. In de CES 2.0 wordt uitgegaan van een veel hogere elektriciteitsvraag in Zeeland, met name door elektrisch kraken bij DOW. De CES gaat uit van ongeveer 1,5 GW extra vraag (vollast). Dit betekent dat je 1,5 GW extra aanbod (kernenergie, windenergie op zee, wind op land) kwijt kan in Zeeland. Dus 11 GW aanbod voordat redispatch nodig is en 12 GW aanbod voordat een nieuw circuit nodig is.

Het is onduidelijk of bovenstaande omslagpunten ook gelden voor de 380kV-verbindingen Rilland – Moerdijk - Geertruidenberg en Rilland – Tilburg. Aangezien dit geen uitlopers van het net zijn is een integrale doorrekening nodig om de effecten van aanlanding van windenergie op zee op deze verbindingen in te schatten. Uit de doorrekeningen van de scenario's volgt dat er bij 8,5 GW aanbod van elektriciteit (kernenergie, windenergie op zee, wind op land) geen nieuwe circuits nodig zijn bij deze verbindingen en bij 12,5 GW aanbod van elektriciteit (kernenergie, windenergie op zee, wind op land) wel. Het omslagpunt voor deze verbindingen ligt dus ergens tussen de 8,5 GW en 12,5 GW

De keuze voor extra vermogen aan regelbare centrales in Zeeland raakt niet aan de keuze voor aanlanding van windenergie op zee, kernenergie en clusters van hernieuwbare opwek op land. Dit komt doordat deze regelbare centrales alleen draaien op momenten dat de andere bronnen weinig produceren, dus op momenten dat er weinig wind of zon is. Het plaatsen van extra regelbare centrales leidt dus niet tot een nieuwe 380kV-verbinding. Wel levert dit een extra ruimtebeslag op binnen de Barro-locaties Borssele/Sloegebied/Vlissingen en Terneuzen/Sas van Gent. Elke MW kernenergie kan één MW regelbare centrales vervangen. Dit betekent dat er in dat geval minder ruimte nodig is voor regelbare centrales.

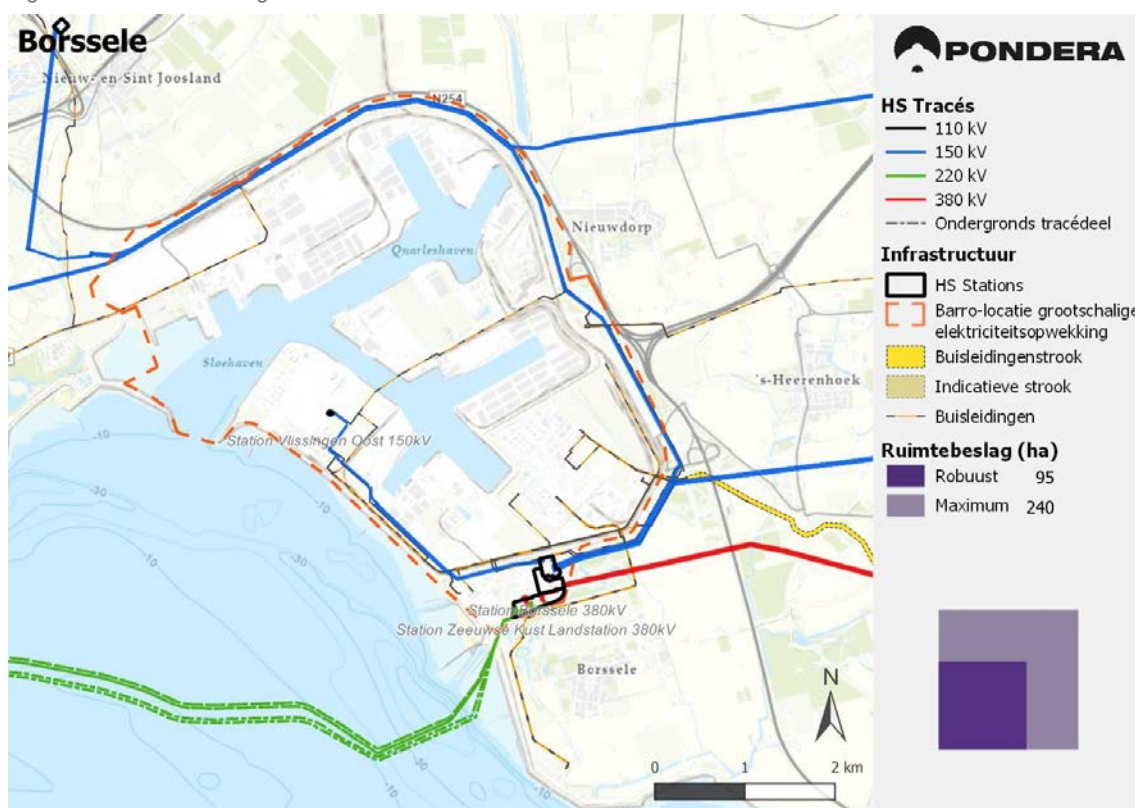
Bijna alle keuzes uit paragraaf 6.3 hebben een ruimtelijke neerslag op de Barro-locaties Borssele/Sloegebied/Vlissingen en Terneuzen/Sas van Gent. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is waarschijnlijk niet haalbaar om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten keuzes gemaakt worden.

## 6.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 6-3 - Maximaal ruimtebeslag Borssele/Sloegebied

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	1.700	5 (aanvullend ruimtebeslag)
Nieuwe stations/velden	-	20
Converterstations	7.500	5
Elektrolyzers	5.300	55
Kerncentrale	4.950	45
Batterijen	3.250	90

Figuur 6-2 - Borssele/Sloegebied



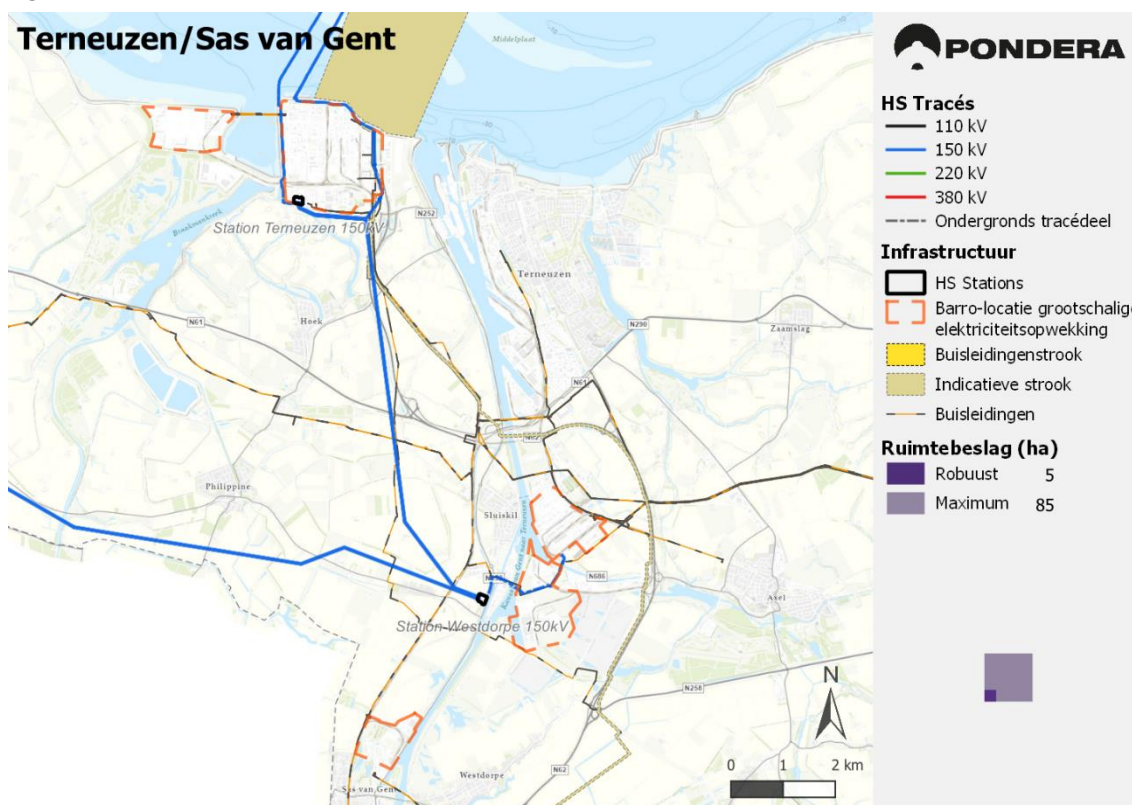
Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Borssele/Sloegebied de grootste aandachtspunten zijn: de aanwezige risicobronnen en het mogelijk toegevoegde risico door de plaatsing van de voorziene onderdelen (regelbare centrales, elektrolyzers). Ook de mogelijk effecten op Natura 2000-gebieden behoeven aandacht bij realisatie van de voorziene onderdelen.

Bij extra ruimtebeslag naast de huidige situatie en de ontwikkelingen tot aan 2030 (aanlandingen Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1, alsook het nieuwe 380kV-station) is er mogelijk sprake van beperkte ruimte voor geclusterde inpassing van deze onderdelen die worden verwacht tussen 2030 en 2050. Voor het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte beschikbaar. Dit is wel het geval voor inpassing van het minimale ruimtebeslag op deze locatie.

Tabel 6-4 - Maximaal ruimtebeslag Terneuzen/Sas van Gent

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	700	< 5 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	10
Converterstations	-	10
Elektrolyzers	1.900	20
Batterijen	1.400	40

Figuur 6-3 - Terneuzen/Sas van Gent



Uit de effectbeoordeling voor Terneuzen/Sas van Gent blijkt dat het grootste aandachtspunt het ruimtebeslag is bij het maximale scenario. De beschikbare ruimte binnen de Barro-locaties is beperkt en nieuwe energie-infrastructuur beperkt ook de mogelijkheden voor uitbreidingen van industrie. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid van de ontwikkeling van de voorziene onderdelen van het energiesysteem.

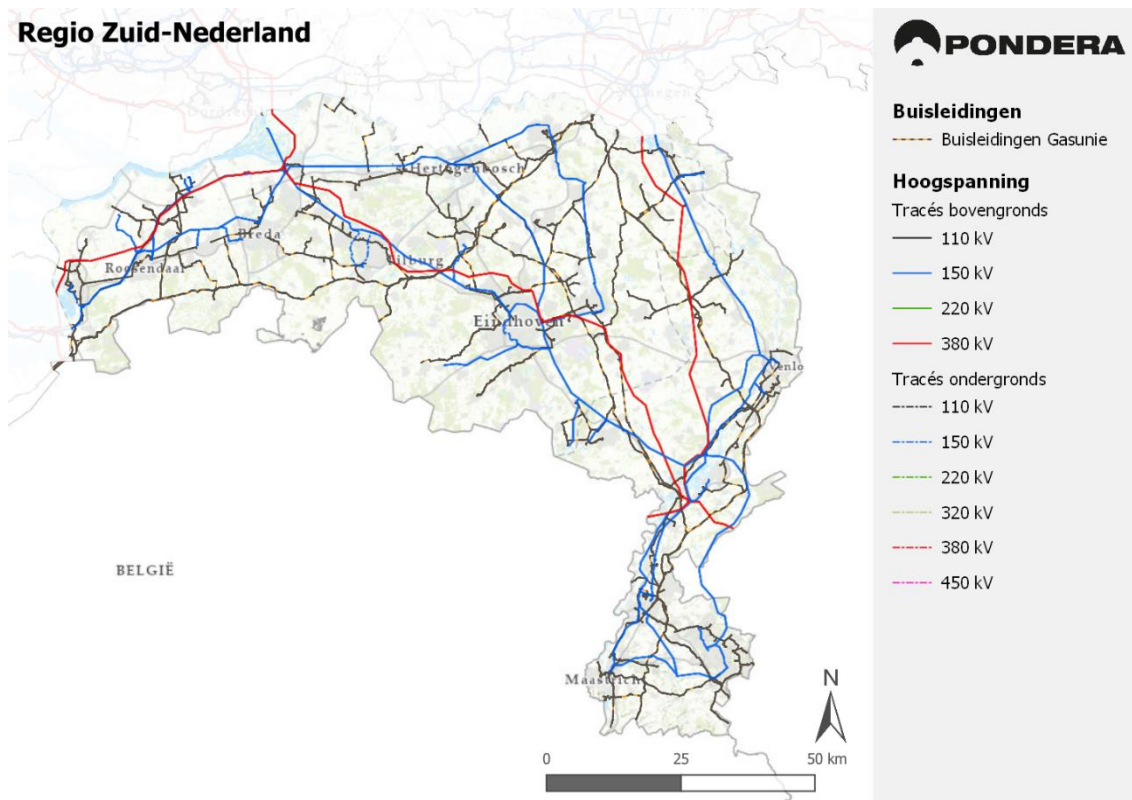
## 7 Gebiedsanalyse Zuid-Nederland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincie Noord-Brabant en Limburg op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur op de Barro-locaties (Moerdijk, Geertruidenberg, Maasbracht en Chemelot), uitbreiding van 380kV-infrastructuur en ontwikkeling van nieuwe buisleidingen. Op de Barro-locaties is mogelijk sprake van meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

### 7.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Nederland?

Figuur 7-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Zuid-Nederland. Het Brabantse 380kV-net is via Geertruidenberg verbonden met Zeeland en Zuid-Holland. Vanaf Geertruidenberg loopt een 380kV-verbinding door Noord-Brabant in oost-west richting, via Eindhoven naar Maasbracht in Limburg. Daarnaast loopt een 380kV-verbinding vanaf Gelderland via Boxmeer richting Maasbracht. Bij Maasbracht is het 380kV-net verbonden met het Duitse en Belgische hoogspanningsnet. Tevens is een uitgebreid 150kV-net aanwezig in beide provincies.

Figuur 7-1 - Overzicht energie-infrastructuur Zuid-Nederland



Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Zuid-Nederland. Er loopt onder andere een strook met H-gas (hoogcalorisch gas) en L-gas (laagcalorisch gas) leidingen door Noord-Brabant vanaf Gelderland via Oss, ten zuiden van Tilburg en Breda richting Zeeland. Daarnaast loopt een H-gasleiding vanaf Zuid-

Holland via Moerdijk door Brabant richting Zeeland. Er lopen twee stroken met H-gas- en L-gasleidingen door Limburg. Deze stroken komen vanuit Gelderland via de oostkant van Noord-Brabant.

De Nederlandse gastransportnetten zijn op meerdere punten in Noord-Brabant (Hilvarenbeek) en Limburg (Tegelen, Obbicht, Bocholtz, 's Gravenvoeren) verbonden met de netwerken in België en Duitsland.

Ten slotte lopen er enkele stroken met buisleidingen voor overige brandstoffen (aardolieproducten, chemische stoffen) door Noord-Brabant en Limburg. Er loopt een buisleidingstrook vanaf Rotterdam richting Chemelot: de Pijpleiding Rotterdam-BEEK (PRB). Via de buisleidingen in deze strook wordt nafta en aardgascondensaat getransporteerd. Daarnaast lopen de buisleidingen vanaf de Rotterdamse haven richting Zeeland (DOW, Total), Duitsland (Rotterdam-Ruhr Pijpleiding, RRP) en België (Rotterdam-Antwerpen, RAPL) gedeeltelijk door Noord-Brabant en Limburg. Daarnaast lopen er ter hoogte van Geleen enkele buisleidingen door Limburg die de Noord-Belgische chemielocaties verbinden met Chemelot.

## 7.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

### 7.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

#### Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Verwacht wordt dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Zuid-Nederland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 7-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 7-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Zuid-Nederland

Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-station</b>	Tilburg	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Graetheide	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Moerdijk	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Schouwen Duiveland- Tholen- West Brabant	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Boxmeer	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Geertruidenberg	Uitbreiding station
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht – Graetheide	Opwaarderen van 150 kV naar 380 kV
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht – Graetheide	Aanleg 3de circuit
<b>380kV-verbinding</b>	Rilland – Tilburg	Nieuwe verbinding (2 circuits)
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven – Maasbracht	Aanleg 3de circuit
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen – Geertruidenberg	Aanleg 3de circuit
<b>380kV-verbinding</b>	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
<b>150/110kV-verbindingen</b>		Implementatie pocketstructuur



## Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstofnet en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. Tabel 7-2 geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Zuid-Nederland.

Tabel 7-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransportring Zuid-Nederland

Hoofdtrajecten waterstoftransportring	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Cluster Chemelot	25	25	n.v.t.	2027
Verbinding Rotterdam/Moerdijk – Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding Noord-Nederland - Chemelot	216	200	16	2027
Verbinding Zeeland – Chemelot (Ravestein – Ossendrecht)	122	122	n.v.t.	2030
Exportverbinding België	8	8	n.v.t.	2030

### 7.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Zuid-Nederland dan voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 7.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Het is de verwachting dat tot 2031 2 GW aan windenergie op zee aangesloten gaat worden in Geertruidenberg of Moerdijk. Hiervoor zijn nieuwe velden nodig bij het bestaande 380kV-station in Geertruidenberg of het geplande 380kV-station in Moerdijk. Daarnaast is een converterstation op een van deze locaties noodzakelijk.

Daarnaast zijn uitbreidingen nodig van de 380kV-stations in Eindhoven en Graetheide. Als deze stations vol zijn moet een nieuw station gerealiseerd worden.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. Het is de verwachting dat bij aanlanding van 2 GW windenergie op zee in Moerdijk of Geertruidenberg tot 1 GW aan batterijen noodzakelijk is. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast is een extra veld bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales, groengascentrales of biommassacentrales met afvang van CO<sub>2</sub>. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Geertruidenberg, Moerdijk, Maasbracht en Geleen (Chemelot) omgebouwd worden of vervangen worden door nieuwe centrales.

Bij Graetheide/Chemelot is maximaal 10 ha nodig voor robuuste ontwikkelingen tussen 2030 en 2050. Het gaat hier om uitbreidingen bovenop de geplande investeringen tot 2030. Het gaat om uitbreidingen van de bestaande of aanleg van een nieuw 380kV-station. Bij realisatie in de Barro-locatie zijn veiligheidscontouren een aandachtspunt, bij realisatie nabij bestaand 150kV-station Graetheide is effect op landbouwareaal een aandachtspunt. Bij Eindhoven is een robuuste ontwikkeling van maximaal 15 ha voorzien bestaande uit (onderdelen van) een nieuw 380kV-station en batterijen. Vanuit Milieu & Ruimte zijn potentiële geluidsoverlast op dichtbijgelegen woningen en landschappelijke effecten op stroomgebied de Kleine Dommel aandachtspunten.

## 7.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

### 7.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructureur die in ieder geval plaatsvinden, zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zuid-Nederland zijn:

- ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland;
- diepe aanlanding van windenergie op zee in Zuid-Nederland;
- locatie van elektrolyzers;
- plaatsing van regelbare centrales;
- transport van hernieuwbare grondstoffen en CO<sub>2</sub>;
- bovenregionaal warmtetransport.

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

### 7.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

#### Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland

De ontwikkelingen rondom windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland hebben effect op het hoogspanningsnet in Noord-Brabant. Door de aanlanding van windenergie op zee, mogelijk in combinatie met kernenergie bij Borssele/Sloegebied en Rotterdam, kunnen grote lokale overschotten van elektriciteit ontstaan. Deze lokale overschotten kunnen gedeeltelijk opgevangen worden met elektrolyzers, maar een aanzienlijk deel zal ook afgevoerd worden via het 380kV-net, richting Limburg, Duitsland en België. Hierdoor zijn mogelijk nieuwe 380kV-circuits nodig in Noord-Brabant.

Bij de combinatie van windenergie op zee met grote hoeveelheden kernenergie in Zeeland zijn nieuwe 380kV-circuits nodig tussen Rilland en Geertruidenberg (via de nieuwe 380kV-stations Schouwen Duiveland- Tholen- West-Brabant en Moerdijk) en tussen Rilland en Tilburg. Daarnaast zijn mogelijk nieuwe 380kV-circuits nodig tussen Krimpen aan den IJssel en Eindhoven (via Tilburg en Geertruidenberg) als grote hoeveelheden windenergie op zee aanlanden in Rotterdam. Het aanleggen van deze nieuwe 380kV-circuits heeft een grote ruimtelijke impact. Naast het verspreide ruimtebeslag van deze grote hoeveelheid bovengrondse verbindingen is er een groot effect op landschap in Noord-Brabant. Nieuwe verbindingen worden zoveel mogelijk parallel aan bestaande verbindingen gerealiseerd, maar dit zal door ruimtelijke knelpunten niet altijd mogelijk zijn. Dit kan de beleving van het landschap negatief beïnvloeden. Ook zijn er effecten te verwachten op ecologie door meer aanvaringslachtoffers (vogels). Met name bij Natura 2000-gebieden Markiezaat en Brabantse Wal is dat een aandachtspunt.

### Diepe aanlanding van windenergie op zee in Zuid-Nederland

Naar verwachting zal het grootste gedeelte van de windenergie op zee aanlanden aan de kust. Maar er wordt ook gekeken naar de mogelijkheid om de ondergrondse HVDC<sup>9</sup>-kabels vanaf de windenergiegebieden op zee door te trekken naar locaties in het binnenland in plaats van aanlanding aan de kust. Dit heet diepe aanlanding. Door diepe aanlanding kunnen forse uitbreidingen aan het hoogspanningsnet vanaf de kust naar het binnenland voorkomen worden.

Er zijn plannen om 2 GW aan windparken op zee aan te sluiten in Geertruidenberg of Moerdijk. Hiervoor moet dus een HVDC-kabel doorgetrokken worden vanaf de kust naar deze locaties. Daarnaast is op deze locaties ruimte nodig voor een convertorstation, nieuwe velden op 380kV-stations en mogelijk batterijen en elektrolyzers. Hier is naar verwachting circa 60 ha voor nodig. Er wordt ook gesproken over het aanlanden van nog grotere vermogens van windenergie op zee bij Geertruidenberg of Moerdijk. Dit levert een groter ruimtebeslag op bij deze locaties. Extra aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant kan twee effecten hebben:

- De belasting op het 380kV-net tussen de Maasvlakte en Geertruidenberg wordt minder als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding op de Maasvlakte, aangezien de windstroom doorgevoerd wordt richting Limburg en België en Duitsland. De belasting op het 380kV-net tussen Borssele/Sloegebied en Geertruidenberg neemt af als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding in Zeeland. Zie ook *Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland*.
- Er kunnen mogelijk extra knelpunten op 380kV-verbindingen ontstaan rondom Geertruidenberg en Moerdijk als daar grote vermogens windstroom aanlanden. Hier is nog verder onderzoek naar nodig.

Daarnaast is de mogelijkheid voor diepe aanlanding in Maasbracht onderzocht. Er is gekeken naar diepe aanlanding van 6 GW aan windstroom in Maasbracht in plaats van op de Maasvlakte. Maasbracht is een geschikte locatie voor diepe aanlanding aangezien het vlakbij Chemelot ligt en het Nederlandse 380kV-net hier gekoppeld is aan het Belgische en Duitse hoogspanningsnet. Er is naar verwachting veel transport van elektriciteit nodig richting Limburg door de elektriciteitsvraag van Chemelot en mogelijke export van elektriciteit richting België en Duitsland waardoor mogelijk nieuwe 380kV-circuits nodig zijn tussen Krimpen aan den IJssel en Eindhoven (zie *Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland*). Deze uitbreidingen kunnen voorkomen worden door HVDC-kabels door te trekken naar Maasbracht en een deel van de windstroom daar aan te laten landen in plaats van op de Maasvlakte. Hierdoor worden de negatieve effecten op ruimte en landschap van de nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen (zie *Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland*) voorkomen. Wel is ondergronds ruimte nodig voor de aanleg van de HVDC-kabels. Aandachtspunten vanuit Milieu & Ruimte zijn hierbij grondwaterbeschermingsgebieden en wederzijdse beïnvloeding met bestaande buisleidingen bij parallellegging. Daarnaast heb je bij diepe aanlanding circa 165 ha extra ruimte nodig in Maasbracht voor converterstations, nieuwe 380kV-stations en mogelijk batterijen en elektrolyzers. De grootste aandachtspunten vanuit Milieu & Ruimte is het grote ruimtebeslag, dit zal ook ruimte buiten de Barro-locatie vergen en zal met name ten koste gaan van landbouwgrond.

<sup>9</sup> High Voltage Direct Current. Direct Current is gelijkstroom.

### Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee is vanuit systeemperspectief efficiënter, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Er kan gekozen worden om windenergie op zee dieper in land aan te landen. Maasbracht zou daarvoor een geschikte locatie zijn, omdat de vraag naar elektriciteit daar in de toekomst mogelijk groot is. Bij het clusteren van elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee, zou dan ongeveer 5,5 GW aan vermogen voor elektrolyzers geplaatst worden. Dat heeft een ruimtebeslag van circa 55 ha. Met name de omvang van het ruimtebeslag heeft effect op Milieu & Ruimte omdat dit niet binnen de huidige Barrolocatie lijkt in te passen in combinatie met overige voorziene energie-infrastructuur. Er ontstaan mogelijk knelpunten in de waterstofinfrastructuur tussen Maasbracht en Chemelot door diepe aanlanding van windenergie op zee en de plaatsing van elektrolyzers in Maasbracht. Hiervoor moet een passende aansluitleiding worden gelegd. Dit past naar verwachting binnen de huidige reserveringen.

Er wordt ook gekeken naar aanlanding van 2 GW windenergie op zee in Moerdijk of Geertruidenberg. Dit betekent dat ook op deze locaties elektrolyzers kunnen komen als er gekozen wordt voor clustering bij aanlandingslocaties. Het zou dan ook gaan om maximaal 1,9 GW aan elektrolyzers. De ruimtelijke impact voor de elektrolyzers is dan circa 20 ha. In Geertruidenberg lijkt deze ruimte beschikbaar, maar in combinatie met overige benodigde energie-infrastructuur kan knelpunten opleveren met de korte afstand tot de woonkern Geertruidenberg. Bij Moerdijk is meer industriële activiteit en veel bestaande energie-infrastructuur aanwezig. Ook hier lijkt de ruimte beschikbaar, maar kan dit knellen in combinatie met overige benodigde energie-infrastructuur en de bestaande inrichting.

In de keuze van clustering van elektrolyzers bij de vraag naar waterstof van de industrie zou er 4,1 GW aan vermogen voor elektrolyzers geplaatst worden bij Chemelot. Deze hoeveelheid is onder andere afhankelijk van de totale vraag naar waterstof van de industrie, en kan dan ook variëren. Het ruimtebeslag van het clusteren van elektrolyzers op deze locatie is circa 40 ha. Aandachtspunten zijn hier externe veiligheid en ruimtebeslag op landbouwgrond.

Het clusteren van elektrolyzers bij de industrie heeft ook effect op delen van het hoogspanningsnet. Als windenergie op zee aanlandt aan de kust, neemt de belasting van het net tussen de kust (Maasvlakte/Borssele/Sloegebied) en Limburg flink toe. Knelpunten op de 380kV-tracés Tilburg – Eindhoven en Eindhoven – Maasbracht worden ernstiger. Door het plaatsen van elektrolyzers bij afnemers van waterstof bij Chemelot, ontstaat mogelijk een knelpunt in de waterstofinfrastructuur tussen Maasbracht en Chemelot. Het oplossen van dit knelpunt kan naar verwachting binnen de huidige reserveringen en heeft hierdoor geen ruimtelijke impact.

### Locatie van regelbare centrales

Er zijn één grote biomassa/kolencentrale en enkele grote gascentrales/wkk's actief in Zuid-Nederland, in Geertruidenberg, Moerdijk, Maasbracht en Geleen (Chemelot). In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren door elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

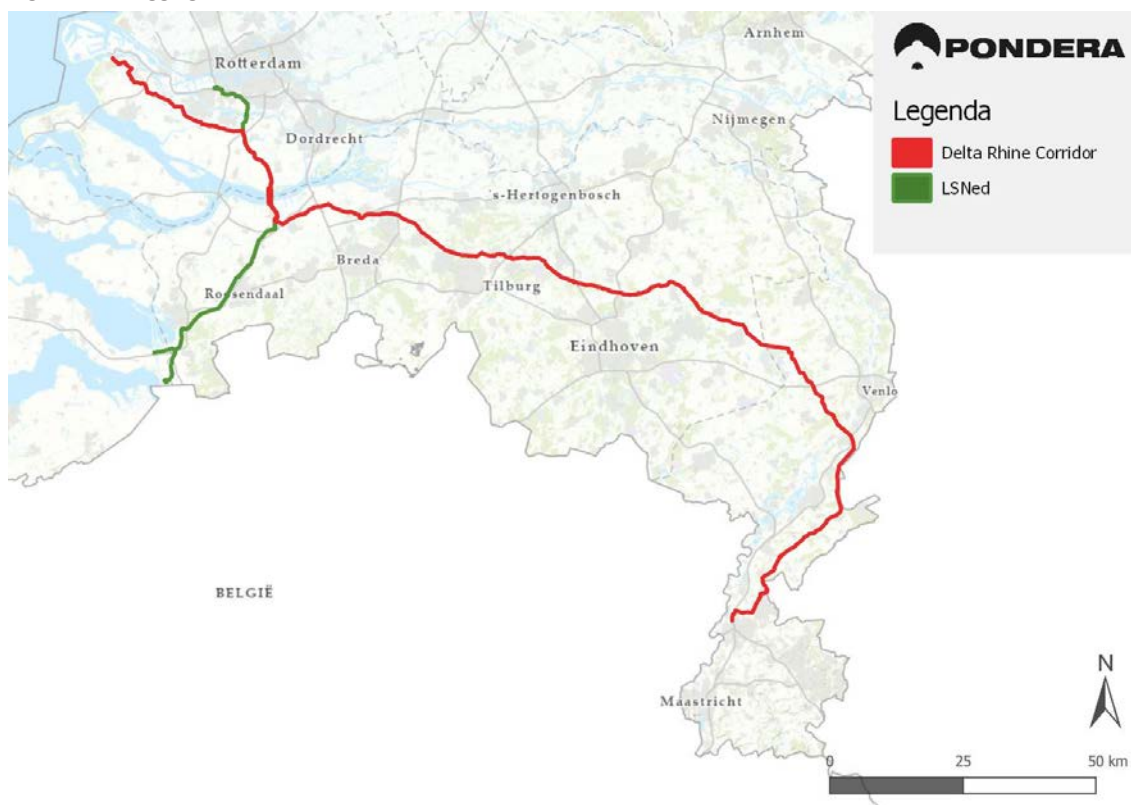
Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige centrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden op de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is in Geertruidenberg (max 300 MW, <5 ha extra), Moerdijk (max 100 MW, <5 ha extra), Geleen (max 1.100 MW, circa 5 ha extra) en Maasbracht (max 2.300 MW, circa 10 ha extra). Daarnaast kunnen nieuwe regelbare centrales gerealiseerd worden in Buggenum, op het terrein van de voormalige Willem-Alexander centrale (max 650 MW, <5 ha). Daarbovenop is op deze locaties extra ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in Zuid-Nederland gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig zijn.

#### Doorvoer hernieuwbare grondstoffen/brandstoffen en CO<sub>2</sub>

Er lopen leidingen vanaf Rotterdam naar Zeeland en Antwerpen door Noord-Brabant. De leidingstraat van LSNEED loopt door Noord-Brabant. Deze corridor voor grondstofleidingen van de chemie verbindt Rotterdam met Moerdijk, Zeeland en Antwerpen. Hier zijn geen ruimtelijke reserveringen voor nodig.

Figuur 7-2 – Ligging Delta Rhine Corridor en LSNed



Duitsland heeft in de toekomst een vraag naar grondstoffen en energie, die Nederland kan aanvoeren via import vanuit de Rotterdamse haven. Om dit te faciliteren is er een concreet plan om de Rotterdamse haven via Chemelot met Duitsland door leidingen te verbinden. Het gaat om één leidingstrook met daarin vier leidingen: drie leidingen transporteren stoffen (waterstof, LPG en Propeen) naar Duitsland, en één leiding transporteert CO<sub>2</sub> van Duitsland via Chemelot naar Rotterdam voor opslag onder de Noordzee. Deze leidingen zijn onderdeel van de Delta Rhine Corridor (zie bovenstaand figuur). De Delta Rhine Corridor loopt dwars door Noord-Brabant en Limburg.

De volumes die door de Delta Rhine Corridor worden getransporteerd in 2050 per stof zijn naar verwachting voor CO<sub>2</sub> tot 10.000 kton per jaar; voor LPG ongeveer 1.600 kton per jaar; voor propeen ongeveer 1.400 kton per jaar en voor waterstof<sup>10</sup> ongeveer 2.300 kton per jaar. De leidingen van de Delta Rhine Corridor zijn geen van allen rendabel zonder buitenlandse volumes en komen niet tot stand als er geen vraag vanuit Duitsland is. Binnen de huidige reserveringen is er voldoende ruimte. Er zijn wel knelpunten in de realisatie van deze verbindingen, maar met technische maatregelen zijn deze knelpunten op te lossen.

Daarnaast is het in de toekomst mogelijk om ook nieuwe verbindingen voor kerosine, methanol en ammoniak aan te leggen voor doorvoer naar Duitsland.<sup>11</sup> Er is voor deze leidingen geen additioneel

<sup>10</sup> Het gaat hierbij exclusief om waterstof voor doorvoer naar Duitsland, en niet om gebruik in Nederland.

<sup>11</sup> In hetzelfde tracé zouden eventueel ook nieuwe leidingen voor groene methaan en/of waterstof als onderdeel van het Nederlandse energiesysteem aangelegd kunnen worden.

ruimtebeslag omdat deze leidingen hetzelfde tracé kunnen volgen als de Delta Rhine Corridor, daar is nog genoeg ruimte voor deze extra buisleidingen.

### Bovenregionaal warmtetransport

In Noord-Brabant kan, op basis van concentratie van de warmtevraag in de gebouwde omgeving en het aanbod van restwarmte en geothermie gekozen worden om een aantal warmtetransportleidingen te leggen. Als er gekozen wordt voor de inzet (of uitbreiding) van warmtenetten, is er iets minder vraag naar elektriciteit voor ruimteverwarming.

Als hoofdbron voor een warmtenet kan gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. Het zou in de praktijk ook mogelijk zijn om beide soorten bronnen te combineren en beide trajecten aan te leggen, in Tabel 7-3 staat welke leidingen nodig zijn per bron:

Tabel 7-3 – Benodigde verbindingen per bron (geothermie of restwarmte)

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Lage Zwaluwe	Breda	25-31	400	60
	Land van Cuijk	Nijmegen	18-23	400	60
	Helmond	Eindhoven	54-68	450	90
Restwarmte	Dordrecht	Breda	23-35	400	60
	Land van Cuijk	Nijmegen	9-13	400	60

In Noord-Brabant zouden een aantal nieuwe bovenregionale leidingen kunnen komen, die aansluiten op bestaande leidingen. Deze nieuwe leidingen kunnen dan een restwarmtebron koppelen aan een bestaand leidingennet. Het gaat om de volgende twee bestaande plannen en ideeën:

- Een warmteleiding tussen Moerdijk en Geertruidenberg. Deze sluit een restwarmtebron aan op het bestaande Amernet. Moerdijk kan een belangrijke bron van restwarmte leveren.<sup>12</sup>
- Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht. Chemelot kan een belangrijke bron van restwarmte leveren om in de vraag naar warmte van Maastricht te voorzien. Het gaat om een uitbreiding van het bestaande warmtenet in Maastricht.

De warmteleiding tussen Moerdijk en Breda geldt als alternatief voor de leiding tussen Dordrecht en Breda. Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht is als alternatief voor de leiding van Ede naar Arnhem in Gelderland.

Vanuit de beoordeling Milieu & Ruimte zijn er enkele aandachtspunten voor effecten die mogelijk optreden bij beide opties. Zo zijn er in de omgeving Lage Zwaluwe-Breda en Helmond-Eindhoven kruisingen met NNN-gebieden en is er een complexe kruising met de Maas nodig bij het Land van Cuijk. Tussen Breda en Dordrecht is het kruisen van Hollands Diep en de Biesbosch (Natura 2000-gebieden), een groot ruimtelijk en technisch aandachtspunt.

<sup>12</sup> Plannen en ambities voor regionale netten, zoals bijvoorbeeld Heusden – Hedikhuizen; Bergen op Zoom of Roosendaal zijn geen onderdeel van PEH.

## 7.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

### 7.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Of ruimte nodig is voor nieuwe 380kV-verbindingen in Noord-Brabant is in grote mate afhankelijk van ontwikkelingen in Zuid-Holland en Zeeland. Het Brabantse hoogspanningsnet wordt namelijk gebruikt voor de doorvoer van elektriciteit van windparken op zee richting Limburg, België en Duitsland.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeem-perspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is om elektriciteit bij de elektrolyzers te krijgen. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij aanlanding van windenergie op zee in Moerdijk, Geertruidenberg of Maasbracht is het opportuun om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

De plaatsing van elektrolyzers bij de aanlanding van windenergie op zee in Moerdijk of Geertruidenberg biedt mogelijkheden om de restwarmte in te zetten als extra bron voor een warmtenet. Elektrolyzers produceren waterstof met een efficiëntie van ongeveer 60%, bij een temperatuur van ongeveer 70 graden Celsius. Dat betekent dat er 40% restwarmte is. Deze bron is dan in principe beschikbaar wanneer de elektrolyzers waterstof produceren, dus bij overschotten van wind. In combinatie met warmteopslag kan dit, gezien de omvang van elektrolysecapaciteit (bijna 2 GW), een aanzienlijke warmtebron zijn.

Meerdere keuzes uit paragraaf 7.3 hebben een ruimtelijke neerslag in Moerdijk, Geertruidenberg, Graetheide (Chemelot) en/of Maasbracht. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is lastig om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten mogelijk keuzes gemaakt worden.

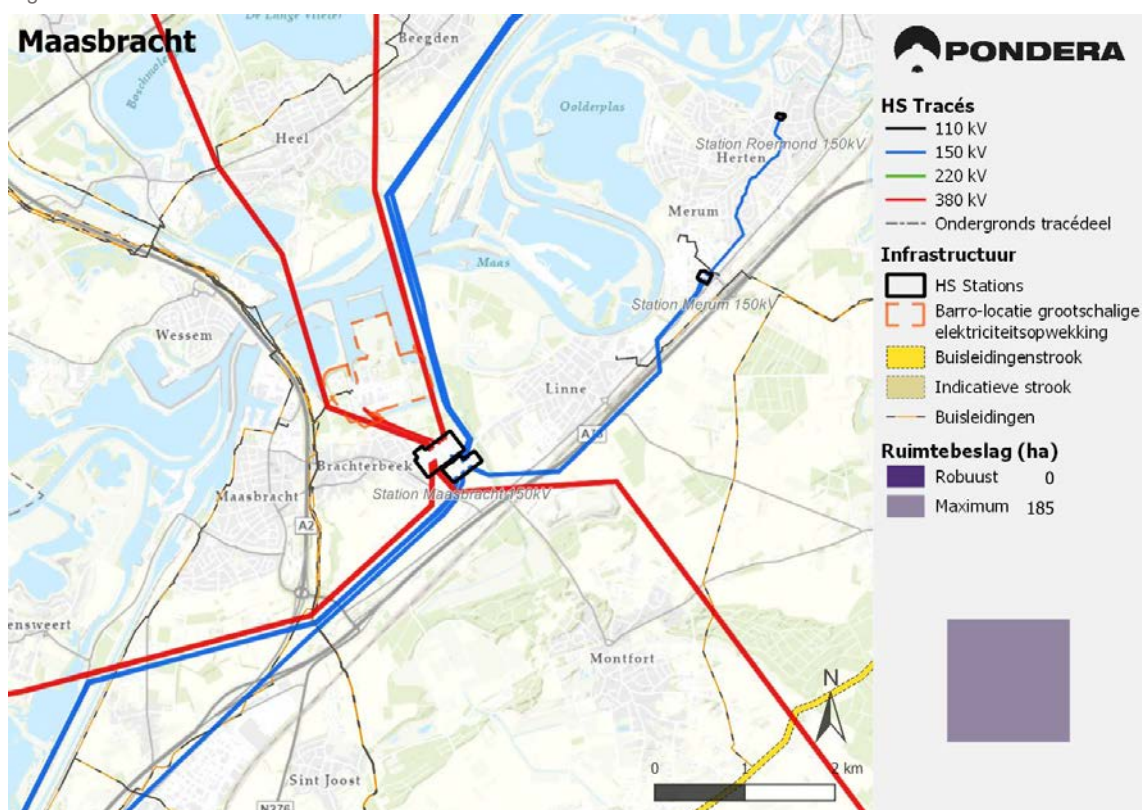


## 7.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 7-4 - Maximaal ruimtebeslag Maasbracht

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	2.300	10 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	20
Converterstations	-	15
Elektrolyzers	5.500	55
Kerncentrale	-	-
Batterijen	3.000	85

Figuur 7-3 - Maasbracht

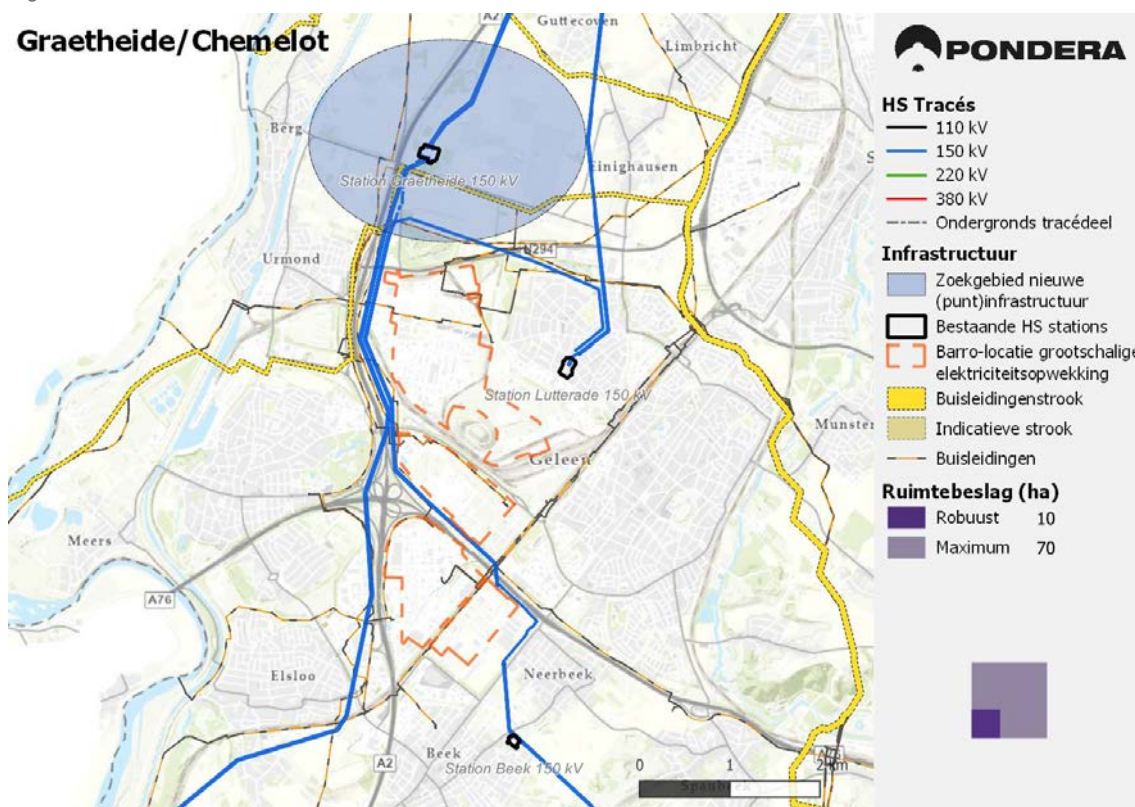


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Maasbracht het grootste aandachtspunt het ruimtebeslag is. De grote omvang van het maximale ruimtebeslag zal ook ruimte buiten de Barro-locatie vergen en zal met name ten koste gaan van landbouwgrond. Hierbij is het gebied ten noordwesten van de Barro-locatie het meest voor de hand liggend. Dit aandachtspunt bepaalt mede de haalbaarheid van de ontwikkelingen.

Tabel 7-5 - Maximaal ruimtebeslag Graetheide/Chemelot

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	1.100	5 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	10
Converterstations	-	-
Elektrolyzers	4.100	40
Kerncentrale	-	-
Batterijen	500	15

Figuur 7-4 – Graetheide/Chemelot

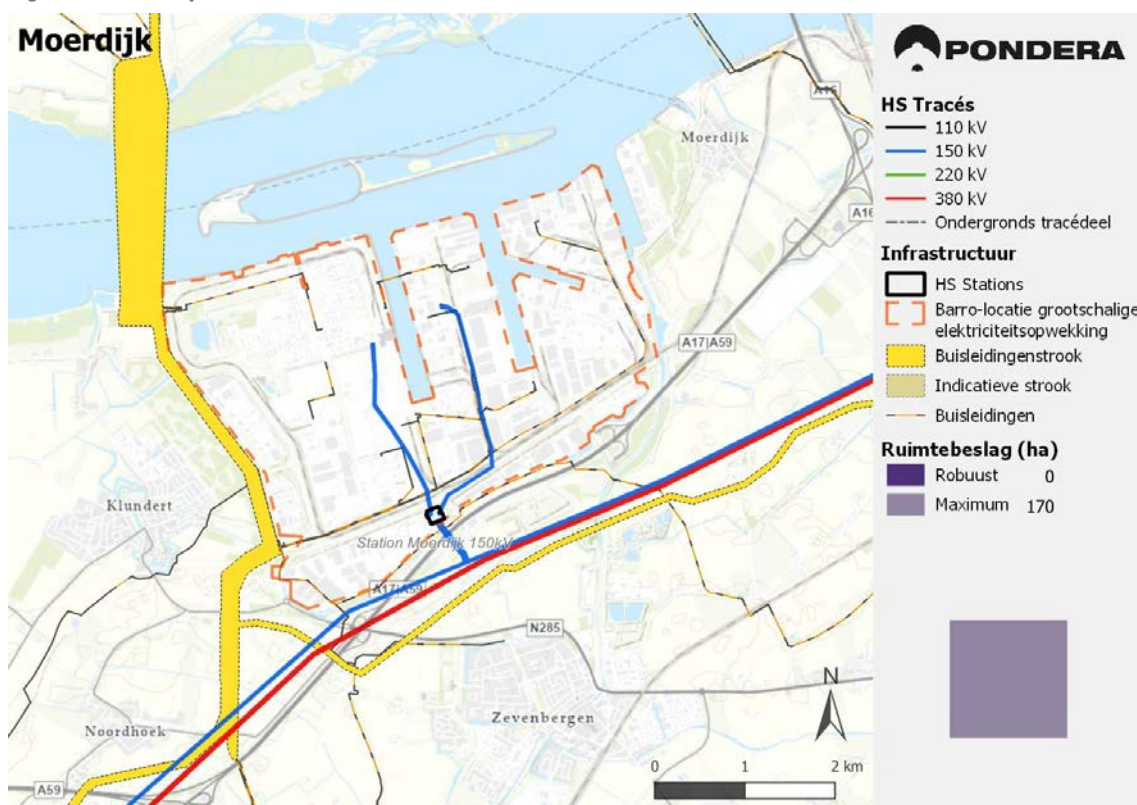


Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Graetheide/Chemelot blijkt dat de grootste aandachtspunten ruimtebeslag op landbouwgebied bij realisatie rondom Graetheide 150kV-station en externe veiligheid wanneer realisatie van het maximale ruimtebeslag binnen de Barro-locatie plaatsvindt. Dit zijn aandachtspunten die mede de haalbaarheid van de ontwikkeling bepalen.

Tabel 7-6 - Maximaal ruimtebeslag Moerdijk

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	20
Converterstations	-	15
Elektrolyzers	5.700	55
Kerncentrale	-	-
Batterijen	2.000	80

Figuur 7-5 - Moerdijk

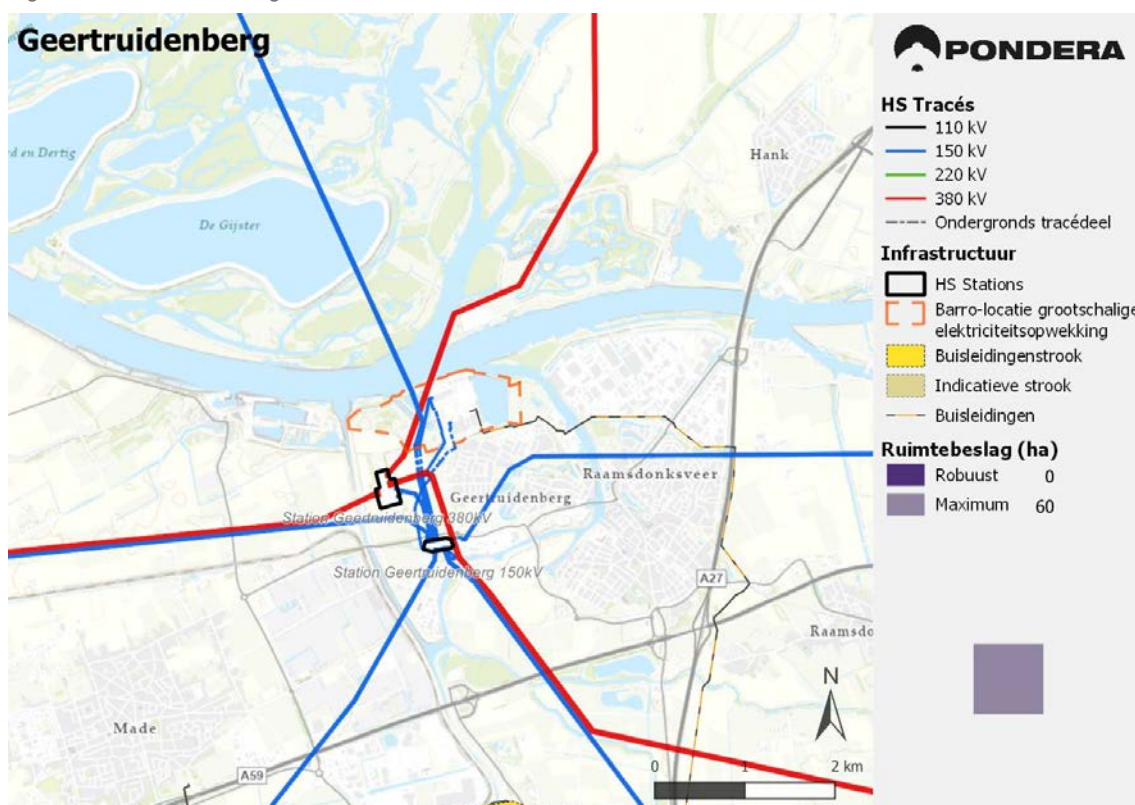


Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Moerdijk blijkt dat het grootste aandachtspunt de hoeveelheid ruimtebeslag is bij aanlanding van 6 GW windenergie op zee. Dit gaat mogelijk ten koste van landbouwgrond in de omgeving. Ook is externe veiligheid een punt van aandacht. Deze punten zijn bepalen mede de haalbaarheid van de ontwikkelingen.

Tabel 7-7 - Maximaal ruimtebeslag Geertruidenberg

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10
Converterstations	-	5
Elektrolyzers	1.900	20
Kerncentrale	-	-
Batterijen	900	25

Figuur 7-6 - Geertruidenberg



Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Geertruidenberg blijkt dat de grootste aandachtspunten de nabije ligging van de woonkern van Geertruidenberg en aanwezigheid van NNN-gebied zijn. Realisatie van het maximale ruimtebeslag kan negatieve effecten op de leefomgeving hebben. Dit zijn aandachtspunten die mede de haalbaarheid van de ontwikkeling bepalen.

## 8 Bronnen

NetbeheerNL. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst: I13050*.

TenneT. (2022). Retrieved from Ontwerpinvesteringsplan Net op land 2022-2031:  
<https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/investeringsplannen>

# BIJLAGE XIV Beschrijving 2030

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Roel van Ooij, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers, Mariëlle de Sain

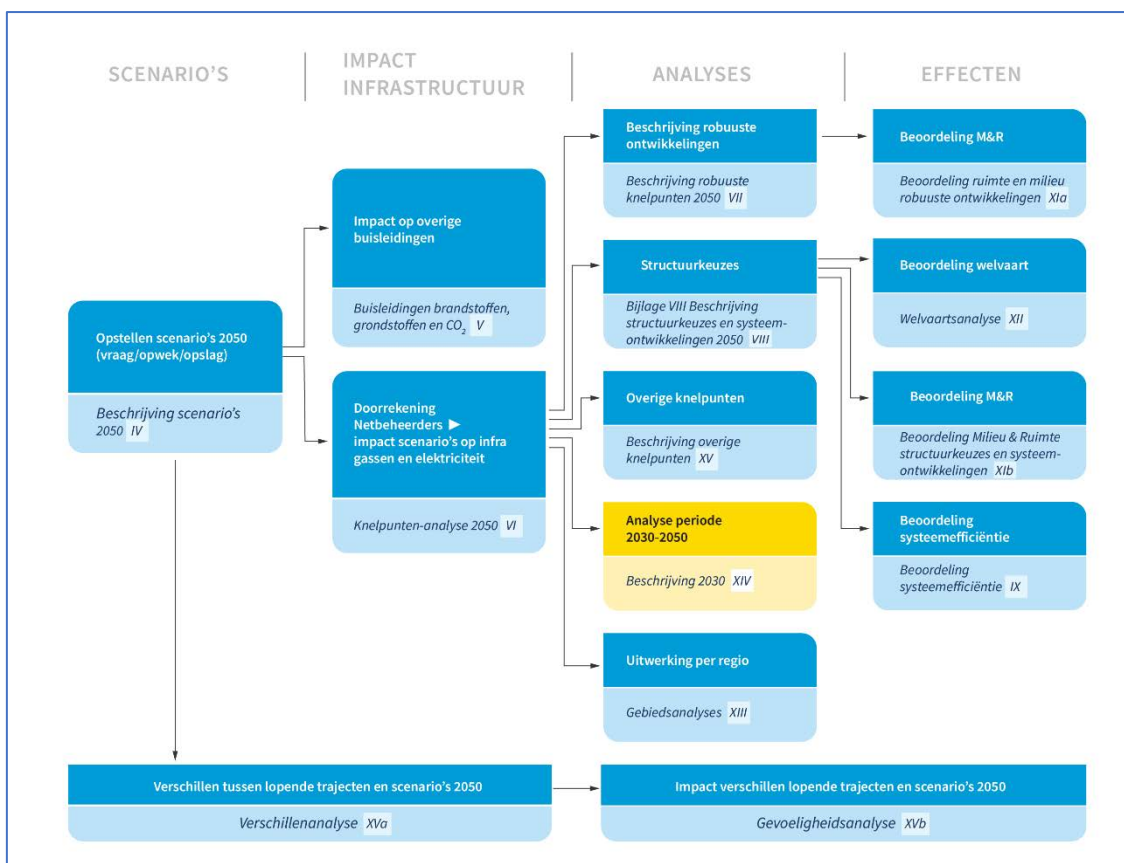
## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage XIV, *Beschrijving 2030*, worden de ontwikkelingen van de nationale energie-infrastructuur tot 2050 in de tijd geplaatst. Eerst worden de geplande uitbreidingen tot 2030, en de ruimtelijke consequenties daarvan, in kaart gebracht. Vervolgens wordt besproken welke uitbreidingen tussen 2030 en 2050 naar verwachting als eerste nodig zijn. Voor deze bijlage worden de Bijlagen IV t/m XII als input gebruikt. Deze bijlage valt onder Analyse in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH





## Inhoudsopgave

0	Samenvatting	1
1	Inleiding	3
2	Uitbreidingen tot 2030	3
2.1	Welke uitbreidingen van energie-infrastructuur zitten in de uitgangssituatie tot 2030?	4
2.2	Wat zijn additionele uitbreidingen tot 2030 bovenop de referentiesituatie op basis van IP2020?	8
2.3	Wat is de status van de projecten tot 2030?	10
3	Tijdelijk uitbreidingen na 2030	14
3.1	Elektriciteit	14
3.2	Waterstof	18
3.3	Overige buisleidingen	19

## 1 Inleiding

In de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het PEH wordt onderzocht welke ruimte nodig is voor nationale energie-infrastructuur in 2050, voor verschillende scenario's en verschillende mogelijke ontwikkelingen. In de Bijlagen VI *Knelpuntenanalyse 2050*, VII *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*, VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050* en XVI *Overige knelpunten 2050* wordt besproken welke uitbreidingen van energie-infrastructuur naar verwachting nodig zijn tot 2050. In de Bijlagen XIa *Beoordeling Milieu & Ruimte (Robuuste) ontwikkelingen* en XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte Structuurkeuzes en systeemontwikkelingen* worden de ruimtelijke consequenties van deze uitbreidingen besproken.

Het is niet alleen van belang welke ruimte nodig is voor uitbreidingen van energie-infrastructuur, maar ook wanneer deze ruimte nodig is. Dit wordt behandeld in deze bijlage. Eerst worden de geplande uitbreidingen tot 2030, en de ruimtelijke consequenties daarvan, in kaart gebracht. Vervolgens wordt besproken welke uitbreidingen tussen 2030 en 2050 naar verwachting als eerste nodig zijn.

## 2 Uitbreidingen tot 2030

In de IEA wordt onderzocht welke ruimte nodig is voor energie-infrastructuur voor de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Op dit moment is er al veel energie-infrastructuur aanwezig en tot 2030 staan al veel investeringen voor nieuwe projecten op de planning.

In de analyses van de IEA zijn de huidige situatie en de geplande investeringen tot 2030 de uitgangssituatie. Dit betekent dat aangenomen wordt dat de geplande investeringen in ieder geval gerealiseerd worden. Deze investeringen zijn ook meegenomen in de netmodellen die gebruikt zijn om te bepalen welke additionele uitbreidingen nodig zijn richting 2030. Alleen investeringen die opgenomen zijn in het investeringsplan van netbeheerders of waar een investeringsbeslissing voor gemaakt is, worden meegenomen. De investeringsplannen van de netbeheerders uit 2020, het IP2020, zijn de basis voor de uitgangssituatie. Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze zijn wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030 (zodat het IP2020 als basis dient). Er wordt een overzicht gegeven van de geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur in de uitgangssituatie in paragraaf 2.1.

Ondertussen zijn door de netbeheerders nieuwe investeringsplannen uitgebracht, genaamd IP2022. Nieuwe projecten uit deze investeringsplannen zijn geen onderdeel van de uitgangssituatie. Deze additionele uitbreidingen tot 2030 bovenop de uitgangssituatie komen in paragraaf 2.2 aan de orde. Hier wordt ook besproken of deze investeringen terugkomen in de analyses naar de benodigde energie-infrastructuur richting 2050 in de IEA.

De geplande uitbreidingen richting 2030 vragen ruimte. Het is belangrijk om te zorgen dat deze ruimte tijdig beschikbaar is. Om hiervoor te zorgen zijn voor een deel van de investeringen ruimtelijke procedures gestart, maar niet voor alle investeringen. In paragraaf 0 wordt besproken wat de status is van de ruimtelijke inpassing van de geplande uitbreidingen tot 2030.

## 2.1 Welke uitbreidingen van energie-infrastructuur zitten in de uitgangssituatie tot 2030?

Hieronder worden de verwachte uitbreidingen voor elektriciteit en waterstof tot 2030 omschreven. Deze zijn vastgelegd in de investeringsplannen van TenneT en Gasunie. Voor waterstof zijn daarnaast plannen ontwikkeld voor de ontwikkeling van het Nationaal Waterstofnetwerk.

### 2.1.1 Elektriciteit

In de IEA-analyses wordt gekeken naar de nieuwe infrastructuur die nodig is tot 2050. Maar tot 2030 staat al een flink aantal nieuwe investeringen op de planning. Deze zijn opgenomen in de investeringsplannen van TenneT. In de IEA-analyses is aangenomen dat de geplande projecten uit de investeringsplannen gerealiseerd gaan worden. Deze zijn dus in principe ook 'robuust'. Voor de doorrekeningen zijn de investeringen tot 2030 uit het investeringsplan IP2020 al meegenomen in het netmodel<sup>1,2</sup>. Dit betekent dat voor de IEA doorrekeningen worden gedaan met het hoogspanningsnet dat er naar verwachting ligt in 2030<sup>3</sup>. Dit is de referentiesituatie voor alle 2050-scenario's. De knelpunten die tot 2030 optreden komen dus ook niet naar voren in de doorrekening van de verschillende scenario's.

Bij de uitbreidingen van de hoogspanningsinfrastructuur is onderscheid gemaakt naar de volgende types investeringen:

- **Nieuw station.** Er wordt een compleet nieuw station ontwikkeld op een locatie waar nu nog geen station aanwezig is.
- **Uitbreiding station.** Een bestaand station wordt uitgebreid, bijvoorbeeld met nieuwe velden, trafo's of rails.
- **Nieuwe verbinding.** Er wordt een nieuwe hoogspanningsverbinding aangelegd op een tracé waar nu nog geen hoogspanningsverbinding loopt. Bij 380 en 220 kV gaat dit om een bovengrondse verbinding.
- **Extra circuit(s) bij bestaande verbinding.** Er worden één of meerdere nieuwe circuits aangelegd op een traject waar nu al een verbinding loopt. Hiervoor zijn nieuwe masten nodig. Dit is parallel aan de verbinding of via een nieuw tracé.
- **Verzwarend.** De geleiders van bestaande verbindingen worden opgewaardeerd naar 4kA<sup>4</sup>-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties.
- **Implementatie pocketstructuur.** In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleinere deelnetten, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net. In het netmodel is de pocketstructuur voor het gehele 150kV- en 110kV-net meegenomen, behalve in de kop van Noord-Holland en de regio Rotterdam<sup>5</sup>. Voor de invoering van de pocketstructuur zijn nieuwe 380kV-stations en uitbreidingen van bestaande 380kV-stations nodig. Deze zijn al opgenomen in boven-

<sup>1</sup> Zoals eerder benoemd is er ondertussen al een nieuw investeringsplan uitgekomen, het IP2022. De additionele investeringen en plannen die hierin staan zijn niet meegenomen in het netmodel en komen dus wel naar voren in de knelpuntenanalyse. Indien dit het geval is, wordt dit benoemd.

<sup>2</sup> In het IP2020 worden meerdere scenario's doorgerekend. Er wordt uitgegaan van het meest ambitieuze scenario, het scenario Fundament voor Systeemintegratie.

<sup>3</sup> Voor een aantal projecten is de verwachte inbedrijfname verlaat tot vlak na 2030 in het laatst gepubliceerde investeringsplan, het IP2022.

<sup>4</sup> Kilo-Ampère.

<sup>5</sup> Ten tijde van het opstellen van het netmodel was het nog onduidelijk hoe de pocketstructuur in die regio's eruit moest gaan zien.

staande lijst (onder nieuwe stations en uitbreiding stations). Daarnaast moeten 150kV- en 110kV-verbindingen 'opgeknip't worden. Dit heeft geen significante ruimtelijke impact.

Hieronder staat een overzicht van de geplande uitbreidingen van het hoogspanningsnet tot 2030 die meegenomen zijn in het netmodel (maar nu nog niet gerealiseerd zijn)<sup>6</sup>. In onderstaand overzicht zijn alle uitbreidingen voor 380 kV en 220 kV en de belangrijkste uitbreidingen voor 150V en 110 kV meegenomen (zie ook Figuur 2-1).

Tabel 2-1 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030, referentiesituatie (IP2020)

Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-station</b>	Tilburg	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Ter Apelkanaal/Musselkanaal	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Veenoord Boerdijk	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Verzwarend kop van Noord-Holland	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Graetheide	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Wijchen	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Almere	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Kijkuit/Halsteren/Schouwen Duiveland-Tholen-West Brabant	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Europoort	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Maasvlakte Amaliahaven	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Eemshaven	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Simonshaven	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Geertruidenberg	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Rilland	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Boxmeer	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Meeden	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Maasbracht	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Breukelen	Uitbreiding station
<b>220kV-station</b>	Meeden	Uitbreiding station
<b>380kV-verbinding</b>	Eemshaven Oudeschip–Vierverlaten	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Rilland–Tilburg	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Vierverlaten–Ens	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Verzwarend Kop van Noord-Holland <sup>7</sup>	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht–Graetheide	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Zuid-Beveland –Terneuzen	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Lelystad–Diemen	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)
<b>380kV-verbinding</b>	Ens–Lelystad	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)

<sup>6</sup> Zie voor de meest actuele stand van zaken van lopende projecten deze website:

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten#hoogspanning>

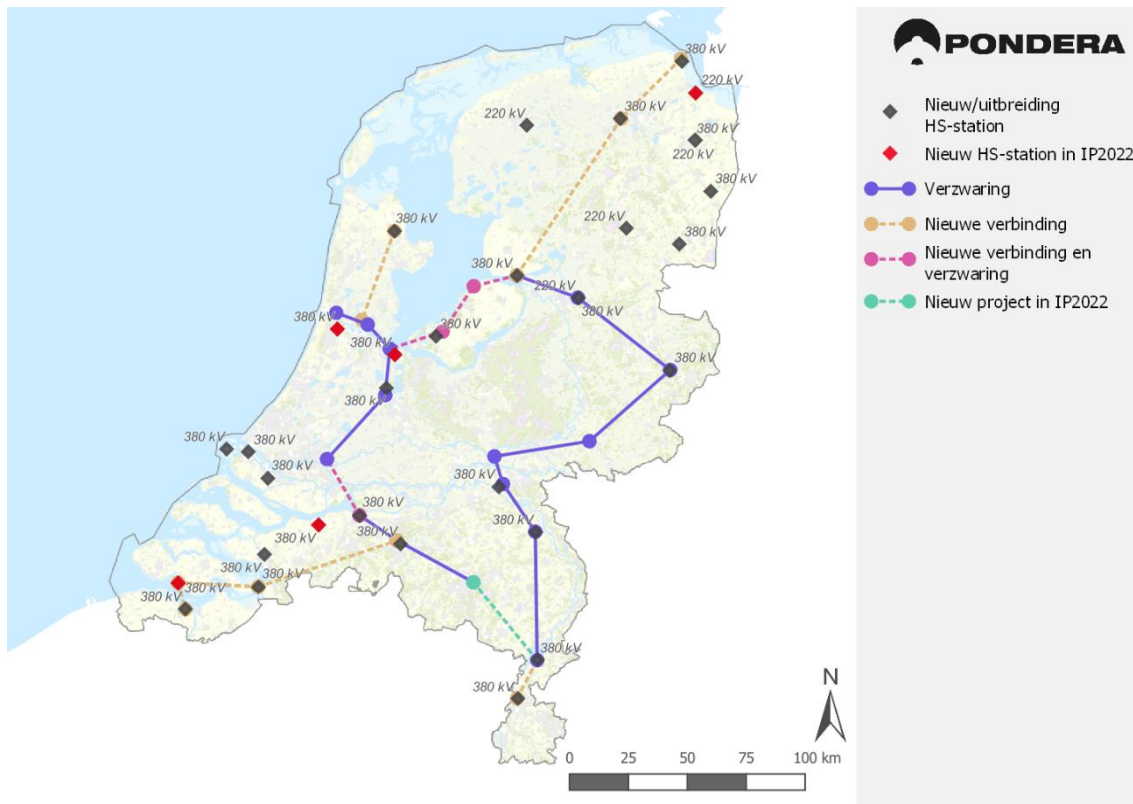
<sup>7</sup> De naamgeving hiervan is recent gewijzigd naar Verbinding Noord-Holland Noord, in de tabel staat de naamgeving vanuit het investeringsplan 2022 van TenneT.

Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen ad IJssel–Geertruidenberg	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)
<b>380kV-verbinding</b>	Borssele–Rilland	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)
<b>380kV-verbinding</b>	Hengelo–Zwolle	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Ens–Zwolle	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven–Tilburg–Geertruidenberg	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven–Maasbracht	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Geertruidenberg–Krimpen	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen-Breukelen-Diemen-Oostzaan-Beverwijk	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Lelystad–Ens	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Diemen–Lelystad	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Doetinchem–Hengelo	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Dodewaard–Doetinchem	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht–Boxmeer–Dodewaard	Verzwaring
<b>Interconnectie</b>		Uitbreiding interconnectiecapaciteit naar 15 GW <sup>8</sup>
<b>Converterstations</b>	Maasvlakte, Borssele/Sloegebied, Eemshaven, Beverwijk	Aanleg converterstations

Voor het gehanteerde netmodel is hiernaast, vooruitlopend op het IP2020, voor het grootste gedeelte van het 110/150 kV (met uitzondering Noord-Holland en regio Rotterdam) al uitgegaan van de implementatie van een pocketstructuur.

<sup>8</sup> Op enkele van deze locaties wordt de interconnectiecapaciteit verhoogd conform bestaande plannen. Daarnaast is aangenomen dat er extra interconnectiecapaciteit komt met het Britse hoogspanningsnet via windparken op de Noordzee.

Figuur 2-1 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030 (schematische weergave)



Voor het aansluiten van nieuwe windparken op zee zijn convertorstations en nieuwe velden bij 380kV-stations nodig. De investeringen in het IP2020 zijn voldoende om de hoeveelheid windenergie op zee uit het meest ambitieuze scenario voor 2030 van het investeringsplan aan te sluiten. Het gaat daarin om 14,6 GW.

In de scenario's van het investeringsplan worden ook aannames gedaan dat er forse hoeveelheden elektrolyzers en batterijen komen richting 2030. De nieuwe velden die nodig zijn om dit aan te sluiten zijn nog niet meegenomen in het investeringsplan, aangezien hiervoor pas een investeringsbeslissing wordt genomen bij een concrete klantaanvraag.

### 2.1.2 Waterstof

In het IP2020 van Gasunie staan geen uitgewerkte plannen voor de ontwikkeling van waterstofinfrastructuur genoemd. Wel staat tot 2030 de voorbereiding van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals beschreven in de plannen van HyWay 27, gepland. De voorbereiding bestaat onder meer uit reinigen en gereedmaken van leidingen van het bestaande HTL (hogedruktransportnet) met een lengte van ongeveer 980 km en het vervangen van de afsluiters. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden.

Het HTL bestaat uit H-gas- en G-gasleidingen, die deels parallel liggen<sup>9</sup>. Het H- en G-gasnetwerk zijn met elkaar verbonden via mengstations. Bij mengstations kan H-gas gemengd worden met stikstof en bij het

<sup>9</sup> H-gas is hoogcalorisch aardgas, G-gas is laagcalorisch aardgas.

G-gas gemengd worden. Tussen 2013 en 2020 is het volume aan aardgastransport met 21% afgenomen, met name door een afname in de Groninger gasproductie. Een verdere afname van 41% is verwacht tussen 2020 en 2030 door afbouw van levering aan buurlanden. Door deze forse afname in de vraag naar aardgastransport, kan een deel van de aardgasleidingen voor 2030 vrijgemaakt worden.

Tabel 2-2 geeft een overzicht van de aanpassingen van de gasleidingen volgens de eerdere studie HyWay 27. Het overzicht is niet langer volledig actueel en is aan verandering onderhevig (de verbinding Noord-Nederland NZKG (Noordzeekanaalgebied) wordt bijvoorbeeld waarschijnlijk een verbinding via de Delta Rhine Corridor of de Betuweroute). De leidingen die voor hergebruik beschikbaar komen hebben doorgaans een diameter van 36-inch en een theoretische capaciteit van 10-15 GW (Strategy&, 2021). Dit is meer dan de capaciteit voor de verwachte ontwikkelingen tot 2030.

Tabel 2-2 - Een overzicht van benodigde aanpassing in leidingen voor het Nationaal Waterstofnetwerk zoals beschreven in HyWay 27

Hoofdtrajecten waterstoftransportring	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing
Cluster Noord-Nederland	171	140	31	2024-2025
Cluster Rotterdam/Moerdijk	75	n.v.t.	75	2024-2025
Cluster NZKG	30	15	15	2026
Cluster Zeeland	34	n.v.t.	34	2027
Cluster Chemelot	25	25	n.v.t.	2026
Verbinding Noord-Nederland - NZKG	206	175	31	2026
Verbinding NZKG – Rotterdam/Moerdijk	79	79	n.v.t.	2026
Verbinding Rotterdam/Moerdijk – Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding Noord-Nederland – Chemelot	216	200	16	2027
Verbinding Zeeland – Chemelot	122	122	n.v.t.	2030
Exportverbindingen Duitsland	134	134	n.v.t.	2027-2030
Exportverbinding België	8	8	n.v.t.	2030
<b>Totaal [km]</b>	<b>1.183</b>	<b>981</b>	<b>202</b>	

## 2.2 Wat zijn additionele uitbreidingen tot 2030 bovenop de referentiesituatie op basis van IP2020?

De referentiesituatie voor 2030 is gebaseerd op de investeringsplannen van de netbeheerders uit 2020 (IP2020). Ondertussen zijn nieuwe investeringsplannen uitgebracht door de netbeheerders, genaamd IP2022. Op het gebied van gassen is weinig veranderd in het investeringsplan 2022 van Gasunie.

De belangrijkste ontwikkeling tot 2030 is de ontwikkeling van het Nationaal Waterstofnetwerk. Wel zijn er buiten de investeringsplannen door de ontstane gascrisis in 2022 een aantal onvoorziene investeringen gedaan in de gasinfrastructuur voor lng (vloeibaar gas), onder andere in de Eemshaven en de Maasvlakte.

Op het gebied van hoogspanningsinfrastructuur zijn er wel significante wijzigingen. Er zijn in het investeringsplan 2022 van TenneT verschillende projecten toegevoegd. De projecten die toegevoegd zijn, komen deels ook al naar voren uit de IEA-analyses voor 2050, wat niet onverwacht is aangezien deze projecten niet meegenomen zijn in de referentiesituatie. Tabel 2-3 geeft een overzicht van de nieuwe projecten. Hierbij is ook aangegeven of deze projecten naar voren komen in de analyses richting 2050.

Tabel 2-3 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030, bovenop referentiesituatie (IP2022)

Type asset	Naam	Type investering	Komt dit naar voren als benodigde uitbreiding in scenario's 2050?
380kV-station	Spaarndam <sup>10</sup>	Nieuw station	Nee. Nodig voor vraagontwikkeling in de regio. Deze vraagontwikkeling is onderschat in de gebruikte scenario's voor 2050 in de IEA.
380 kV-station	Weesp <sup>11</sup>	Nieuw station	
380 kV-station	Moerdijk	Nieuw station	Ja. Niet in scenario's, maar wel bij gevoeligheidsanalyses.
380kV-station	Borssele/Sloegebied	Nieuw station	Ja, in alle scenario's.
380kV-station	Oostzaan	Uitbreiding station	Nee. Nodig voor vraagontwikkeling in de regio. Deze vraagontwikkeling is onderschat in de gebruikte scenario's voor 2050 in de IEA.
380kV-station	Lelystad	Uitbreiding station	Ja, in deel scenario's.
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station	Ja, in alle scenario's.
220kV-station	Delfzijl	Nieuw station	Ja, in deel scenario's.
380kV-verbinding	Maasbracht-Graetheide	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding	Nee. Nodig voor N-1 tijdens onderhoud (N-2), hiervoor zijn twee 380kV-circuits niet voldoende. In de doorrekeningen voor de IEA van het PEH is uitgegaan van een N-1configuratie.
380kV-verbinding	Eindhoven-Maasbracht	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding	Ja, in alle scenario's
380kV-verbinding	Eemshaven Oudeschil-Eemshaven	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding	Ja, in deel scenario's.
Convertoorstations	Maasvlakte, Geertruidenberg of Moerdijk en Borssele/Sloegebied	Aanleg convertoorstations	Ja, in deel scenario's.

In de referentiesituatie wordt uitgegaan van 14,6 GW aanlanding windenergie op zee, conform het meest ambitieuze scenario van het IP2020. Dit is gebaseerd op de in 2018 vastgestelde routekaart<sup>12</sup> met daarbij extra aanlandingen bij de Maasvlakte en Eemshaven. Ondertussen is de ambitie voor windenergie op zee opgehoogd naar 21 GW windenergie op zee rond 2030<sup>13</sup>. Bovenop de referentiesituatie landt tot 2031 nog 2 GW extra op de Maasvlakte, 2 GW in Geertruidenberg of Moerdijk en 2 GW in Borssele/Sloegebied. Hiervoor zijn op elk van deze locaties convertoorstations nodig. Daarnaast zijn velden bij 380kV-stations nodig om de windparken op zee aan te sluiten op het hoogspanningsnet. De benodigde uitbreidingen hiervoor zijn opgenomen in Tabel 2-3.

<sup>10</sup> De naamgeving hiervan is recent gewijzigd naar A9 Zuid, in de tabel staat de naamgeving vanuit het investeringsplan 2022 van TenneT.

<sup>11</sup> De naamgeving hiervan is recent gewijzigd naar Amsterdam Zuid-Oost, in de tabel staat de naamgeving vanuit het investeringsplan 2022 van TenneT.

<sup>12</sup> Zie [Kamerbrief routekaart windenergie op zee 2030](#)

<sup>13</sup> Zie [Kamerbrief Aanvullende routekaart windenergie op zee 2030](#)



### 2.3 Wat is de status van de projecten tot 2030?

In Tabel 2-1 staan alle projecten die zijn opgenomen in de investeringsplannen van TenneT (TenneT, 2022) waarbij is aangegeven in welke fase en welke concrete status een project zich bevindt en een toelichting van de concrete status. Het type investering (derde kolom in de tabel) is bepalend of er extra ruimte nodig is voor deze projecten. Een nieuw station of een nieuwe verbinding betekent altijd een extra ruimtevraag. Een verzwaring leidt niet tot extra ruimtelijke impact omdat dit in de meeste gevallen betekent dat de kabels worden vervangen door exemplaren met een grotere capaciteit (4kA-kabels). Voor een uitbreiding van een station, nieuwe transformatoren of velden, is het afhankelijk van de specifieke locatie of deze uitbreiding binnen het bestaande terrein kan worden uitgevoerd of dat het terrein moet worden uitgebreid. In paragraaf 2.1.2 staan verbindingen die voor waterstof zijn voorzien, maar in onderstaande tabel zijn deze niet verder opgenomen. De reden hiervoor is dat de plannen nog niet voldoende concreet zijn en nog onderhevig aan veranderingen. Gasunie geeft aan: 'Als gevolg van het afnemende aardgas-transport is het mogelijk dat stapsgewijs transportleidingen beschikbaar komen voor waterstoftransport.' (Gasunie, 2022).

Tabel 2-1 - Status projecten tot 2030

Type	Naam	Type investering	Fase (in concept IP 2022)	Concrete status
220kV-station	Delfzijl	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
220kV-station	Louwsmeer	Uitbreiding station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
220kV-station	Wijster	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
220kV-station	Zwolle Hessenweg	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
220/380kV-station	Meeden	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Almere	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Sloegebied	Nieuw station	Studie	m.e.r.-procedure gestart
380kV-station	Boxmeer	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Breukelen-Kortrijk	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Eemshaven	Nieuwe trafo	Realisatie	Afgerond in 2022
380kV-station	Eemshaven	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Ens	Uitbreiding station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Europoort	Nieuw station (door klantvraag)	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Geertruidenberg	Nieuwe trafo	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Graetheide	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Halsteren	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Hengelo Oele	Uitbreiding station of nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Lelystad	Uitbreiding station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Maasbracht	Vernieuwing	Realisatie	Realisatie
380kV-station	Maasvlakte Amaliahaven	Nieuw station (door klantvraag)	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart

Type	Naam	Type investering	Fase (in concept IP 2022)	Concrete status
380kV-station	Moerdijk	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Musselkanaal	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Oostzaan	Nieuwe trafo	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Rilland	Nieuwe trafo's	Realisatie	Realisatie
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station (door klantvraag)	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Spaarndam (recent gewijzigd naar A9 Zuid)	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Tilburg	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Veenoord Boerdijk	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Verzwarend Kop van Noord-Holland	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Vierverlaten	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Weesp (recent gewijzigd naar Amsterdam Zuid-Oost)	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Wijchen	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Zwolle	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-verbinding	Borssele-Rilland	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
380kV-verbinding	Borssele-Rilland	Nieuwe circuits	Realisatie	
380kV-verbinding	Borssele-Terneuzen	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-verbinding	Diemen-Lelystad	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
380kV-verbinding	Dodewaard-Doetinchem	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-verbinding	Doetinchem-Hengelo	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-verbinding	Eemshaven Oudeschip-Eemshaven	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart

Type	Naam	Type investering	Fase (in concept IP 2022)	Concrete status
<b>380kV-verbinding</b>	Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten	Nieuwe verbinding	Realisatie	Realisatie
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven-(Tilburg)-Geertruidenberg	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven-Maasbracht	Verzwarend	Realisatie	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven-Maasbracht	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Ens-Lelystad-Diemen	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Ens-Zwolle	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
<b>380kV-verbinding</b>	Geertruidenberg-Krimpen	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
<b>380kV-verbinding</b>	Hengelo-Zwolle	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen a/d IJssel-Geertruidenberg	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen-Breukelen-Diemen-Oostzaan-Beverwijk	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Lelystad-Ens	Verzwarend	Realisatie	Realisatie afgerond
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht-Boxmeer-Dodewaard	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht-Graetheide	Opwaardering	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht-Graetheide	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Rilland-Tilburg	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding(en)</b>	Verzwarend Kop van Noord-Holland	Nieuwe verbinding(en)	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Vierverlaten-Ens	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart

### 3 Tijdelijk uitbreidingen na 2030

Op basis van de doorrekening van zeven scenario's voor 2050 voor deze IEA is een inschatting gemaakt welke ruimte nodig is voor uitbreidingen van de nationale energie-infrastructuur tussen 2030 en 2050. Twintig jaar is een lange periode en daarom is het wenselijk om een beeld te krijgen welke ruimte voor uitbreidingen van energie-infrastructuur naar verwachting als eerste nodig is, in de periode tussen 2030 en 2040, en welke ruimte pas na 2040 nodig is. In dit hoofdstuk wordt een inschatting hiervan gemaakt door de oorzaken van benodigde uitbreidingen te vergelijken met de tijdlijn van verwachte ontwikkelingen, zoals de uitrol van windenergie op zee. Er wordt ingegaan op de tijdlijn van de ontwikkelingen van elektriciteit, waterstof en overige buisleidingen.

#### 3.1 Elektriciteit

De belangrijkste oorzaken voor uitbreidingen van hoogspanningsinfrastructuur tussen 2030 en 2050 zijn de uitrol van windenergie op zee, het plaatsen van kerncentrales en elektrificatie van de energievraag. Hieronder wordt de tijdlijn van deze ontwikkelingen en de impact daarvan op de benodigde energie-infrastructuur besproken.

##### 3.1.1 Windenergie op zee

Aanlanding van windenergie op zee is de belangrijkste driver voor uitbreidingen van hoogspannings-infrastructuur richting 2050. Voor 2031 is het de ambitie om 21 GW windenergie op zee te realiseren. Richting 2040 moet al 50 GW windenergie op zee gerealiseerd zijn en in 2050 70 GW<sup>14</sup>. Van de extra opgave van windenergie op zee richting 2040 zal vermoedelijk een deel van de energie in de vorm van waterstof aan land gebracht worden, maar het is de verwachting dat een aanzienlijk deel als elektriciteit aan land komt.

De zeven gebruikte scenario's voor 2050 hebben verschillende hoeveelheden aanlanding windenergie op zee. De scenario's hebben een range van 38-72 GW windenergie op zee in totaal. Hiervan komt 29-52 GW elektrisch aan land, de rest wordt direct omgezet in waterstof en in die vorm aan land gebracht. Dit betekent dat de ambitie voor windenergie op zee in 2040 al boven een deel van de scenario's voor 2050 uitkomt<sup>15</sup>.

Bij de uitrol van windenergie op zee tussen 2030 en 2050, tot 70 GW in 2050, zullen naar verwachting de volgende stappen van ontwikkelingen doorlopen worden:

- tussen 2030 en 2040 zal naar verwachting extra windenergie op zee elektrisch aanlanden aan de kust (Structuurkeuze 2, zie hieronder);
- de ontwikkelingen tot 2040 en vooral tussen 2040 en 2050 zijn in grote mate afhankelijk van de keuzes waar de extra windparken op zee voor gebruikt gaan worden en als gevolg daarvan welk deel van de windenergie als elektriciteit en welk deel als waterstof aan land wordt gebracht;
- bij extra elektrische aanlanding van windenergie op zee na 2040 kan diepe aanlanding een optie worden (Structuurkeuze 1, zie hieronder).

In *Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee aan de kust* is onderzocht hoe 30 GW windenergie op zee elektrisch kan aanlanden aan de kust. Zoals eerder benoemd zal dit naar verwachting spelen

<sup>14</sup> Zie [Plannen windenergie op zee 2030-2050](#)

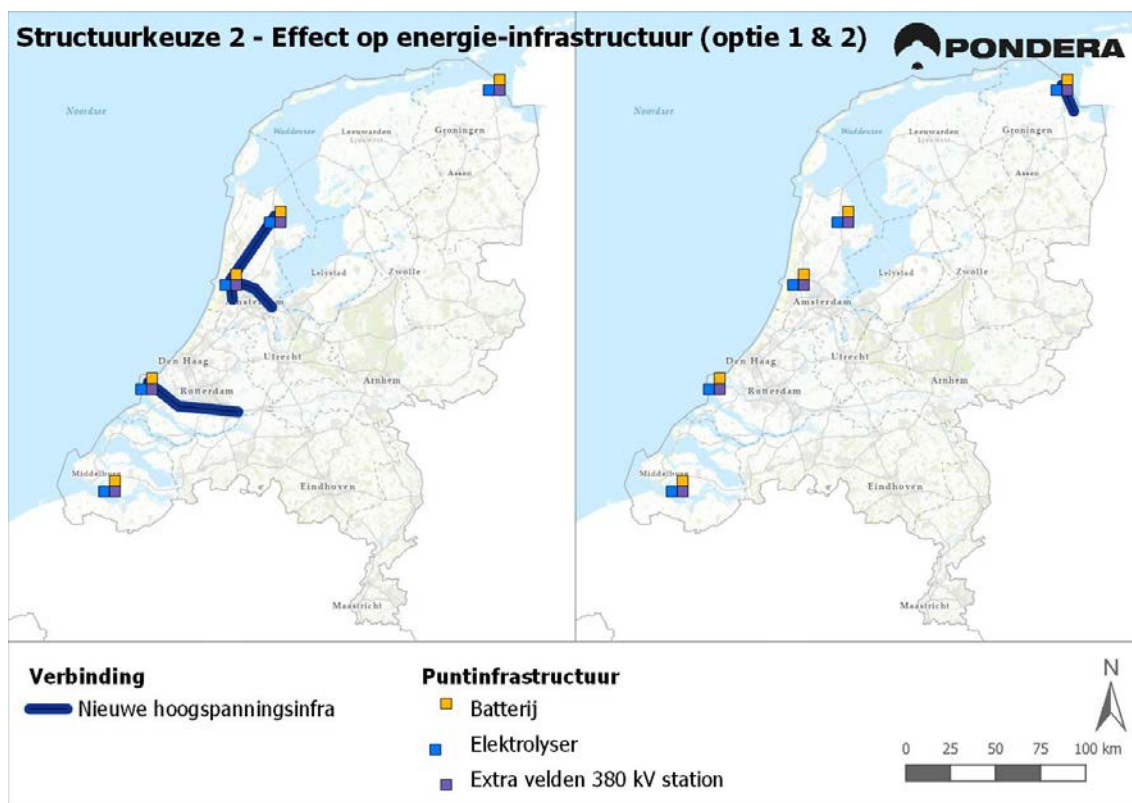
<sup>15</sup> Dit komt doordat deze scenario's opgesteld zijn voordat de ambities voor windenergie op zee vastgesteld werden.

tussen 2030 en 2040. Dus de energie-infrastructuur die nodig is voor het faciliteren van 30 GW elektrische aanlanding aan de kust, is al nodig tussen 2030 en 2040.

Figuur 3-1 toont welke energie-infrastructuur nodig is bij optie 1 van de structuurkeuze (geconcentreerde aanlanding in Noord- en Zuid-Holland) en bij optie 2 (gespreide aanlanding). In beide gevallen is extra ruimte nodig op de aanlandingslocaties aan de kust voor converterstations, uitbreidingen van 380kV-stations en mogelijk batterijen en elektrolyzers. Hoeveel ruimte per aanlandingslocatie nodig is, verschilt tussen beide opties. Indien andere locaties gekozen worden voor aanlanding van windenergie op zee, dan is op die locaties ruimte nodig. Bij geconcentreerde aanlanding (optie 1) zijn ook uitbreidingen nodig bij 380kV-verbindingen in Noord- en Zuid-Holland, bij gespreide aanlanding (optie 2) niet aangezien hier de verdeling over de aanlandingslocaties beter aansluit bij de beschikbare transportcapaciteit. Een uitgebreide omschrijving van de benodigde energie-infrastructuur bij beide opties is te vinden in Bijlage VII *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*.

Een uitgebreide omschrijving van de benodigde ruimte hiervoor en de beoordeling op Milieu & Ruimte is te vinden in Bijlage XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes en systeemontwikkelingen*.

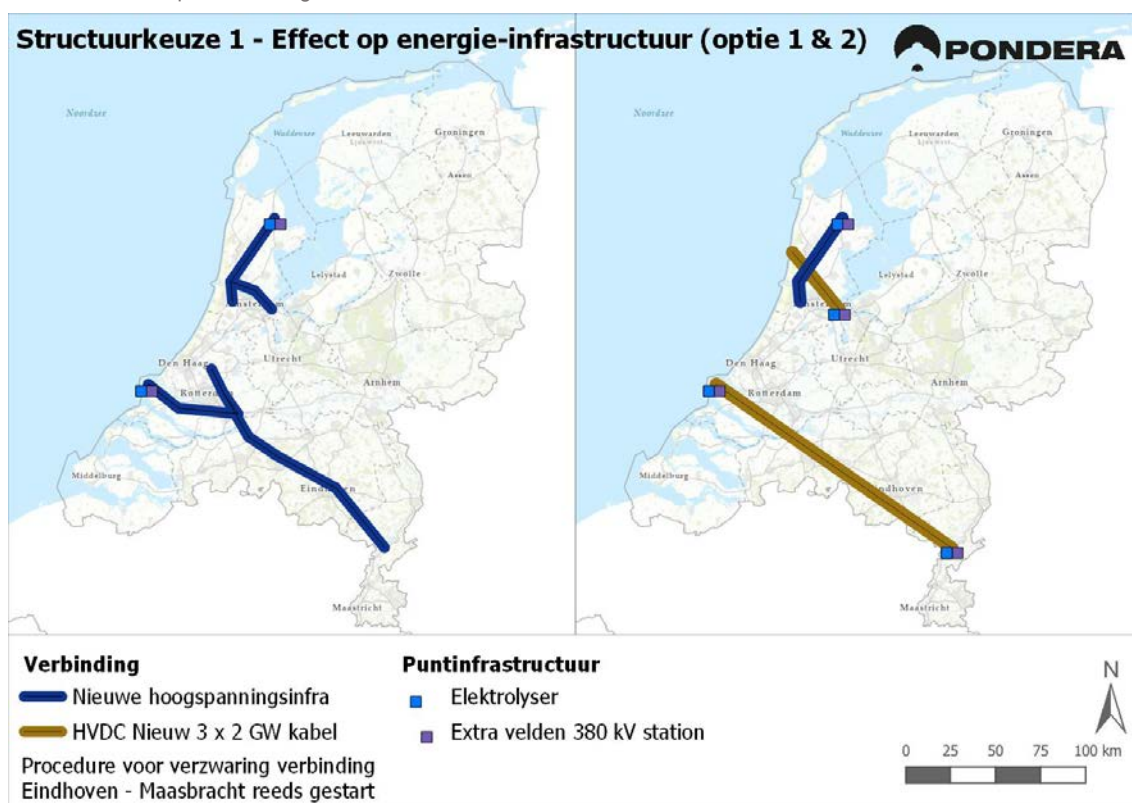
Figuur 3-1 - Overzicht benodigde energie-infrastructuur opties Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee aan de kust



Na 2040 zal het vermogen aan windparken op zee nog verder toenemen, richting 70 GW. In *Structuurkeuze 1: Aanlanding van windenergie op zee aan de kust of diepe aanlanding* is onderzocht hoe 52 GW windenergie op zee elektrisch kan aanlanden. In het scenario achter deze structuurkeuze is er in totaal 72 GW windenergie op zee, 20 GW landt aan in de vorm van waterstof. Figuur 3-2 toont de infrastructuur die nodig is bij optie 1 van de structuurkeuze (aanlanding aan de kust) en optie 2 (diepe aanlanding). De additionele energie-infrastructuur die bij deze structuurkeuze nodig is ten opzichte van *Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee aan de kust* (Figuur 3-1) zal naar verwachting gerealiseerd worden tussen

2040 en 2050. Er is dan nog meer ruimte nodig bij de aanlandingslocaties. Daarnaast is, afhankelijk van de optie, extra ruimte nodig voor nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen in Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg (aanlanding aan de kust, optie 1) of ondergrondse HVDC-kabels vanaf Rotterdam naar Maasbracht en in Noord-Holland (diepe aanlanding, optie 2). Bij beide opties zijn nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen nodig in Noord-Holland. Dit kan bij diepe aanlanding (optie 2) mogelijk voorkomen worden met een efficiëntere verdeling van de aanlanding over de kustlocaties.

Figuur 3-2 - Overzicht benodigde energie-infrastructuur opties Structuurkeuze 1: Aanlanding van windenergie op zee aan de kust of diepe aanlanding<sup>16</sup>



### 3.1.2 Kerncentrales

Recent zijn door het kabinet plannen gepresenteerd voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales, bij voorkeur in Borssele<sup>17</sup>. Deze worden naar verwachting tussen 2030 en 2040 gerealiseerd. In *Structuurkeuze 7: Toepassing van kernenergie* is het effect van kerncentrales op de energie-infrastructuur onderzocht. Hiervoor is een scenario met drie nieuwe kerncentrales bij Borssele en twee nieuwe kerncentrales op de Maasvlakte onderzocht. Bij het plaatsen van kerncentrales in Borssele is ruimte nodig voor uitbreidingen van een bestaand of realisatie van een nieuw 380kV-station, aangezien extra velden nodig zijn om deze kerncentrales aan te sluiten.

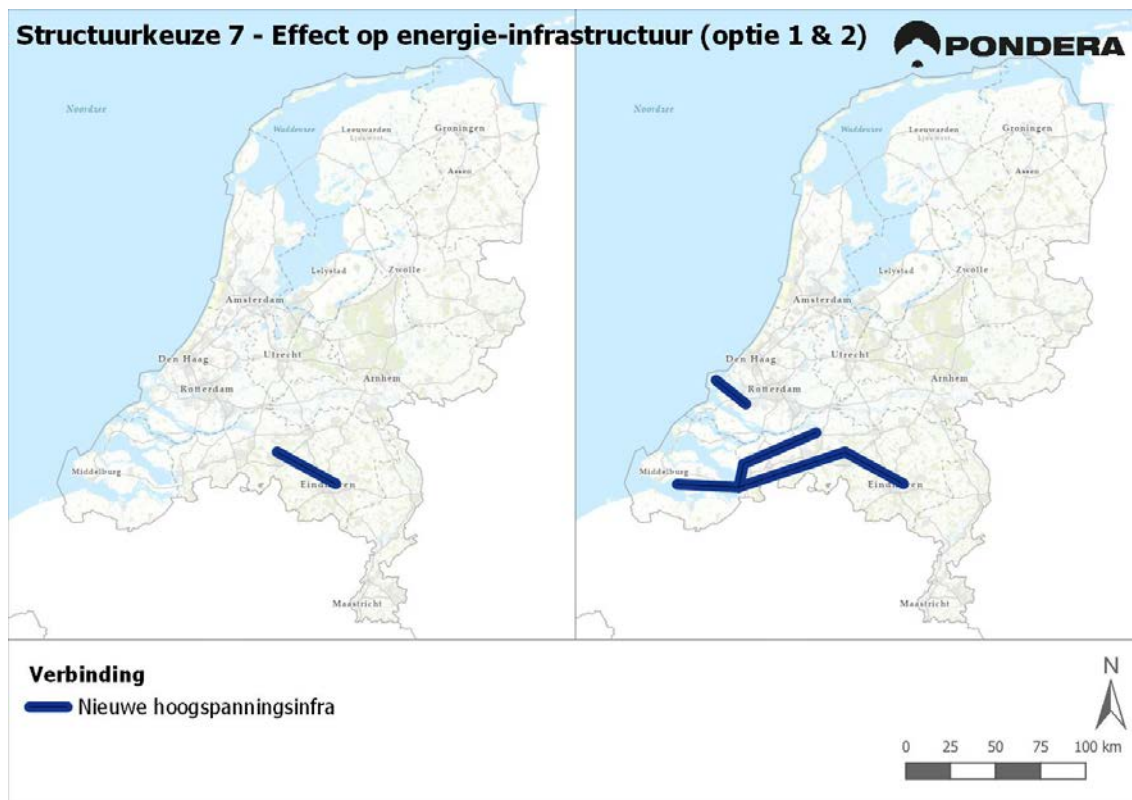
Figuur 3-3 toont de effecten van dit scenario op de 380kV-verbindingen (optie 2, bij optie 1 is er geen toepassing van kernenergie). Bij het scenario met drie kerncentrales in Borssele zijn uitbreidingen van de

<sup>16</sup> De nieuwe 380kV-verbinding Eindhoven-Maasbracht bij optie 1 is reeds opgenomen in het IP2022 van TenneT

<sup>17</sup> [Kernenergie in Nederland](#)

380kV-verbindingen richting Noord-Brabant nodig. Bij twee kerncentrales zijn deze nieuwe verbindingen mogelijk niet nodig, al hangt dit af van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, de aanlanding van windenergie op zee en wind op land in Zeeland. Meer hierover is te vinden in de gebiedsanalyse voor Zeeland in Bijlage XIII *Gebiedsanalyses 2050*.

Figuur 3-3 - Overzicht benodigde energie-infrastructuur opties Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie



### 3.1.3 Elektrificatie van de energievraag

De elektriciteitsvraag neemt toe richting 2050 doordat de energievraag, die nu voornamelijk ingevuld wordt met fossiele bronnen, voor een groot deel zal elektrificeren. Voor een efficiënt energiesysteem is het belangrijk dat de toename van de elektriciteitsvraag hand in hand gaat met de toename van de productie van elektriciteit met zon, wind (op land en op zee) en mogelijk kernenergie.

Er zijn nog geen concrete doelstellingen voor elektrificatie van de energievraag richting 2040. Maar het is de verwachting van de elektriciteitsvraag snel zal toenemen tussen 2030 en 2050 omdat elektrificatie een belangrijke rol speelt bij het halen van de klimaatdoelen (55% reductie van uitstoot broeikasgassen in 2030 en 70% in 2035) en dat de elektriciteitsvraag in 2040 daarmee al een stuk hoger ligt dan in 2030.

Elektrificatie van de energievraag heeft direct invloed op enkele componenten van de nationale energie-infrastructuur (naast de uitrol van de benodigde hernieuwbare elektriciteitsproductie):

- **Regelbare centrales.** Deze regelbare centrales moeten elektriciteit leveren op momenten dat er te weinig productie is van windturbines en zonnepanelen. Door elektrificatie van de vraag neemt het vermogen dat nodig is aan regelbare centrales in de toekomst zelfs toe, van ongeveer 20 GW nu naar 33 tot 36 GW in 2050. In 2040 zal het vermogen van regelbare centrales al een stuk hoger moeten



liggen. Dit betekent dat er richting 2040 al extra regelbare centrales gerealiseerd moeten worden. Dit extra vermogen kan gerealiseerd worden met extra grootschalige centrales op Barro-locaties of nieuwe kleinschalige eenheden op andere locaties (meer hierover bij *Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales* in Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*). Daarnaast moet richting 2040 (een deel) van de regelbare centrales zijn omgebouwd naar CO<sub>2</sub>-vrije centrales op waterstof of groengas.

- **Aansluitingen op hoogspanningsstations.** Als grote industriële bedrijven elektrificeren, kunnen deze een directe aansluiting op het 380kV-net nodig hebben en zijn hiervoor extra velden noodzakelijk. Dit is het geval indien bedrijven een aansluiting van meer dan 500 MW nodig hebben. Aangezien er geen gegevens beschikbaar zijn van individuele bedrijven is het niet mogelijk om in te schatten hoeveel velden hiervoor nodig zijn. Daarom wordt dit niet meegenomen in de analyses. Het is de verwachting dat een aantal grote industrieën een aansluiting op het 380kV-net zullen aanvragen. Gezien de noodzakelijke snelheid van de energietransitie zal dat voor 2040 moeten gaan gebeuren.

Elektrificatie van de energievraag van andere sectoren zorgt er verder niet direct voor dat nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is (wel extra infrastructuur op regionale schaal). Welke elektriciteitsinfrastructuur verder nodig is voor elektrificatie van de energievraag hangt af van hoe deze extra elektriciteitsvraag ingevuld wordt. De extra elektriciteitsvraag zal met name met extra windenergie op zee en mogelijk met kerncentrales ingevuld worden. De effecten hiervan zijn al besproken bij paragrafen 3.1.1 en 3.1.2.

## 3.2 Waterstof

Al richting 2040 is een aanpassing van de aansluitleidingen voor methaan of waterstof nodig bij energiecentrales. Richting 2040 neemt het aandeel hernieuwbare opwek sterk toe. Daarmee groeit ook de vraag naar regelbare centrales voor momenten dat er geen wind of zon is. Mogelijk draaien deze centrales dan nog op aardgas en nog niet op waterstof of groengas. In elk geval zal de capaciteit van de aansluitleiding niet meer passend zijn bij een grotere omvang. Het kan zijn dat de leiding dan vervangen moet worden door een leiding met een grotere diameter. Deze zou mogelijk ook parallel aan de huidige leiding gelegd kunnen worden. Op die manier zijn twee leidingen beschikbaar. De overstap naar waterstof hoeft dan niet op hetzelfde moment te vallen als de ombouw, vervanging of uitbreiding van een centrale en diens aansluitleiding voor een grotere capaciteit.

Voor 2040 zijn ook al elektrolyzers bij aanlandingslocaties nodig. De locaties van grote clusters van elektrolyzers volgen waar grote hoeveelheden elektriciteit beschikbaar komt. Dat is met name bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. De realisatie van windenergie op zee is naar verwachting al snel: voor 2031 is het de ambitie om 21 GW windenergie op zee te realiseren en voor 2040 is de ambitie 50 GW. In de IEA is het effect beoordeeld van elektrolyzers in combinatie met windenergie op zee in 2050. Door de plaatsing van elektrolyzers bij aanlanding van windenergie op zee is de hoeveelheid te transporteren elektriciteit lager. Daarmee is impliciet aangenomen dat de elektrolyzers samen met de aanlanding van windenergie op zee gerealiseerd worden. Wanneer dit niet het geval is, kunnen mogelijk lokaal knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur ontstaan bovenop de in de IEA genoemde knelpunten. Of en waar dat het geval zou zijn is afhankelijk van de omvang van de aanlanding op de locatie. Eventuele extra knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur kunnen voorkomen worden door direct elektrolyzers te plaatsen. De waterstofinfrastructuur moet dan ook direct daarop gerealiseerd worden.

Tussen 2030 en 2040 is het gereedmaken van één of meerdere huidige zoutcavernes in Zuidwending en bijbehorende infrastructuur voor opslag van waterstof naar verwachting voldoende. In 2030 is de behoefte aan waterstofopslag beperkt (tot 0,5 TWh, tussen de 1 en 4 zoutcavernes) (TNO, 2021). Wanneer waterstof grootschalig geproduceerd, geïmporteerd en gebruikt wordt, neemt de vraag naar opslag van waterstof toe. Dit is naar verwachting het geval tussen 2040 en 2050. Wanneer waterstof en methaan (tijdelijk) naast elkaar gebruikt worden, kan het nodig zijn om parallelle infrastructuur aan te leggen.

### 3.3 Overige buisleidingen

Voor de grondstofleidingen springt allereerst de Delta Rhine Corridor in het oog. De ambitie is om de eerste leidingen al voor 2030 aangelegd te hebben. Dit is echter niet meegenomen in de uitgangssituatie van de IEA-analyse voor 2030 omdat er op het moment van de analyse nog geen investeringsbesluit is genomen. De invulling van de Delta Rhine Corridor en de inzet van de buisleidingenstrook kan in de praktijk nog veranderen, bijvoorbeeld door het toevoegen van leidingen. Na 2030 ligt verdere uitbreiding in het verschiet als ervoor wordt gekozen om internationale transportstromen te faciliteren. In dat geval wordt de Delta Rhine Corridor na 2030 (maar voor 2040) uitgebreid met een tweede CO<sub>2</sub>-leiding, een tweede waterstofleiding en leidingen voor (synthetische) kerosine, methanol en ammoniak.

Bij sterke groei van CCS in de chemieclusters van Zeeland en Antwerpen is er na 2030 mogelijk behoefte aan een buisleiding voor CO<sub>2</sub> richting Rotterdam. Vooralsnog zullen deze transportstromen per schip plaatsvinden, maar bij verdere opschaling worden buisleidingen mogelijk opportuun. Mocht dit gaan spelen, dan is de verwachting dat dit ruim voor 2040 vorm begint te krijgen, omdat CCS na 2040 juist weer afgebouwd wordt ten gunste van duurzame alternatieven.

Bij sterke groei van de basischemie is de capaciteit van enkele transportleidingen voor grondstoffen en producten tussen 2030 en 2050 niet langer toereikend. Er zal dan een nieuwe leiding aangelegd moeten worden. Concreet gaat het om vier leidingen tussen Shell Pernis en Shell Moerdijk (na 2040) en een leiding tussen Vynova Tessenderlo (België) en Vynova Geleen (voor 2030).

Tenslotte is er bij sterke groei van de luchtvaart tussen 2030 en 2050 een uitbreiding nodig van het Defensie/NAVO-netwerk voor kerosine. Het gaat om een leidingdeel tussen Klaphek (Utrecht) en Eindhoven. De verwachting is dat dit pas na 2040 gaat spelen en dus enkel bij sterke groei van de luchtvaart op kerosine.

# BIJLAGE XV Verschillen- en gevoeligheidsanalyse(s)

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Roel van Ooij, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers, Mariëlle de Sain

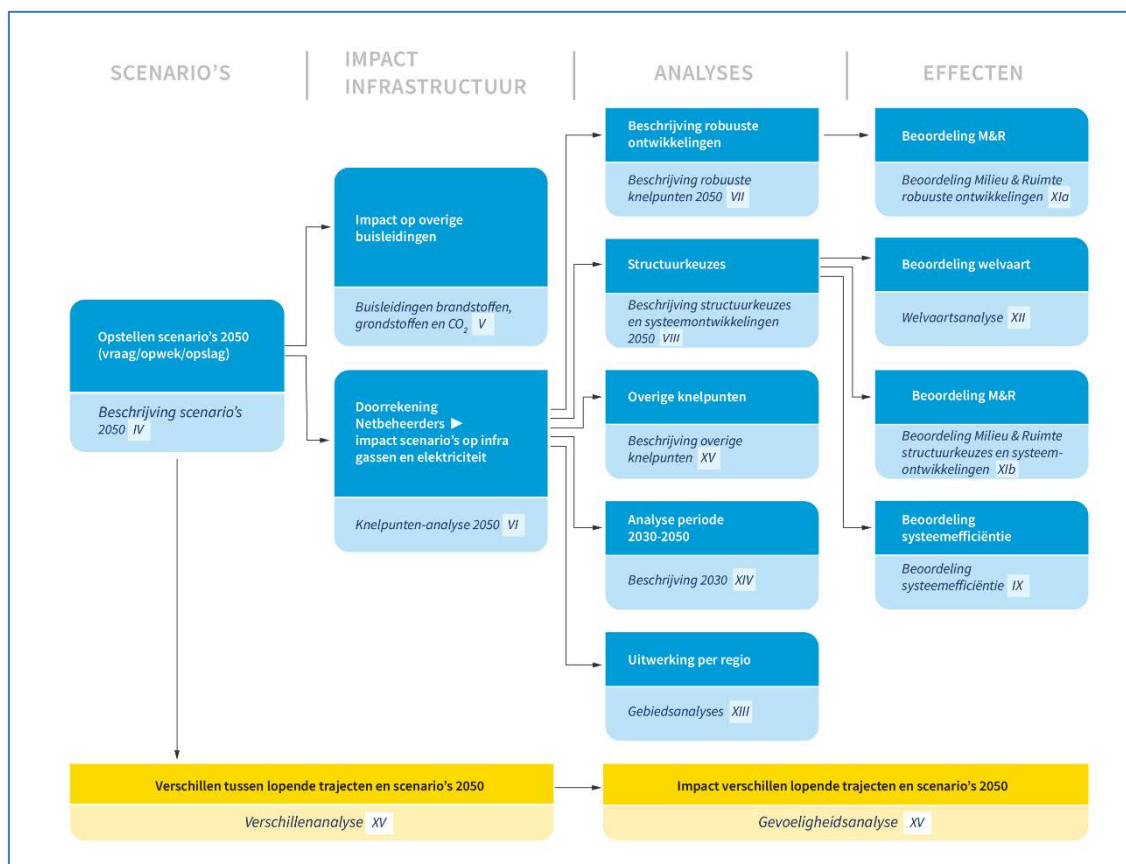
## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage XV, *Verschillen- en Gevoeligheidsanalyse(s)*, wordt bepaald of recente ontwikkelingen ertoe leiden dat de uitkomsten en conclusies van de analyses in de IEA wijzigen doordat deze ontwikkelingen buiten de bandbreedte van de gehanteerde scenario's vallen (verschillenanalyse). Indien dit het geval is wordt een inschatting gemaakt van de effecten van de recente ontwikkelingen op de uitkomsten van de IEA (gevoeligheidsanalyse). Voor deze bijlage wordt de invulling van de scenario's (Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*) gebruikt. De analyses uit deze bijlage lopen parallel aan de analyses van alle andere bijlagen.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Verschillenanalyse</b>	<b>4</b>
2.1	VAWOZ 2030	4
2.2	Voorverkenning VAWOZ 2040	5
2.3	RES 1.0	10
2.4	CES 2.0	11
2.5	Verhoging CO <sub>2</sub> -reductiedoelstelling 2030 naar 60%	12
2.6	MIEK-projecten	13
2.7	Routekaart elektrificatie industrie	14
2.8	Vollasturen windturbines	16
2.9	Nieuwe versie II3050	16
2.10	Mogelijke reserveringen Gasunie	20
2.11	Target Grid	23
2.12	Totaaloverzicht	24
<b>3</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses</b>	<b>25</b>
3.1	Voorverkenning VAWOZ 2040	25
3.2	CES 2.0	31
3.3	MIEK-projecten	36
3.4	Vollasturen wind op land en windenergie op zee	36
3.5	Mogelijke reserveringen Gasunie	40
<b>A.</b>	<b>Uitgebreide uitwerking verschillenanalyse CES 2.0</b>	<b>52</b>
A.1.	Rotterdam-Moerdijk	52
A.2.	Schelde-Deltaregio (SDR)	53
A.3.	Noord-Nederland	54
A.4.	Chemelot	55
A.5.	Noordzeekanaalgebied (NZKG)	57
<b>B.</b>	<b>Kaartenbijlage</b>	<b>59</b>

## 1 Inleiding

Er gebeurt heel veel op het gebied van de energietransitie; nieuwe ontwikkelingen en beleidsplannen volgen elkaar in razend tempo op. Het is niet mogelijk om te wachten met het uitvoeren van de integrale effectenanalyse tot alle plannen uitgekristalliseerd zijn. Op een bepaald moment zijn de scenario's vastgelegd om te kunnen beginnen met de verdere analyses. Alle ontwikkelingen en plannen die bekend zijn geworden na het vastleggen van de scenario's zijn daarom niet meer verwerkt in de scenario's. Daarom lopen de scenario's en de analyses in deze IEA per definitie 'achter' op de laatste ontwikkelingen en beleidsplannen.

Om deze recente ontwikkelingen en beleidsplannen toch een plek te geven is eerst een verschillenanalyse uitgevoerd. Hierin is gekeken of er verschillen zijn tussen de scenario's die gebruikt zijn voor de IEA/het PEH en lopende beleidstrajecten. Deze verschillen worden inzichtelijk gemaakt en er is beoordeeld wat de mogelijke gevolgen zijn van de verschillen tussen de alternatieven van het PEH en de lopende beleidstrajecten.

Op basis van deze verschillenanalyse is vervolgens een keuze gemaakt voor welke onderwerpen een nadere gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd. Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd indien er verschillen zitten tussen de lopende beleidstrajecten/ontwikkelingen en de gehanteerde scenario's in de IEA/het PEH, en deze verschillen een significant effect kunnen hebben op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur of op de effectbeoordeling. In de gevoeligheidsanalyse wordt een inschatting gemaakt van de impact van de verschillen op de uitkomsten van de IEA/het PEH.

Het doel van de verschillen- en gevoeligheidsanalyse is bepalen of recente ontwikkelingen ertoe leiden dat de uitkomsten en conclusies van de analyses in de IEA wijzigen. Indien dit het geval is wordt een inschatting gemaakt van de effecten van de recente ontwikkelingen op de uitkomsten van de IEA.

De verschillen- en gevoeligheidsanalyse richt zich vooral op de periode 2030-2035. Er is gekeken of de bepaalde ruimte die is voorzien voor 2050 al eerder noodzakelijk is door plannen uit lopende beleidstrajecten. Daarnaast is ook gekeken of de lopende beleidstrajecten binnen het speelveld van de scenario's voor 2050 vallen.

Bij de verschillenanalyse zijn de volgende beleidstrajecten en ontwikkelingen bekeken:

- VAWOZ 2030;
- Voorverkenning VAWOZ 2040;
- RES 1.0;
- CES 2.0;
- Verhoging CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling 2030 naar 60%;
- MIEK-projecten;
- Routekaart elektrificatie industrie;
- Vollaasturen hernieuwbare opwek;
- Tweede iteratie II3050;
- Mogelijke reserveringen Gasunie;
- Target Grid.

Naast deze trajecten is de analyse ook besproken met de landelijke netbeheerders TenneT en Gasunie.

Voor elk van bovenstaande trajecten en ontwikkelingen zijn de onderstaande vragen beantwoord:

- Wat zijn concrete plannen/verwachtingen voor dit onderwerp?
- Wat wordt op dit punt meegenomen in de voor de IEA gebruikte scenario's?
- Wat wordt niet meegenomen in de voor de IEA gebruikte scenario's?
- Wat is de invloed op de resultaten uit deze IEA?
- Is een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk?

De verschillenanalyse is uitgewerkt in hoofdstuk 2. De gevoeligheidsanalyses zijn uitgewerkt in hoofdstuk 3, voor de trajecten waarvoor blijkt uit de verschillenanalyse dat dit noodzakelijk is.

## 2 Verschillenanalyse

### 2.1 VAWOZ 2030

Wat zijn concrete plannen/verwachtingen voor dit onderwerp?

Binnen VAWOZ 2030 is een voorstel gedaan voor de versnelde uitrol van windparken op zee richting 2030/2031 om de transitie te versnellen. Er worden ruimtelijke procedures gestart voor 13 GW extra windenergie op zee, waarvan 11 GW naar verwachting tot 2031 gerealiseerd wordt<sup>1</sup>. Het gaat om de volgende ruimtelijke procedures:

- 2 keer 2 GW naar Maasvlakte;
- 2 GW naar Borssele/Sloegebied;
- 2 GW naar Geertruidenberg;
- 5 GW naar Eemshaven (in samenhang met 0,7 GW vanuit gebied *Ten noorden van de Waddeneilanden*).

Wat wordt op dit punt meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's?

De totale opgave van windenergie op zee voor 2030, inclusief de versnelling vanuit VAWOZ 2030, is meegenomen als ondergrens bij de drie extra scenario's die de netbeheerders doorgerekend hebben voor het PEH. Op elke aanlandingslocatie landt in deze scenario's minimaal evenveel windenergie op zee aan als de opgave van 2030 inclusief versnelling. Uitzondering is aanlandingslocatie Geertruidenberg. Deze is slechts in één van de drie nieuwe scenario's meegenomen.

Voor 2030 is de analyse in deze IEA gebaseerd op de investeringsplannen van de netbeheerders.

Wat wordt niet meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's?

Naast de drie extra scenario's is voor deze IEA/PEH gebruikgemaakt van de vier oorspronkelijke scenario's uit de integrale infrastructuurverkenning II3050. Deze scenario's zijn opgesteld voordat de nieuwe ruimtelijke procedures gestart zijn naar aanleiding van VAWOZ 2030, waardoor de plannen van VAWOZ 2030 niet meegenomen zijn in de scenario's van II3050. Daardoor komen sommige aannames bij deze scenario's niet overeen met de plannen die er nu al liggen. Bij de aanlandingslocaties Eemshaven en Borssele/Sloegebied wordt in enkele scenario's minder aanlanding aangenomen voor 2050 dan nu al voor 2030 voorzien wordt.

Het bovengrens scenario van het investeringsplan van TenneT uit 2022 gaat uit van 16,6 GW aan windenergie op zee in 2031. Dit ligt dus lager dan de plannen van VAWOZ.

<sup>1</sup> Zie [kamerbrief](#).



#### Wat is de invloed op de IEA-resultaten?

De resultaten van de infrastructuurdoorrekening van de vier oorspronkelijke II3050-scenario's worden beïnvloed door de aannames die niet overeenkomen met de plannen vanuit VAWOZ 2030. Op de aanlandingslocaties Borssele/Sloegebied en Eemshaven is meer ruimte nodig voor nieuwe stations, batterijen en elektrolyzers dan uit die vier scenario's volgt. En de belasting op de hoogspanningsverbindingen die de stroom afvoeren vanaf deze aanlandingslocaties wordt groter.

De versnelde uitrol van windenergie op zee richting 2030 is alleen mogelijk indien er extra elektriciteitsvraag bij de aanlandingspunten komt, aangezien het niet meer mogelijk is om extra investeringen in het hoogspanningsnet te doen voor 2030. Dit betekent dat de extra windenergie op zee er niet toe leidt dat nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig zijn voor 2030. Mogelijk is er wel extra ruimte nodig bij de aanlandingslocaties voor nieuwe stations.

#### Is een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk?

Doordat de versnelde uitrol van windparken op zee richting 2030 meegenomen wordt in de drie nieuwe PEH-scenario's, is te zien wat de impact is op de benodigde energie-infrastructuur en de noodzakelijke ruimte. Daarom is er in deze IEA voor 2050 voldoende input voor de afwegingsfase en is er geen gevoeligheidsanalyse noodzakelijk.

Voor 2030 leidt de extra aanlanding van windenergie op zee niet tot extra hoogspanningsverbindingen, maar mogelijk is er wel extra ruimte nodig op de aanlandingslocaties. Dit wordt in deze IEA meegenomen in de beschrijving voor 2030 (zie Bijlage XIV *Beschrijving 2030*), daarom is hier geen gevoeligheidsanalyse voor nodig.

## 2.2 Voorverkenning VAWOZ 2040

Voor de analyses binnen deze IEA zijn aannames gedaan over aanlanding van windenergie op zee. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen elektrische aanlanding en aanlanding in de vorm van waterstof.

### 2.2.1 Elektrische aanlanding

Wat wordt op dit punt meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's?

*Windenergie voor invullen elektriciteitsvraag (exclusief synthetische brandstoffen)*

#### **Energetisch**

Tabel 2-1 geeft een overzicht van de hoeveelheid vermogen aan windstroom die aanlandt per aanlandingslocatie. Voor de modellering voor de gebruikte scenario's is aangenomen dat dit allemaal elektrisch aanlandt. Echter wordt de mogelijkheid opengehouden dat een deel aanlandt in de vorm van waterstof.

Tabel 2-1 - Vermogen van aanlanding windenergie op zee per aanlandingslocatie

Aanlandingslocatie	Nederland Energieiland – Regionale Sturing	Nederland Energieiland – Nationale Sturing	Nederland Energieiland – Europese Sturing	Nederland Energieiland – Internationale Sturing	Sterke Knopen – Nationale Sturing	Sterke Knopen – Europese Sturing	Zeer Sterke Knopen – Kernenergie
Beverwijk	3,1 GW	5,2 GW	3,0 GW	2,8 GW	5,2 GW	3,0 GW	3,0 GW
Middenmeer	9,3 GW	15,6 GW	9,0 GW	8,4 GW	0 GW	0 GW	0 GW
Den Helder	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	9,2 GW	2,0 GW	2,0 GW
Maasvlakte	10,9 GW	18,2 GW	10,5 GW	9,8 GW	10,2 GW	7,5 GW	7,5 GW
Eemshaven	4,7 GW	7,8 GW	4,5 GW	4,2 GW	7,8 GW	10,0 GW	10,0 GW
Borssele/Sloegebied	1,6 GW	2,6 GW	1,5 GW	1,4 GW	5,6 GW	7,5 GW	7,5 GW
Terneuzen	1,6 GW	2,6 GW	1,5 GW	1,4 GW	0 GW	0 GW	0 GW
Geertruidenberg	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	2,0 GW	0 GW	0 GW
Diemen	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	6,0 GW	0 GW	0 GW
Maasbracht	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	6,0 GW	0 GW	0 GW

### Ruimtelijk

Bij elektrische aanlanding zijn converterstations nodig op de aanlandingslocaties om de DC-stroom om te zetten in AC-stroom. Daarnaast zijn extra velden nodig bij 380kV-stations om de windstroom aan te sluiten op het 380kV-net. De aanname is dat er bij de aanlandingslocaties batterijen en mogelijk elektrolyzers komen. Om beiden aan te sluiten zijn ook extra 380kV-velden nodig. De ruimte die hiervoor nodig is, wordt ook meegenomen.

### Windenergie voor productie synthetische brandstoffen

In de meeste scenario's is aangenomen dat de productie van synthetische brandstoffen via private ketens loopt, conform de aannames van II3050. Dit betekent dat dit geen impact heeft op de publieke energie-infrastructureur. Wel is er in dat geval ruimte nodig voor private energie-infrastructureur.

Aleen in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing is aangenomen dat de productie en het transport van synthetische brandstoffen via publieke infrastructureur loopt. In dit scenario wordt 20,5 GW windenergie voor de productie van synthetische brandstoffen gebruikt. Hiervan landt 17,5 GW aan in de vorm van waterstof (grondstof synthetische brandstoffen) en 3 GW in de vorm van elektronen (voor Direct Air Capture). Er is aangenomen dat 50% van de elektrische aanlanding bij de Eemshaven plaatsvindt en 50% bij Rotterdam. Op deze locaties zijn extra converterstations, 380kV-velden, batterijen en elektrolyzers nodig.

### Wat wordt niet meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's?

Aleen de aanlandingslocaties op bovenstaande locaties worden meegenomen. En per locatie wordt een maximaal vermogen meegenomen. Verwacht wordt dat de bandbreedte aan vermogens per aanlandingslocatie voldoende is om het toekomstige speelveld te beslaan, aangezien er gevarieerd is in de verdeling over de aanlandingslocaties.

Er zijn echter enkele potentiële aanlandingslocaties voor elektrische aanlanding die niet worden meegenomen. In de voorverkenning VAWOZ 2031-2040 worden enkele kansrijke locaties genoemd voor elektrisch aanlanden die niet zijn meegenomen:

- Velsen (nabijgelegen Beverwijk is wel meegenomen);
- Vijfhuizen;
- Bleiswijk;
- Simonshaven;
- Europoort;
- Moerdijk.

Wat is de invloed op de IEA-resultaten?

Als windstroom aanlandt bij een van bovenstaande locaties dan is op de aanlandingslocatie ruimte nodig voor een convertorstation, een uitbreiding van (of een nieuw) 380kV-station, batterijen en mogelijk elektrolyzers. Dit kan lokaal een fors ruimtebeslag opleveren.

De potentiële aanlandingslocaties voor elektrische aanlanding die niet meegenomen zijn, liggen in de buurt van locaties die wel meegenomen zijn. Zo liggen Velsen en Vijfhuizen in de buurt van Beverwijk, ligt Moerdijk vlakbij Geertruidenberg en liggen Bleiswijk, Simonshaven en Europoort in de buurt van de Maasvlakte. Als een deel van de aanlanding verplaatst wordt naar een nabijgelegen locatie (bijvoorbeeld van Maasvlakte naar Simonshaven), dan heeft dit lokaal een effect op de aanlandingslocatie. Daarnaast kan er een effect zijn op de belasting van de 380kV-verbinding tussen de alternatieve aanlandingslocatie en de aanlandingslocatie die wel is meegenomen. Maar het is de verwachting dat de belasting op deze verbindingen alleen maar minder wordt bij de keuze voor een van de nabijgelegen aanlandingslocaties die niet zijn meegenomen. De reden is dat deze verder landinwaarts liggen en de grootste knelpunten worden veroorzaakt door transport van windstroom vanaf de aanlanding naar het binnenland. Dit betekent dat deze verandering in ieder geval geen extra ruimtebeslag voor het hoogspanningsnet oplevert. Aanlanding bij een van de bovenstaande alternatieve aanlandingslocaties in plaats van een nabijgelegen locatie die al gebruikt wordt heeft weinig effect op de rest van het hoogspanningsnet. Als er extra aanlanding op een van deze locaties komt in plaats van een locatie verder weg (bijvoorbeeld extra aanlanding in Moerdijk in plaats van Maasvlakte), dan heeft dit wel een effect op een aanzienlijk deel van het hoogspanningsnet.

#### Conclusie

Het is de verwachting dat de totale vermogens die aanlanden per aanlandingslocatie voldoende ondervangen zijn met de bandbreedte van de scenario's. Daarmee is het mogelijke ruimtebeslag dat op deze locaties afkomt, ondervangen.

Er zijn enkele kansrijke locaties voor elektrische aanlanding die niet zijn meegenomen. Aanlanding op deze locaties heeft vooral ruimtelijke consequenties op de aanlandingslocaties zelf, de effecten verderop in het hoogspanningsnet zijn wel al meegenomen in de IEA.

Daarnaast heeft aanlanding op de locaties die niet zijn meegenomen consequenties op de 380kV-verbinding tussen de alternatieve aanlandingslocatie en de aanlandingslocatie die wel zijn meegenomen. Maar de verwachting is dat dit geen extra ruimtebeslag oplevert. De locatie van elektrische aanlanding heeft naar verwachting geen groot effect op de 380kV-verbindingen, aangezien de aanlandingslocaties vlakbij aanlandingslocaties liggen die wel zijn meegenomen. Een uitzondering hiervoor in aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant. Het kan effect hebben op de benodigde 380kV-verbindingen als forse hoeveelheden windenergie op zee aanlanden in Moerdijk en/of Geertruidenberg. Daarom is het goed om naar deze specifieke aanlandingslocaties te kijken in een gevoeligheidsanalyses.

### 2.2.2 Aanlanding waterstof

Wat wordt op dit punt meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's?

Er is bij de gebruikte scenario's onderscheid gemaakt tussen windenergie op zee bedoeld voor de reguliere energievoorziening (29-52 GW in de scenario's) en windenergie op zee specifiek bedoeld voor de productie van synthetische brandstoffen (11-20 GW in de scenario's). Hieronder is omschreven hoe voor deze soorten de aanlanding van windenergie in de vorm van waterstof is meegenomen.

*Windenergie voor invullen waterstofvraag (exclusief synthetische brandstoffen)*

### Energetisch

Voor de windenergie die gebruikt wordt voor de reguliere energievoorziening is voor de modellering aangenomen dat dit allemaal elektrisch aanlandt (zie Tabel 2-2 voor verdeling vermogens over aanlandingslocaties). Echter, bij bijna alle scenario's is aangenomen dat elektrolyzers geplaatst worden bij de aanlandingslocaties (met uitzondering van het scenario Sterke Knopen Europese Sturing). Voor de energie-infrastructuur landinwaarts maakt het voor een eerste benadering niet uit of de windstroom op zee of bij het aanlandingspunt omgezet wordt in waterstof. Het effect is met name op de aanlandingslocatie zelf. Verder wordt met deze aannames de facto in het midden gelaten welk deel van de windenergie aanlandt in de vorm van moleculen.

Tabel 2-2 - Vermogen van aanlanding windenergie op zee per aanlandingslocatie

Aanlandingslocatie	Nederland Energieiland – Regionale Sturing	Nederland Energieiland – Nationale Sturing	Nederland Energieiland – Europese Sturing	Nederland Energieiland – Internationale Sturing	Sterke Knopen – Nationale Sturing	Sterke Knopen – Europese Sturing	Zeer Sterke Knopen – Kernenergie
<b>Beverwijk</b>	3,1 GW	5,2 GW	3,0 GW	2,8 GW	5,2 GW	3,0 GW	3,0 GW
<b>Middenmeer</b>	9,3 GW	15,6 GW	9,0 GW	8,4 GW	0 GW	0 GW	0 GW
<b>Den Helder</b>	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	9,2 GW	2,0 GW	2,0 GW
<b>Maasvlakte</b>	10,9 GW	18,2 GW	10,5 GW	9,8 GW	10,2 GW	7,5 GW	7,5 GW
<b>Eemshaven</b>	4,7 GW	7,8 GW	4,5 GW	4,2 GW	7,8 GW	10,0 GW	10,0 GW
<b>Borssele/Sloegebied</b>	1,6 GW	2,6 GW	1,5 GW	1,4 GW	5,6 GW	7,5 GW	7,5 GW
<b>Terneuzen</b>	1,6 GW	2,6 GW	1,5 GW	1,4 GW	0 GW	0 GW	0 GW
<b>Geertruidenberg</b>	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	2,0 GW	0 GW	0 GW
<b>Diemen</b>	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	6,0 GW	0 GW	0 GW
<b>Maasbracht</b>	0 GW	0 GW	0 GW	0 GW	6,0 GW	0 GW	0 GW

### Ruimtelijk

Zoals eerder gezegd maakt het op de aanlandingslocatie zelf wel uit of de windenergie aanlandt in de vorm van moleculen of dat de windenergie aanlandt in de vorm van elektronen en op de aanlandingslocatie omgezet worden in moleculen.

Bij aanlanding in de vorm van moleculen is een werklocatie met een gasmeetinstallatie nodig op de aanlandingslocatie. Daarnaast is een buisleiding nodig tussen de aanlandingslocatie en het net van Gasunie. Het totale ruimtebeslag is 4,5 ha bij een transportcapaciteit van 12 GWe (gebaseerd op voorverkenning VAWOZ).

Bij aanlanding in de vorm van elektronen en omzetting naar moleculen op land zijn elektrolyzers op land nodig. Daarnaast zijn er extra velden op hoogspanningsstations en een convertorstation nodig op de aanlandingslocatie. Ook hier is een buisleiding nodig tussen de aanlandingslocatie en het net van Gasunie. Het totale ruimtebeslag is bij deze configuratie groter.

Bij de ruimtelijke analyses in deze IEA wordt uitgegaan van elektrische aanlanding en omzetting op land. Dit betekent dat uitgegaan wordt van de bovengrens van het ruimtebeslag bij de aanlandingslocaties.

### *Windenergie synthetische brandstoffen*

#### **Energetisch**

In de meeste gebruikte scenario's is aangenomen dat de productie van synthetische brandstoffen via private ketens loopt, conform de aannames van II3050. Dit betekent dat dit geen impact heeft op de publieke energie-infrastructuur.

Alleen in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing is aangenomen dat dit via publieke infrastructuur loopt. In dit scenario wordt 20,5 GW windenergie voor de productie van synthetische brandstoffen gebruikt. Hiervan landt 17,5 GW aan in de vorm van waterstof (grondstof synthetische brandstoffen) en 3 GW in de vorm van elektronen (voor Direct Air Capture). De aanname is dat 50% van de aanlanding van waterstof bij de Eemshaven plaatsvindt en 50% bij Den Helder, aangezien dit geschikte locaties zijn vanwege bestaande buisleidingen onder de zee en op land.

#### **Ruimtelijk**

Op de aanlandingslocaties Eemshaven en Den Helder is in de analyses in deze IEA niet de ruimte meegenomen voor de aanlanding in de vorm van waterstof. Echter, de ruimtevrage voor aanlanding waterstof vervangt de ruimtevrage die ontstaat bij aanlanding met elektriciteit. De ruimtevrage voor aanlanding waterstof is altijd kleiner dan bij aanlanding met elektriciteit omdat er geen infrastructuur nodig is om het netwerk te balanceren. Er zijn geen elektrolyzers nodig (aanwezig op zee) en batterijen om het elektriciteitsnet te balanceren zijn ook niet nodig, geproduceerde waterstof kan direct via het waterstofnetwerk verder worden getransporteerd voor direct gebruik of opslag elders. De locatie van aanlanding van waterstof heeft geen effect op energie-infrastructuur landinwaarts, aangezien het waterstofnetwerk naar verwachting overal voldoende capaciteit heeft.

#### **Wat wordt niet meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's?**

Alleen de aanlandingslocaties op bovenstaande locaties zijn meegenomen. En per locatie is een maximaal vermogen meegenomen.

Verwacht wordt dat de bandbreedte aan vermogens per aanlandingslocatie voldoende is om het toekomstige speelveld te beslaan, aangezien er gevarieerd is in de verdeling over de aanlandingslocaties. Zeker met de extra aanlanding van waterstof bij de Eemshaven en Den Helder voor de productie van synthetische brandstoffen die is meenemen in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing. Ook de totale bandbreedte aan aanlanding van waterstof is voldoende aangezien in de scenario's tot 50 GW aan elektrolyzers bij aanlandingslocaties geplaatst worden.

Het is echter mogelijk dat er geschikte locaties zijn voor aanlanding van windenergie in de vorm van waterstof die niet meegenomen zijn. De keuze voor de aanlandingslocaties is namelijk voornamelijk gericht geweest op geschikte locaties voor elektrische aanlanding.

In de voorverkenning VAWOZ 2031-2040 worden enkele kansrijke locaties genoemd voor de aanlanding van waterstof die niet meegenomen zijn:

- Velsen (Beverwijk is wel meegenomen);
- Europoort (wordt ook genoemd voor elektrische aanlanding);
- Monster;
- Simonshaven (wordt ook genoemd voor elektrische aanlanding);
- Moerdijk.

Wat is de invloed op de IEA-resultaten?

Als waterstof aanlandt bij een van bovenstaande locaties dan is daar op de aanlandingslocatie ruimte nodig voor een werklocatie met meetinstallatie (max 4,5 ha). Daarnaast is een aansluitleiding nodig van de aanlandingslocatie naar het waterstofnetwerk. De locatie van aanlanding van waterstof heeft geen effect op energie-infrastructuur landinwaarts, aangezien het waterstofnetwerk op alle locaties naar verwachting voldoende capaciteit heeft.

**Conclusie**

Ruimtelijk gezien zijn de in de scenario's meegenomen aanlandingslocaties de bovengrens van de benodigde ruimte voor aanlanding meegenomen (aanlanding elektronen, conversie op land). Het is de verwachting dat zo de totale vermogens die aanlanden per aanlandingslocaties voldoende ondervangen zijn met de bandbreedte van de scenario's.

Er zijn enkele kansrijke locaties voor aanlanding van waterstof die niet zijn meegenomen. Aanlanding op deze locaties heeft lokaal beperkte ruimtelijke consequenties, maar heeft geen effect op de rest van de energie-infrastructuur.

### 2.2.3 Algemene conclusies

Er wordt verwacht dat met de bovengrens van het mogelijke ruimtebeslag op de meegenomen aanlandingslocaties de effecten goed in beeld zijn. Onder de meegenomen aanlandingslocaties vallen ook de Barro-locaties waar meervoudige ruimtelijke opgaves vanuit het energiesysteem landen, zoals Borssele/Sloegebied, Maasvlakte en Eemshaven.

Er zijn enkele potentieel kansrijke aanlandingslocaties die niet zijn meegenomen, zowel voor elektrische aanlanding als aanlanding in de vorm van waterstof. Maar als er voor die locaties gekozen wordt, heeft dit vooral implicaties op lokaal niveau, op de ruimte die nodig is op en nabij de aanlandingslocaties. De aanlandingslocaties die niet meegenomen zijn in de IEA zijn geen cruciale punten vanuit het nationale energiesysteem, zoals de Barro-locaties dit wel zijn. Daarnaast heeft aanlanding op die andere locaties in bijna alle gevallen geen impact op de rest van de hoofdstructuur. Daarom is de relevantie voor het PEH beperkt en is een gevoeligheidsanalyse niet noodzakelijk. Wel is het belangrijk om op lokaal niveau aandacht te hebben voor deze mogelijke ontwikkelingen.

Aanlanding in Noord-Brabant, bij Moerdijk en Geertruidenberg, is een uitzondering hierop. Dit zijn beiden Barro-locaties en daarmee belangrijke locaties vanuit het nationale energiesysteem. Daarnaast kan aanlanding van windenergie op zee in Moerdijk en Geertruidenberg impact hebben op de overige hoofdinfrastructuur, zoals 380kV-verbindingen. Daarom wordt hier wel specifiek naar gekeken in een gevoeligheidsanalyse.

## 2.3 RES 1.0

Wat zijn concrete plannen/verwachtingen voor dit onderwerp?

In de RES 1.0 worden plannen gemaakt voor grootschalige hernieuwbare opwek op land tot 2030.

In totaal hebben de RES-regio's een gezamenlijke opgave van 35 TWh. De RES-regio's hebben zoekgebieden vastgelegd voor de invulling van deze opgave. Het totale bod van alle RES-regio's in de RES 1.0 was 55 TWh.

Wat is meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

Het volledige bod van de RES 1.0 (55 TWh) is meegenomen als startpunt bij twee van de drie extra scenario's die de netbeheerders doorgerekend hebben voor de IEA/het PEH (niet in het scenario met kernenergie). Er is voor deze scenario's aangenomen dat alle plannen van de RES 1.0 gerealiseerd worden.

Wat is niet meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

Naast de drie extra scenario's, is voor deze IEA/het PEH gebruikgemaakt van de vier oorspronkelijke scenario's uit de integrale infrastructuurverkenning II3050. Deze scenario's zijn opgesteld voordat de plannen van de RES 1.0 bekend waren, waardoor deze plannen niet meegenomen zijn. Daardoor stoken de opweklocaties op land bij deze scenario's niet altijd met de plannen uit de RES 1.0.

Wat is de invloed op de IEA resultaten?

De resultaten van de infrastructuurdoorrekening van de vier oorspronkelijke II3050-scenario's worden beïnvloed door de aannames die niet overeenkomen met de plannen vanuit de RES 1.0. Dit heeft impact op de belasting van het hoogspanningsnet en dan met name van de 110kV- en 150kV-netten. Het aantal knelpunten op deze spanningsniveaus is echter beperkt waardoor de impact van de achterhaalde aannames ook beperkt is.

Is een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk?

Doordat de plannen van de RES 1.0 meegenomen wordt in twee nieuwe PEH-scenario's, is te zien wat de impact is op de benodigde energie-infrastructuur en de noodzakelijke ruimte. Daarom is er voldoende input voor de afwegingsfase en is geen gevoeligheidsanalyse noodzakelijk.

## 2.4 CES 2.0

In de CES 2.0 zijn de plannen van de industrieclusters vastgelegd. Op basis van die plannen worden prognoses gemaakt wat de energievraag wordt per energiedrager en welke infrastructuur noodzakelijk is.

De plannen van de CES zijn in geen enkel scenario expliciet meegenomen. De scenario's voor 2050 zouden de uithoeken van het toekomstige energiesysteem moeten omvatten, wat betekent dat ook de plannen van de CES'en binnen dit speelveld zouden moeten passen. Of dit ook daadwerkelijk het geval is, wordt hieronder beschouwd. Daarnaast wordt bekeken of de noodzakelijke infrastructuuruitbreidingen die benoemd wordt in de CES'en ook terugkomen in de analyses in deze IEA. Dit gebeurt per industriecluster.

Hieronder volgt een tabel met de belangrijkste bevindingen per cluster. De uitgebreide uitwerking van de verschillenanalyse van de CES 2.0 is te vinden in bijlage A.

Cluster	Conclusie
<b>Rotterdam-Moerdijk</b>	Er zijn geen cijfers over ontwikkeling vraag en aanbod van energie tot 2050 vanuit de CES. Dus er kan niet gecheckt worden of de aannames overeenkomen met de scenario's die zijn gehanteerd voor de IEA/PEH. De infrastructuurprojecten in de CES komen allemaal terug in de analyses in de IEA/PEH. Dit betekent dat er geen mogelijkheid is voor een gevoeligheidsanalyse
<b>Schelde-Deltaregio (SDR)</b>	Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit in het cluster SDR. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een fors lagere elektriciteitsvraag. De hogere elektriciteitsvraag heeft effect op de knelpunten die ontstaan door een combinatie van aanlanding windenergie op zee en kernenergie (deze worden mogelijk minder groot). Daarnaast benoemen ze in de CES dat er

Cluster	Conclusie
	forse potentie is voor waterstofimport in de SDR. Dit is niet meegenomen in de IEA. In de gevoeligheidsanalyse moet bekeken worden wat de implicaties hiervan zijn.
<b>Noord-Nederland</b>	Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit in het cluster Noord-Nederland. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een lagere elektriciteitsvraag, met name van datacenters. Het is onduidelijk wat de effecten zijn op de elektriciteitsinfrastructuur. Daarnaast heeft de hogere elektriciteitsvraag effect op de hoeveelheid windenergie op zee die kan aanlanden in Noord-Nederland. In de gevoeligheidsanalyse moet bekeken worden wat de implicaties hiervan zijn. Er zijn geen significante verschillen voor andere soorten energie-infrastructuur.
<b>Chemelot</b>	Er zijn wat verschillen in de aannames tussen de CES Chemelot en de voor IEA/PEH gebruikte scenario's. Maar dit heeft vermoedelijk geen effect op de benodigde ruimte voor nieuwe energie-infrastructuur. Er is dus geen verdere gevoeligheidsanalyse nodig.
<b>Noordzeekanaalgebied</b>	Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar waterstof en elektriciteit in het NZKG. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een lagere elektriciteitsvraag en waterstofvraag. Dit heeft naar verwachting geen impact op het elektriciteitsnet, maar wel op de waterstofinfrastructuur. Daarnaast kan dit effect hebben op de hoeveelheid windenergie op zee die kan aanlanden in Noord-Holland. In de gevoeligheidsanalyse moet bekeken worden wat de implicaties hiervan zijn.

## 2.5 Verhoging CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling 2030 naar 60%

Wat zijn concrete plannen/verwachtingen voor dit onderwerp?

In het regeerakkoord heeft het kabinet vastgelegd dat ze de CO<sub>2</sub>-reductie doelstelling voor 2030 verhogen naar 60%<sup>2</sup>. Het is nog niet duidelijk hoe deze doelstelling behaald moet gaan worden en wat de effecten zijn op de energievraag, hernieuwbare energieproductie en benodigde energie-infrastructuur.

Wat is meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

Voor 2030 is de analyse gebaseerd op de investeringsplannen van de netbeheerders. Voor gas is daarnaast uitgegaan van de ontwikkeling van het waterstofnetwerk voor 2030.

Wat is niet meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

Het is niet mogelijk om te bepalen welke CO<sub>2</sub>-reductie behaald wordt bij de scenario's van de netbeheerders. Er worden namelijk alleen aannames gemaakt rondom vraag/aanbod van elektriciteit. Voor andere manieren van CO<sub>2</sub>-reductie, zoals bijvoorbeeld toepassing van CCS, worden geen aannames gemaakt. Daarom is het niet te zeggen of dit scenario in lijn is met de hogere doelstelling.

Het is ook nog onduidelijk of er meer waterstofinfrastructuur of overige buisleidingen nodig zijn voor 2030 dan nu is voorzien.

Wat is de invloed op de IEA-resultaten?

Het kan zijn dat de verhoogde doelstelling ervoor zorgt dat er in 2030 meer nieuwe energie-infrastructuur nodig is dan in de voor deze IEA gebruikte 2030 scenario's is voorzien. Dit is het geval als de verhoogde CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling leidt tot een hogere elektriciteitsvraag en meer hernieuwbare opwek dan aangenomen is in het Nationale Drijfveer-scenario van het IP2022. Ook kan het zijn dat er nog meer ontwikkelingen zijn op het gebied van waterstofinfrastructuur of overige buisleidingen.

<sup>2</sup> [Klimaatbeleid Rijksoverheid](#)



Het is de verwachting dat alle ontwikkelingen door de hogere doelstelling voor 2030 binnen de bandbreedte voor 2050 vallen. Maar het kan zo zijn dat sommige ruimte voor nieuwe energie-infrastructuur eerder noodzakelijk is.

Is een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk?

Vanwege de onzekerheid van de uitwerking van de verhoogde doelstelling is het niet mogelijk om te bepalen wat de effecten zijn op de resultaten. Daarnaast wordt verwacht dat een groot gedeelte van de extra CO<sub>2</sub>-reductie al voortkomt uit VAWOZ, RES en CES. Die trajecten worden al meegenomen. Daarom wordt voor dit specifieke punt geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

## 2.6 MIEK-projecten

Wat zijn concrete plannen/verwachtingen voor dit onderwerp?

In het Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK) zijn projecten vastgelegd van nationaal belang die bijdragen aan klimaattransitie en het verdienvermogen van Nederland stimuleren. Het doel hiervan is om deze projecten te versnellen door middel van meer regie en het wegnemen van knelpunten in de besluitvorming.

In het MIEK zijn de volgende projecten vastgelegd<sup>3</sup>:

- Verzwaring elektriciteitsnet Noordzeekanaalgebied;
- Verzwaring elektriciteitsnet Chemelot;
- Verzwaring elektriciteitsnet Noord-Nederland/Delfzijl-Eemshaven;
- Verzwaring elektriciteitsnet Rotterdam-Moerdijk;
- Verzwaring elektriciteitsnet Zeeland/Schelde-Deltaregio;
- Landelijke waterstofinfrastructuur;
- Delta Rhine Corridor;
- Carbon Connect Delta;
- Porthos.

Hoe zijn de MIEK-projecten meegenomen in de IEA-analyses?

In de volgende tabel staat hoe de bovenstaande projecten meegenomen worden in de IEA-analyses.

MIEK-project	Hoe is het meegenomen?
<b>Verzwaring elektriciteitsnet Noordzeekanaalgebied</b>	Grotendeels opgenomen in IP2022 van TenneT, dus zijn meegenomen bij analyses 2030 en als robuuste ontwikkeling richting 2050. Alleen additionele aanlanding windenergie op zee na 2030 zit niet in IP2022 van TenneT, dit is meegenomen bij de structuurkeuzes aanlanding windenergie op zee aan de kust.
<b>Verzwaring elektriciteitsnet Chemelot</b>	Opgenomen in IP2022 van TenneT, dus meegenomen in analyses 2030 en als robuuste ontwikkeling richting 2050.
<b>Verzwaring elektriciteitsnet Noord-Nederland/Delfzijl-Eemshaven</b>	Grotendeels opgenomen in IP2022 van TenneT, dus meegenomen bij analyses 2030 en als robuuste ontwikkeling richting 2050. Nieuwe hoogspanningsstations in Eemshaven en Delfzijl (Weiwerd) zitten nog niet in IP2022. Ze volgen als robuuste knelpunten voor 2050 uit de IEA-analyses en zijn dus meegenomen.

<sup>3</sup> <https://open.overheid.nl/repository/ronl-e96fcc00-2650-4065-84e7-a4a5a2350bbf/1/pdf/meerjarenprogramma-infrastructuur-energie-en-klimaat.pdf>

MIEK-project	Hoe is het meegenomen?
<b>Verzwarend elektriciteitsnet Rotterdam-Moerdijk</b>	Grotendeels opgenomen in IP2022 van TenneT, dus is meegenomen bij analyses 2030 en als robuuste ontwikkeling richting 2050. Nieuw 380kV-station Moerdijk zit nog niet in IP2020 en volgt niet uit IEA-analyses. Dus hiervoor is een gevoeligheidsanalyse nodig.
<b>Verzwarend elektriciteitsnet Zeeland/Schelde-Deltaregio</b>	Doortrekken 380 kV naar Zeeuws-Vlaanderen zit al in IP2022 van TenneT, dus nemen is meegenomen bij analyses 2030 en als robuuste ontwikkeling richting 2050. Nieuw 380kV-station bij Borssele/Sloegebied is nog niet opgenomen in IP2022 van TenneT. Het volgt als robuuste knelpunt voor 2050 uit de IEA-analyses en is dus meegenomen.
<b>Landelijke waterstofinfrastructuur</b>	Landelijke waterstofnetwerk is meegenomen in investeringsplan van Gasunie. Dus is meegenomen in IEA-analyses 2030 en als robuuste ontwikkeling richting 2050. Opslaginfrastructuur Zuidwending volgt als robuuste knelpunt voor 2050 in de IEA-analyses en is dus meegenomen.  De regionale waterstofnetwerken zijn in deze IEA beschouwd als regionaal project aangezien dit geheel binnen het cluster valt. Dit behoort niet tot de scope en is het niet meegenomen in deze IEA/PEH.
<b>Delta Rhine Corridor</b>	Buisleidingen Delta Rhine Corridor is meegenomen in de IEA-analyses 2050. Sommige als robuuste ontwikkeling, andere bij de structuurkeuze 'faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland'. Gelijkstroomverbinding tussen Rotterdam en Chemelot wordt bekeken bij structuurkeuze diepe aanlanding.
<b>Carbon Connect Delta</b>	Er zit in de huidige plannen geen bovenregionale infracomponent, dus dit is voor deze IEA beschouwd als regionaal project en niet meegenomen. Er is wel meegenomen dat er na 2030 een bovenregionale buisleiding komt tussen Zeeland en Rotterdam voor transport van CO <sub>2</sub> . Dit is meegenomen als een robuuste ontwikkeling richting 2050.
<b>Porthos</b>	Porthos is beschouwd als een regionaal project aangezien dit geheel binnen het cluster valt. Dit behoort niet tot de scope en is het niet meegenomen in deze IEA/PEH.

#### Wat is niet meegenomen in de IEA-analyses?

Alleen het 380kV-station bij Moerdijk is vooralsnog niet meegenomen in de IEA-analyse.

#### Wat is de invloed op de IEA-resultaten?

De benodigde ruimte voor een 380kV-station Moerdijk wordt niet meegenomen in de IEA. Daarom wordt het totale ruimtebeslag van het energiesysteem in Moerdijk onderschat.

#### Is een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk?

Aangezien het om één 380kV-station gaat, is er geen gevoeligheidsanalyse nodig. Dit station heeft namelijk ook weinig impact op de rest van het netwerk. Maar de effecten voor de benodigde ruimte voor het station bij Moerdijk worden wel bekeken in gevoeligheidsanalyse.

## 2.7 Routekaart elektrificatie industrie

#### Wat zijn concrete plannen/verwachtingen voor dit onderwerp?

De routekaart elektrificatie industrie schetst het potentieel voor elektrificatie in de industrie en geeft aan welk deel van de huidige fossiele vraag van de industrie in de toekomst realistisch gezien kan worden ingevuld met elektriciteit in 2030 en 2050. Het potentieel voor industriële elektrificatie is volgens de routekaart 30 tot 80 TWh in 2030 en 80 tot 130 TWh in 2050.

#### Wat is meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

Voor de analyses van 2050 is uitgegaan van de scenario's van I13050. Aan de vraagzijde van de scenario's is niets gewijzigd, ook niet in de extra scenario's die opgesteld zijn voor deze IEA/het PEH. De elektriciteitsvraag van de industrie in de I13050-scenario's zit in de range 237-382 PJ (65-106 TWh).

De analyses van 2030 zijn gebaseerd op de scenario's van het IP2022. Het investeringsplan gaat uit van maximaal 1 GW extra vraag basislast, 3,8 GW extra vraag flexibele power-to-heat en 5 GW flexibele vraag van elektrolyzers (scenario Nationale Drijfveer). Dat komt overeen met ongeveer 38 TWh<sup>4</sup>.

In de systeemontwikkeling maximale elektrificatie worden (kwalitatief) de implicaties van maximale elektrificatie, ook van de industrie, besproken.

#### Wat is niet meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

De bovengrens van het technische potentieel voor 2050 ligt boven de bandbreedte die is gehanteerd in de voor deze IEA gebruikte scenario's. In de routekaart is echter al aangegeven dat bij deze bovengrens alle processen die kunnen elektrificeren ook daadwerkelijk zullen elektrificeren, terwijl in sommige gevallen voor concurrerende verduurzamingsopties (groengas, CCS) gekozen zal worden. De 80 TWh wordt ingeschat als meer realistisch potentieel dan de bovengrens van 130 TWh.

De bovengrens van het technische potentieel voor 2030 ligt ook boven de bovengrens van het voor 2030 scenario gehanteerde scenario. De inschatting gaat echter uit van volledige elektrificatie van de lage-temperatuurwarmtevraag en van vollast inzet van elektrische boilers. Het is aannemelijker dat elektrische boilers flexibel ingezet gaan worden, zo'n 3.000 uur per jaar. Dan ligt het haalbaar potentieel rond de 30 TWh.

#### Wat is de invloed op de IEA-resultaten?

Een hogere elektriciteitsvraag van de industrie kan leiden tot extra behoefte aan infrastructuur, maar dit is niet per se het geval. En mogelijk leidt het tot extra ruimtevraag binnen de industrieclusters doordat extra stations nodig zijn.

#### Is een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk?

Een gevoeligheidsanalyse is niet noodzakelijk. De bovengrens van het potentieel van industriële elektrificatie uit de routekaart ligt hoger dan de bovengrens van de aannames in deze IEA, zowel voor 2030 en 2050. Maar in de routekaart zelf wordt al benoemd dat die bovengrens niet erg aannemelijk is. Daarnaast worden in deze IEA voor 2050 al de gevolgen van maximale elektrificatie in kaart gebracht in een systeemontwikkeling en worden de effecten van extra elektriciteitsvraag van de industrie ook al ingeschat bij de gevoeligheidsanalyse van de CES 1.0.

<sup>4</sup> Uitgaande van 8.760 draaiuren basislast, 3.000 draaiuren van flexibele power-to-heat en 3.500 draaiuren van elektrolyzers. Dit is conform aannames Scenario hoog Stuurgroep Extra Opgave.

## 2.8 Vollaasturen windturbines

Wat zijn concrete plannen/verwachtingen voor dit onderwerp?

Het is de verwachting dat de vollaasturen van windturbines op land en windturbines op zee zullen toenemen naar de toekomst. Op dit moment ligt het aantal vollaasturen voor windturbines op land tussen de 2.670 en 4.050 (afhankelijk van categorie windsnelheid)<sup>5</sup>. En in de toekomst wordt dit vermoedelijk nog meer.

Wat is meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

Bij het opstellen van de scenario's van II3050 is uitgegaan van 3.000 vollaasturen voor wind op land en 4.500 vollaasturen voor windenergie op zee. Voor de doorrekening van de netbeheerders is uitgegaan van een extreem weerjaar met weinig productie van hernieuwbare bronnen (weerjaar 1987). Hier is gerekend met 3.735 vollaasturen voor windenergie op zee en 2.270 vollaasturen voor wind op land.

Wat is niet meegenomen in de voor deze IEA gebruikte scenario's?

In de voor deze IEA gebruikte scenario's worden windturbines op land geclusterd op locaties met veel wind. Daardoor zouden deze windturbines meer dan 3.500 vollaasturen moeten hebben. Maar in de scenario's wordt uitgegaan van 3.000 vollaasturen. Ook voor windenergie op zee liggen de vollaasturen naar verwachting aan de lage kant.

Wat is de invloed op de IEA-resultaten?

Als windturbines meer vollaasturen hebben, wordt meer energie geproduceerd met hetzelfde vermogen. Daardoor is mogelijk minder vermogen aan hernieuwbare opwek noodzakelijk. Dit kan ook effecten hebben op de benodigde elektriciteitsinfrastructuur en de benodigde ruimte voor bijvoorbeeld batterijen.

Is een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk?

Ja. Het hogere aantal vollaasturen is in geen enkel scenario meegenomen. Het is goed om de impact daarvan op de IEA-resultaten te onderzoeken.

## 2.9 Nieuwe versie II3050

Momenteel wordt gewerkt aan een nieuwe iteratie van de II3050-scenario's. De nieuwe scenario's wijken mogelijk af van de scenario's die gehanteerd zijn voor deze IEA/PEH. Hieronder zijn de belangrijkste verschillen geduid. Hierbij moet worden opgemerkt dat nog niet alle gegevens van de nieuwe II3050 beschikbaar zijn (bijvoorbeeld inzet van flex en regionalisaties). Daarom is het niet mogelijk om alle verschillen optimaal te duiden.

### 2.9.1 Belangrijkste verschillen bij nieuwe scenario's

Hieronder worden de kerncijfers van de nieuwe II3050-scenario's vergeleken met de cijfers van de scenario's die voor de IEA van het PEH gebruikt zijn (1<sup>e</sup> versie II3050-scenario, plus extra scenario kernenergie). Van belang is hier alleen of de elektriciteitsvraag binnen de bandbreedte valt van de scenario's van de IEA van het PEH, niet of de exacte scenario's overeen komen.

Energievraag industrie

Tabel 2-3 geeft de bandbreedte van de energievraag van verschillende energiedragers in de industrie, voor de PEH-scenario's en de nieuwe versie van II3050.

Tabel 2-3 - Vergelijking energievraag industrie

	PEH-scenario's	II3050-versie 2
<b>Elektriciteitsvraag</b>	65-102 TWh	72-140 TWh
<b>Waterstofvraag</b>	31-123 TWh	29-95 TWh
<b>Methaanvraag</b>	2-31 TWh	2-31 TWh

#### Duiding

Het grootste verschil zit in de elektriciteitsvraag van de industrie. Van belang is hier alleen of de elektriciteitsvraag binnen de bandbreedte valt van de scenario's van het PEH, niet of de exacte scenario's overeen komen. De bovengrens van de bandbreedte van de elektriciteitsvraag van de industrie is bij de nieuwe scenario's hoger dan de bovengrens van de bandbreedte van de voor deze IEA/PEH gebruikte scenario's: 140 TWh bij de nieuwe scenario's tegenover 102 TWh bij de eerdere scenario's.

Dit heeft twee mogelijke oorzaken:

- **Hogere energievraag industrie vanuit clusters.** In de oude scenario's lag de energievraag in de industrieclusters een stuk lager dan de verwachtingen van de industrie zelf in de CES (zie ook paragraaf 2.4). In de nieuwe scenario's worden deze hogere inschatting voor de energievraag in de industrieclusters vermoedelijk beter meegenomen. Er wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de hogere energievraag vanuit de CES. Daarmee is dit verschil naar verwachting voldoende ondervangen.
- **Energievraag synthetische brandstoffen.** In de nieuwe scenario's wordt bij de energievraag van de industrie ook (deels) energievraag voor de productie van synthetische brandstoffen meegenomen. In de IEA-analyses is de energievraag van de synthetische brandstoffen en de impact daarvan op de energie-infrastructuur meegenomen in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing en wordt dit behandeld in een structuurkeuze. Dit verschil wordt dus ook al ondervangen.

#### Conclusie

Het verschil in de elektriciteitsvraag komt deels door een hogere prognoses voor de energievraag in de industrieclusters, maar dit wordt al ondervangen in een gevoeligheidsanalyse voor de CES. Daarnaast wordt in de nieuwe scenario's ook energievraag voor productie van synthetische brandstoffen meegenomen, maar dit wordt in de analyses van de IEA al ondervangen. Dit betekent dat er geen noodzaak is voor een gevoeligheidsanalyse.

#### Energievraag totaal

Tabel 2-4 geeft de bandbreedte van de totale energievraag van verschillende energiedragers, voor de PEH-scenario's en de nieuwe versie van II3050.

Tabel 2-4 - Vergelijking energievraag totaal

	PEH-scenario's	II3050-versie 2
<b>Elektriciteitsvraag (exclusief power-to-x)</b>	192-240 TWh	218-292 TWh
<b>Waterstofvraag (exclusief waterstofcentrales)</b>	34-137 TWh	60-134 TWh

#### Duiding

Bij de nieuwe II3050-scenario's ligt de bovengrens van de totale elektriciteitsvraag hoger dan in de oude II3050-scenario's, maar dit verschil wordt grotendeels veroorzaakt door het verschil in de energievraag van de industrie. In de overige sectoren is het verschil beperkt.

<sup>5</sup> [SDE++ 2021](#)

### Conclusie

De verschillen worden voldoende ondervangen in de gevoeligheidsanalyse voor de CES, dus er is geen reden voor een gevoeligheidsanalyse.

### Niet-regelbare productie energie

Tabel 2-5 geeft de bandbreedte van opgestelde vermogens van verschillende bronnen van niet-regelbare energieproductie, voor de PEH-scenario's en de nieuwe versie van II3050.

Tabel 2-5 - Vergelijking vermogens niet-regelbare opwek

	PEH-scenario's	II3050-versie 2
<b>Windenergie op zee (elektrische aanlanding)</b>	28-52 GW	37-52 GW
<b>Windenergie op zee (aanlanding waterstof)</b>	10-20 GW	0-20 GW
<b>Zon-pv</b>	52-125 GW	100-183 GW
<b>Wind op land</b>	0-20 GW	10-20 GW
<b>Kernenergie</b>	0-8,3 GW	0-8 GW

### Duiding

Bij energieaanbod lijken de verschillen mee te vallen. Er zit alleen een groot verschil bij zon-pv. In de nieuwe scenario's wordt uitgegaan van een stuk hoger vermogen. Echter, in de nieuwe scenario's wordt uitgegaan van het aansluiten van zon-pv op 50%, terwijl in de oude scenario's uitgegaan wordt van aansluiting op 67%. Dit betekent dat het totale piekvermogen dat ingevoed wordt op het elektriciteitsnet ingevoed wordt ongeveer gelijk is en daarmee de impact van dit verschil op de energie-infrastructuur beperkt is.

### Conclusie

De impact op energie-infrastructuur vermoedelijk beperkt en er is geen reden voor een gevoeligheidsanalyse.

### Inzet flexibiliteit

Tabel 2-6 geeft de bandbreedte van opgestelde vermogens van verschillende bronnen van flexibiliteit, voor de PEH-scenario's en de nieuwe versie van II3050. Hierbij moet vermeld worden dat het bij de nieuwe II3050-scenario's gaat om voorlopige cijfers.

Tabel 2-6 - Vergelijking vermogens flexibiliteit

	PEH-scenario's	II3050-versie 2
<b>Regelbare centrales</b>	28-36 GW	11-20 GW
<b>Power-to-gas (alleen balancering, geen directe koppeling met WoZ)</b>	16-51 GW	10-25 GW
<b>Power-to-heat</b>	2-3 GW	3-11 GW
<b>Vraagsturing</b>	Onbekend <sup>6</sup>	3-10 GW
<b>Batterijen</b>	29-54 GW	39-70 GW
<b>Opslag waterstof</b>	10-47 TWh	14-29 TWh
<b>Opslag methaan</b>	14-55 TWh	1-13 TWh
<b>Interconnectie elektriciteit</b>	15-15 GW	19-29 GW

Bij de nieuwe versie van II3050 willen de netbeheerders een nieuwe modellering van de inzet van flexibiliteit gehanteerd en de aannames aangepast. In de nieuwe scenario's wordt uitgegaan van een grotere rol voor flexibele vraag (power-to-heat, vraagsturing) en interconnectie van elektriciteit. Daarnaast is een meer economische benadering toegepast bij het bepalen van de vermogens van verschillende

<sup>6</sup> In de scenario's.

flexibiliteitsbronnen. Door deze wijzigingen zijn minder regelbare centrales nodig en worden ook minder elektrolyzers voorzien.

Naast de vermogens van flexibiliteitsbronnen verschilt naar verwachting ook de inzet van de flexibiliteitsbronnen (op welke uren worden deze bronnen ingezet). Het is nu nog niet duidelijk hoe de inzet van flexibiliteitsbronnen in de nieuwe scenario's precies uit gaat pakken en hoe dit gaat verschillen van de inzet in de PEH-scenario's.

Deze verschillen in de nieuwe versie van I13050 kunnen op twee manieren impact hebben op de uitkomsten van de IEA:

- **Benodigde ruimte voor flex.** Mogelijk wordt in de analyses in de IEA de benodigde ruimte voor de elektrolyzers en regelbare centrales overschat, maar vanuit ruimtelijk perspectief is het wenselijk om uit te gaan van de bovengrens. Zeker gezien de onzekerheid rondom de ontwikkeling van vraagsturing waar in de nieuwe I13050-scenario's vanuit gegaan wordt. Daarom is er voor dit punt momenteel geen noodzaak voor een gevoeligheidsanalyses.
- **Impact op benodigde ruimte voor nieuwe energie-infrastructuur.** De omvang en de inzet van flexibiliteitsbronnen kunnen hebben op de benodigde ruimte voor nieuwe energie-infrastructuur. Zo wordt bijvoorbeeld in de huidige scenario's een groot deel van de knelpunten door inzet van zon-pv op 110kV- en 150kV-infrastructuur voorkomen door inzet van batterijen, waardoor weinig uitbreidingen op deze spanningsniveaus nodig zijn. Of dat in de nieuwe scenario's ook het geval is, is niet duidelijk. Ook de andere vormen van flexibiliteitsbronnen hebben impact op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur. Het is niet mogelijk om de impact van de verschillen in te schatten aangezien nog geen netimpact berekeningen gedaan zijn voor de nieuwe scenario's.

#### *Conclusie*

Het is nog niet duidelijk hoe de inzet van de flexibiliteitsbronnen gemodelleerd wordt. Daarnaast is het nog niet mogelijk om te bepalen wat de impact van de andere inzet van flexibiliteit gaat zijn de energie-infrastructuur. Daarom wordt dit niet meegenomen in een gevoeligheidsanalyse. Het wordt als onzekerheid benoemen in de IEA-analyses.

#### **Regionalisaties**

Bij de nieuwe versie van I13050 zijn verbeteringen van de regionalisatie van vraag en aanbod. Onder meer van vraag kleinschalige industrie, maar vermoedelijk ook van opwek (bijvoorbeeld meenemen plannen van de RES). Het effect van een andere regionalisatie van de vraag op de hoogspanningsinfra is vermoedelijk beperkt.

Voor opwek zijn in de nieuwe scenario's die opgesteld zijn voor de IEA (Sterke Knopen-scenario's) al nieuwe en verbeterde regionalisaties gemaakt, waarin de plannen van de RES en andere verdelingen van de aanlanding van windenergie op zee meegenomen zijn. Het is de verwachting dat daarmee deze zaken de grootste verschillen opleveren en dat de aanpassingen in de nieuwe I13050-scenario's daarmee al voldoende ondervangen zijn.

### Conclusie

De impact op energie-infrastructuur is vermoedelijk beperkt en er is geen reden voor een gevoeligheidsanalyse.

### 2.9.2 Algemene conclusie

De verschillen in energievraag en aanbod tussen de nieuwe scenario's en de scenario's die gebruikt zijn in deze IEA, hebben vermoedelijk weinig impact op de hoofdinfrastructuur. De modellering van de inzet van flexibiliteitsbronnen kan mogelijk wel significante impact op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur hebben, maar aangezien het nog niet duidelijk is hoe deze wijzigingen uit gaan pakken (en wat überhaupt gewijzigd wordt) wordt dit niet meegenomen in een gevoeligheidsanalyse.

## 2.10 Mogelijke reserveringen Gasunie

Gasunie heeft een aantal trajecten aangegeven waar mogelijk knelpunten kunnen optreden, die niet direct uit de scenario's volgen. Het gaat overwegend om nieuwe aansluitingen voor elektrolyzers en gas-centrales op door Gasunie geïdentificeerde aansluitpunten. De aansluitleidingen zijn korte leidingen (in de meeste gevallen minder dan 1,5 km) die de elektrolyzers en centrales met het waterstofnetwerk verbinden. Het gaat om de volgende trajecten:

Tabel 2-7 - Overzicht van mogelijke aansluitleidingen naar het hoofdtraject. SK staat voor Sterke Knopen, NE voor Nederland Energieland

Van	Naar	Oorzaak	Toelichting
<b>Eemshaven</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	Bij een grote omvang van clustering van elektrolyzers bij aanlanding windenergie op zee in de Eemshaven zoals bijvoorbeeld in SK Nationale Sturing.	Aansluiting elektrolyzers: een nieuwe korte leiding van de elektrolyzers bij de aanlandingslocatie naar het waterstofnetwerk.
<b>Sloegebied</b>	Vlissingen (aansluiting op RIB Zeeland)	SK Nationale Sturing, NE Nationale Sturing, NE Regionale Sturing, NE Internationale Sturing.	Aansluiting elektrolyzers Sloegebied: een nieuwe korte leiding die aansluit op een doorgaande leiding over Zuid-Beveland en Walcheren.
<b>Middenmeer</b>	Compressorstation Wieringermeer of station Oudelandertocht	Bij een grote omvang van clustering van elektrolyzers bij aanlanding van windenergie op zee in Middenmeer zoals in NE Nationale Sturing.	Aansluiting elektrolyzers: een nieuwe korte leiding van de elektrolyzers bij de aanlandingslocatie naar het waterstofnetwerk.
<b>Den Helder</b>	Balgzand, Julianadorp/ Callantsoog of Anna Paulowna	Bij een grote omvang van clustering van elektrolyzers bij aanlanding van windenergie op zee in Den Helder zoals in NE Nationale Sturing.	Aansluiting elektrolyzers: een nieuwe korte leiding van de elektrolyzers bij de aanlandingslocatie naar het waterstofnetwerk.
<b>Simonshaven/ Botlek</b>	M&R Vondelingenplaat of een industrie-GOS in de Botlek	Bij een omvangrijke aanlanding van windenergie op zee in de Simonshaven zoals in SK Nationale Sturing.	Aansluiting elektrolyzers: een nieuwe korte leiding van de elektrolyzers bij de aanlandingslocatie naar het waterstofnetwerk.
<b>Maasbracht</b>	GOS Clauscentrale	Bij een omvangrijk cluster aan elektrolyzers in Maasbracht, zoals in de structuurkeuze diepe aanlanding van windenergie op zee.	Een nieuwe leiding voor de aansluiting van elektrolyzers bij diepe aanlanding.



Van	Naar	Oorzaak	Toelichting
<b>Terneuzen</b>	Aansluiting Dow Terneuzen	Bij een omvangrijk cluster aan elektrolyzers, volgend op aanlanding van windenergie op zee in Terneuzen zoals in de structuurkeuze spreiding van aanlandingslocaties windenergie op zee (SK Europese Sturing).	Aansluiting elektrolyzers: een nieuwe leiding voor de aansluiting van elektrolyzers vanaf de aanlandingslocatie in Terneuzen naar Dow Terneuzen.
<b>IJmond</b>	Aansluiting op terrein Tata Steel of compressorstation Beverwijk	Bij een omvangrijk cluster aan elektrolyzers bij aanlanding van windenergie op zee in de IJmond. Aansluiting naar Tata Steel bij een grote vraag naar waterstof vanuit Tata Steel; of naar het compressorstation Beverwijk voor aansluiting op het hoofdnet.	Aansluiting elektrolyzers: een nieuwe leiding voor de aansluiting van elektrolyzers in de IJmond naar Tata Steel of naar het compressorstation Beverwijk.
<b>Chemelot</b>	M&R Sanderbout	Bij een omvangrijk cluster aan elektrolyzers bij Chemelot, als gevolg van aanlanding van windenergie op zee in Maasbracht zoals in de structuurkeuze diepe aanlanding van windenergie op zee.	Aansluiting nieuwe elektrolyzers bij diepe aanlanding.
<b>Diemen</b>	GOS Diemen-centrale	Bij een omvangrijk cluster aan elektrolyzers bij Diemen, als gevolg van aanlanding van windenergie op zee in Diemen zoals in de structuurkeuze diepe aanlanding van windenergie op zee.	Aansluiting nieuwe elektrolyzers bij diepe aanlanding.
<b>Bergum</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	Bij de plaatsing van een extra centrale naast de huidige centrale is een extra leiding nodig.	Aansluiting energiecentrale: indien mogelijk parallel aan de aardgasaansluiting.
<b>Maasbracht</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	Bij de plaatsing van een extra centrale naast de huidige centrale is een extra leiding nodig.	Aansluiting energiecentrale: indien mogelijk parallel aan de aardgasaansluiting.
<b>Eemshaven</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	Bij de plaatsing van meerdere extra centrales naast de huidige centrale is een extra leiding nodig.	Aansluiting energiecentrale: indien mogelijk parallel aan de aardgasaansluiting.
<b>Rotterdam/ Maasvlakte</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	Bij de plaatsing van meerdere extra centrales naast de huidige centrale is een extra leiding nodig.	Aansluiting energiecentrale: indien mogelijk parallel aan de aardgasaansluiting.
<b>Sloegebied</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	Bij de plaatsing van een extra centrale naast de huidige centrale is een extra leiding nodig.	Aansluiting energiecentrale: indien mogelijk parallel aan de aardgasaansluiting.
<b>Diemen</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	Bij de plaatsing van een extra centrale naast de huidige centrale is een extra leiding nodig.	Aansluiting energiecentrale: indien mogelijk parallel aan de aardgasaansluiting.
<b>Lelystad</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk bij Ommen	Bij de plaatsing van een extra centrale naast de huidige centrale is een extra leiding nodig.	Aansluiting energiecentrale: indien mogelijk parallel aan de aardgasaansluiting. De bestaande HTL-leiding ligt niet in een SVB-strook.

Voor aardgasbergingen gaat de IEA/het PEH uit van het gebruiken van de bestaande leidingen. Als gekozen wordt om waterstofopslag in lege gasvelden te onderzoeken, is in het de IEA/PEH aangenomen dat bij knelpunten in capaciteit de huidige leiding vervangen wordt in de leidingstrook. Gasunie geeft aan dat er toch mogelijk ruimte nodig is voor een nieuwe (zo mogelijk parallelle) leiding. Dit zijn vaak relatief kleine afstanden, maar omdat het om het landelijk waterstofnetwerk gaat is de aanname dat deze in gereserveerde buisleidingenstroken gerealiseerd kunnen worden. Tabel 2-8 geeft een overzicht van de trajecten:

Tabel 2-8 - Overzicht van mogelijke nieuwe aansluitleidingen van aardgasopslagen naar het hoofdtraject

Van	Naar	Toelichting
UGS Grijpskerk	Tripscompagnie	Een leiding ter vervanging van of parallel aan de huidige leiding. SVB-strook nabij Grijpskerk, korte leiding.
UGS Norg	Tripscompagnie	Een leiding ter vervanging van -of parallel aan- de huidige leiding, lengte ruim 20 kilometer.
PGI Alkmaar	SVB-strook nabij Alkmaar	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen: SVB-strook nabij Alkmaar, enkele kilometers.
UGS Bergermeer	SVB-strook nabij Alkmaar	Een leiding ter vervanging van -of parallel aan- de huidige leiding. SVB-strook nabij Alkmaar, enkele kilometers.
Oud-Beijerland-Zuid <sup>7</sup>	Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam (mogelijk Gasunie mengstation Pernis)	Mogelijk is een nieuwe aansluitleiding nodig vanaf het puttencluster van het veld naar het waterstofnetwerk Rotterdam. De afstand is 10 kilometer, met kruising van de Oude Maas.

Op twee plekken zijn mogelijk nieuwe compressorstations voor waterstof nodig die afwijken van de locaties van de huidige compressorstations voor aardgas. Dat komt omdat de stroomrichting van waterstof door het transportnet in de toekomst mogelijk anders is dan nu voor aardgas geldt. Tabel 2-9 geeft aan om welke locaties het gaat.

Tabel 2-9 - Nieuwe locaties compressorstations voor waterstof

Locatie	Toelichting
Tjuchem	Transport van waterstof naar het westen van het land.
Hoeksche Waard	Voor de verbinding van industriële locaties, transport van waterstof tussen Zeeland en Maasvlakte.

<sup>7</sup> Het gaat hier om een leeg gasveld, dit wordt nu niet gebruikt als aardgasopslag, maar kan verkend worden als optie voor waterstofopslag in de toekomst.

## 2.11 Target Grid

In 2023 heeft TenneT een visie op de langetermijntoekomst van zijn hoogspanningsnetten ontwikkeld in het project Target Grid, die voor een groot deel veroorzaakt wordt door de ontwikkelingen van wind op zee. Hieronder bespreken we de verschillen met de analyses van de IEA.

In Target Grid wordt gerekend met in totaal 72 GW wind op zee. Hiervan wordt bij de aannames van Target Grid 52 GW elektrisch aan land gebracht en 20 GW wordt gebruikt voor offshore elektrolyse. Dit komt overeen met de aannames van de scenario's Nederland Energieland Nationale Sturing en Sterke Knopen Nationale Sturing uit de IEA. Van de 52 GW elektrische aanlanding wordt bij Target Grid een fors deel gebruikt voor export. Dit is ook meegenomen in de scenario's Nationale Sturing van de IEA.

Er worden in Target Grid enkele algemene ontwikkelingen voorzien:

- In de visie van Target Grid worden HVDC-verbindingen gebruikt voor interconnecties en voor transport van wind over langere afstanden. Zo komen er volgens de visie van Target Grid DC Hubs op land, waar wind op zee aan land naartoe getransporteerd wordt. Target Grid kijkt daarbij onder meer naar een DC Hub bij Maasbracht, voor export van elektriciteit naar Duitsland. Dit is ook bekeken in het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing en bij structuurkeuze 1: Aanlanding windenergie op zee, aan de kust of diep. Daarnaast kijkt Target Grid ook naar een DC Hub in Zeeland (Terneuzen), voor export richting België. In de IEA is wel aanlanding van wind op zee in Terneuzen meegenomen, maar geen interconnectie daar richting België. Wel vindt export plaats via Rilland, iets verderop richting Brabant.
- Target Grid identificeert twee belangrijke corridors die versterking nodig hebben: West-Zuidoost bij veel productie wind op zee en Noord-Zuid bij weinig offshore wind. Verzwaring van de corridor West-Zuidoost komt ook duidelijk terug in de analyses van de IEA. Verzwaring van de corridor Noord-Zuid komt niet duidelijk naar voren in de IEA. Dit komt mogelijk doordat uitbreiding Eemshaven-Vierverlaten-Ens-Lelystad-Diemen al meegenomen is in de uitgangssituatie. Daarnaast kunnen andere aannames rondom regelbare centrales en interconnectie dit verschil veroorzaken.
- In Target Grid wordt geconcludeerd dat tot 38 GW elektrische aanlanding nuttig is voor het invullen van de elektriciteitsvraag in Nederland en dat dit vermogen kan aanlanden bij kustlocaties en Moerdijk/Geertruidenberg. Daarna moet gekeken worden naar diepe aanlanding. Dit komt overeen met de uitkomsten van de structuurkeuze over diepe aanlanding.
- Interconnecties op zee worden voorzien richting Duitsland, Denemarken, mogelijk België. Extra interconnecties op zee zijn ook meegenomen in aannames van alle scenario's van de IEA.
- In Target Grid wordt voorzien dat een offshore HVDC-ring tussen Eemshaven en Maasvlakte gebruikt kan worden in plaats van transport over land om investeringen te voorkomen. Dit zit niet in de analyses van de IEA.

In Target Grid worden de volgende knelpunten in de hoogspanningsinfrastructuur geïdentificeerd:

Knelpunt in Target Grid	Volgt ook uit analyses IEA?	Toelichting
Diemen – Maasvlakte	Nee	Onduidelijk waar dit verschil vandaan komt.
Zwolle – Ens	Ja (in meeste scenario's, komt terug in veegronde)	
Tilburg – Eindhoven	Ja (in meeste scenario's en bij structuurkeuzes met veel aanlanding wind op zee aan kust)	
Interconnectie Eemshaven – Emden	Nee	In doorrekeningen zijn interconnecties als gegeven meegenomen. Dus is niet gekeken of nog meer interconnecties nodig zijn.

Er zijn twee knelpunten aan de hoogspanningsinfrastructuur geïdentificeerd in Target Grid, die niet terugkomen in de analyses van de IEA. Vanuit Target Grid is echter nog niet duidelijk welke uitbreidingen nodig zijn om deze knelpunten op te lossen. Bijvoorbeeld, het knelpunt Diemen–Maasvlakte zou met uitbreidingen aan verschillende 380kV-verbindingen opgelost kunnen worden, waardoor het nu nog niet duidelijk is welke verbinding(en) uitgebreid moet(en) worden. Daarom is het nog niet mogelijk om hier een beoordeling Milieu & Ruimte voor te doen en wordt dit niet meegenomen in de gevoeligheidsanalyse.

## 2.12 Totaaloverzicht

Hieronder volgt een totaaloverzicht van de bevindingen van de verschillenanalyse. Voor de Voorverkenning VAWOZ 2040, CES 2.0, vollasturen hernieuwbare opwek en mogelijke reserveringen Gasunie wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. En voor twee beleidstrajecten wordt een klein onderdeel toegevoegd aan de analyses elders in deze IEA.

Beleidstraject/ontwikkeling	Conclusie verschillenanalyse	Gevoeligheidsanalyse nodig?
<b>VAWOZ 2030</b>	Extra aanlanding uit VAWOZ 2030 wordt meegenomen in enkele 2050 scenario's in de IEA. De plannen van VAWOZ 2030 worden niet volledig meegenomen in IP2022 scenario's voor 2030, maar dat heeft alleen impact bij aanlandingslocaties zelf en wordt behandeld in Bijlage XIV <i>Beschrijving 2030</i> .	Nee, wordt meegenomen bij beschrijving 2030
<b>Voorverkenning VAWOZ 2040</b>	Bandbreedte aanlanding windenergie op zee op huidige aanlandingslocaties is voldoende in de scenario's van de IEA. Uit de voorverkenning volgen nieuwe mogelijke aanlandingslocaties na 2030 die niet zijn meegenomen in de IEA, maar dit heeft vooral impact op die locaties zelf en dit zijn geen cruciale locaties vanuit het energiesysteem. Dus dit wordt gezien als lokale inpassing en hiervoor is geen gevoeligheidsanalyses nodig. Er wordt wel specifiek gekeken naar mogelijke effecten van extra aanlanding in Noord-Brabant.	Ja, alleen voor extra aanlanding windenergie op zee in Noord-Brabant
<b>RES 1.0</b>	De plannen van de RES 1.0 zijn meegenomen in enkele 2050 scenario's in de IEA, dus voldoende informatie beschikbaar over effecten.	Nee
<b>CES 2.0</b>	De CES 2.0 is niet integraal meegenomen in de scenario's voor 2050 in de IEA. Voor sommige clusters ligt de energievraag van de CES plannen hoger dan de range van de scenario's uit de IEA.	Ja
<b>Verhoging doelstelling 2030</b>	De uitwerking verhoging doelstelling is onduidelijk en daardoor is het niet mogelijk om in te schatten of de in de IEA gehanteerde scenario's voor 2030 voldoen aan deze doelstelling.	Nee

Beleidstraject/ ontwikkeling	Conclusie verschillenanalyse	Gevoeligheidsanalyse nodig?
<b>MIEK-projecten</b>	Bijna alle plannen uit het MIEK worden meegenomen in de analyses van de IEA, met uitzondering van 380kV-station Moerdijk.	Ja, alleen voor ruimte voor nieuw 380kV-station Moerdijk
<b>Routekaart elektrificatie industrie</b>	Bovengrens van routekaart valt buiten range van scenario's van de IEA, maar deze bovengrens is niet aannemelijk. Daarnaast worden voor 2050 al de gevolgen van maximale elektrificatie in kaart gebracht als mogelijke systeemontwikkeling en worden de effecten van extra elektriciteitsvraag van de industrie ook al ingeschat bij de gevoeligheidsanalyse van de CES 2.0.	Nee
<b>Vollasturen hernieuwbare opwek</b>	Er is een onderschatting van aantal vollasturen voor wind op land en windenergie op zee in de scenario's van de IEA. Het hogere aantal vollasturen is in geen enkel scenario meegenomen.	Ja
<b>Nieuwe scenario's II3050</b>	De verschillen in energievraag en aanbod tussen de nieuwe scenario's en de scenario's die gebruikt zijn in deze IEA hebben vermoedelijk weinig impact op de hoofdinfrastructuur. De modellering van de inzet van flexibiliteitsbronnen kan mogelijk wel significante impact op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur hebben, maar aangezien het nog niet duidelijk is hoe deze wijzigingen uit gaan pakken (en wat überhaupt gewijzigd wordt) wordt dit niet meegenomen in een gevoeligheidsanalyse.	Nee
<b>Mogelijke reserveringen Gasunie</b>	Gasunie heeft een aantal trajecten aangegeven waar mogelijk knelpunten kunnen optreden, die niet direct uit de scenario's volgen. Voor deze trajecten wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.	Ja
<b>Target Grid</b>	Enkele knelpunten die geïdentificeerd worden door Target Grid komen niet terug in IEA, maar nog niet duidelijk welke uitbreidingen hiervoor nodig zijn. Dus niet mogelijk om gevoeligheidsanalyse te doen.	Nee

### 3 Gevoeligheidsanalyses

Dit hoofdstuk bevat de gevoeligheidsanalyses voor de ontwikkelingen waarvoor uit de verschillenanalyse (in hoofdstuk 2) bleek dat deze noodzakelijk is. In de gevoeligheidsanalyses worden de effecten besproken van de ontwikkelingen op de resultaten van de Integrale Effectenanalyse. Het gaat dan om effecten op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur, maar ook om effecten op de uitkomsten van de effectbeoordelingen als dat van toepassing is.

#### 3.1 Voorverkenning VAWOZ 2040

Er zijn enkele potentieel kansrijke aanlandingslocaties voor windenergie op zee die niet zijn meegenomen, zowel voor elektrische aanlanding als aanlanding in de vorm van waterstof. Als er voor die locaties gekozen wordt heeft dit alleen implicaties op lokaal niveau, op de ruimte die nodig is op en nabij de aanlandingslocaties. Aanlanding op die andere locaties heeft in bijna alle gevallen geen impact op de rest van de energiehoofdstructuur. Daarnaast zijn de locaties die niet zijn meegenomen als aanlandingslocaties geen cruciale punten vanuit het energiesysteem, zoals de Barro-locaties dit wel zijn. Daarom is in die gevallen een gevoeligheidsanalyse niet noodzakelijk.

Aanlanding in Noord-Brabant, bij Moerdijk en Geertruidenberg, is een uitzondering hierop. Dit zijn beide Barro-locaties en daarmee belangrijke locaties vanuit het nationale energiesysteem. Daarnaast kan aanlanding van windenergie op zee in Moerdijk en Geertruidenberg impact hebben op de overige hoofdinfrastructuur, zoals 380kV-verbindingen. Daarom is hier specifiek wel naar gekeken in een gevoeligheidsanalyse. Er wordt gekeken naar de impact van extra aanlanding op de aanlandingslocaties zelf en naar de

mogelijke impact op de 380kV-verbindingen. Indirect kan aanlanding van windenergie op zee ook effect hebben op waterstofinfrastructuur, als dit leidt tot extra elektrolyzers, maar dit is niet meegenomen.

In deze gevoeligheidsanalyse wordt de impact uitgewerkt van de verschillen op de benodigde ruimte voor nationale energie-infrastructuur en de effecten op het gebied van Milieu & Ruimte uit. De verschillen tussen de voorverkenning VAWOZ 2040 en de scenario's van de IEA hebben geen impact op de beoordelingen op het gebied van welvaart en systeemefficiëntie.

### 3.1.1 Impact op aanlandingslocaties

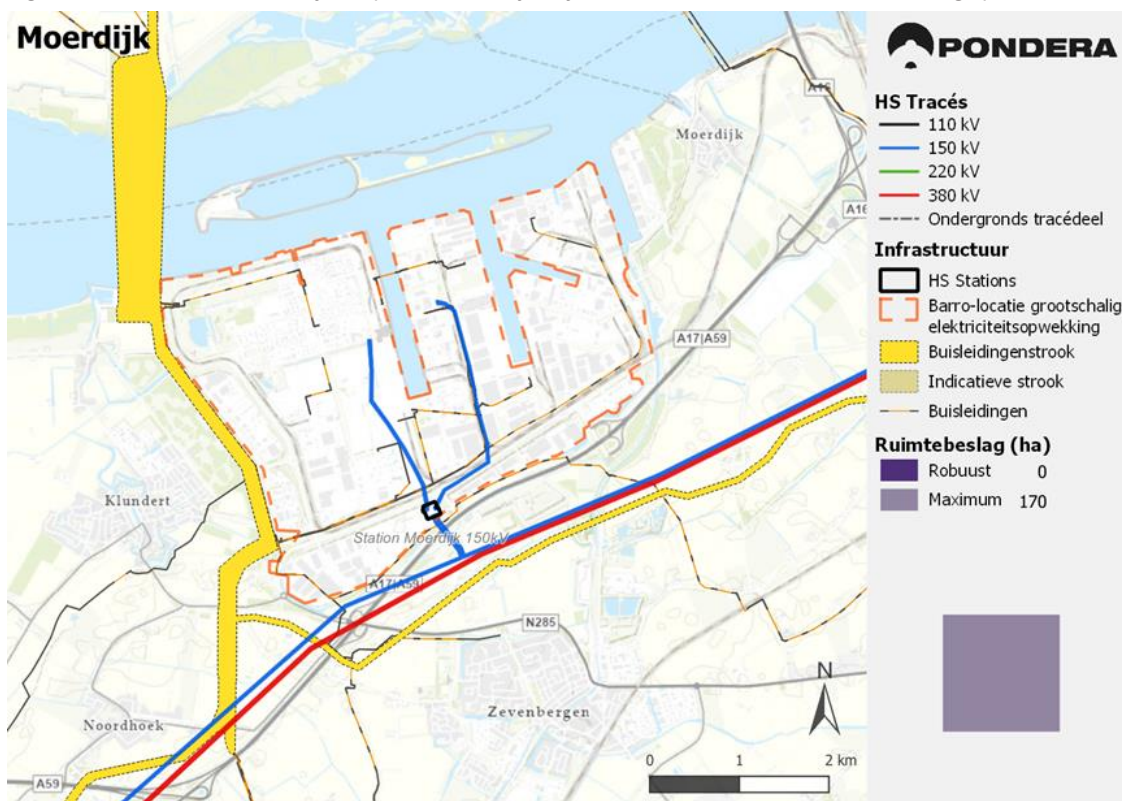
In Bijlage XIa is al gekeken naar de effecten vanuit Milieu & Ruimte voor aanlanding windenergie op zee van 2 GW bij Geertruidenberg. Effecten van aanlanding van windenergie op zee bij Moerdijk zijn niet eerder meegenomen. Hieronder volgt de beoordeling voor Milieu & Ruimte voor elektrische aanlanding van 6 GW windenergie op zee bij Moerdijk. Zie Bijlage X voor de beoordelingsmethodiek vanuit Milieu & Ruimte.

#### Omschrijving gebied en opgave

De Barro-locatie Moerdijk is een complexe industriële omgeving (Figuur 3-1). De locatie grenst direct zuidelijk van het Hollands Diep en is omringd door landbouwgronden met in de directe omgeving meerdere woonkernen (Moerdijk, Klundert, Zevenbergen) en recreatiegebieden. Binnen de Barro-locatie liggen verschillende risicocontouren en is beperkt ruimte beschikbaar. Ook de (netwerk)infrastructuur maakt deze locatie complex. Er loopt een groot aantal buisleidingen naar deze Barro-locatie, evenals een bovengrondse 150kV- en 380kV-verbinding en spoorwegen. De locatie wordt omringd door een primaire waterkering en kleine NNN-gebieden. Direct ten zuiden ligt de rijksweg A17. Het Hollands Diep en het gebied te noorden daarvan is aangemerkt als Natura 2000-gebied Hollands Diep en Nationaal Landschap, waar ook landschappen met aardkundige waarden liggen. De aanlanding van 6 GW windenergie op zee vraagt om een maximaal ruimtebeslag van in totaal circa 170 ha, opgebouwd uit:

- (onderdelen van) hoogspanningsstations met een ruimtebeslag van circa 20 ha;
- elektrolyzers met een ruimtebeslag van circa 55 ha;
- batterijen met een ruimtebeslag van circa 80 ha;
- converterstations met een ruimtebeslag van circa 15 ha.

Figuur 3-1 - Barro-locatie Moerdijk, de paarse vierkantjes zijn het robuuste en maximum ruimtebeslag op schaal



## Beoordeling

### Effecten occupatie

De Barro-locatie wordt grotendeels benut door industriële activiteiten. Hier is er sprake van verschillende risicocontouren, dit heeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Rondom de locatie liggen enkele woonkernen (Moerdijk, Klundert en Zevenbergen), hierop is een kleine kans op effecten omdat er al een gebied met sterk industrieel karakter aanwezig is. Verder is de omgeving agrarisch van karakter. Bij uitbreiding van de Barro-locatie gaat dit mogelijk ten koste van landbouwgrond, dit geeft een middelgrote kans op effecten. Ook is er een recreatieve groenstrook aanwezig tussen de Barro-locatie en Klundert. Door de reeds industriële omgeving is hier een kleine kans op effecten. Voor de occupatielaag geldt er een middelgrote kans op effecten vanwege externe veiligheid en landbouw (middelblauwe aanduiding).

### Effecten netwerk

Er ligt een primaire waterkering door de Barro-locatie heen, dit heeft een middelgrote kans op effecten vanwege de grootte van het benodigde ruimtebeslag en de mogelijkheid om de beschermingszone van de kering te vermijden. Verder ligt er ten westen een buisleidingenstrook (beoogd onderdeel Delta Rhine Corridor) en verschillende buisleidingen, bovengrondse hoogspanning, spoorwegen en rijksweg A17/A59. Dit beperkt de beschikbare ruimte voor nieuwe ontwikkelingen en betekent een middelgrote kans op effecten. In Tabel 3-1 is het ruimtebeslag weergegeven per onderdeel in Moerdijk bij aanlanding van 6 GW windenergie op zee. Dit komt neer op circa 170 ha. Door dit grote ruimtebeslag is het mogelijk dat ruimte nodig is buiten de Barro-locatie, dit geeft een grote kans op effecten voor ruimtebeslag. Rondom de Barro-locatie zijn verschillende stroken NNN-gebied aanwezig. Vanwege de grote ruimtebehoefte is er een middelgrote kans op effecten. Vanwege de grote kans op effecten op ruimtebeslag is de aanduiding donkerblauw voor de netwerklaag. Voor de netwerklaag geldt er een grote kans op effecten vanwege de grote ruimtebehoefte (donkerblauwe aanduiding).

Tabel 3-1 - Benodigde ruimte van de verschillende onderdelen bij Moerdijk

Onderdeel	Maximum ruimtebeslag (ha)
Stations	20
Converterstations	15
Elektrolyzers	55
Batterijen	80

### Effecten ondergrond

De locatie is gedeeltelijk zettingsgevoelig gebied, dit heeft een middelgrote kans op effecten. De Barro-locatie is niet overstromingsgevoelig, maar in de directe omgeving zijn wel overstromingsgevoelige gebieden aanwezig. Dit is een kleine kans op effecten omdat hier rekening mee kan worden gehouden of door het toepassen van maatregelen (ophoging). Het Hollands Diep is aangewezen als Natura 2000-gebied (habitat- en vogelrichtlijn), de kans op effecten door bijvoorbeeld koelwater van elektrolyzers is middelgroot. Voor landschap is er met name een lokaal negatief effect, dit is een kleine kans op effecten op nationale schaal. Wat betreft archeologie en cultuurhistorie liggen met name bekende waarden in de woonkernen. Voor verwachte archeologische waarden is er een lage of zeer lage trefkans, dit betekent een kleine kans op effecten. Vanwege de aanwezigheid van Natura 2000-gebied Hollands Diep is er een middelgrote kans op effecten op de ondergrondlaag, dit betekent een middelblauwe aanduiding. Voor de ondergrondlaag geldt er een middelgrote kans op effecten vanwege Natura 2000-gebied Hollands Diep (middelblauwe aanduiding).

In Tabel 3-2 staat de beoordeling van de lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het grootste aandachtspunt is de beschikbare ruimte om de onderdelen te realiseren in de omgeving. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 3-2 Beoordeling lagen Moerdijk

Laag	Duiding
Occupatie	2
Netwerk	3
Ondergrond	2



## Conclusie

Meer aanlanding van windenergie op zee bij Moerdijk zorgt ervoor dat er op deze locatie fors meer ruimte nodig is dan volgt uit de analyses van de IEA. Bij aanlanding van 6 GW windenergie op zee is tot circa 170 ha ruimte nodig bij Moerdijk. Dit levert ruimtelijke knelpunten op voor de inpassing in dit gebied voor Milieu & Ruimte waarbij de beschikbaarheid van ruimte het grootste aandachtspunt is.

### 3.1.2 Impact op 380kV-verbindingen

In het scenario *Sterke Knopen Nationale Sturing* wordt aanlanding van 2 GW bij Geertruidenberg meegenomen. Echter, het is mogelijk dat er nog meer windenergie op zee aanlandt in Geertruidenberg of Moerdijk (of beiden). Dit heeft effect op deze locaties, maar kan ook effect hebben op de 380kV-verbindingen. Extra aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant kan twee effecten hebben:

- De belasting op het 380kV-net tussen de Maasvlakte en Geertruidenberg wordt mogelijk minder als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding op de Maasvlakte.  
Dit komt doordat een deel van de elektriciteit van windparken op zee doorgevoerd wordt richting Limburg en België en Duitsland en het transport van deze elektriciteit vanaf de Maasvlakte naar Brabant loopt. De belasting op het 380kV-net tussen Borssele/Sloegebied en Geertruidenberg neemt af als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding in Zeeland.
- Er kunnen mogelijk extra knelpunten op 380kV-verbindingen ontstaan rondom Geertruidenberg en Moerdijk als daar grote vermogens windstroom aanlanden.

Hieronder worden deze mogelijke effecten in meer detail besproken.

#### Minder belasting op 380kV-verbindingen tussen Zuid-Holland/Zeeland en Noord-Brabant

Of knelpunten ontstaan op de 380kV-verbindingen tussen Zuid-Holland of Zeeland en Noord-Brabant is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die in die provincies aanlandt. Aanlanding van windenergie op zee, mogelijk in combinatie met een groot vermogen aan kernenergie, leidt tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Dit is ook gerelateerd aan de hoeveelheid kernenergie in deze provincies. De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie moet in samenhang bekeken worden.

In Rotterdam is naar verwachting tot 10 GW niet-regelbare elektriciteitsproductie (windenergie op zee + kernenergie) mogelijk, zonder dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn, uitgaande van vergaande elektrificatie en het plaatsen van batterijen en elektrolyzers bij de aanlandingslocatie. Bij meer dan 10 GW zijn naar verwachting nieuwe circuits nodig tussen de Maasvlakte, Simonshaven en Crayestein. Bij meer dan 18 GW niet-regelbare elektriciteitsproductie zijn ook nieuwe circuits nodig op de verbindingen Crayestein – Krimpen aan den IJssel, Krimpen aan den IJssel – Bleiswijk en Krimpen aan den IJssel – Geertruidenberg.

In Zeeland ontstaan bij meer dan 9,5 GW aanbod van elektriciteit (kernenergie, windenergie op zee, wind op land) knelpunten op het de afvoerende 380kV-verbinding Borssele/Sloegebied naar Rilland en vanaf Rilland naar Tilburg en Geertruidenberg, maar dan zijn de knelpunten naar verwachting nog oplosbaar met redispatch. Vanaf 10,5 GW aanbod van elektriciteit is naar verwachting een nieuw circuit nodig. Bovenstaande is gebaseerd op de doorrekeningen van de zeven scenario's die gebruikt zijn in deze IEA/het PEH. Bij de hogere elektriciteitsvraag vanuit de CES (zie paragraaf 3.2) is 11 GW aanbod van

elektriciteit in Zeeland mogelijk voordat redispatch nodig is en 12 GW aanbod voordat een nieuw circuit nodig is.

#### Knelpunten rondom Geertruidenberg en Moerdijk

Voor de effecten van aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant op de benodigde transportcapaciteit op de 380kV-infrastructuur rondom Geertruidenberg en Moerdijk is van belang hoeveel van de windstroom direct gebruikt kan worden door de industrie. De directe elektriciteitsvraag van de industrie in de RES-regio West-Brabant ligt in de scenario's tussen de 1,9 en 3,1 TWh. Dit komt overeen met ongeveer 400 MW (uitgaande van vollast vraag, wat gangbaar is bij de energie-intensieve industrie). Dit betekent dat een klein deel van de additionele elektriciteit direct gebruikt kan worden als meer dan 2 GW windenergie op zee aanlandt in Geertruidenberg en Moerdijk. Bij meer aanlanding van windenergie op zee kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers en batterijen te plaatsen. Deze kunnen een deel van de (lokale) overschotten van elektriciteit opvangen, maar bij extra aanlanding van windenergie op zee zal ook meer elektriciteit getransporteerd moeten worden.

Uit de doorrekeningen van de scenario's volgt dat in alle scenario's veel transport nodig is vanaf het westen van Nederland richting Limburg, en vanaf daar naar België en Duitsland. Voor de belasting op de circuits tussen Geertruidenberg en Limburg maakt het niet uit of de windenergie aanlandt in Zuid-Holland of in Geertruidenberg. Dus als extra windenergie op zee aanlandt in Geertruidenberg in plaats van Zuid-Holland dan leidt dat naar verwachting niet tot extra knelpunten bij de 380kV-verbindingen rondom Geertruidenberg (maar geeft wel mogelijk verlichting voor knelpunten tussen Rotterdam en Geertruidenberg). Het is de verwachting dat weinig windenergie vanuit Geertruidenberg richting Zuid-Holland en Zeeland zal lopen, aangezien er al forse hoeveelheden windenergie aanlanden in die provincies op winderige momenten. Dit betekent dat aanlanding in Geertruidenberg naar verwachting weinig impact zal hebben op de 380kV-verbindingen Krimpen aan den IJssel – Geertruidenberg en Geertruidenberg – Rilland.

Als een deel van het vermogen windenergie op zee aanlandt in Geertruidenberg in plaats van Zeeland dan kan dat leiden tot extra belasting op de verbinding tussen Geertruidenberg en Tilburg. Als windenergie op zee aanlandt in Zeeland, dan loopt een deel van het transport van west-Nederland naar Limburg via de verbinding Rilland-Tilburg, terwijl bij aanlanding in Geertruidenberg het overgrote deel van het transport via de verbinding Geertruidenberg-Tilburg. Mogelijk is hierdoor een nieuw circuit nodig tussen Geertruidenberg en Tilburg. Aanlanding in Geertruidenberg in plaats van Zeeland heeft geen effect op het transport vanaf Tilburg via Eindhoven naar Limburg.

Als een groot vermogen aan windenergie op zee aanlandt in Moerdijk, dan kan dit leiden tot een forse hoeveelheid transport van elektriciteit richting Geertruidenberg (bovenop mogelijk transport vanuit Zeeland richting Geertruidenberg). Op dit tracé loopt, na de geplande uitbreidingen, een verbinding met twee circuits. Mogelijk is bij veel aanlanding in Moerdijk een nieuw circuit nodig tussen Moerdijk en Geertruidenberg. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid aanlanding van windenergie op zee in Zeeland, het vermogen aan batterijen en elektrolyzers in Moerdijk en de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag in Nederland. Hier moet in meer detail naar gekeken worden bij de keuze voor Moerdijk als potentieel aanlandingspunt. Voor een indicatie van de effecten vanuit Milieu & Ruimte kan in Bijlage XIa gekeken worden naar de beoordeling van de verbinding Rilland-Tilburg.

### Conclusies

Meer aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant heeft effect op de belasting op het hoogspanningsnet. Met extra aanlanding in Noord-Brabant, in plaats van in Rotterdam of Zeeland, kan de belasting op de hoogspanningsverbindingen vanaf de kust naar Brabant verminderd worden. Hierdoor is op deze stukken mogelijk minder ruimte nodig voor nieuwe hoogspanningsverbindingen.

Bij grote hoeveelheden aanlanding windenergie op zee kunnen ook nieuwe knelpunten ontstaan op de hoogspanningsverbindingen rondom Moerdijk en Geertruidenberg, waardoor mogelijk extra ruimte nodig is voor nieuwe hoogspanningsverbindingen. Hier is meer onderzoek naar nodig.

## 3.2 CES 2.0

Uit de verschillenanalyse volgde dat voor drie regio's een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk is aangezien de prognoses van de CES 2.0 op bepaalde punten fors buiten de bandbreedte van de scenario's van het PEH valt. Dit gaat om de Schelde-Delta Regio, het Noordzeekanaalgebied en Noord-Nederland. Hieronder is per regio de gevoeligheidsanalyse uitgewerkt.

In deze gevoeligheidsanalyse wordt de impact uitgewerkt van de verschillen op de benodigde ruimte voor nationale energie-infrastructuur en de effecten op het gebied van Milieu & Ruimte uit. De verschillen tussen de CES 2.0 en de scenario's van de IEA hebben geen impact op de beoordelingen op het gebied van welvaart en systeemefficiëntie.

### 3.2.1 Schelde-Delta Regio (SDR)

Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit in het cluster SDR. De voor deze IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een fors lagere elektriciteitsvraag. Daarnaast benoemen ze in de CES dat er forse potentie is voor waterstofimport in de SDR. Dit is niet meegenomen in de IEA. Hieronder worden de mogelijke implicaties van deze punten besproken.

#### Grotere elektriciteitsvraag

De CES 2.0 van de regio Schelde-Deltaregio gaat uit van ongeveer 135 PJ elektriciteitsvraag in Zeeland in 2050. Hiervan komt 72 PJ door directe elektriciteitsvraag van de industrie (overige deel van elektrolyzers). Dit komt overeen met 20 TWh. In de scenario's van PEH ligt de elektriciteitsvraag tussen de 3,5 en 5,8 TWh. De elektriciteitsvraag uit de CES 2.0 valt dus hoger uit dan de bovengrens van de PEH-scenario's. Het verschil komt overeen met 1,5 tot 2 GW vermogensvraag (uitgaande van vollast-vraag, wat gangbaar is bij de energie-intensieve industrie).

De hogere elektriciteitsvraag komt voor een groot deel door de plannen voor elektrisch kraken van DOW in Terneuzen. Er zijn extra velden nodig bij het geplande 380kV-station in Terneuzen om deze elektriciteitsvraag aan te sluiten. Hierdoor is uitbreiding van het geplande station of de aanleg van een extra nieuw station nodig, indien op het geplande station onvoldoende ruimte beschikbaar is. Bij de aanleg van een nieuw station is 10 ha aan ruimte nodig. Daarnaast is een hoogspanningskabel nodig vanaf de afnemers richting het geplande of nieuwe station. Vanuit Milieu & Ruimte is voor deze ruimtevrage een kleine kans op effecten. Er is voldoende open ruimte beschikbaar waardoor eventuele belemmeringen vanuit Milieu & Ruimte goed vermeden kunnen worden. Indien dit gepaard gaat met aanlanding van windenergie op zee in Terneuzen gaat het om een groter ruimtebeslag, zie hiervoor Bijlage XIa.

Extra elektriciteitsvraag in de Schelde-Delta Regio heeft ook impact op de hoogspanningsverbindingen.

In het investeringsplan van TenneT staat het plan voor de aanleg van een 380kV-verbinding tussen Borssele/Sloegebied en Terneuzen. Het is de verwachting dat deze verbinding voldoende capaciteit heeft om te kunnen voorzien in het mogelijke extra transport als gevolg van de hogere elektriciteitsvraag van de industrie in Zeeuws-Vlaanderen.

Aanlanding van windenergie op zee in Zeeland, mogelijk in combinatie met een groot vermogen aan kernenergie, kan leiden tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. De hogere elektriciteitsvraag heeft ook invloed op de hoeveelheid niet-regelbare productie die gerealiseerd kan worden in Zeeland (Borssele/Sloegebied en Terneuzen samen), zonder dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. De CES gaat uit van 1,5 GW tot 2 GW extra vraag (vollast). Dit betekent dat 1,5 GW extra aanbod (kernenergie, windenergie op zee, wind op land) mogelijk is in Zeeland zonder uitbreidingen van 380kV-infrastructuur. De extra elektriciteitsvraag komt voornamelijk uit Zeeuws-Vlaanderen. Dit betekent dat meer windenergie op zee kan aanlanden in Terneuzen voordat uitbreidingen nodig zijn voor de geplande 380kV-verbinding tussen Borssele/Sloegebied en Terneuzen.

#### Waterstofimport

In de CES 2.0 voor de Schelde-Deltaregio staat voor 2030-2035 tot 2050 ruim 4 GW aan elektrolyse omschreven voor de productie van 35 PJ aan groene waterstof. Daarmee valt de eigen productie van waterstof in deze regio binnen PEH (tot 5,3 GW elektrolyzers bij Borssele/Sloegebied, en tot 1,9 GW elektrolyzers bij Terneuzen). De productie van groene en blauwe waterstof is volgens de CES 2.0 voldoende om de vraag van de regio te voorzien in 2050.

De CES 2.0 omschrijft voor de regio een belangrijke rol voor import en export van waterstof. Naast eigen productie wordt in de CES 2.0 een import van waterstof van tussen 242 en 726 PJ (2.017 tot 6.015 kton) genoemd. De import van waterstof is dan in de vorm van ammoniak of Liquid Organic Hydrogen Carriers. Bestaande terminals kunnen hiervoor ingezet worden. Beide waterstofdragers kunnen in de haven omgezet worden in waterstof.

De import voor export van waterstof in de Schelde-Deltaregio zoals genoemd in de CES 2.0 valt in het lage scenario binnen de totale import voor export van waterstof zoals aangenomen in PEH, maar voor het hoge scenario geldt dat niet. In PEH is import van 2.300 kton/jaar waterstof in de vorm van ammoniak voor export in 2050 meegenomen, wat wordt omgezet in waterstof bij de locatie van import. Een belangrijk verschil is dat deze import in PEH via Rotterdam is aangenomen, en via de Delta Rhine Corridor wordt doorgevoerd voor export.

Het kan zijn dat de import van de benoemde hoeveelheid waterstof effect heeft op de waterstofinfrastructuur in de Schelde-Delta Regio naar de Delta-corridor toe. Waar, en in welke mate, dat is, vraagt om verder onderzoek.

Het effect op de ruimte is afhankelijk van de vorm waarin de waterstof wordt doorgevoerd. Als waterstof met name geïmporteerd wordt als ammoniak, kan er ook gekozen worden voor doorvoer van ammoniak i.p.v. waterstof, en omzetting op de vraaglocatie in het buitenland. Omzetting in de Schelde-Delta Regio kan een ruimtelijke impact in de Schelde-Delta Regio hebben.

### Conclusie

De elektriciteitsvraag in het cluster Schelde-Delta Regio wordt mogelijk onderschat in de scenario's van de IEA. Bij een hogere elektriciteitsvraag is mogelijk meer ruimte nodig in het gebied voor een extra 380kV-station. De effecten voor Milieu & Ruimte zijn niet duidelijk omdat de ontwikkelingen zowel kunnen leiden tot meer als minder ruimtebeslag. De verwachting is echter dat dit alsnog binnen de bandbreedtes van het minimum en maximum ruimtebeslag zoals beoordeeld in Bijlage XIa valt. Door een hogere elektriciteitsvraag kan extra windenergie op zee aanlanden in Zeeland zonder dat uitbreidingen van 380kV-verbindingen nodig zijn.

De import van waterstof in het cluster worden mogelijk ook onderschat in de scenario's van de IEA. Mogelijk is hierdoor binnen het cluster extra ruimte nodig voor waterstofimport. Of daarnaast extra ruimte is voor energie-infrastructuur door import van waterstof in Zeeland is afhankelijk van de precieze invulling.

### 3.2.2 Noordzeekanaalgebied

Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van import en vraag naar waterstof en vraag naar elektriciteit in het NZKG. De voor deze IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een lagere elektriciteitsvraag en waterstofvraag en geen waterstofimport. Hieronder bespreken de mogelijke implicaties hiervan.

#### Grotere elektriciteitsvraag

De CES van de regio Noordzeekanaalgebied gaat uit van 11 tot 24 TWh elektriciteitsvraag in het Noordzeekanaalgebied in 2050. Hiervan komt 72 PJ door directe elektriciteitsvraag van de industrie (overige deel van elektrolyzers). In de scenario's van PEH ligt de elektriciteitsvraag tussen de 2,8 en 4,6 TWh. De elektriciteitsvraag uit de CES 2.0 valt dus hoger uit dan de bovengrens van de PEH-scenario's. Het verschil komt overeen met 1 tot 2,5 GW vermogensvraag (uitgaande van vollast vraag, wat gangbaar is bij de energie-intensieve industrie).

Er zijn extra velden nodig bij de bestaande en geplande 380kV-stations in het Noordzeekanaalgebied om deze elektriciteitsvraag aan te sluiten. Hierdoor is uitbreiding van de geplande stations of de aanleg van een nieuw station nodig, indien op het geplande station onvoldoende ruimte beschikbaar is. Bij de aanleg van een nieuw station is 10 ha aan ruimte nodig. Daarnaast is een kabel nodig vanaf de afnemers richting het geplande of nieuwe station. De effecten van deze ruimtevraag op het Noordzeekanaalgebied vanuit Milieu & Ruimte zijn niet eenduidig omdat het om een groot gebied gaat. Rondom Beverwijk, IJmuiden en Velsen is er zeer weinig ruimte beschikbaar en is de haalbaarheid van een nieuw station onzeker en is er een grote kans op effecten op woonkernen, externe veiligheid en cultuurhistorie. Rondom de Hemweg lijkt er ruimte beschikbaar te zijn voor een nieuw station met als aandachtspunt externe veiligheid.

De plaatsing van een nieuw station is mede afhankelijk van waar de vraagontwikkeling zal plaatsvinden.

Er wordt in de scenario's voor 2050 die gebruikt worden voor deze IEA/het PEH is voor een grote hoeveelheid aan aanbod van energie voorzien in Beverwijk, vooral vanuit aanlanding van windparken op zee, maar ook vanuit regelbare centrales. Het is de verwachting dat het grootste deel van de extra elektriciteitsvraag lokaal ingevuld wordt. Een deel van de additionele elektriciteitsvraag zal aangevoerd moeten worden met het hoogspanningsnet, maar het is de verwachting dat geen uitbreidingen van 380kV-verbindingen nodig zijn om deze extra elektriciteit aan te voeren.

De extra elektriciteitsvraag van de CES heeft wel impact op het afvoeren van elektriciteit vanaf Beverwijk. Aanlanding van windenergie op zee in Beverwijk kan leiden tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. De hogere elektriciteitsvraag heeft ook invloed op de hoeveelheid niet-regelbare productie die gerealiseerd kan worden in Beverwijk, zonder dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. De CES 2.0 gaat uit van 1 GW tot 2,5 GW extra vraag (vollast). Dit betekent dat vermoedelijk 1 tot 2,5 GW extra windenergie op zee aan kan landen in Beverwijk zonder uitbreidingen van 380kV- infrastructuur, al is dit afhankelijk van de locatie van de extra elektriciteitsvraag.

#### Grotere waterstofvraag en waterstofimport

De IEA verschilt van de CES 2.0 omdat in de CES 2.0 de aangepaste toekomstplannen voor staalproductie zijn opgenomen. In de IEA is uitgegaan van de toekomstscenario's van I13050, waarin staalproductie in 2050 op basis van de huidige hoogoven(s) in combinatie met CSS; HIsarna en Electric Arc Furnaces is aangenomen. Voor deze processen worden kolen, cokes, aardgas en elektriciteit gebruikt. De hoogovens worden ingezet voor de productie van nieuw staal, de elektrische ovens worden voor recycling gebruikt. In de huidige hoogovens worden kolen en cokes gebruikt. CO<sub>2</sub> komt vrij in de verschillende processen bij staalproductie: bij de productie van cokes; bij de voorbereiding van het ijzererts; bij de reductie in de hoogoven, en vervolgens bij de productie van staal in de oxystaalfabriek.

De CO<sub>2</sub> wordt (deels) met CSS afgevangen volgens de toekomstscenario's van I13050. Een cyclone converter furnace in het HIsarna-proces vervangt de energie-intensieve productie van cokes en de voorbereiding van ijzererts waardoor emissies verder afnemen. In deze processen worden dezelfde grondstoffen en energiedragers gebruikt als nu, waardoor er geen impact op de infrastructuur is afgezien voor CO<sub>2</sub>-afvang.

In de CES wordt het gebruik van waterstof in de staalproductie genoemd in 2050, ter vervanging van kolen. De cokesfabriek is dan niet nodig en de hoogovens worden vervangen met een fabriek op basis van Direct Reduced Iron (DRI)-technologie. Omdat kolen worden vervangen met in eerste instantie aardgas, en later waterstof, ontstaat een grotere vraag naar waterstof in 2050, met mogelijke implicaties op de infrastructuur.

Volgens de CES 2.0 is de verwachte energievraag door de introductie van de DRI-technologie 4-15 TWh aardgas in 2030 en 8 TWh aardgas vanaf 2035 (huidige vraag is 3 TWh). Voor waterstof wordt de vraag in 2030 100-150 kton en in 2035 en verder 400 kton. Ook is er een toename aan vraag naar elektriciteit, die valt onder de totale toename in elektriciteit toegelicht in bovenstaande paragraaf. Het kan zijn dat de huidige aansluitleidingen tussen Tata Steel en het hoofdtransportnet niet voldoende capaciteit heeft. Mogelijk is er ook een impact op doorvoerleidingen, als de capaciteit niet voldoende blijkt. Of dit het geval is, en of er dan ruimtelijke consequenties zijn moet nader onderzocht worden.

Invulling van de toename in waterstofvraag wordt in de CES 2.0 deels voorgesteld door aansluiting op het landelijk waterstofnetwerk, en deels met import. De CES 2.0 voor het Noordzeekanaalgebied stelt MIEK een importterminal voor waterstof voor in dit gebied. De volumecapaciteit van de waterstofterminal is naar verwachting 200 kton. De ruimte in het Westelijk Havengebied wordt nu gebruikt voor kolen, olie en aardgas. Deze ruimte kan in de toekomst mogelijk ingezet worden voor de waterstofterminal.

In de CES 2.0 wordt in het Noordzeekanaalgebied zo'n 1 tot 2,5 GW elektrolyse voorgesteld voor waterstofproductie. De aanlanding van 2 GW Windenergie op zee bij Beverwijk wordt als locatie genoemd voor elektrolyse. Dit is binnen de bandbreedte die gehanteerd is in de scenario's van PEH (tussen de 0 en 5 GW bij Beverwijk).

### Conclusie

De elektriciteitsvraag in het cluster Noordzeekanaalgebied wordt mogelijk onderschat in de scenario's van de IEA. Bij een hogere elektriciteitsvraag is mogelijk meer ruimte nodig in het gebied voor een extra 380kV-station. Rondom de Hemweg is deze ruimte naar verwachting beschikbaar, in de omgeving Velsen levert dit grote ruimtelijke knelpunten op vanuit Milieu & Ruimte door het ontbreken van beschikbare ruimte. Door een hogere elektriciteitsvraag kan extra windenergie op zee aanlanden in het NZKG zonder dat uitbreidingen van 380kV-verbindingen nodig zijn.

De vraag naar en import van waterstof in het cluster worden mogelijk ook onderschat in de scenario's van de IEA. Mogelijk is bovenop de uitkomsten van de IEA hierdoor extra ruimte nodig voor een importterminal voor waterstof. Hier kan mogelijk vrijkomende ruimte in het gebied door uitfasering van kolen, olie en aardgas gebruikt worden. Daarnaast is mogelijk extra ruimte nodig voor een uitbreiding van aansluitleidingen richting de doorvoerleidingen.

### 3.2.3 Noord-Nederland

Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit in het cluster Noord-Nederland. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een lagere elektriciteitsvraag, met name van datacenters. Hieronder worden de mogelijke implicaties van deze punten besproken.

#### Grotere elektriciteitsvraag

Noord-Nederland gaat in de CES 2.0 uit van een elektriciteitsvraag van 24 TWh in 2050 (exclusief datacenters en elektrolyzers, uitgaande van vollastvraag). In de scenario's van het PEH ligt de elektriciteitsvraag tussen de 11 en 16 TWh. De elektriciteitsvraag uit de CES valt dus hoger uit dan de bovengrens van de voor deze IEA/PEH gebruikte scenario's. Noord-Nederland gaat in de CES daarnaast uit van 2.500 MW aan datacenters in de Eemshaven. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van maximaal 300 MW aan datacenters in Groningen. De prognoses van de CES liggen dus een stuk hoger. In totaal gaat het om 3 tot 3,5 GW extra vraag in Noord-Nederland in de prognoses van de CES ten opzichte van de scenario's van de IEA/PEH.

De extra elektriciteitsvraag zal vooral in de Eemshaven landen. Er zijn extra velden nodig bij de bestaande en geplande 380kV-stations in de Eemshaven om deze elektriciteitsvraag aan te sluiten. Hierdoor is uitbreiding van de geplande stations of de aanleg van een nieuw station nodig, indien op het geplande station onvoldoende ruimte beschikbaar is. Bij de aanleg van een nieuw station is 10 ha aan ruimte nodig. Daarnaast is een kabel nodig vanaf de afnemers richting het geplande of nieuwe station. Vanwege ontwikkelingen in de energie-infrastructuur is het de verwachting dat in de Eemshaven meer ruimtebeslag nodig is dan het bovenstaande station. Dit varieert van een ruimtebeslag tussen 25 en 290 hectare, grotendeels afhankelijk van invulling van aanlanding windenergie op zee. Bij het minimum is een extra station met weinig effecten op Milieu & Ruimte te realiseren. Richting het maximum ruimtebeslag is de ruimtelijke inpassing vanwege beschikbare ruimte onzeker. Zie ook de beoordeling van de Eemshaven in Bijlage XIa.

Er wordt in de scenario's voor 2050 die gebruikt worden voor deze IEA/het PEH is voor de Eemshaven een grote hoeveelheid aan aanbod van elektriciteit voorzien, vanuit aanlanding van windparken op zee, hernieuwbare opwek op land en regelbare centrales. Het is de verwachting dat het grootste deel van de extra elektriciteitsvraag lokaal ingevuld wordt en dat geen uitbreidingen van 380kV-verbindingen nodig zijn om extra elektriciteit aan te voeren.

De extra elektriciteitsvraag van de CES heeft wel impact op het afvoeren van elektriciteit vanaf de Eemshaven. Aanlanding van windenergie op zee in Noord-Nederland kan leiden tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. De hogere elektriciteitsvraag heeft ook invloed op de hoeveelheid niet-regelbare productie die gerealiseerd kan worden in Noord-Nederland, zonder dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. De CES gaat uit van 3 GW tot 3,5 GW extra vraag (vollast). Dit betekent dat je extra windenergie op zee kwijt kan in Noord-Nederland zonder uitbreidingen van 380kV-verbindingen. Uit de doorrekening van de netbeheerders volgt dat met de aannames van de in deze IEA/PEH gebruikte scenario's al zeker 10 GW windenergie op zee elektrisch aan kan landen zonder uitbreidingen van de 380kV-verbindingen. Met de extra elektriciteitsvraag van de CES kan dus naar verwachting 13 GW elektrisch aanlanden bij de Eemshaven, zonder uitbreidingen van 380kV-verbindingen.

#### Conclusie

De elektriciteitsvraag in het cluster Noord-Nederland wordt mogelijk onderschat in de scenario's van de IEA. Bij een hogere elektriciteitsvraag is mogelijk meer ruimte nodig bij de Eemshaven voor een extra 380kV-station. Afhankelijk van andere ontwikkelingen (windenergie op zee) kan dit een knelpunt worden onder beschikbare ruimte voor Milieu & Ruimte.

Door een hogere elektriciteitsvraag bij de Eemshaven kan extra windenergie op zee aanlanden op deze locatie zonder dat uitbreidingen van 380kV-verbindingen nodig zijn.

### 3.3 MIEK-projecten

Bijna alle bestaande MIEK-projecten zijn meegenomen in de analyses. Een deel wordt meegenomen als verwachte ontwikkeling richting 2030 en een deel komt terug uit de analyses voor 2050. Met uitzondering van 380kV-station Moerdijk. Dit wordt niet meegenomen in de verwachte ontwikkelingen en komt ook niet naar voren uit de analyses voor 2050. Het 380kV-station Moerdijk is ondertussen ook meegenomen in het nieuwe investeringsplan van TenneT, het IP2022<sup>8</sup>. De effecten van het 380kV-station in Moerdijk staat eerder omschreven bij de analyse van het maximale ruimtebeslag in Moerdijk in paragraaf 3.1.1.

#### Conclusie

Het 380kV-station bij Moerdijk heeft ruimtelijke effecten die niet goed meegenomen worden in de analyses van de IEA. Dit wordt meegenomen in de analyses naar het maximale ruimtebeslag in Moerdijk in paragraaf 3.1.1.

### 3.4 Vollasturen wind op land en windenergie op zee

Het is de verwachting dat het aantal vollasturen voor windturbines op land en windturbines op zee toeneemt als windturbines vervangen of nieuwe geplaatst worden. Dit komt doordat nieuwe windturbines groter en hoger en meer afgestemd op het windregime zijn. Bij het opstellen van de scenario's van I13050, die gebruikt worden voor het PEH, is uitgegaan van 3.000 vollasturen voor wind op land en 4.500 vollasturen voor windenergie op zee. Voor de doorrekening van de netbeheerders is uitgegaan van een extreem weerjaar met weinig productie van hernieuwbare bronnen (weerjaar 1987). Hier is gerekend met 3.735 vollasturen voor windenergie op zee en 2.270 vollasturen voor wind op land.

<sup>8</sup> De verwachte ontwikkelingen voor 2030 zijn gebaseerd op het vorige IP, het IP2020. Daarom valt het station niet onder de verwachte ontwikkelingen richting 2030.



Volgens de Nederlandse Vereniging Duurzame Energie (NVDE) en de Nederlandse Windenergie Associatie (NWEA) ligt het gemiddeld aantal vollasturen voor windenergie op zee op 4.900 uur en voor wind op land op 3.865 uur in 2050<sup>9</sup>. Dit zou betekenen dat het aantal vollasturen onderschat is in de scenario's die gebruikt zijn voor deze IEA/het PEH.

In deze gevoeligheidsanalyse wordt de impact uitgewerkt van de verschillen op de benodigde ruimte voor nationale energie-infrastructuur en de effecten op het gebied van Milieu & Ruimte uit. Een hoger aantal vollasturen van windturbines op land en windturbines op zee heeft daarnaast ook impact op de effectbeoordeling Welvaartsanalyse voor structuurkeuze 7: Kernenergie (zie Bijlage XII *Welvaartsanalyse*). Hieronder worden de mogelijke effecten besproken.

### 3.4.1 Impact op inschatting benodigde ruimte voor energie-infrastructuur

Als windturbines op land en windturbines op zee meer vollasturen hebben, dan betekent dit dat er minder vermogen nodig is voor een bepaalde hoeveelheid elektriciteitsproductie of dat er meer elektriciteit wordt geproduceerd met het geplande vermogen.

Dit zou ertoe kunnen leiden dat minder vermogen aan windturbines gerealiseerd wordt omdat mogelijk minder vermogen nodig is om te voldoen aan de elektriciteitsvraag, maar of dit het geval is hangt af van hoe het scenario ingestoken is. In de scenario's die gebruikt worden voor deze IEA/het PEH is voor het bepalen van de vermogens voor wind op land en windenergie op zee niet direct gekeken hoeveel vermogen nodig is voor het invullen van de elektriciteitsvraag, maar is bijvoorbeeld het maximale potentieel aangenomen (bij scenario Regionale Sturing maximale potentie zonnepanelen op dak, bij Nationale maximale potentie windenergie op zee). Daarom kan niet direct geconcludeerd worden wat het effect van meer vollasturen van windturbines op de invulling van de scenario's is.

Meer vollasturen van windturbines kunnen twee mogelijke gevolgen hebben:

- evenveel productie van elektriciteit bij meer vollasturen, dus minder windturbines;
- evenveel windturbines bij meer vollasturen, dus meer productie van elektriciteit.

Hieronder worden de mogelijke effecten bij beide opties besproken.

#### Evenveel productie van elektriciteit, dus minder windturbines

Als minder vermogen aan windturbines op land geplaatst wordt, vermindert de belasting op de hoogspanningsnetten, en dan met name op de 150kV- en 110kV-netten. In principe kan dit ertoe leiden dat minder uitbreidingen aan de 150kV- en 110kV-netten nodig zijn, maar in het algemeen volgen er relatief weinig knelpunten op deze spanningsniveaus uit de doorrekeningen op basis van de scenario's. Dit komt onder meer door de pocketstructuur, waardoor overschotten van elektriciteit snel afgevoerd kunnen worden richting het 220kV- of 380kV-net. Daarnaast worden er grote vermogens aan batterijen aangenomen, die ingezet worden om de pieken van de opwek van wind en zonnepanelen af te vlakken. Op het 220kV- en 380kV-net veroorzaakt hernieuwbare opwek op land geen knelpunten. Daarom heeft minder vermogen aan windturbines weinig invloed op de benodigde ruimte voor nieuwe energie-infrastructuur die volgt uit de analyses.

<sup>9</sup> Zie [rekentool NWEA](#).

**Effecten modellering batterijen**

In de doorrekeningen zijn forse hoeveelheden batterijen (tot ruim 50 GW) meegenomen. Deze batterijen vangen een groot deel van de piekproductie van met name zonnepanelen (en in mindere mate windturbines op land) op. Dit is een belangrijke oorzaak voor het feit dat er amper knelpunten op het 110kV- en 150kV-uit de doorrekening komen. Het is nog erg onzeker of batterijen er in deze grote hoeveelheden komen en ook of deze daadwerkelijk op deze manier ingezet worden. Dit betekent dat het aantal knelpunten op deze spanningsniveaus mogelijk onderschat worden.

Het is niet de verwachting dat minder windturbines op zee geplaatst worden als het aantal vollasturen hoger blijkt uit te vallen, aangezien de ambitie uitgesproken is om 70 GW windenergie op zee te realiseren in 2050. Mogelijk is het wel zo dat minder vermogen van windparken op zee elektrisch aanlandt en dus meer in de vorm van waterstof. Dit zou ertoe leiden dat minder ruimte nodig is op aanlandingspunten voor convertorstations en aansluitingen bij 380kV-stations en mogelijk ook minder uitbreidingen van 380kV-verbindingen. Al zal dit effect beperkt zijn aangezien de onderschatting van het aantal vollasturen minder dan 10% is.

Een lager vermogen aan windturbines op land en windturbines op zee met meer vollasturen heeft een beperkte invloed op de hoeveelheid opslag van elektriciteit, elektrolyse en productie van regelbare centrales.

Evenveel windturbines bij, dus hogere productie van elektriciteit

Bij evenveel windturbines (op land en op zee) en meer productie van elektriciteit neemt de piekbelasting op de hoogspanningsnetten niet toe. Wel kan het zo zijn dat er gedurende langere periodes overschotten zijn, waardoor het financieel gunstiger wordt om nieuwe hoogspanningsverbindingen aan te leggen in plaats van het toepassen van redispatch. Het kan zo zijn dat daardoor mogelijk extra uitbreidingen aan hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Het is de verwachting dat dit niet of nauwelijks zal gebeuren bij 150kV- of 110kV-netten door extra productie van windturbines op land, aangezien op die netvlakken überhaupt weinig knelpunten plaatsvinden. Mogelijk kan het hogere aantal vollasturen van windenergie op zee er wel toe leiden dat er meer uitbreidingen aan 380kV-verbindingen nodig zijn doordat er meer uren sprake is van overbelasting (de piekbelasting neemt niet toe door meer vollasturen), maar dit is erg afhankelijk van de specifieke situatie en de impact hiervan is vermoedelijk beperkt.

Doordat de windturbines meer elektriciteit produceren is minder inzet van regelbare centrales nodig. Dit zal er echter niet toe leiden dat er minder vermogen en daarmee minder ruimte voor regelbare centrales nodig is, aangezien het vermogen aan regelbare centrales gedimensioneerd zijn om te voorzien in de elektriciteitsvraag op de momenten met geen of weinig productie van wind en zon.

**Conclusie**

De effecten van een hoger aantal vollasturen van windturbines op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur is afhankelijk van de specifieke uitwerking. Mogelijk wordt de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur iets overschat doordat in de analyses van deze IEA uitgegaan wordt van een laag aantal vollasturen.

**3.4.2 Impact op effectbeoordeling**

Het hogere aantal vollasturen heeft impact op de Welvaartsanalyse op structuurkeuze 7: toepassing kernenergie, aangezien daar een optie met kernenergie (optie 1) vergeleken wordt met een optie zonder kerncentrales en met windturbines op land en extra productie van waterstofcentrales (optie 2). Door het

hogere aantal vollasturen van windturbines op land is minder inzet van waterstofcentrales nodig, waardoor de totale kosten voor het scenario met windturbines op land en extra productie van waterstofcentrales lager uitvalt.

Tabel 3-3 geeft een overzicht van de effecten van het hogere aantal vollasturen windenergie op de productie van verschillende bronnen, zowel bij het scenario met kernenergie als het scenario met windturbines op land en extra productie van waterstofcentrales.

Tabel 3-3 - Productie verschillende bronnen bij verschillende scenario's

Techniek	Optie 1: Geen kernenergie		Optie 2: Kernenergie		Eenheid
	Referentie	Meer vollasturen	Referentie	Meer vollasturen	
Windenergie op zee	112.0	147.0	112.0	147.0	TWh
Zon op dak	48.4	48.4	48.4	48.4	TWh
Zon op veld	0.0	0.0	0.0	0.0	TWh
Wind op land	23	39	0	0	TWh
Kernenergie	0	0	72	72	TWh
Waterstofcentrales	87	65	53	41	TWh

Meer vollasturen betekent meer productie met hetzelfde aantal windturbines en dus minder inzet van waterstofcentrales. Dit is in het voordeel van optie 1 (geen kernenergie). Om te kijken wat de invloed hiervan is op de uitkomsten van de Welvaartsanalyse, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met deze hogere aantallen vollasturen. Tabel 3-4 geeft een overzicht van de uitkomsten van de Welvaartsanalyse van de referentie, met het oorspronkelijke aantal vollasturen voor windturbines (3.735 vollasturen voor windenergie op zee en 2.270 vollasturen voor wind op land).

Tabel 3-4 - Uitkomsten Welvaartsanalyse structuurkeuze 7: Overzicht kosten en baten in miljarden euro's, referentiesituatie met oorspronkelijke aantal vollasturen

		Optie 1: Geen kernenergie			Optie 2: Kernenergie		
		A	B	C	A	B	C
<b>Financieel</b>	Energieproductie (+ import)	-600	-660	-730	-700	-670	-630
	Energieopslag	-80	-80	-80	-67	-67	-67
	Elektriciteitsinfra	-5	-5	-5	-6	-6	-6
		<b>-686</b>	<b>-746</b>	<b>-816</b>	<b>-773</b>	<b>-743</b>	<b>-703</b>
<b>Maatschappelijk</b>	Energieproductie (+ import)	-6	-6	-6			
	Recreatie	-	-	-			
	Nucleaire veiligheid <sup>10</sup>				--	--	--
	Energieopslag	Geen effect					
	Tijdelijke berging nucleair afval				Meegenomen in kosten energieproductie		
	Eindberging nucleair afval				--	--	--
	Elektriciteitsinfra				-0,03	-0,03	-0,03
		-6	-6	-6	-0,03	-0,03	-0,03
	<b>Saldo</b>	<b>-692</b>	<b>-752</b>	<b>-822</b>	<b>-773</b>	<b>-743</b>	<b>-703</b>
	Natuur en biodiversiteit	-	-	-			
Leveringszekerheid	Differentieert niet						
Voorzieningszekerheid	Differentieert niet						

<sup>10</sup> Externe kosten zijn niet kwantitatief te bepalen. Een literatuurstudie naar de woningwaardedalingen rondom kerncentrales levert geen eenduidige conclusie op. De gevoeligheidsanalyse in deze paragraaf is bedoeld om een beeld te schetsen van de impact van nucleaire veiligheid op de uitkomst van deze Welvaartsanalyse.

**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Tabel 3-5 toont de samengevatte uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse. De kosten voor energieproductie vallen in optie 1 (geen kernenergie) aanzienlijk lager uit (14 tot 15% lager dan de referentie, zichtbaar in Tabel 3-5). Ook voor optie 2 (kernenergie) vallen de kosten lager uit (9 tot 11% lager dan de referentie, zie Tabel 3-4). De financiële kosten voor energieproductie vallen in scenario A en B nu duidelijk lager uit voor optie 1 dan voor optie 2. Aangezien de kosten voor energieproductie het voornaamste deel van de kosten in de Welvaartsanalyse omvatten, valt de Welvaartsanalyse in scenario A en B voordeliger uit voor optie 1. In alle scenario's (A, B en C) zijn de verschillen tussen optie 1 en optie 2 groter geworden. Vooral in scenario B is het effect duidelijk zichtbaar omdat de uitkomsten in de referentie relatief dichtbij elkaar lagen.

Tabel 3-5 - Uitkomsten Welvaartsanalyse structuurkeuze 7: Overzicht kosten en baten in miljarden euro's, referentie, gevoeligheidsanalyse vollasturen windturbines

		Optie 1: Geen kernenergie			Optie 2: Kernenergie		
		A	B	C	A	B	C
<b>Financieel</b>	Energieproductie (+ import)	-510	-560	-630	-640	-610	-560
	Energieopslag	-80	-80	-80	-67	-67	-67
	Elektriciteitsinfra	-5	-5	-5	-6	-6	-6
		-595	-650	-760	-713	-683	-633
<b>Maatschappelijk</b>		-6	-6	-6	-0,03	-0,03	-0,03
	<b>Saldo</b>	<b>-601</b>	<b>-656</b>	<b>-766</b>	<b>-713</b>	<b>-683</b>	<b>-633</b>

Het effect van het aantal vollasturen van windturbines op de overige effectbeoordelingen is beperkt.

#### Conclusie

In de referentie Welvaartsanalyse wordt uitgegaan van een laag aantal vollasturen voor windturbines, omdat in de modellering gerekend wordt met een extreem weerjaar. Bij een hoger aantal vollasturen voor windturbines vat de Welvaartsanalyse voor de optie zonder kernenergie gunstiger uit ten opzichte van de optie met kernenergie, in vergelijking met de referentiesituatie met minder vollasturen.

### 3.5 Mogelijke reserveringen Gasunie

Gasunie geeft aan dat bij de aanleg van parallelle waterstofleidingen zoals benoemd in Tabel 2-7 en Tabel 2-8 er tot 5 meter extra ruimte aan één kant van de leiding nodig is, waar de parallelle leiding niet in een buisleidingenstrook ligt. Dit geldt voor de meeste leidingen in de tabellen, met uitzondering van (een groot deel van) de strook voor de aansluiting van de gascentrales in Rotterdam/Maasvlakte en in Maasbracht. De werkelijke benodigde ruimte is afhankelijk van de afstand van de nieuwe leiding t.o.v. de bestaande leiding, en de afstand van het uiteindelijk gekozen traject. De genoemde trajecten in paragraaf 2.10 zijn beoordeeld voor Milieu & Ruimte in paragraaf 3.5.1.

Waar nieuwe aansluitleidingen of aftakkingen van het hoofdnet in nieuwe tracés nodig zijn, is waarschijnlijk 5 meter extra ruimte aan beide kanten van de leiding nodig. Dit is bijvoorbeeld naar locaties van elektrolyzers, en waterstofopslagen in nieuw aan te leggen zoutcavernes.

De uiteindelijke benodigde leidingen zijn afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden in het energiesysteem. Gasunie geeft aan dat het wenselijk is om ruimtelijke reserveringen te maken om de mogelijkheid te hebben parallelle leidingen te leggen buiten de SVB-stroken, en om nieuwe leidingen aan te leggen. Daarnaast zijn er ruimtelijke reserveringen nodig voor compressorstations op twee locaties, zijnde Tjechum en Hoeksche Waard.

### 3.5.1 Beoordeling Milieu & Ruimte

De mogelijke reserveringen voor nieuwe verbindingen van Gasunie genoemd in paragraaf 2.10 zijn beoordeeld voor Milieu & Ruimte. Er is hier een tweedeling in de verbindingen toegepast. Voor nieuwe verbindingen die langer dan 10 kilometer hemelsbreed zijn en niet via een bestaande buisleidingenstrook aangesloten worden is een uitgebreide beoordeling uitgevoerd. Bij kortere verbindingen is er sprake van een regionale ruimtebehoefte, hiervoor is een korte scan met eventuele aandachtspunten opgenomen. Bij verbindingen die via de buisleidingenstrook aangesloten kunnen worden geldt dat er wordt aangenomen in lijn met de IEA dat er voldoende ruimte is binnen de gereserveerde buisleidingenstroken en dat dit geen nieuwe ruimtelijke effecten betekent. Omdat het niet duidelijk is of er nieuwe compressorstations nodig zijn op specifieke locaties wordt dit niet meegenomen in de beoordeling. Dit kan betekenen dat enkele lokale effecten niet in beeld zijn gebracht. In Tabel 3-6 is per verbinding aangegeven of, en zo niet waarom, deze nader wordt beoordeeld voor Milieu & Ruimte. Zie Bijlage X voor een uitleg van de beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte.

Tabel 3-6 - Overzicht welke mogelijke aansluitleidingen worden beoordeeld voor Milieu & Ruimte

Van	Naar	Beoordeling M&R
<b>Aansluitleidingen</b>		
Eemshaven	Aansluiting op waterstofnetwerk	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
Sloegebied	Vlissingen (aansluiting op RIB Zeeland)	Scan, korte afstand verbinding
Middenmeer	Compressorstation Wieringermeer of station Oudelandertocht	Scan, korte afstand verbinding
Den Helder	Balgzand, Julianadorp/ Callantsoog of Anna Paulowna	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
Simonshaven/ Botlek	M&R Vondelingenplaat of een industrie-GOS in de Botlek	Scan, korte afstand verbinding
Maasbracht	GOS Clauscentrale	Scan, korte afstand verbinding
Terneuzen	Aansluiting Dow Terneuzen	Scan, korte afstand verbinding
IJmond	Aansluiting op terrein Tata Steel of compressorstation Beverwijk	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
Chemelot	M&R Sanderbout	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
Diemen	GOS Diemen-centrale	Scan, korte afstand verbinding
Bergum	Aansluiting op waterstofnetwerk	Scan, korte afstand verbinding
Maasbracht	Aansluiting op waterstofnetwerk	Scan, korte afstand verbinding
Eemshaven	Aansluiting op waterstofnetwerk	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
Rotterdam/ Maasvlakte	Aansluiting op waterstofnetwerk	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
Sloegebied	Aansluiting op waterstofnetwerk	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
Diemen	Aansluiting op waterstofnetwerk	Uitgebreide beoordeling
Lelystad	Aansluiting op waterstofnetwerk bij Ommen	Uitgebreide beoordeling
<b>Aansluitleidingen aardgasopslagen</b>		
UGS Grijskerk	Tripscompagnie	Scan, buisleidingenstrook aanwezig
UGS Norg	Tripscompagnie	Uitgebreide beoordeling
PGI Alkmaar	SVB-strook nabij Alkmaar	Scan, korte afstand verbinding
UGS Bergermeer	SVB-strook nabij Alkmaar	Scan, korte afstand verbinding
Oud-Beijerland- Zuid	Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam (mogelijk Gasunie mengstation Pernis)	Scan, korte afstand verbinding

#### Scan aandachtspunten

Voor de scan volgt hieronder een korte omschrijving van het zoekgebied (Tabel 3-7) en beoordeling met ruimtelijke en milieutechnische aandachtspunten (Tabel 3-8). De locatie van de mogelijk nieuwe verbindingen is niet precies bekend. Om een beoordeling te doen is aangenomen dat indien mogelijk de buis-

leidingenstrook wordt gevolgd. Waar dat niet kan is (zoveel mogelijk) parallelligging met een bestaande gasleiding van Gasunie aangenomen.

Tabel 3-7 - Omschrijving zoekgebied voor Milieu & Ruimte

Van	Naar	Omschrijving zoekgebied
<b>Aansluitelingen</b>		
Eemshaven	Aansluiting op waterstofnetwerk	De aansluitleiding loopt door Noord-Groningen in open agrarisch gebied. Er liggen verspreid enkele woonkernen. De leiding loopt deels door aardkundig waardevol gebied.
Sloegebied	Vlissingen (aansluiting op RIB Zeeland)	De aansluitleiding loopt vanaf het haven- en industriegebied door agrarisch gebied naar Vlissingen. Er worden geen woonkernen gekruist.
Middenmeer	Compressorstation Wieringermeer of station Oudelandertocht	De aansluitleiding loopt door agrarisch gebied in de kop van Noord-Holland. Nabijgelegen zijn de rijkswegen A7 en N242. Er is glastuinbouw aanwezig aan de oostzijde van de aansluitleiding.
Den Helder	Balgzand, Julianadorp/ Callantsoog of Anna Paulowna	De aansluitleiding loopt door grotendeels agrarisch gebied in de kop van Noord-Holland. Nabijgelegen zijn Den Helder Airport en bedrijfsterreinen. Er liggen verspreid enkele woonkernen. Rondom de route zijn recreatiegebieden aanwezig.
Simonshaven/ Botlek	M&R Vondelingenplaat of een industrie-GOS in de Botlek	De aansluitleiding loopt door het havengebied van Rotterdam, door bedrijfsterreinen. De rijksweg A15 loopt aan de zuidelijke kant van de leidingenstrook.
Maasbracht	GOS Clauscentrale	De aansluitleiding loopt grotendeels door agrarisch gebied en bedrijfsterrein in Limburg. Nabijgelegen zijn de woonkernen Maasbracht en Brachterbeek. De rijksweg A2 loopt aan de westzijde langs de aansluitleiding. De GOS Clauscentrale grenst aan de Maas.
Terneuzen	Aansluiting Dow Terneuzen	De aansluitleiding loopt door agrarisch gebied naar bedrijfsterrein Dow Terneuzen. Deze ligt ten zuiden van de Westerschelde in Zeeland. Er liggen twee woonkernen in de nabijheid, Hoek en Terneuzen. De aansluitleiding kruist de N62 en loopt parallel aan een spoorweg.
IJmond	Aansluiting op terrein Tata Steel of compressorstation Beverwijk	De aansluitleiding loopt door verschillende woonkernen van Noord-Holland. De leiding loopt door NNN-gebieden, archeologische monumenten en gebieden aangewezen als UNESCO-werelderfgoed Stelling van Amsterdam.
Chemelot	M&R Sanderbout	Vanaf het industrieterrein Chemelot loopt de aansluitleiding door woonkern naar Sanderbout in Limburg. De leiding kruist de A2. De leiding loopt door het nationale landschap Zuid-Limburg.
Diemen	GOS Diemen-centrale	De aansluitleiding loopt door agrarisch gebied, onder de A1 en A9 naar de GOS centrale in Diemen. De woonkernen Diemen, Amsterdam en IJburg liggen in het zoekgebied, maar worden niet gekruist.
Bergum	Aansluiting op waterstofnetwerk	De aansluitleiding loopt door agrarisch gebied langs het Bergumermeer. De woonkern Bergum ligt aan de westzijde, maar wordt niet gekruist. De aansluitleiding loopt door nationaal landschap Noardlike Fryske Wâlden.

Van	Naar	Omschrijving zoekgebied
Maasbracht	Aansluiting op waterstofnetwerk	De aansluitleiding loopt door grotendeels agrarisch gebied naar de aansluiting van het waterstofnetwerk in Limburg en kruist rijksweg A73. Er zijn enkele woonkernen aanwezig in het gebied.
Rotterdam /Maasvlakte	Aansluiting op waterstofnetwerk	Vanaf de Maasvlakte gaat de leiding door een leidingstrook van de haven van Rotterdam door zwaar industrieel gebied richting het landelijke waterstofnetwerk.
Sloegebied	Aansluiting op waterstofnetwerk	Vanaf havengebied Sloegebied in Zeeland, loopt de aansluitleiding door agrarisch gebied naar de aansluiting van het waterstofnetwerk. Er bevinden zich enkele woonkernen op de route. Het schiereiland wordt omringd door Natura 2000-gebied Westerschelde & Saefinghe aan de zuidkant en de Oosterschelde aan de noordkant.
<b>Aansluitleidingen aardgasopslagen</b>		
UGS Grijskerk	Tripscompagnie	De aansluitleiding loopt door agrarisch gebied in Groningen. In het gebied ligt de stad Groningen en enkele kleinere woonkernen. Het nationaal landschap Middag-Humsterland ligt in het gebied, met bijbehorende aardkundige waarden.
PGI Alkmaar	SVB-strook nabij Alkmaar	De aansluitleiding loopt van een bedrijfsterrein door agrarisch gebied naar de sluiting op de SVB-strook nabij Alkmaar in Noord-Holland. De woonkern Alkmaar ligt ten noorden van de leiding.
UGS Bergermeer	SVB-strook nabij Alkmaar	De aansluitleiding loopt van een bedrijfsterrein door agrarisch gebied naar de sluiting op de SVB-strook nabij Alkmaar in Noord-Holland. De woonkern Alkmaar ligt ten noorden van de leiding.
Oud-Beijerland-Zuid	Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam (mogelijk Gasunie mengstation Pernis)	De aansluitleiding loopt door agrarisch gebied naar de aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam. De woonkern Oud-Beijerland ligt ten noorden van de leiding. De leiding loopt door het nationale landschap Hoeksche Waard. De twee watergangen die gekruist worden zijn aangeduid als aardkundige waarden.

Tabel 3-8 - Beoordeling Milieu &amp; Ruimte

Locatie	Beoordeling	Aanduiding
<b>Aansluitleidingen</b>		
<b>Eemshaven – Aansluiting op waterstofnetwerk</b>		
Occupatie	Open agrarisch gebied, kruist geen woonkernen. Kruist een risico-installatie.	2
Netwerk	Loopt vrijwel geheel parallel met bestaande energie-infrastructuur en hoogspannings- en buisleidingen. Raakt geen NNN-gebieden.	1
Ondergrond	Enkele bekende archeologische waarden en aardkundige waarden aanwezig, maar loopt al een buisleidingenstrook.	1
<b>Sloegebied – Vlissingen (aansluiting op RIB Zeeland)</b>		
Occupatie	Deels bedrijventerrein, deels agrarisch gebied. Kruist woonkern van Vlissingen. Kruist volkstuinten.	2
Netwerk	Bovengrondse hoogspanningsleiding aanwezig.	2
Ondergrond	Archeologische monumenten aanwezig op route. Deels zettingsgevoelige bodem (0,1–1 m). In nabijheid van Natura 2000-gebied Westerschelde & Saefinghe.	2
<b>Middenmeer - Compressorstation Wieringermeer of station Oudelandertocht</b>		
Occupatie	Open agrarisch gebied. Voor route naar compressorstation Wieringermeer is glastuinbouw aanwezig op de route. Externe veiligheid is aandachtspunt indien station uitgebreid moet worden.	2

Locatie	Beoordeling	Aanduiding
Netwerk	Aanwezigheid van rijksweg A7 bij route naar compressorstation Wieringermeer. Aanwezigheid van ondergrondse hoogspanningskabel en vaarweg bij route naar station Oudelandertocht.	1
Ondergrond	Aanwezigheid van aardkundige waarden. Licht zettingsgevoelige bodem (0,1-0,3 m).	2
<b>Den Helder - Balgzand, Julianadorp/ Callantsoog of Anna Paulowna</b>		
Occupatie	Via buisleidingenstrook kruist de verbinding bedrijfsterreinen, woonkern Julianadorp en recreatief gebied. Buisleidingenstrook is al aanwezig.	1
Netwerk	Via buisleidingenstrook kruist de leiding een spoorweg.	1
Ondergrond	Licht zettingsgevoelig (0,1-0,5 m).	1
<b>Simonshaven/Botlek - M&amp;R Vondelingenplaat of een industrie-GOS in de Botlek</b>		
Occupatie	Bedrijfsterreinen. Aanwezigheid van risicovolle inrichtingen. Indien Simonshaven dan sprake van agrarisch gebied.	2
Netwerk	Kruist vaarwegen en NNN-gebied. Loopt parallel aan grote hoeveelheid buisleidingen. A15 ligt aan de zuidzijde.	2
Ondergrond	Kruist geen aardkundige en archeologische waarden. Zettingsgevoelig (0,1-1,0 m).	1
<b>Maasbracht - GOS Clauscentrale</b>		
Occupatie	Leiding loopt tussen twee woonkernen, door agrarisch gebied.	1
Netwerk	Er loopt een risicovolle buisleidingenstrook parallel aan de route van de aansluitleiding. De rijksweg A2 ligt in de buurt. Tevens in de buurt ligt een NNN-gebied, maar deze wordt niet gekruist.	1
Ondergrond	Kruist geen aardkundige en archeologische waarden.	1
<b>Terneuzen - Aansluiting Dow Terneuzen</b>		
Occupatie	Door agrarisch gebied naar bedrijfsterrein. Raakt geen woonkernen of risicovolle inrichtingen.	1
Netwerk	De al aanwezige buisleidingenstrook kruist de N62 en loopt parallel aan een spoorweg. Aanwezigheid van bovengrondse hoogspanningskabels. Risicovolle buisleidingen lopen ook parallel aan buisleidingenstrook.	1
Ondergrond	Geen aardkundige of archeologische waarden aanwezig. Westerschelde & Saeftinghe is een Natura 2000-gebied, maar wordt niet gekruist.	1
<b>IJmond - Aansluiting op terrein Tata Steel of compressorstation Beverwijk</b>		
Occupatie	Via al aanwezige buisleidingenstrook kruist het verschillende woonkernen en bedrijfsterreinen. Kruist risico-installatie.	1
Netwerk	Buisleidingenstrook loopt deels door NNN-gebied. Kruist spoorwegen. Kruist een vaarweg. Buisleidingenstrook kruist aantal ondergrondse hoogspanningskabels.	1
Ondergrond	De buisleidingenstrook loopt door de Stelling van Amsterdam, dat is opgenomen op de UNESCO werelderfgoedlijst. Kruist archeologisch monument.	1
<b>Chemelot - M&amp;R Sanderbout</b>		
Occupatie	Loopt deels door agrarisch gebied en door woonkern van Geleen.	1
Netwerk	De buisleiding kruist een spoorweg.	1
Ondergrond	De leiding loopt door nationaal landschap Zuid-Limburg. Door ondergrondse aanleg kleine kans op effecten.	1
<b>Diemen - GOS Diemen-centrale</b>		
Occupatie	Agrarisch gebied. Woonkernen en risicovolle inrichtingen worden niet gekruist.	1
Netwerk	Leiding kruist de A1 en A9. Loopt deels door NNN-gebied.	2
Ondergrond	Geen aardkundige waarden en archeologische monumenten aanwezig. Natura 2000-gebied in nabijheid aanwezig. De Nieuwe Hollandse Waterlinie (UNESCO-werelderfgoed) is in nabijheid aanwezig.	1
<b>Bergum - Aansluiting op waterstofnetwerk</b>		
Occupatie	Agrarisch gebied. Woonkernen op afstand.	1
Netwerk	Er wordt NNN-gebied gekruist nabij Bergumermeer.	2
Ondergrond	Leiding van Bergum naar aansluiting op waterstofnetwerk loopt door nationaal landschap Noardlike Fryske Wâlden en kruist aardkundige waarden.	2



Locatie	Beoordeling	Aanduiding
<b>Maasbracht - Aansluiting op waterstofnetwerk</b>		
Occupatie	Loopt door agrarisch gebied. Woonkernen worden niet gekruist.	1
Netwerk	De leiding ligt parallel aan de bestaande gasleiding. Deze kruist een spoorweg en NNN-gebied. Deel van leiding loopt parallel aan andere buisleidingen.	1
Ondergrond	Aardkundige waarden worden gekruist.	2
<b>Rotterdam/Maasvlakte - Aansluiting op waterstofnetwerk</b>		
Occupatie	Industrieel gebied waar al veel buisleidingen zijn gereserveerd. Buisleidingenstrook al aanwezig. Aandachtspunt is externe veiligheid door aanwezige buisleidingen en industrie.	2
Netwerk	Buisleidingenstrook kruist veel infrastructuur en aanwezige buisleidingen, beperkt beschikbare ruimte	2
Ondergrond	Geen aandachtspunten	1
<b>Sloegebied - Aansluiting op waterstofnetwerk</b>		
Occupatie	Agrarisch gebied, er worden geen woonkernen gekruist. Leiding loopt door glastuinbouw.	1
Netwerk	Buisleiding kruist en loopt parallel aan spoorweg. Kruist 2 vaarwegen. Loopt op delen door NNN-gebied.	2
Ondergrond	Geen aardkundige waarden aanwezig.	1
<b>Aansluitleidingen aardgasopslagen</b>		
<b>UGS Grijskerk - Tripscompagnie</b>		
Occupatie	Agrarisch gebied. Er worden geen woonkernen en risicovolle inrichtingen geraakt.	1
Netwerk	Buisleidingenstrook kruist een deel van NNN-gebied. Bovengrondse hoogspanningskabels worden gekruist, maar dit geeft geen kans op effecten. Enkele risicovolle buisleidingen worden gekruist.	1
Ondergrond	Buisleidingenstrook kruist nationaal landschap Middag-Humsterland en aardkundige waarden. Licht zettingsgevoelig (0,1-0,3 m).	2
<b>PGI Alkmaar - SVB-strook nabij Alkmaar</b>		
Occupatie	Deels bedrijfsterrein, deels agrarisch gebied. Woonkern Alkmaar wordt niet gekruist. Geen risicovolle inrichting.	1
Netwerk	Er wordt een vaarweg gekruist.	1
Ondergrond	Geen aardkundige waarden aanwezig.	1
<b>UGS Bergermeer - SVB-strook nabij Alkmaar</b>		
Occupatie	Deels bedrijfsterrein, deels agrarisch gebied. Woonkern Alkmaar wordt niet gekruist. Geen risicovolle inrichting.	1
Netwerk	Er wordt een vaarweg gekruist.	1
Ondergrond	Geen aardkundige waarden aanwezig.	1
<b>Oud-Beijerland-Zuid - Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam (mogelijk Gasunie mengstation Pernis)</b>		
Occupatie	Agrarisch gebied.	1
Netwerk	Leiding kruist twee watergangen die onderdeel zijn van NNN-gebied. De leiding loopt parallel aan andere buisleidingen.	1
Ondergrond	Leiding loopt door nationaal landschap Hoeksche Waard. De twee watergangen hebben aardkundige waarden.	1

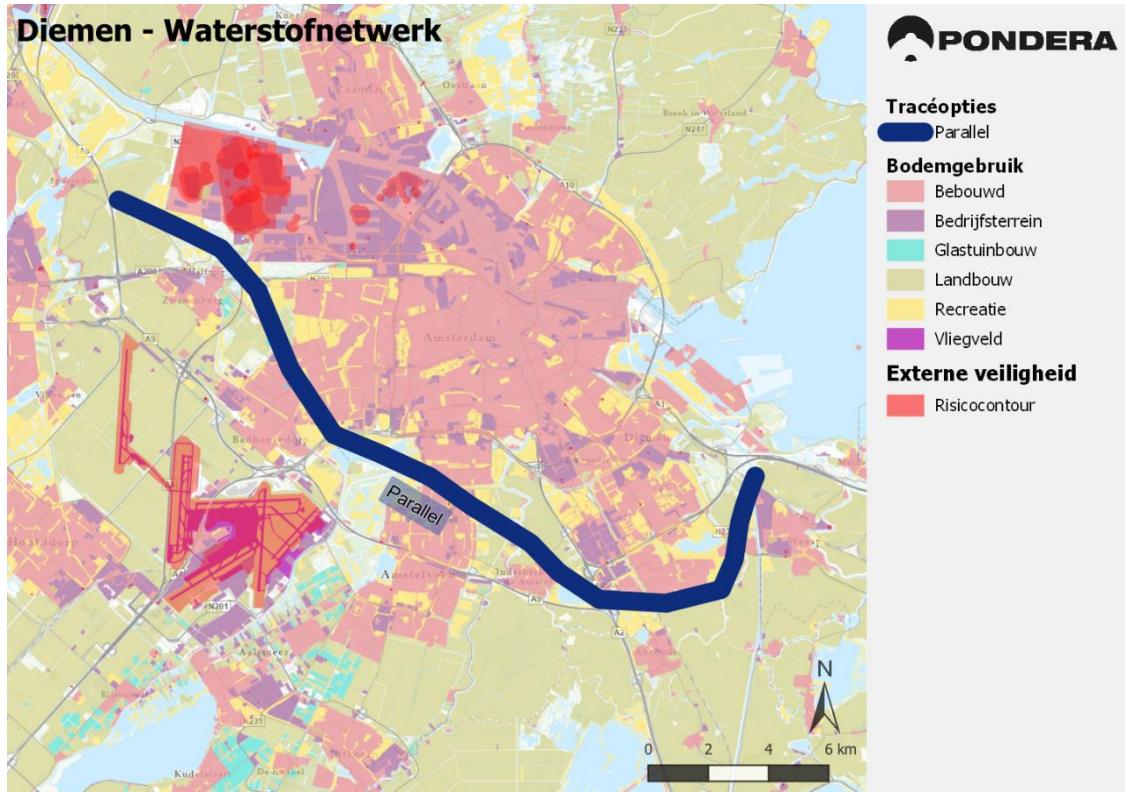
### Uitgebreide beoordeling

Voor de mogelijk nieuwe verbindingen Diemen-waterstofnetwerk, Lelystad-waterstofnetwerk en UGS Norg-Tripscompagnie volgt hieronder uitgebreide milieubeoordeling. De locatie van de mogelijk nieuwe verbindingen is niet precies bekend. Om een beoordeling te doen is aangenomen dat indien mogelijk de buisleidingenstrook wordt gevolgd. Waar dat niet kan is (zoveel mogelijk) paralleligging met een bestaande gasleiding van Gasunie aangenomen. Zie Bijlage X voor de methodiek van de beoordeling vanuit Milieu & Ruimte. Kaartbeelden van de nieuwe verbindingen en de occupatielaag zijn hieronder weergegeven. Kaarten van de locaties en netwerk- en ondergrondlaag zijn opgenomen in bijlage B bij dit document.

*Diemen-Waterstofnetwerk*

De mogelijke verbinding van Diemen richting het waterstofnetwerk gaat vanaf Diemen in westelijke richting naar de buisleidingstrook waar het waterstofnetwerk op dit moment is voorzien aan de westzijde van de haven van Amsterdam. Dit betekent dat de verbinding rondom Amsterdam getraceerd moet worden. Hierbij volgt de tracéoptie bestaande buisleidingen van Gasunie die grotendeels in stedelijk gebied of aan de rand daarvan liggen. In Figuur 3-2 is de tracéoptie weergegeven.

Figuur 3-2 - Tracéoptie Diemen-Waterstofnetwerk



De tracéoptie gaat vanaf de oostkant van Diemen in zuidelijke richting langs de Gaasperplas en gaat om Amsterdam Zuidoost heen, ten noorden van Ouderkerk aan de Amstel en Amstelveen. Het nieuwe Meer wordt gekruist en na de kruising van rijksweg A4 kruist het tracé de woonkern rondom Badhoevedorp. In noordelijke richting gaat de tracéoptie richting de haven van Amsterdam om vervolgens westelijk af te buigen richting een aansluiting met het waterstofnetwerk.

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt voor een groot deel in of nabij stedelijk gebied van Amsterdam, dit betekent een grote kans op effecten. Een deel ligt ook in agrarisch grasland, hier is een kleine kans op effecten omdat dit parallel aan een bestaande verbinding ligt. Er liggen verschillende kleine PR<sup>10<sup>-6</sup></sup> risicocontouren in de omgeving, naar verwachting levert dit geen grote externe veiligheidsrisico's op. Dit betekent een kleine kans op effecten. Aan de randen van de woonkernen liggen veelal recreatieve gebieden. Het gaat onder andere om parken, plassen, golfbanen en volkstuinten. De tracéoptie kruist veel van dergelijke gebieden. De hinder zal enkel tijdelijk zijn tijdens de aanleg, dit betekent een middelgrote kans op effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten groot vanwege kruising van stedelijk gebied.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met bestaande buisleiding van Gasunie. Daarnaast worden er verschillende hoogspanningsverbindingen, zowel bovengronds als ondergronds, rijkswegen en spoorwegen gekruist. Ook zijn er andere buisleidingen die worden gekruist. Deze infrastructuur wordt niet beperkt, maar is wel een aandachtspunt bij realisatie. De tracéoptie heeft een lengte van circa 35 km, vanwege de parallellegging met een bestaande buisleiding is het ruimtebeslag circa 20 ha. Dit is een kleine kans op effecten voor ruimtebeslag. Circa 15% ligt in Natuurnetwerk Nederland, door de parallelle ligging is de kans op (extra) effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag geldt een middelgrote kans op effecten vanwege ligging in Natuurnetwerk Nederland (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig (tot 1 meter) over een groot deel van het tracé, dit is een grote kans op effecten vanwege ondergrondse aanleg. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied of Natura 2000-gebied aanwezig. Er worden enkele bekende archeologische en aardkundige waarden gekruist tussen Amsterdam en Amstelveen. Er is overwegend een lage trefkans op archeologische waarden. De combinatie archeologische en aardkundige waarden betekent een middelgrote kans op effecten. Ook ligt de tracéoptie langs UNESCO Stelling van Amsterdam en Nationaal Landschap Groene Hart. Door de ondergrondse ligging is de kans op effecten middelgroot. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten groot vanwege zettingsgevoeligheid (donkerblauwe aanduiding).

In Tabel 3-9 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het stedelijk gebied en zettingsgevoelige bodem zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, zijn deze aandachtspunten mede bepalend voor de haalbaarheid.

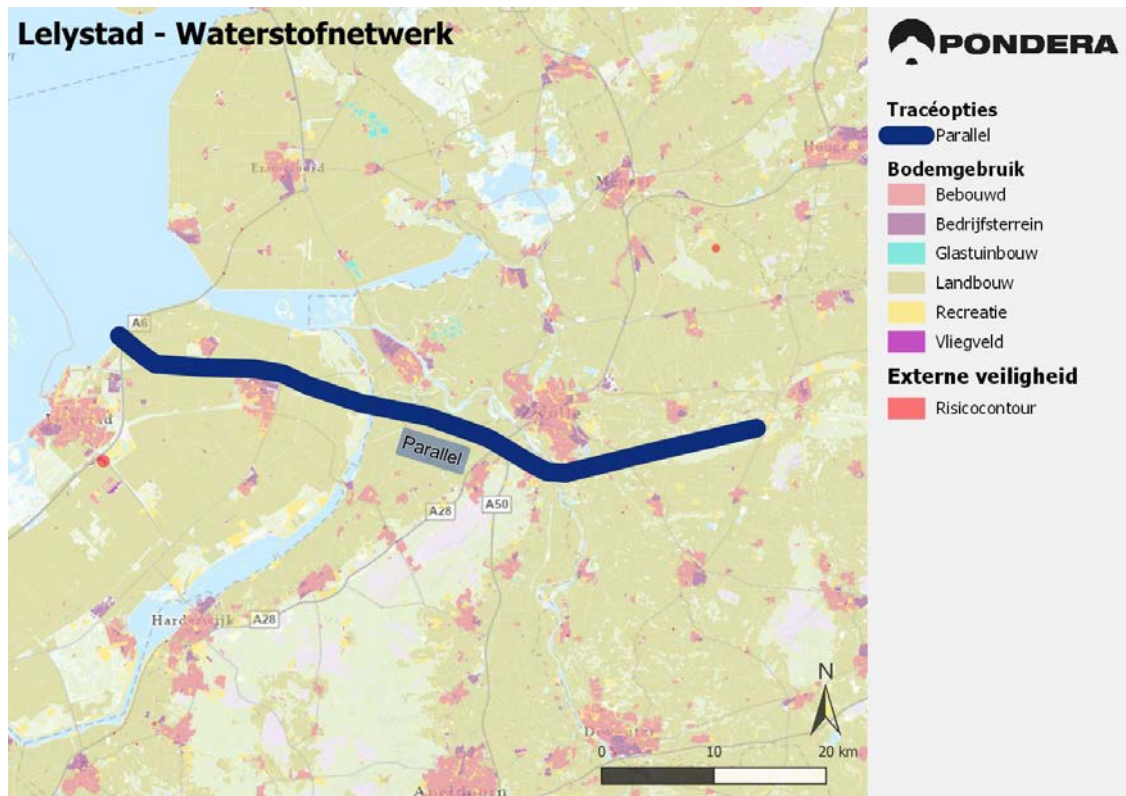
Tabel 3-9 - Beoordeling lagen verbinding Diemen – waterstofnetwerk

Laag	Aanduiding
Occupatie	3
Netwerk	2
Ondergrond	3

*Lelystad – Waterstofnetwerk*

De mogelijke verbinding van Lelystad richting het waterstofnetwerk gaat vanaf de Barro-locatie Lelystad in oostelijke richting naar de buisleidingstrook nabij Ommen waar het waterstofnetwerk op dit moment is voorzien. De tracéoptie ligt parallel aan bestaande buisleidingen van Gasunie. Deze kruist voornamelijk agrarisch gebied in de Flevopolder en rondom Zwolle. In Figuur 3-3 is de tracéoptie weergegeven.

Figuur 3-3 - Tracéoptie Lelystad – Waterstofnetwerk



De tracéoptie gaat vanaf de Barro-locatie Lelystad oostwaarts door agrarisch akker- en grasland parallel aan provinciale weginfrastructuur tussen Swifterbant en Dronten. Ten zuiden van de Reevesluis kruist de tracéoptie het Drontermeer en vervolgt de route in zuidoostelijke richting naar Hattem. Hier ligt de tracéoptie tussen de woonkern Hattem en de IJssel. Aan de zuidkant van Zwolle wordt de IJssel gekruist en vervolgt het tracé in noordoostelijke richting. Na het aan de rand kruisen van enkele NNN-gebieden arriveert de tracéoptie bij de buisleidingstrook nabij Ommen.

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie kruist geen woonkernen. Daarentegen ligt bijna de volledige lengte in agrarisch akker- en grasland. Hier is een kleine kans op effecten omdat dit parallel aan een bestaande verbinding ligt en verziltingsgevoeligheid niet aan de orde is. Er liggen enkele kleine PR10<sup>-6</sup> risicocontouren in de omgeving, naar verwachting levert dit geen externe veiligheidsrisico's op. Dit betekent een kleine kans op effecten. De tracéoptie ligt nabij twee campings richting Ommen. Vanwege tijdelijke hinder en de ondergrondse aanleg is dit een kleine kans op effecten op recreatie. Voor de totale occupatielaag geldt een kleine kans op effecten (lichtblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met bestaande buisleiding van Gasunie. Ook is er parallellegging over een groot gedeelte met spoorwegen, deze worden ook enkele keren gekruist. Daarnaast worden er primaire waterkeringen, hoogspanningsverbindingen en rijkswegen gekruist. Deze infrastructuur wordt niet beperkt in functie, maar is wel een aandachtspunt bij realisatie. De tracéoptie heeft een lengte van circa 70 km, vanwege de parallellegging met een bestaande buisleiding is het ruimtebeslag circa 35 ha. Dit is een kleine kans op effecten voor ruimtebeslag. Circa 5% ligt in Natuurnetwerk Nederland, door de parallelle ligging is de kans op (extra) effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag geldt een middelgrote kans op effecten vanwege ligging in Natuurnetwerk Nederland (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is op enkele plekken zettingsgevoelig (tot 1 meter), dit is een kleine kans op effecten vanwege de beperkte lengte in zettingsgevoelig gebied. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. De tracéoptie kruist Natura 2000-gebied De Veluwerandmeren en Rijntakken nabij Hattem. Vanwege parallellegging gaat het hier om een middelgrote kans op effecten. Er worden enkele bekende archeologische waarden gekruist, voor aardkundige waarden zijn er enkele kruisingen met groter aaneengesloten gebieden voornamelijk in Flevoland. Met betrekking tot landschap kruist dit tracé Nationaal Landschap Veluwe over een vrij korte afstand, dit betekent een kleine kans op effecten. Voor archeologische verwachtingen zijn er overwegend kleine tot middelgrote trefkansen. Dit is een middelgrote kans op effecten. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten middelgroot vanwege kruisen Natura 2000-gebieden en het kruisen van archeologische en aardkundige waarden (middelblauwe aanduiding).

In Tabel 3-10 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het stedelijk gebied en zettingsgevoelige bodem zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, zijn deze aandachtspunten mede bepalend voor de haalbaarheid.

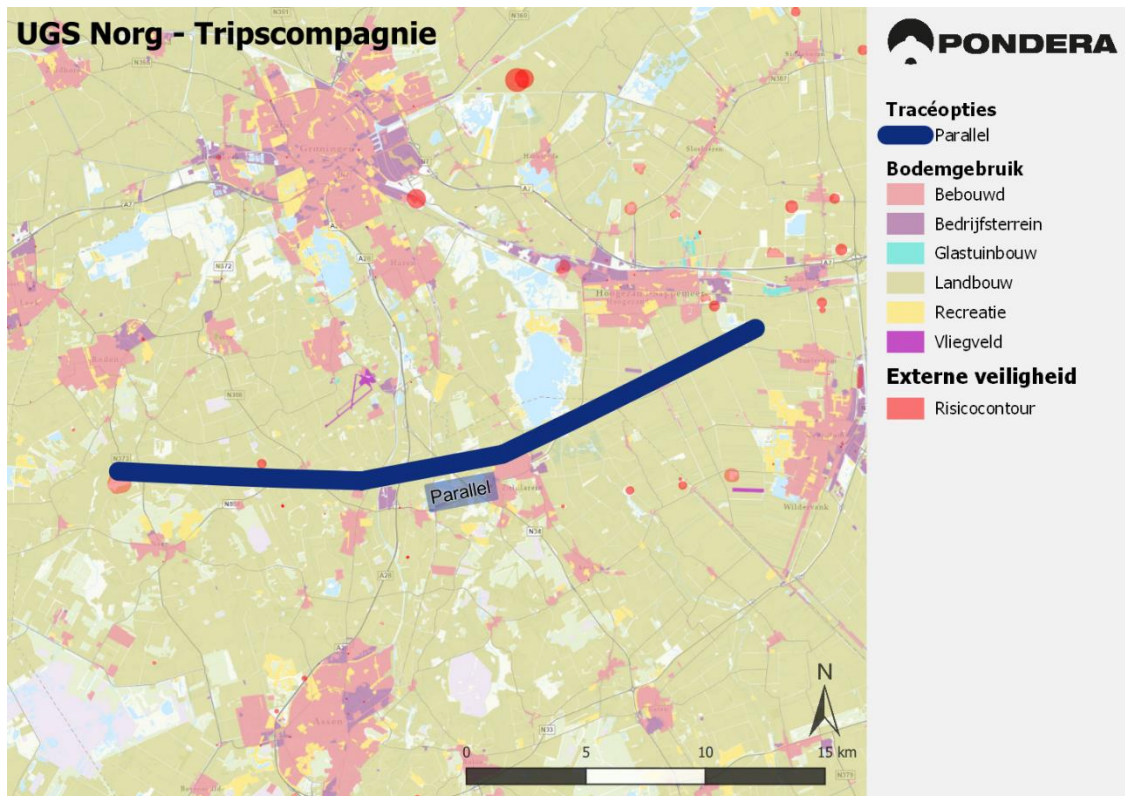
Tabel 3-10 - Beoordeling lagen verbinding Lelystad – waterstofnetwerk

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	2
Ondergrond	2

*UGS Norg – Tripscompagnie*

De mogelijke verbinding van UGS Norg richting Tripscompagnie gaat vanaf de gasopslag in oostelijke richting parallel aan een bestaande buisleiding van Gasunie. Deze kruist voornamelijk agrarisch gebied. In Figuur 3.4 is de tracéoptie weergegeven.

Figuur 3.4 - Tracéoptie UGS Norg – Tripscompagnie



De tracéoptie gaat vanaf de UGS Norg oostwaarts door agrarisch akker- en grasland en kruist enkele provinciale wegen en rijksweg A28. De woonkern van Zuidlaren ligt ten zuiden van de tracéoptie, het Zuidlaardermeer ligt ten noorden hiervan. Vanaf daar gaat het tracé in noordoostelijke richting naar Tripscompagnie door agrarisch gebied.

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt nabij de woonkern van Zuidlaren, maar kruist deze niet. Daarentegen ligt bijna de volledige lengte in agrarisch akker- en grasland. Hier is een kleine kans op effecten omdat dit parallel aan een bestaande verbinding ligt en verziltingsgevoeligheid niet aan de orde is. Er liggen enkele kleine PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren in de omgeving, naar verwachting levert dit geen externe veiligheidsrisico's op. Dit betekent een kleine kans op effecten. De tracéoptie ligt nabij een campings bij Zuidlaren. De ruimte is hier beperkt vanwege de nabije ligging van de kern van Zuidlaren. Mogelijke effecten hierdoor zijn niet uitgesloten, dit betekent een middelgrote kans op effecten voor recreatie. Voor de totale occupatielaag geldt een middelgrote kans op effecten vanwege recreatie (middelblauwe aanduiding).

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met bestaande buisleiding van Gasunie. Daarnaast worden er hoogspanningsverbindingen, spoorwegen en rijkswegen gekruist. Deze infrastructuur wordt niet beperkt in functie, maar is wel een aandachtspunt bij realisatie. De tracéoptie heeft een lengte van circa 30 km, vanwege de parallellegging met een bestaande buisleiding is het ruimtebeslag circa 15 ha. Dit is een kleine kans op effecten voor ruimtebeslag. Circa 10% ligt in Natuurnetwerk Nederland, door de parallelle legging is de kans op (extra) effecten middelgroot. Voor de totale netwerklaag geldt een middelgrote kans op effecten vanwege ligging in Natuurnetwerk Nederland (middelblauwe aanduiding).

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is nabij het Zuidlaardermeer zettingsgevoelig (tot 1 meter), dit is een kleine kans op effecten vanwege de beperkte lengte in zettingsgevoelig gebied. Eveneens bij het Zuidlaardermeer is een grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Dit betekent een middelgrote kans op effecten. De tracéoptie kruist Natura 2000-gebied Drentsche Aa-gebied. Vanwege parallellegging gaat het hier om een middelgrote kans op effecten. Er liggen enkele bekende archeologische waarden nabij de tracéoptie, ook worden verschillende aardkundige waarden gekruist en stads- en dorpsgezicht Kiel-Windeweer. De verwachtingswaarde voor archeologie is middelhoog tot hoog. Dit is een middelgrote kans op effecten vanwege parallellegging met een bestaande buisleiding. Ook wordt Nationaal Landschap Drentsche AA gekruist. Dit is een kleine kans op effecten vanwege parallellegging en ondergrondse ligging. Voor de totale ondergrondlaag is de kans op effecten middelgroot vanwege kruisen Natura 2000-gebieden en het kruisen van archeologische en aardkundige waarden (middelblauwe aanduiding).

In Tabel 3-11 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Natuur en archeologische en cultuurhistorische waarden zijn belangrijke aandachtspunten. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, zijn deze aandachtspunten mede bepalend voor de haalbaarheid.

Tabel 3-11 - Beoordeling lagen verbinding UGS Norg – Tripscompagnie

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	2
Ondergrond	2

### Conclusie

Mogelijk zijn er nieuwe waterstofleidingen nodig, met name parallel aan bestaande buisleidingen. Of de leidingen nodig zijn is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. De beoordeling van Milieu & Ruimte van de mogelijke nieuwe waterstofleidingen varieert. Over het algemeen kan worden geconcludeerd dat de kans op effecten groter is bij verbindingen die stedelijk gebied doorkruisen, hier zijn effecten op de occupatielaag of ondergrondlaag te verwachten. Daarnaast is de kans op effecten groter in gebieden met een zettingsgevoelige bodem, hier is met name de ondergrondlaag van belang.

## A. Uitgebreide uitwerking verschillenanalyse CES 2.0

### A.1. Rotterdam-Moerdijk

#### Energievraag

In de CES 2.0 zijn de cijfers van de energievraag nog niet opgenomen. In de CES 1.0 waren er slechts prognoses tot 2030. Dus er zijn nog geen cijfers voor 2050 beschikbaar.

#### Energieaanbod

In de CES 2.0 zijn de cijfers van het energieaanbod nog niet opgenomen. In de CES 1.0 waren er slechts prognoses tot 2030. Dus er zijn nog geen cijfers voor 2050 beschikbaar.

#### Benodigde energie-infrastructuur

In de CES 2.0 worden meerdere sleutelprojecten benoemd op het gebied van infrastructuur:

- Waterstof Netwerk Rotterdam. Dit valt onder regionale infrastructuur en is niet expliciet meegenomen in de IEA-analyses. Wel zijn de aanvoerleidingen naar het landelijke waterstofnetwerk meegenomen, mogelijk overlapt dit gedeeltelijk met het Waterstof Netwerk Rotterdam.
- Ontwikkeling van importterminals voor waterstof. Dit is meegenomen bij de structuurkeuze import grondstoffen voor wederexport.
- Delta Rhine Corridor. Dit is meegenomen bij de structuurkeuze import grondstoffen voor wederexport.
- Uitbreidingen hoogspanningsnet. Wordt benoemd dat dit conform investeringsplannen netbeheerders is. Deze is meegenomen als robuuste ontwikkeling richting 2030.
- Aanlanding voldoende windenergie op zee. De projecten voor aanlanding windenergie op zee die benoemd worden in de CES, zijn allemaal meegenomen in één of meerdere voor de IEA gebruikte scenario's.
- De komst van hoofdinfrastructuur voor transport CO<sub>2</sub> (Porthos en Aramis) met een beoogde transportcapaciteit tot 22 Mton per jaar. Dit valt binnen de range van de gebruikte scenario's voor de IEA/het PEH.
- Transportleidingen voor warmte vanuit industrie (Warmteling en warmteleiding Moerdijk-Geertruidenberg). Deze bovenregionale warmteverbindingen zijn meegenomen in de IEA bij de structuurkeuze over warmte.
- Infrastructuur voor het project H-vision. Het gaat dan om lokale leidingen voor restgassen en waterstof en verbindingen naar Porthos en het waterstofnetwerk. Dit valt onder regionale infrastructuur en is niet expliciet meegenomen in de IEA-analyses. De aanvoerleidingen naar het landelijke waterstofnetwerk zijn wel meegenomen, mogelijk overlapt dit gedeeltelijk met de aanvoerleidingen voor H-vision.
- Walstroominstallaties voor zeeschepen. Dit valt onder regionale infrastructuur en is niet expliciet meegenomen in de IEA-analyses.
- Duurzame vervoerscorridor op basis van waterstof. Dit gaat niet om energie-infrastructuur en is dus niet meegenomen.

#### Conclusie

- **Er zijn geen cijfers over ontwikkeling vraag en aanbod van energie tot 2050 vanuit de CES. Dus er kan niet gecontroleerd worden of de aannames overeenkomen met de scenario's die worden gehanteerd voor de IEA/PEH. De genoemde infrastructuurprojecten in de CES komen allemaal terug in de IEA-analyses. Er is daarom geen reden voor een gevoeligheidsanalyse.**



## A.2. Schelde-Deltaregio (SDR)

### Energievraag<sup>11</sup>

- In de CES gaat de regio Schelde-Deltaregio uit van ongeveer 135 PJ elektriciteitsvraag in Zeeland in 2050. Hiervan komt 72 PJ door directe elektriciteitsvraag van de industrie (overige deel van elektrolyzers). Dit komt overeen met 20 TWh. In de scenario's van PEH ligt de elektriciteitsvraag tussen de 3,5 en 5,8 TWh. De elektriciteitsvraag uit de CES valt dus hoger uit dan de bovengrens van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- In de CES gaat de regio uit van ongeveer 90 PJ waterstofvraag, wat overeenkomt met ongeveer 25 TWh. In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de waterstofvraag tussen de 6,8 TWh en 32,2 TWh. De verwachte waterstofvraag uit de CES valt dus binnen de bandbreedte van de PEH-scenario's.

### Energieaanbod

- De SDR gaat uit van 4,2 GW aan elektrolyzers in 2050. In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's van PEH is uitgegaan van maximaal 5 GW elektrolyse in Zeeland. De plannen van de CES vallen dus binnen de bandbreedte van de scenario's.
- In de CES wordt benoemd dat er tot ruim 700 PJ aan waterstof geïmporteerd kan worden in Zeeland richting 2050.
- In de CES wordt benoemd dat er een forse hoeveelheid restwarmte aanwezig is die gebruikt kan worden voor het verwarmen van de gebouwde omgeving in Zeeuws-Vlaanderen en Midden-Zeeland.

### Benodigde energie-infrastructuur

- In de CES wordt benoemd dat de plannen voor een nieuw 380kV-station bij Borsele en uitbreiding van het 380kV-net naar Zeeuws-Vlaanderen noodzakelijk zijn. Deze plannen zitten al in het investeringsplan van TenneT en is dus meegenomen als robuuste ontwikkeling richting 2030.
- In de CES wordt benoemd dat een aansluiting op de nationale waterstofinfrastructuur noodzakelijk is, zowel voor het Sloegebied als voor Zeeuws-Vlaanderen. Daarnaast wordt benoemd dat een verbinding met België noodzakelijk is. De noodzaak voor aansluiting op het waterstofnetwerk en de aansluiting van Zeeuws-Vlaanderen volgen ook uit de doorrekeningen van de scenario's voor de IEA en zijn dus meegenomen. In het voorziene waterstofnetwerk is voor deze IEA een interconnectiepunt met het Belgische waterstofnet meegenomen.
- In de CES wordt benoemd dat CO<sub>2</sub>-transport per schip noodzakelijk is. Dit is meegenomen in de IEA-analyses voor overige buisleidingen.
- Er wordt benoemd in de CES dat restwarmte aanwezig is die gebruikt kan worden voor de verwarming van de gebouwde omgeving, maar er worden nog geen concrete plannen voor warmtetransportinfrastructuur benoemd. Dit is in de IEA niet meegenomen omdat dit beschouwd wordt als regionale energie-infrastructuur en het daarmee buiten de scope van de studie valt.

### Conclusie

- De bovengrens van de elektriciteitsvraag in de CES valt een stuk hoger uit dan de bovengrens van de elektriciteitsvraag in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's. Hier is vermoedelijk geen extra elektriciteitsinfrastructuur voor nodig.

<sup>11</sup> Hierbij wordt alleen gekeken naar de vraag in Zeeland. Slechts een deel van de bedrijven in West-Noord-Brabant is meegenomen met de CES, dus dit kan niet goed worden vergeleken met de prognoses van de IEA/het PEH.

- De extra elektriciteitsvraag kan effect hebben op de hoeveelheid windenergie op zee en kernenergie die geplaatst kan worden in Zeeland zonder dat er problemen ontstaan op het 380kV-net door het afvoeren van elektriciteit.
- De waterstofproductie en waterstofvraag die geprognoseerd worden in de CES vallen binnen de bandbreedte van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- Er wordt een forse potentie voor import van waterstof in de Schelde-Deltaregio benoemd in de CES. Dit is niet meegenomen voor de IEA/PEH gebruikte scenario's. Dit kan forse impact hebben op de benodigde waterstofinfrastructuur en op de benodigde ruimte in de haven voor importfaciliteiten.
- **Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit in het cluster SDR. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een fors lagere elektriciteitsvraag. De hogere elektriciteitsvraag heeft effect op de knelpunten die ontstaan door een combinatie van aanlanding windenergie op zee en kernenergie (deze worden mogelijk minder groot). Daarnaast benoemen ze in de CES dat er forse potentie is voor waterstofimport in de SDR. Dit is niet meegenomen binnen de IEA. In de gevoeligheidsanalyse moeten bekeken worden wat de implicaties van deze punten zijn.**

### A.3. Noord-Nederland

#### Energievraag<sup>12</sup>

- Noord-Nederland gaat in de CES uit van een elektriciteitsvraag van 24 TWh in 2050 (exclusief datacenters en elektrolyzers, uitgaande van vollastvraag). In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de elektriciteitsvraag tussen de 11 en 16 TWh. De elektriciteitsvraag uit de CES valt dus hoger uit dan de bovengrens van de PEH-scenario's.
- Noord-Nederland gaat in de CES uit van 2.500 MW aan datacenters in de Eemshaven. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van maximaal 300 MW aan datacenters in Groningen. De prognoses van de CES liggen dus een stuk hoger.
- In de CES sluiten ze voor de waterstofvraag van 2050 aan bij de scenario's van II3050. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's zijn hier ook op gebaseerd, dus de aannames rondom ontwikkeling van de waterstofvraag zijn gelijk.

#### Energieaanbod

- Noord-Nederland gaat in de CES uit van 10 GW aan elektrolyzers bij de Eemshaven en 1,5 GW bij Delfzijl. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van maximaal 8,5 GW aan elektrolyzers bij de Eemshaven en maximaal 6,5 GW aan elektrolyzers bij Delfzijl. De ambitie voor elektrolyzers bij de Eemshaven ligt iets hoger dan de bovengrens die zijn meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- Er wordt in de CES benoemd dat er in het cluster Noord-Nederland potentie is om restwarmte te benutten van industrie, energiecentrales en datacenters. In de IEA is de benutting van restwarmte vanuit Delfzijl meegenomen.

<sup>12</sup> In de ontvangen versie CES 2.0 staan nog geen prognoses van de ontwikkeling van de energievrage. Daarom is hiervoor uitgegaan van de CES 1.0.

#### Benodigde energie-infrastructuur

- In de CES wordt onderschreven dat de plannen die opgenomen zijn in het MIEK en de investeringsplannen van de netbeheerders noodzakelijk zijn. Deze plannen zijn meegenomen als robuuste ontwikkelingen richting 2030 in deze IEA. Er wordt niet besproken of hierboven op nog additionele elektriciteitsinfrastructuur noodzakelijk is voor de uitvoering van de plannen.
- In de CES wordt benoemd dat de komst van het waterstofnetwerk noodzakelijk is. Deze is meegenomen als robuuste ontwikkeling richting 2030. Voor prognoses van de benodigde waterstofinfrastructuur in 2050 sluit de CES aan bij de scenario's van I13050. Aangezien deze IEA/het PEH ook gebruik maakt van de I13050-scenario's levert dit geen verschillen op.
- In de CES wordt het plan voor een warmtetransportleiding tussen de Eemsdeltaregio en Groningen benoemd. Dit is meegenomen in de IEA een bovenregionale warmteverbinding tussen Delfzijl en Groningen bij de structuurkeuze over warmte.
- In de CES wordt benoemd dat CO<sub>2</sub>-infrastructuur tussen Emmen, Delfzijl en de Eemshaven noodzakelijk is. Dit is in de IEA niet meegenomen omdat dit wordt beschouwd als regionale energie-infrastructuur en het daarmee buiten de scope van de studie valt.

#### Conclusie

- De bovengrens van de elektriciteitsvraag in de CES valt wat hoger uit dan de bovengrens van de elektriciteitsvraag in de PEH-scenario's. In de CES wordt niet benoemd of hier additionele netverzwaringen voor nodig zijn.
- In de CES gaan ze uit van een fors hoger vermogen aan datacenters dan is meegenomen in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- De extra elektriciteitsvraag kan effect hebben op de hoeveelheid windenergie op zee die kan aanlanden bij de Eemshaven.
- Er zijn geen verschillen in aannames rondom waterstofvraag.
- **Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit in het cluster Noord-Nederland. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een lagere elektriciteitsvraag, met name van datacenters. Het is onduidelijk wat de effecten zijn op de elektriciteitsinfrastructuur. Daarnaast heeft de hogere elektriciteitsvraag effect op de hoeveelheid windenergie op zee die kan aanlanden in Noord-Nederland. In de gevoeligheidsanalyse moeten gekeken worden wat de implicaties van deze punten zijn. Er zijn geen significante verschillen voor andere soorten energie-infrastructuur.**

#### A.4. Chemelot<sup>13</sup>

##### Energievraag<sup>14</sup>

- Chemelot gaat in de CES uit van een groei van de vermogensvraag van elektriciteit naar 700 tot 1.700 MW voor de site van Chemelot. Dit komt overeen met 6 tot 15 TWh elektriciteitsvraag per jaar (uitgaande van vollastvraag). In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de elektriciteitsvraag van de industrie in Zuid-Limburg tussen de 6,3 en 9,0 TWh. De bovengrens van de elektriciteitsvraag uit de CES valt hoger uit dan de bovengrens van de PEH-scenario's.

<sup>13</sup> Disclaimer: Van Chemelot is geen CES 2.0 ontvangen. Voor deze analyses is daarom uitgegaan van de CES 1.0.

<sup>14</sup> Bij de cijfers van I13050 is uitgegaan van de energievraag van de industrie in heel Zuid-Limburg, aangezien dit het hoogste bekende detailniveau is. Het grootste gedeelte van deze elektriciteitsvraag komt vanuit Chemelot, maar het is niet bekend welk gedeelte. Er is aangenomen aan dat de energievraag van overige industrie in Zuid-Limburg verwaarloosbaar is in vergelijking met de energievraag van Chemelot.

- Chemelot gaat in de CES uit van een waterstofvraag van 250 tot 320 kton in 2050. Dit komt overeen met 8 tot 11 TWh waterstofvraag per jaar (uitgaande van de lagere calorische waarde). In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de waterstofvraag van de industrie in Zuid-Limburg tussen de 6 en 24 TWh. De prognose voor de waterstofvraag vanuit de CES valt binnen de range van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- Chemelot gaat in de CES uit van een methaanvraag van 0 tot 16 PJ per jaar in 2050. In de scenario's van PEH ligt de methaanvraag van de industrie in Zuid-Limburg tussen de 0 en 1 PJ. De bovengrens van de methaanvraag in de CES valt hoger uit dan de bovengrens van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.

### Energieaanbod

- Chemelot gaat in de CES uit van een waterstofproductie van 125 tot 160 kton in 2050. Dit komt overeen met 4 tot 5 TWh waterstofvraag (uitgaande van de lagere calorische waarde). Deze waterstof kan geproduceerd worden met elektrolyse, maar ook via andere opties (blauw, plasmatechnologie). In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de productie van waterstof bij Chemelot tussen de 0 en 3 TWh. Daarnaast is in één scenario 10 TWh waterstofproductie bij Maasbracht meegenomen.
- Chemelot gaat in de CES uit van een methaanproductie van 0 tot 30 PJ per jaar in 2050. In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de productie van methaan in Zuid-Limburg tussen de 10 en 50 PJ. De productie van methaan in de CES valt binnen de range van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- Chemelot gaat in de CES uit van een aanbod van CO<sub>2</sub> tot 0,8 Mton in 2028. Het is nog onbekend hoe zich dit ontwikkelt tot 2050. De 0,8 Mton valt binnen de range van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- Chemelot gaat in de CES uit van een aanbod van 250 MWth, ofwel 8 PJ, aan restwarmte. In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's wordt ook restwarmte van Chemelot meegenomen.

### Benodigde energie-infrastructuur

- In de CES wordt benoemd dat een 380kV-verbinding nodig is tussen Maasbracht en Graetheide, met in ieder geval 2 circuits en mogelijk ook een derde circuit. Dit is al opgenomen in het IP2020 en is daarom meegenomen als autonome ontwikkeling richting 2030.
- In de CES wordt benoemd dat Chemelot aangesloten moet worden op het waterstofnetwerk. Dit wordt meegenomen in de IEA als autonome ontwikkeling richting 2030.
- In de CES wordt benoemd dat een buisleidingencorridor Rotterdam-Chemelot-Noordrijn Westfalen noodzakelijk is. Dit gaat om de Delta Rhine Corridor. De Delta Rhine Corridor is meegenomen in de IEA als optie bij de structuurkeuze *Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland*. Er wordt bij deze structuurkeuze uitgegaan van dezelfde transportcapaciteit als de CES.
- In de CES wordt benoemd dat er bij Chemelot een buisleiding nodig is voor de afvoer van minimaal 1 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Er is transport van maximaal 15 Mton CO<sub>2</sub> per jaar van Chemelot (en Duitsland) naar Rotterdam meegenomen in deze IEA als optie bij de structuurkeuze *Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland*.
- In de CES wordt de mogelijkheid van een groot warmtenet in Zuid-Limburg met restwarmte van Chemelot benoemd. Dit warmtenet is niet meegenomen bij de IEA-analyses omdat dit geen bovenregionaal warmtetransport is en daarom buiten de scope van de studie valt.

#### Conclusie

- Het grootste verschil tussen de CES en de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's zit in de bovengrens van de elektriciteitsvraag. De bovengrens van de CES valt buiten de range van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's. Dit leidt tot een hogere transportbehoefte op de 380kV-verbinding tussen Maasbracht en Chemelot. Mogelijk is hierdoor een 4<sup>e</sup> circuit nodig tussen Maasbracht en Chemelot, maar dit heeft geen ruimtelijke consequenties. Daarnaast zijn er mogelijk wat effecten op de 380kV-verbindingen tussen de Maasvlakte en Maasbracht, maar dit effect is vermoedelijk beperkt.
- De hogere waterstofproductie in de CES heeft vermoedelijk geen effect op de waterstofnetten aangezien de waterstofvraag hoger ligt dan de productie en daarom doorslaggevend is voor de benodigde transportcapaciteit.
- De hogere methaanvraag in de CES heeft vermoedelijk geen effect op de methaannetten aangezien de methaanproductie hoger ligt dan de vraag en daarom doorslaggevend is voor de benodigde transportcapaciteit.
- **Er zijn wat verschillen in de aannames tussen de CES Chemelot en de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's. Maar dit heeft vermoedelijk geen effect op de benodigde ruimte voor nieuwe energie-infrastructureur. Dit wordt binnen de IEA-analyses voldoende opgevangen. Er is dus geen verdere gevoeligheidsanalyse nodig.**

#### A.5. Noordzeekanaalgebied (NZKG)

##### Energievraag

- NZKG gaat in de CES uit van een elektriciteitsvraag tussen de 11 en 24 TWh in 2050. In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de elektriciteitsvraag van de industrie in het Noordzeekanaalgebied tussen de 2,8 en 4,6 TWh. De bovengrens van de elektriciteitsvraag uit de CES valt hoger uit dan de bovengrens van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- NZKG gaat in de CES uit van een waterstofvraag van 550 kton in 2050. Dit komt overeen met 18 TWh waterstofvraag per jaar (uitgaande van de lagere calorische waarde). In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de waterstofvraag van de industrie in het NZKG tussen de 0 en 0,6 TWh. Dit betekent dat de waterstofvraag uit de CES een stuk hoger ligt dan de waterstofvraag van de PEH-scenario's.
- NZKG gaat in de CES uit van een methaanvraag van 0 TWh per jaar in 2050. In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt de methaanvraag van de industrie in IJmond tussen de 0,8 en 3,6 TWh per jaar. De methaanvraag in de CES valt lager uit dan de bandbreedte van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.

##### Energieaanbod

- NZKG gaat in de CES uit van 1 GW aan elektrolysers in 2050. In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's ligt het elektrolyservermogen bij Beverwijk tussen de 0 en 5 GW. De plannen van de CES vallen binnen de bandbreedte van de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- NZKG gaat in de CES uit van minimaal 1 Mton waterstof import per jaar. Dit komt overeen met minimaal 33 TWh (uitgaande van de lagere calorische waarde). In de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's is geen waterstofimport bij het NZKG meegenomen.
- NZKG gaat in de CES uit van een aanbod van CO<sub>2</sub> tot maximaal 0,4 Mton vanuit AEB<sup>15</sup>. In deze IEA is geen transport van CO<sub>2</sub> in het NZKG-gebied meegenomen, aangezien dit onder regionale energie-infrastructureur valt en daarmee buiten de scope van deze studie.

<sup>15</sup> Afval Energie Bedrijf Amsterdam.

- In de CES wordt benoemd dat er potentieel is voor 80 GWh aan restwarmte vanuit elektrolyzers. Daarnaast is er mogelijk restwarmte vanuit Tata Steel.

#### Benodigde energie-infrastructuur

- In de CES wordt benoemd dat geen additionele verzwaringen op het 380kV-net nodig zijn vanwege de additionele elektriciteitsvraag van Tata Steel en elektrolyzers, bovenop de verzwaringen die al in het MIEK en de investeringsplannen zitten. De geplande verzwaringen zijn een nieuw 380kV-station tussen Beverwijk en Vijfhuizen, een uitbreiding van 380kV-station Oostzaan, de 380kV-verbinding Beverwijk-Middenmeer en uitbreidingen van 150kV-stations. Deze investeringen zitten in het IP2022 en zijn meegenomen als robuuste ontwikkelingen richting 2030 in de IEA.
- De realisatie van een regionaal waterstofnetwerk (Regional Integrated Backbone, RIB) en landelijk waterstofnetwerk zijn volgens de CES noodzakelijk voor de waterstofvraag van Tata Steel en de productie van waterstof met elektrolyzers. Het landelijke waterstofnetwerk zijn meegenomen in de IEA-analyses. Dit waterstofnetwerk heeft in alle scenario's voldoende capaciteit. Dit is naar verwachting ook zo bij de hogere waterstofvraag van Tata Steel. Wel zijn er vermoedelijk (grotere) aanvoerleidingen nodig richting het waterstofnetwerk. Het regionale waterstofnetwerk (RIB) is niet meegenomen binnen de IEA, aangezien dit niet onder de hoofdstructuur valt en daarmee buiten de scope van deze studie.
- Eerdere plannen van Tata Steel waren om gebruik te maken van CCS. Aangezien Tata Steel gekozen heeft voor Directe Reductie met waterstof vervallen die plannen. Daarom is geen CO<sub>2</sub>-infrastructuur meer nodig voor Tata Steel en vervalt het Athos project. Dit was al niet meer meegenomen in de IEA. In de CES wordt nog wel genoemd dat CO<sub>2</sub>-infrastructuur interessant kan zijn voor bijvoorbeeld AEB, maar in dit geval gaat het om regionale infrastructuur. Dit wordt niet meegenomen in de IEA omdat het buiten de scope valt.
- In de CES wordt de mogelijkheid van een IJmond warmtenet benoemd. Dit warmtenet is niet meegenomen in de IEA-analyses omdat dit geen bovenregionaal warmtetransport is en daarom buiten de scope van studie valt.

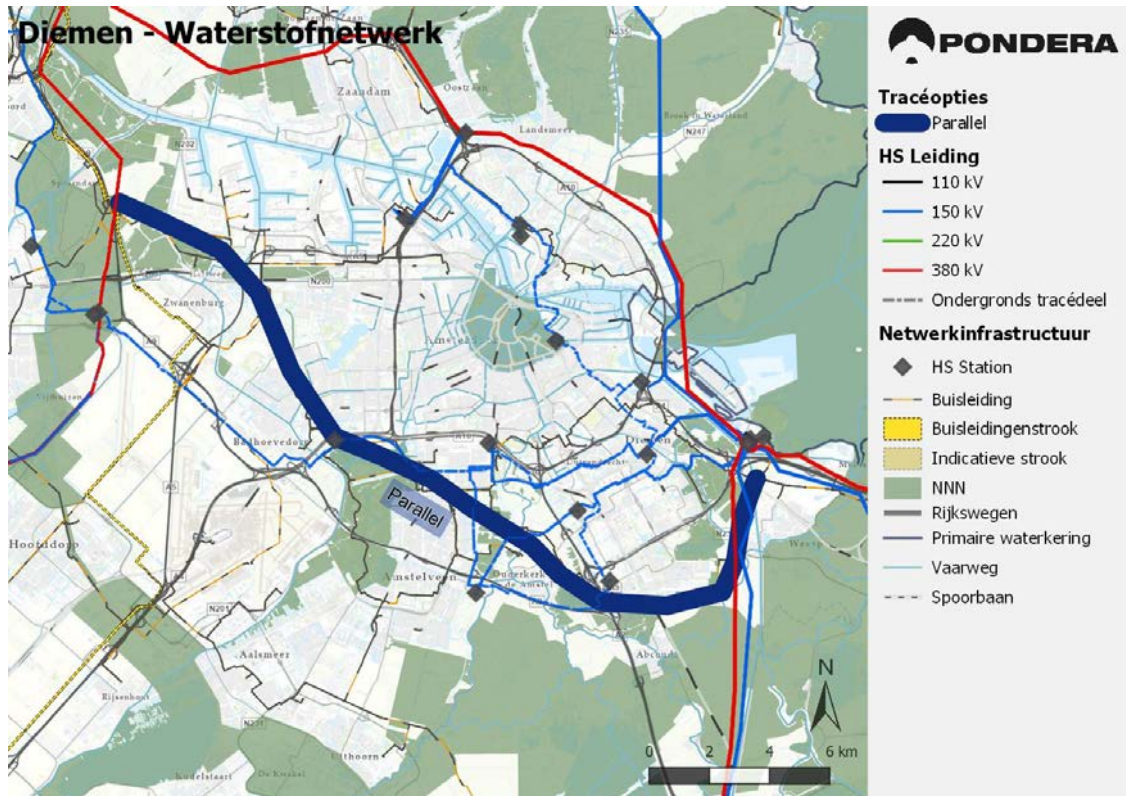
#### Conclusie

- De bovengrens van de elektriciteitsvraag in de CES valt fors hoger uit dan de bovengrens van de elektriciteitsvraag in de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's. In de CES wordt benoemd dat hiervoor geen additionele netverzwaringen nodig zijn bovenop de geplande investeringen. Dus dit heeft geen implicaties op de bevindingen binnen de IEA.
- De extra elektriciteitsvraag kan effect hebben op de hoeveelheid windenergie op zee die kan aanlanden in Noord-Holland.
- Waterstofimport bij het NZKG kan leiden tot een additionele ruimtevraag voor waterstofterminals. Dit is niet meegenomen bij de voor de IEA/PEH gebruikte scenario's.
- In de CES gaan ze uit van een fors hogere waterstofvraag in het NZKG door de plannen van Tata Steel om over te stappen op Directe Reductie met waterstof. Dit heeft vermoedelijk geen impact op het waterstofnetwerk, maar er zijn mogelijk wel extra of zwaardere aanvoerleidingen nodig richting het waterstofnetwerk.
- **Er zijn forse verschillen in de aannames over de ontwikkeling van de vraag naar waterstof en elektriciteit in het NZKG. De voor de IEA/PEH gebruikte scenario's gaan uit van een lagere elektriciteitsvraag. Dit heeft naar verwachting geen impact op het elektriciteitsnet, maar wel op de waterstofinfrastructuur. Daarnaast kan dit effect hebben op de hoeveelheid windenergie op zee die kan aanlanden in Noord-Holland. In de gevoeligheidsanalyse moet bekeken worden wat de implicaties zijn.**

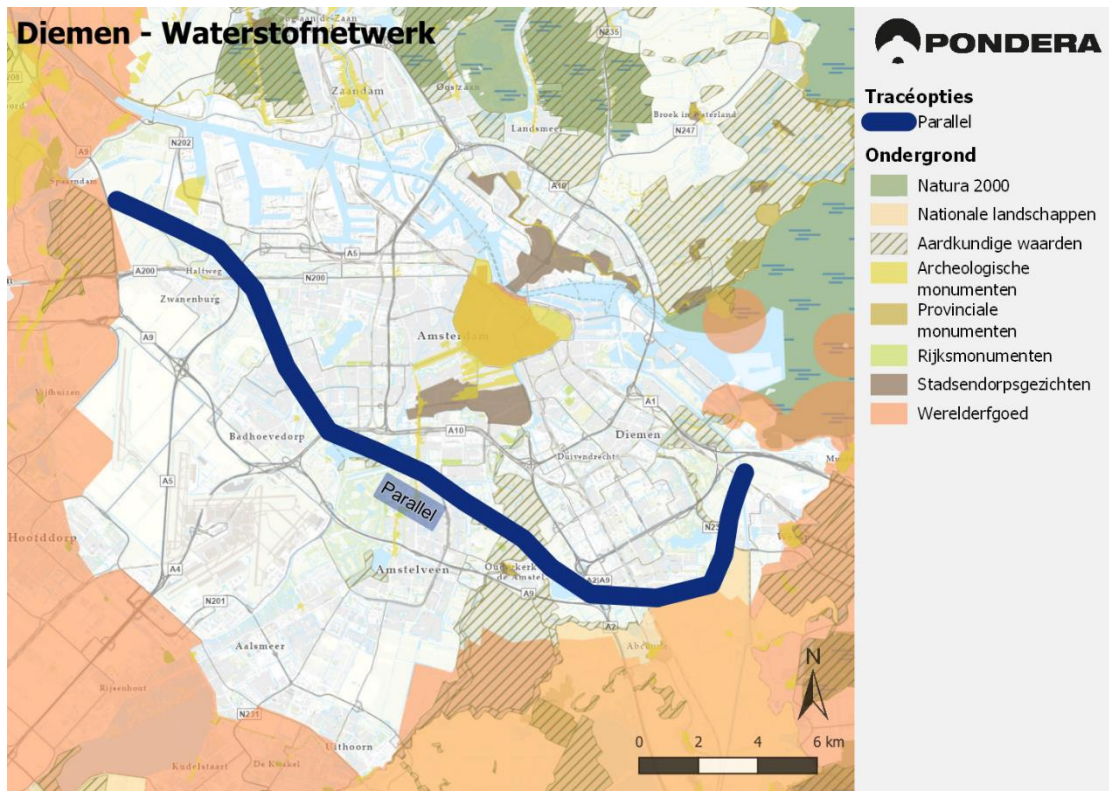
## B. Kaartenbijlage

Volgende kaarten ondersteunen de beoordelingen in paragraaf 3.5.1.

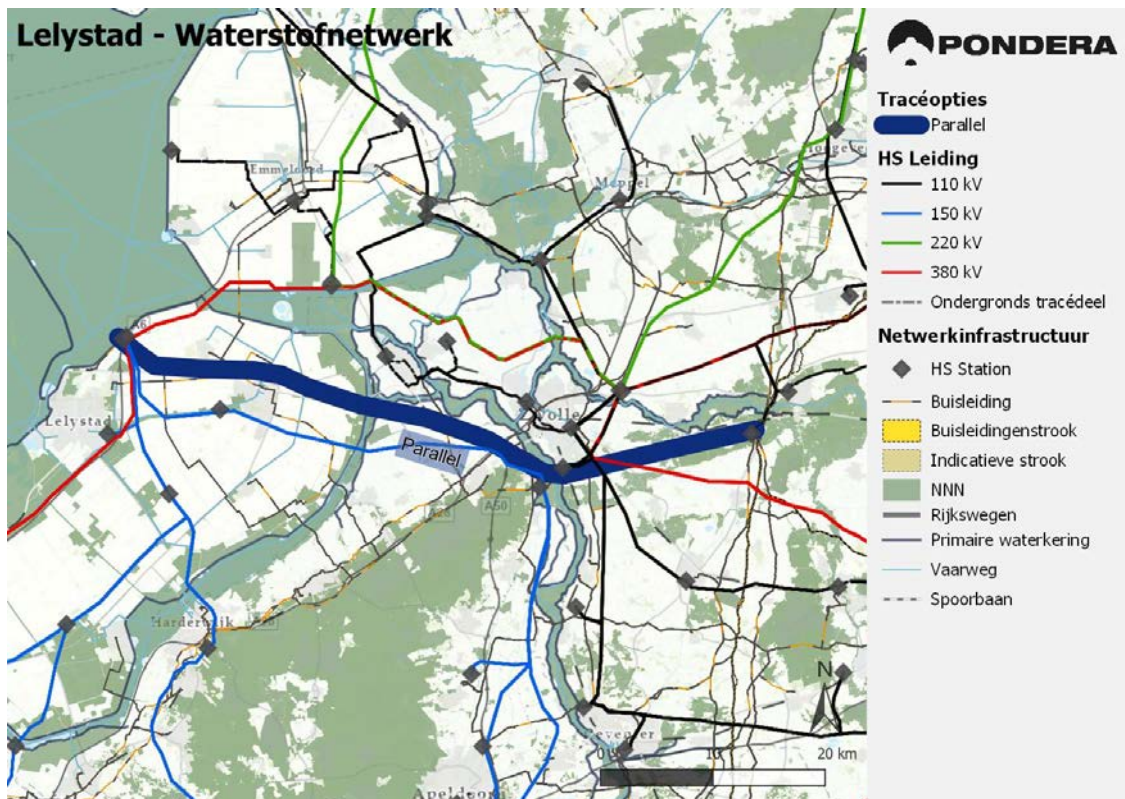
Figuur 3-5 - Tracéoptie Diemen – Waterstofnetwerk met netwerklaag als achtergrond



Figuur 3-6 - Tracéoptie Diemen – Waterstofnetwerk met ondergrondlaag als achtergrond

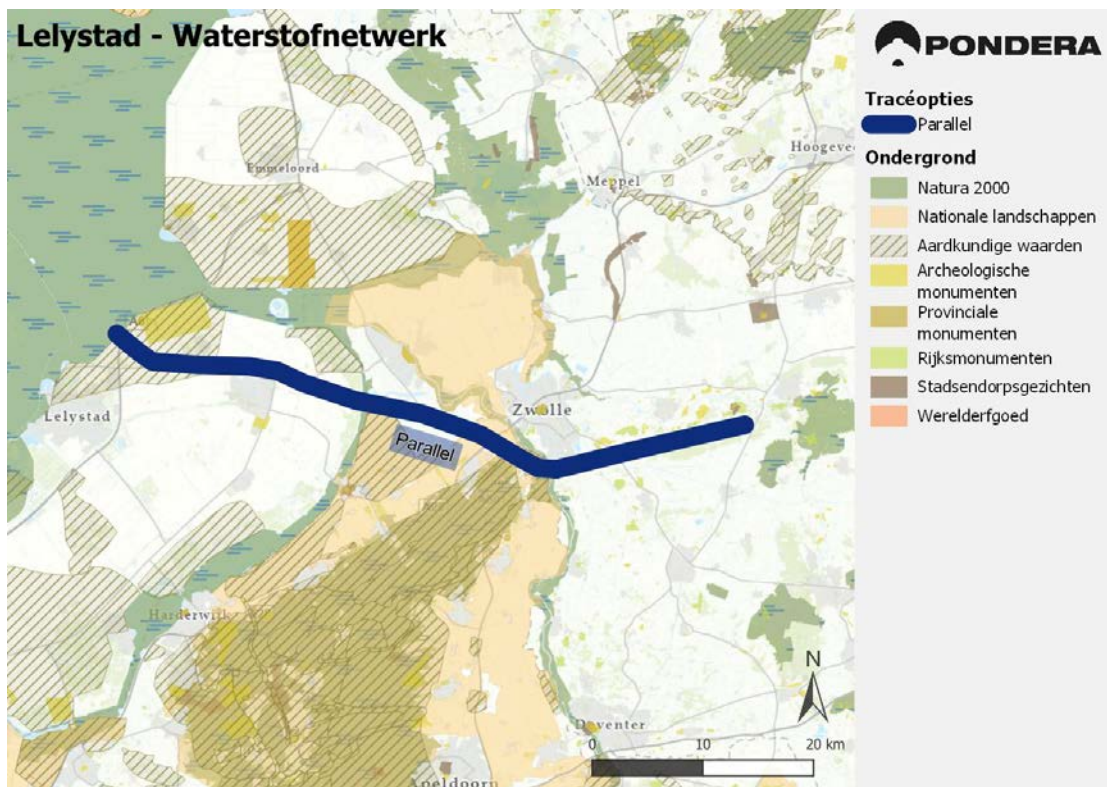


Figuur 3-7 -Tracéoptie Lelystad – Waterstofnetwerk met netwerklaag als achtergrond

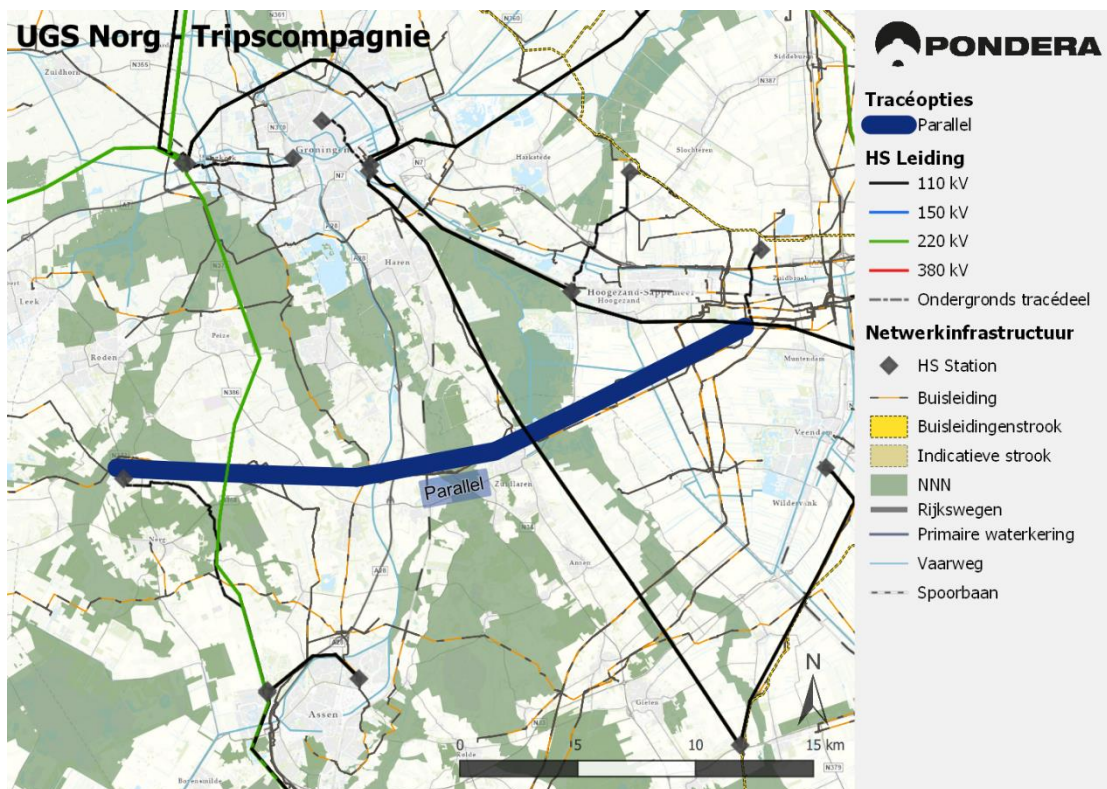




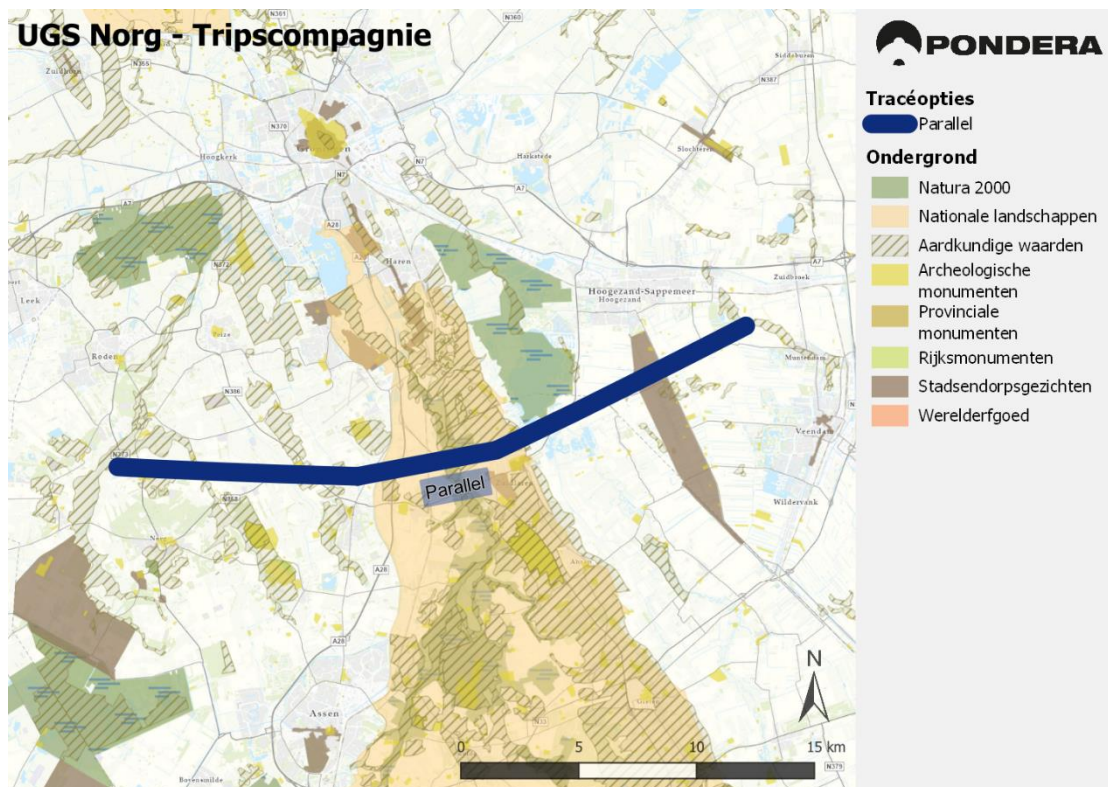
Figuur 3-8 - Tracéoptie Lelystad – Waterstofnetwerk met ondergrondlaag als achtergrond



Figuur 3-9 - Tracéoptie UGS Norg – Tripscompagnie met netwerklaag als achtergrond



Figuur 3-10 - Tracéoptie UGS Norg – Tripscompagnie met ondergrondlaag als achtergrond



# BIJLAGE XVI Overige knelpunten 2050

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief  
02-06-2023



## Pondera

Amsterdamseweg 13  
6814 CM Arnhem  
088 766 33 72  
[info@ponderaconsult.com](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Roel van Ooij, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers, Mariëlle de Sain

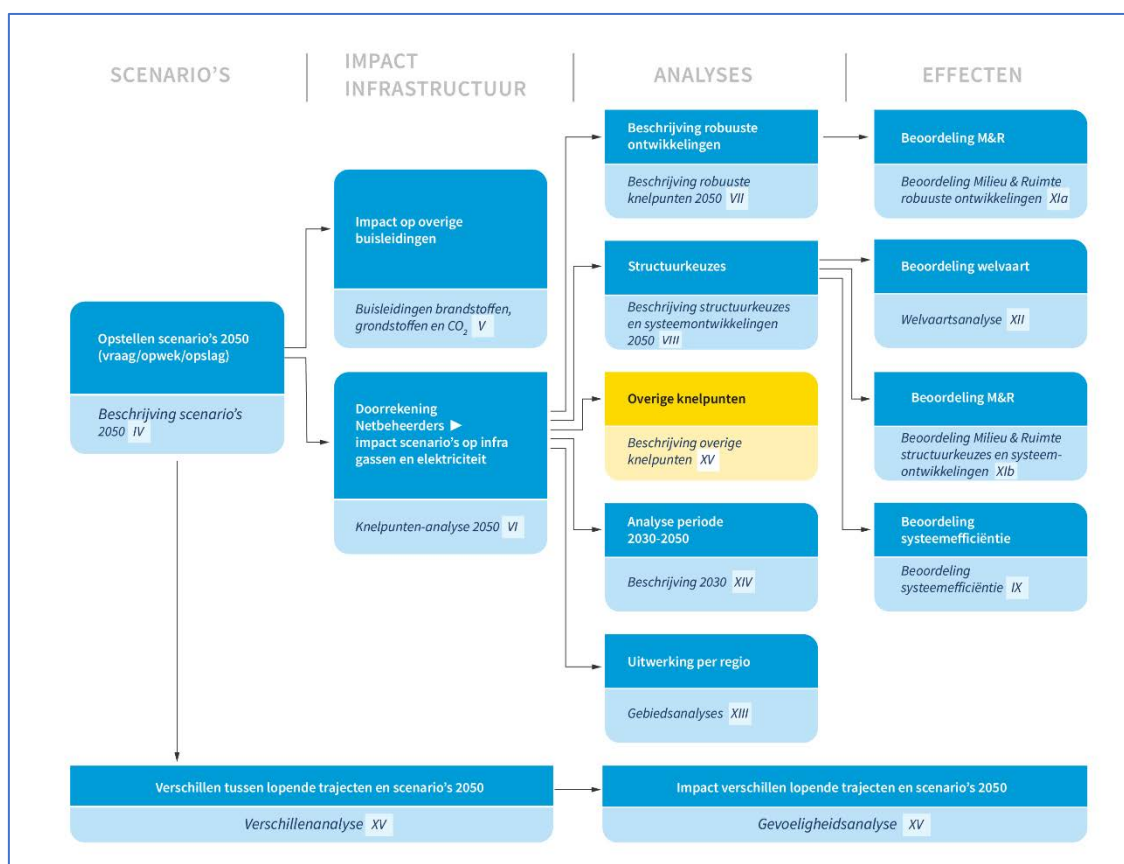
## Disclaimer

In het onderzoek is gebruikgemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Het consortium (Pondera, CE Delft en BRO Adviseurs) is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van het consortium afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera, namens het consortium. Het consortium is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing. Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage XVI, *Beschrijving Overige knelpunten 2050*, worden de ontwikkelingen voor de energie-infrastructuur tot 2050 besproken die niet terugkomen als robuuste ontwikkelingen of bij de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen. Voor deze bijlage worden de invulling van de scenario's (Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*) en de resultaten van de doorrekeningen van de netbeheerders (Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*) gebruikt. Deze bijlage valt onder Analyses in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Wat zijn de overige ontwikkelingen? _____	3
1.2	Methode _____	3
<b>2</b>	<b>Elektriciteit</b>	<b>4</b>
2.1	Hoogspanningsverbindingen _____	4
2.2	Hoogspanningsstations _____	4
2.3	Beoordeling Milieu & Ruimte elektriciteit _____	5
2.4	Gassen _____	10
<b>A.</b>	<b>Kaartenbijlage</b>	<b>13</b>

## 1 Inleiding

### 1.1 Wat zijn de overige ontwikkelingen?

Om te bepalen hoe het energiesysteem er in 2050 uitziet en welke (ruimtelijke) keuzes hierin gemaakt kunnen worden, zijn er zeven scenario's opgesteld voor de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur. Vier scenario's, de Nederland Energielandsscenario's, zijn direct overgenomen vanuit de Integrale Infrastructuurverkenning I13050 (Netbeheer Nederland, 2021). Daarnaast zijn ruimtelijke varianten toegevoegd voor twee van de I13050-scenario's, dit worden de Sterke Knopen-scenario's genoemd. Tot slot is één scenario met kernenergie toegevoegd. Deze wordt het Zeer Sterke Knopen-scenario genoemd. De scenario's worden uitgebreid omschreven in Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*.

In de zeven scenario's die gehanteerd worden, zijn er aannames gemaakt over de ontwikkeling van vraag en hernieuwbaar aanbod van energie in 2050, opgesplitst naar sector, energiedrager en locatie (zie Bijlage IV *Beschrijving scenario's 2050*). Vervolgens hebben de netbeheerders berekend hoeveel regelbare centrales, opslag en conversie noodzakelijk is voor een robuust energiesysteem en waar knelpunten optreden in de nationale energie-infrastructuur die een oplossing behoeven (zie Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*). Hierin is de methodologie die door de netbeheerders is ontwikkeld voor I13050 gebruikt (Netbeheer Nederland, 2021).

De doorrekening van de netbeheerders leidt tot een overzicht van verwachte ontwikkelingen in het hoogspanningsnet en het landelijke gastransportnet in elk van de scenario's voor 2050, maar ook van groot-schalige productie- en opslaglocaties die nodig zijn in 2050.

Er worden twee soorten ontwikkelingen in de IEA-analyses geïdentificeerd:

1. **Robuuste ontwikkelingen** die in alle scenario's optreden. Het is dus zeer waarschijnlijk dat hier in de toekomst ruimte voor moet worden gevonden. Voor elk van de robuuste ontwikkelingen wordt een beoordeling op hoofdlijnen gemaakt van de benodigde ruimte en effecten op milieu en ruimte. Deze worden uitgewerkt in Bijlage VII *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*.
2. **Specifieke ontwikkelingen**. Deze ontwikkelingen vinden alleen plaats als bepaalde keuzes (structuurkeuzes) gemaakt worden.

Het grootste gedeelte van de ontwikkelingen die in minimaal één van de scenario's voorkomt, valt in één van de twee bovenstaande categorieën. Het kan echter zo zijn dat enkele ontwikkelingen hier buiten vallen. Ook deze ontwikkelingen zijn relevant en moeten opgenomen worden in de analyses. Deze worden in deze bijlage behandeld.

### 1.2 Methode

In deze analyse worden knelpunten meegenomen waarvoor in minimaal één van de scenario's een aanzienlijke kans is op een ruimtelijke ingreep. Dit betekent dat er minimaal één keer een knelpunt is met de classificatie *Zwaar* of *Zeer Zwaar* (meer informatie in Bijlage VI *Knelpuntenanalyse 2050*). Voor elk van deze knelpunten wordt bepaald of deze worden meegenomen bij de robuuste ontwikkelingen of bij één van de structuurkeuzes. Voor de knelpunten waar dit niet het geval is volgt in deze bijlage een beoordeling Milieu & Ruimte.

## 2 Elektriciteit

In dit hoofdstuk worden de resultaten van voor elektriciteit besproken. Het gaat om welke hoogspanningsverbindingen en hoogspanningsstations (nieuwe transformatoren en/of nieuwe velden) als overige ontwikkelingen optreden. Deze worden vervolgens beoordeeld voor Milieu & Ruimte (zie paragraaf 2.3).

### 2.1 Hoogspanningsverbindingen

Er is één hoogspanningsverbinding die in minimaal één scenario een knelpunt met de classificatie *Zwaar* of *Zeer Zwaar* heeft en die niet meegenomen wordt bij de robuuste ontwikkelingen of bij één van de structuurkeuzes. Het gaat om de 380kV-verbinding tussen Ens en Zwolle. Deze heeft classificatie *Hoog* in één scenario (Nederland Energieland Nationale Sturing). Deze ontwikkeling wordt niet veroorzaakt door een specifieke structuurkeuze, maar door een combinatie van factoren.

### 2.2 Hoogspanningsstations

Bij hoogspanningsstations wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe transformatoren en nieuwe velden.

#### 2.2.1 Transformatoren

Er zijn bij vijf stations transformatoren die in minimaal één scenario een knelpunt met de classificatie *Zwaar*/*Zeer Zwaar* heeft en die niet meegenomen wordt bij de robuuste ontwikkelingen of bij één van de structuurkeuzes. Tabel 2-1 geeft een overzicht van deze transformatoren en bij welk scenario het *Zware*/*Zeer Zware* knelpunt voorkomt.

Tabel 2-1 - Overzicht transformatoren veegronde

Naam	Spannings-niveau	Hoeveel nieuwe infra nodig?	In welke scenario's?
<b>Eemshaven</b>	380 kV	1 nieuwe transformator	Sterke Knopen Europese Sturing Zeer Sterke Knopen Kernenergie
<b>Krimpen a/d IJssel</b>	380 kV	1 nieuwe transformator	Zeer Sterke Knopen Kernenergie
<b>Meeden</b>	380 kV	1 nieuwe transformator	Sterke Knopen Europese Sturing Zeer Sterke Knopen Kernenergie
<b>Meeden</b>	220 kV	1 nieuwe transformator	Nederland Energieland Nationale Sturing Nederland Energieland Europese Sturing Nederland Energieland Internationale Sturing
<b>Vierverlaten</b>	220 kV	1 nieuwe transformator	Sterke Knopen Nationale Sturing



## 2.2.2 Nieuwe velden

Op zes locaties zijn nieuwe velden in het hoogspanningsstation nodig die niet naar voren komen bij de robuuste ontwikkelingen of bij een van de structuurkeuzes. Tabel 2-2 geeft een overzicht van de nieuwe velden die nodig zijn bij deze stations, in welk scenario en waar deze velden voor nodig zijn.

Tabel 2-2 - Overzicht nieuwe velden overige ontwikkelingen

Locatie	Hoeveel nieuwe infra nodig?	Waarvoor nodig?	In welke scenario's?
<b>Den Helder</b>	Maximaal 18 nieuwe velden <sup>1</sup>	Bij Den Helder als aanlandingslocatie windenergie op zee	Alle Sterke Knopen en Zeer Sterke Knopen scenario's
<b>Terneuzen</b>	Maximaal 2 nieuwe velden <sup>2</sup>	Bij Terneuzen als aanlandingslocatie windenergie op zee	Alle Nederland Energieland scenario's
<b>Geertruidenberg</b>	Maximaal 5 nieuwe velden	Vier velden bij aanlanding 2 GW windenergie op zee bij Geertruidenberg Eén veld voor batterijen	Sterke Knopen Nationale Sturing (voor aansluiting windenergie op zee en batterijen)
<b>Lelystad</b>	Maximaal 1 nieuw veld	Elektrolyse bij hernieuwbare opwek op land	Nederland Energieland Regionale Sturing Nederland Energieland Nationale Sturing
<b>Middenmeer</b>	Maximaal 1 nieuw veld	Elektrolyse bij hernieuwbare opwek op land	Nederland Energieland Regionale Sturing
<b>Botlek</b>	Maximaal 1 nieuw veld <sup>3</sup>	Kleinschalige piekeenheden	Nederland Energieland Nationale Sturing Nederland Energieland Europese Sturing Nederland Energieland Internationale Sturing

## 2.3 Beoordeling Milieu & Ruimte elektriciteit

Hieronder volgt de beoordeling voor het thema Milieu & Ruimte van de elementen die als overige ontwikkelingen zijn geclassificeerd, zie bovenstaande paragrafen. De beoordeling vindt plaats volgens de methodiek beschreven in Bijlage X en is vergelijkbaar met de beoordelingen in Bijlage XIa.

### 2.3.1 Ontwikkeling Zwolle-Ens 380 kV

#### Beschrijving verbinding Zwolle-Ens

De bestaande bovengrondse 380kV-verbinding Zwolle-Ens (ZL-ENS) ligt voornamelijk in het Nationaal Landschap IJsseldelta dat bestaat uit verschillende polders, kreekruigten en rivierduinen. De Natura 2000-gebieden Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht, Zwarte Meer en Rijntakken liggen in de omgeving. De bestaande 380kV-verbinding ligt parallel met de bovengrondse 220kV-verbinding Zwolle-Ens en gedeeltelijk met de bovengrondse 110kV-verbinding Hessenweg-Zwartsluis. Daarnaast liggen er verschillende primaire waterkeringen in het gebied. Voor deze mogelijke ontwikkeling zijn twee tracéopties als oplossingsrichting geformuleerd (Figuur 2-1); een tracéoptie die parallel ligt aan de bestaande 380kV-

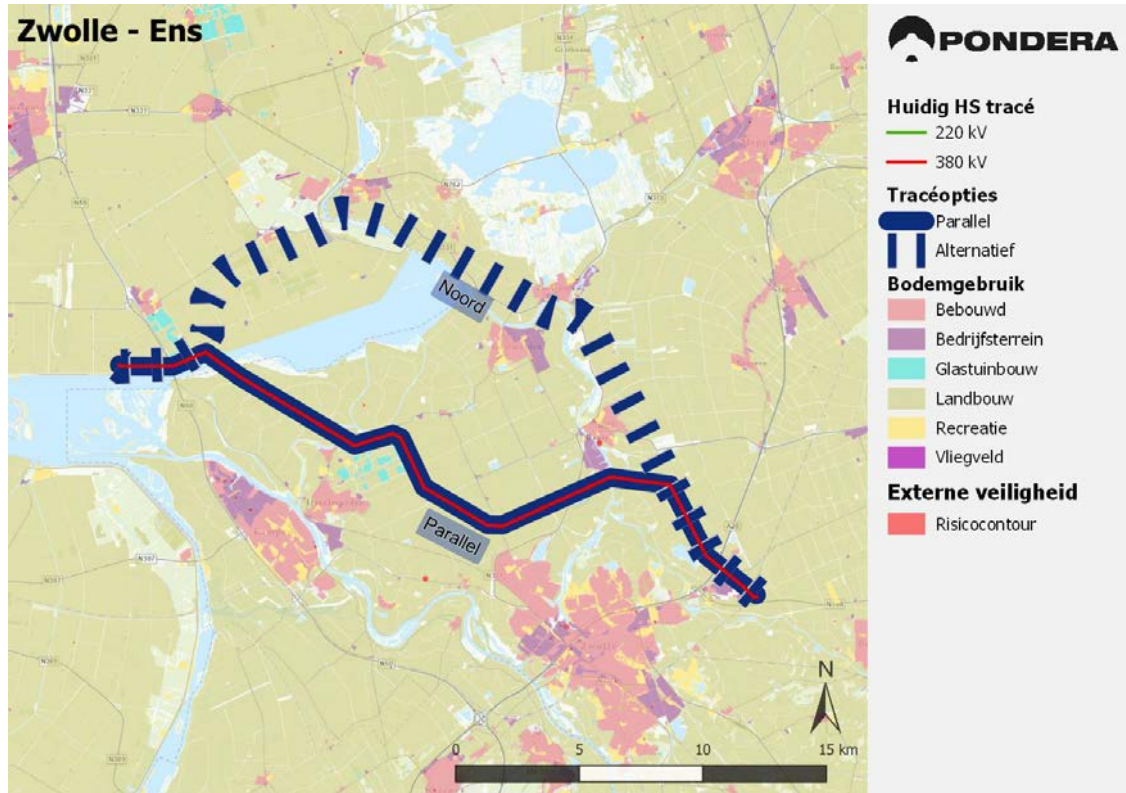
<sup>1</sup> Er is op dit moment nog geen 380kV-station bij Den Helder en hiervoor zijn ook nog geen plannen opgenomen in het investeringsplan van TenneT. Als Den Helder aangewezen wordt als aanlandingslocatie moet hier een 380kV-station ontwikkeld worden.

<sup>2</sup> Er is op dit moment nog geen 380kV-station bij Terneuzen en hiervoor zijn ook nog geen plannen opgenomen in het investeringsplan van TenneT. Als Den Helder aangewezen wordt als aanlandingslocatie moet hier een 380kV-station ontwikkeld worden.

<sup>3</sup> Er is op dit moment nog geen 380kV-station bij de Botlek en hiervoor zijn ook nog geen plannen opgenomen in het investeringsplan van TenneT. Als er nieuwe centrales komen hier moet hier mogelijk een 380kV-station komen. Mogelijk kan dit regelbare vermogen ook nog aangesloten worden op 150kV-stations.

verbinding en een noordelijke tracéoptie. Een zuidelijke tracéoptie is ruimtelijk niet logisch omdat dit tot een relatief lange tracéoptie zou leiden (zuidelijk van Zwolle en Kampen). Hieronder wordt iedere tracéoptie kort beschreven.

Figuur 2-1 - Oplossingsrichtingen voor de verbindingen Zwolle-Ens



1. Oplossingsrichting Zwolle-Ens parallel:

Vanuit 380kV-station Zwolle ligt de tracéoptie parallel aan de bestaande 220kV- en 380kV-verbindingen richting Ens. De verbinding gaat noordelijk langs Zwolle en kruist hierbij ten zuiden van Hasselt het Zwarte Water, tevens Natura 2000-gebied. Hierna kruist de verbinding de polder Mastenbroek in noordwestelijke richting langs een kassencomplex noordoostelijk van IJsselmuiden. Daarna wordt het Ganzendiep gekruist en vervolgens het Ramsdiep naar de Noordoostpolder. Hier vervolgt het tracé in westelijke richting tot aan 380kV-station Ens. De lengte van de tracéoptie is circa 30 km, wat een ruimtebeslag van circa 3 km<sup>2</sup> betekent.

2. Oplossingsrichting Zwolle-Ens noordzijde:

De tracéoptie aan de noordzijde van de bestaande 380kV-verbinding ligt het eerste deel vanaf station Zwolle parallel met de bestaande 380kV-verbinding. Ten zuiden van Hasselt vervolgt deze tracéoptie in noordelijke richting parallel aan de 110kV-verbinding Hessenpoort-Zwartsluis en gaat oostelijk langs de woonkern van Hasselt. Bij 110kV-station Zwartsluis gaat het tracé in westelijke richting parallel aan de 110kV-verbinding Zwartsluis-Vollenhove. Hierbij wordt het Zwarte Water tweemaal gekruist. Hierbij worden Natura 2000-gebieden Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht, Zwarte Meer en De Wieden gekruist. Bij 110kV-station Vollenhove wordt de bovengrondse 110kV-verbinding Vollenhove-Kampen gevolgd tot nabij 380kV-station Ens waar het laatste deel van het tracé weer paralleligging met de bestaande 380kV-verbinding is. De lengte van de tracéoptie is circa 40 km, wat een ruimtebeslag van circa 4 km<sup>2</sup> betekent.

## Beoordeling

### 1. Oplossingsrichting Zwolle-Ens parallel:

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt bijna volledig in agrarisch gras- en akkerland, ook wordt er een kassencomplex gekruist. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt.

Er worden geen woonkernen gekruist, dit geeft een kleine kans op effecten. Er liggen geen PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie. Er worden geen recreatiegebieden gekruist, dit is een kleine kans op effecten. Er zijn geen grote aandachtspunten voor de occupatielaag, dit betekent een kleine kans op effecten met een lichtblauwe aanduiding.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met de bestaande 380kV-verbinding. Daarnaast wordt rijksweg A28 en de spoorweg Zwolle-Meppel gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt (kleine kans op effect). Er worden verschillende primaire waterkeringen gekruist bij het Zwarte Water, polder Mastenbroek en het Ramsdiep bij de overgang naar de Noordoostpolder. Door de bovengrondse ligging is er een kleine kans op effecten op de primaire waterkeringen. Zoals eerder vermeld, heeft de tracéoptie een lengte van circa 30 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 3 km<sup>2</sup>. Deze ruimte is beschikbaar in de omgeving en betekent een kleine kans op effecten voor ruimtebeslag. Er wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 10%) NNN-gebieden gekruist nabij het Zwarte Water en Ramsdiep. Door de reeds aanwezige bovengrondse 220kV- en 380kV-verbindingen is de kans op (extra) effecten klein. Er zijn geen grote aandachtspunten voor de netwerklaag, dit betekent een kleine kans op effecten met een lichtblauwe aanduiding.

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig in voornamelijk de polder Mastbroek, hier dient met aanleg rekening mee worden gehouden. Dit betekent een kleine kans op effecten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. Natura 2000-gebieden Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht en Zwarte Meer worden beiden middendoor gekruist. Beide gebieden zijn zowel habitat- als vogelrichtlijn. Vanwege de parallelligging met bestaande bovengrondse verbindingen is de kans op (extra) effecten klein. Er worden verschillende kleine bekende archeologische waarden gekruist, deze kunnen in detaillering naar verwachting vermeden worden. Het deel in de Noordoostpolder is aangewezen als aardkundig waardevol gebied. De tracéoptie kruist het Nationaal Landschap IJsseldelta, vanwege de parallelligging is het landschappelijk effect beperkt. Vanwege landschap en cultuurhistorie is de kans op effecten middelgroot voor de ondergrondlaag, dit betekent een middelblauwe aanduiding.

In Tabel 2-3 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Landschap en cultuurhistorie zijn de belangrijkste aandachtspunten voor deze tracéoptie.

Tabel 2-3 - Beoordeling lagen verbinding Zwolle-Ens parallel

Laag	Aanduiding
Occupatie	1
Netwerk	1
Ondergrond	2

### 1. Oplossingsrichting Zwolle-Ens noordzijde:

**Effecten occupatielaag.** De tracéoptie ligt bijna volledig in agrarisch gras- en akkerland. De invloed op landbouw is vanwege bovengrondse ligging beperkt. Bij Zwartsluis, Vollenhove en Kraggenburg ligt de tracéoptie nabij de woonkernen. Met name bij Zwartsluis kan dit een middelgrote kans op effecten hebben omdat op dit gedeelte de parallel liggende 110kV-verbinding ondergronds is aangelegd. Er liggen geen PR10<sup>-6</sup>-risicocontouren nabij de tracéoptie. Er is een klein sportcomplex nabij Hasselt dat wordt gekruist,

dit is een kleine kans op effecten voor recreatiegebieden. Vanwege de ligging nabij de kern van Zwartsluis heeft de occupatielaag een middelgrote kans op effecten, dit betekent een middelblauwe aanduiding.

**Effecten netwerklaag.** De tracéoptie ligt parallel met bestaande 110kV-verbindingen. Daarnaast wordt rijksweg A28 en de spoorweg Zwolle-Meppel gekruist. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt (kleine kans op effecten). Er worden verschillende primaire waterkeringen gekruist bij het Zwarte Water, Zwarte Meer en Kadoelermeer bij de overgang naar de Noordoostpolder. Door de bovengrondse ligging is er een kleine kans op effecten op de primaire waterkeringen. Zoals eerder vermeld, heeft de tracéoptie een lengte van circa 40 km en daarmee een ruimtebeslag van circa 4 km<sup>2</sup>. Deze ruimte is beschikbaar in de omgeving en betekent een kleine kans op effecten voor ruimtebeslag. Er wordt verspreid over de tracéoptie een deel (circa 40%) NNN-gebieden gekruist, met name tussen Hasselt en Vollenhove. Bij detaillering van de tracéoptie kan dit deels vermeden worden. Door de reeds aanwezige bovengrondse 220kV- en 380kV-verbindingen is de kans op (extra) effecten klein. Er zijn geen grote aandachtspunten voor de netwerklaag, dit betekent een kleine kans op effecten met een lichtblauwe aanduiding.

**Effecten ondergrondlaag.** De bodem is zettingsgevoelig voornamelijk ten noordwesten van Zwartsluis, hier dient met aanleg rekening mee worden gehouden. Dit betekent een kleine kans op effecten. Er is geen grondwaterbeschermingsgebied aanwezig. De tracéoptie gaat langs Natura 2000-gebied Olde Maten en Veerslootlanden (habitatrichtlijn) en kruist de Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht, De Wieden en Zwarte Meer aan de randen. De gebieden die gekruist worden, zijn aangewezen vanuit zowel de Habitat- als Vogelrichtlijn. Omdat bij de Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht de bestaande 110kV-verbinding ondergronds is aangelegd, is er een grote kans op effecten op aanvaringslachtoffers bij een bovengrondse aanleg van de tracéoptie. Er worden geen bekende archeologische waarden gekruist. Het deel in de Noordoostpolder is aangewezen als aardkundig waardevol gebied. De tracéoptie kruist het Nationaal Landschap IJsseldelta aan de rand nabij Zwartsluis, hier ligt de bestaande 110kV-verbinding ondergronds. Dit betekent voor landschap een grote kans op effecten bij bovengrondse aanleg. Vanwege het kruisen van Natura 2000-gebied en Nationaal Landschap bij Zwartsluis is de kans op effecten groot voor de ondergrondlaag, dit betekent een donkerblauwe aanduiding.

In Tabel 2-4 staat de beoordeling van de drie lagen occupatie, netwerk en ondergrond. Het grootste aandachtspunt is de kruising van het Natura 2000-gebied Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht en het kruisen van Nationaal Landschap IJsseldelta.

Tabel 2-4 - Beoordeling lagen verbinding Zwolle-Ens noordzijde

Laag	Aanduiding
Occupatie	2
Netwerk	1
Ondergrond	3

### 2.3.2 Ontwikkelingen hoogspanningsstations

#### Inleiding

In deze paragraaf worden de hoogspanningsstations waar knelpunten zijn gesignaleerd in paragraaf 2.2 gezamenlijk beoordeeld. Zowel bij een nieuwe transformator als bij nieuwe velden wordt rekening gehouden met het ruimtebeslag van een nieuw station. In de praktijk kan het zijn dat een nieuwe transformator of een nieuw veld binnen het bestaande terrein gerealiseerd kan worden.

In Tabel 2-5 staat het ruimtebeslag weergegeven dat maximaal nodig is om de gesignaleerde knelpunten op te lossen. Bij enkele locaties is er al een beoordeling gedaan voor robuuste ontwikkelingen en het maximum ruimtebeslag in Bijlage XIa. Als dit het geval is dan is het mogelijke extra ruimtebeslag al meegenomen bij de beoordeling van het maximum ruimtebeslag in Bijlage XIa en wordt deze locatie niet verder meegenomen hieronder.

Tabel 2-5 - Ruimtebeslag knelpunten hoogspanningsstations

Locatie	Ruimtebeslag (ha)	Opmerking
Eemshaven	10	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Krimpen aan de IJssel	10	
Meeden 380 kV	10	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Meeden 220 kV	10	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Vierverlaten	10	
Den Helder	20	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Terneuzen	10	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Geertruidenberg	10	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Lelystad	10	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Middenmeer	10	Al beoordeeld in Bijlage XIa
Botlek	10	

### Beoordeling

In Tabel 2-6 staat een korte beschrijving van elke locatie en de directe omgeving waarin (onderdelen van) een nieuw 380kV-station kan worden geplaatst. De beoordeling en effectaanduiding van de drie-lagen-benadering staat in Tabel 2-7, inclusief aandachtspunten die hierbij naar voren komen. Kaartbeelden van deze locaties en de occupatie-, netwerk- en ondergrondlaag, zijn opgenomen in kaartenbijlage A bij dit document.

Tabel 2-6 - Korte omschrijving van de locatie en directe omgeving voor knelpunten hoogspanningsstations

Locaties	Omschrijving gebied
<b>Krimpen a/d IJssel</b>	Het bestaande 150kV- en 380kV-station ligt direct ten zuidoosten van de kern van Krimpen aan de IJssel omringd door een uitloopegebied van de woonkern. Ook zijn er volkstuinen aanwezig in de nabijheid. Aan de zuid- en oostzijde is open agrarisch grasland aanwezig dat ook onderdeel is van Nationaal Landschap Groene Hart. Wat betreft energie-infrastructuur zijn er zes bovengrondse 150kV- en 380kV-verbindingen aanwezig en ligt een buisleidingenstrook in de nabijheid.
<b>Vierverlaten</b>	Het bestaande 220kV-station ligt aan de westrand van de gemeente Groningen bij een bedrijventerrein. Ten noorden en westen van het station is open agrarisch grasland aanwezig en bestaande bovengrondse hoogspanning. De oost- en zuidzijde bestaat vooral uit bedrijventerrein en verder oostelijk start de woonkern van Groningen.
<b>Botlek</b>	Het bestaande 150kV-station Botlek ligt in de haven van Rotterdam in zwaar industrieel gebied. Aan de noordzijde van het station is zware industrie (raffinaderijen) gevestigd, ten zuiden liggen spoorwegen, rijksweg A15 en het Hartelkanaal. Door de zware industrie zijn er veel risicocontouren en buisleidingen aanwezig.

Tabel 2-7 - Beoordeling voor oplossingsrichting hoogspanningsstations

Locaties	Omschrijving	Aanduiding
<b>Krimpen a/d IJssel Occupatie</b>	Er is een grote kans op effecten. De reden hiervoor is dat de locatie omringd wordt door uitloopgebied van Krimpen, volkstuintjes en recreatieterreinen in de directe omgeving en de nabijheid van de woonkern van Krimpen.	3
<b>Netwerk</b>	Er is een middelgrote kans op effecten. De reden hiervoor is de beperkte ruimte die beschikbaar is in de omgeving, dit wordt mede veroorzaakt door de reeds aanwezige energie-infrastructuur.	2
<b>Ondergrond</b>	Er is een grote kans op effecten. De reden hiervoor is het landschappelijke effect door de aanwezigheid van het Nationaal Landschap Groene Hart.	3
<b>Vierverlaten Occupatie</b>	Er is een kleine kans op effecten. Het gebied is enigszins gevoelig voor verzilting, dit heeft bij een station geen negatieve effecten op landbouw.	1
<b>Netwerk</b>	Er is een kleine kans op effecten. De aanwezige bovengrondse hoogspanningsinfrastructuur vormt geen grote belemmering.	1
<b>Ondergrond</b>	Er is een kleine kans op effecten. De bodem is beperkt zettingsgevoelig, er is geen Natura 2000-gebied in de directe nabijheid en er zijn enkel op afstand kleine archeologische monumenten aanwezig.	1
<b>Botlek Occupatie</b>	Er is een grote kans op effecten. De reden hiervoor is het grote aantal risicocontouren in de directe omgeving.	3
<b>Netwerk</b>	Er is een grote kans op effecten. De reden hiervoor is de grote hoeveelheid infrastructuur van wegen, spoorwegen, buisleidingen en hoogspanningsinfrastructuur die ruimtelijke beperkingen vormen voor een (onderdeel van een) nieuw station.	3
<b>Ondergrond</b>	Er is een kleine kans op effecten. Er spelen geen relevante aspecten van de ondergrondlaag.	1

## 2.4 Gassen

In dit hoofdstuk worden de resultaten voor gassen gesproken. Het gaat dan om het Hoofd Transport Leidingen (HTL) netwerk van Gasunie. Tabel 2-8 en Tabel 2-9 geven een overzicht van leidingen die niet in Bijlage VII als robuuste ontwikkelingen of in Bijlage VIII bij een van structuurkeuzes terugkomen, maar wel als (ernstige) knelpunten voor kunnen komen voor waterstof.

Voor elke ontwikkeling in Tabel 2-8 moet afzonderlijk onderzocht worden of er in werkelijkheid verzwarende nodig is in vervolgonderzoek. Waar dit in een bestaand traject is, is volgens de huidige inschattingen mogelijk geen extra ruimtelijke reservering nodig. Een specifiek geval is de aansluiting van een extra centrale in Lelystad op het waterstofnetwerk, omdat de huidige leiding niet in een SVB-strook ligt en het om een aanzienlijke afstand gaat. In de Verschillen- en gevoeligheidsanalyse is een uitgebreidere omschrijving gegeven voor situaties waarin sommige trajecten toch een ruimtelijke reservering nodig kunnen hebben.

Tabel 2-8 - Gasleidingen die niet als robuuste ontwikkelingen of in de structuurkeuzes omschreven zijn, maar waar onderzocht zal moeten worden of verzwaring nodig is. SK staat voor Sterke Knopen, NE voor Nederland Energieland

Van	Naar	In welk scenario	Waarvoor nodig?
<b>IJmond</b>	Aansluiting op terrein Tata Steel of compressorstation Beverwijk	NE Europese Sturing, SK Europese Sturing, NE Internationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Borssele/Sloegebied</b>	Vlissingen (aansluiting op RIB Zeeland)	SK Nationale Sturing, NE Nationale Sturing, NE Regionale Sturing, NE Internationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Borssele/Sloegebied</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	NE Regionale Sturing NE Nationale Sturing NE Internationale Sturing	Aansluiting energiecentrale
<b>Middenmeer</b>	Compressorstation Wieringermeer of station Oudelandertocht	NE Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Den Helder</b>	Balgzand, Julianadorp/Callantsoog of Anna Paulowna	NE Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Simonshaven/ Botlek</b>	M&R Vondelingenplaat of een industrie-GOS in de Botlek	SK Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers bij aanlanding windenergie op zee
<b>Maasbracht</b>	GOS Clauscentrale	SK Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers bij diepe aanlanding
<b>Terneuzen</b>	Aansluiting Dow Terneuzen	SK Europese Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Rotterdam/ Maasvlakte</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	SK Nationale Sturing	Aansluiting energiecentrale
<b>Chemelot</b>	M&R Sanderbout	NE Nationale Sturing SK Nationale Sturing SK Europese Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers
<b>Diemen</b>	GOS Diemen-centrale	SK Nationale Sturing	Aansluiting nieuwe elektrolyzers bij diepe aanlanding
<b>Bergum</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk	NE Nationale Sturing NE Regionale Sturing NE Internationale Sturing SK Europese Sturing	Aansluiting energiecentrale
<b>Lelystad</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk bij Ommen	NE Regionale Sturing Nationale Sturing Internationale Sturing SK Nationale Sturing.	Aansluiting energiecentrale. De bestaande HTL-leiding ligt niet in een SVB-strook

Tabel 2-9 geeft een overzicht weer waar mogelijk een nieuwe aansluiting nodig zou zijn voor opslag van waterstof in lege gasvelden/gasbergingen. De mogelijkheid van veilige opslag van waterstof in lege gasvelden/gasbergingen is nog niet technisch bewezen. Om deze optie te kunnen overwegen dient onderzoek naar de haalbaarheid in een vroeg stadium opgezet te worden.

Tabel 2-9 - Overzicht van mogelijke nieuwe aansluitleidingen voor waterstofopslagen in gasbergingen/bestaande gasvelden

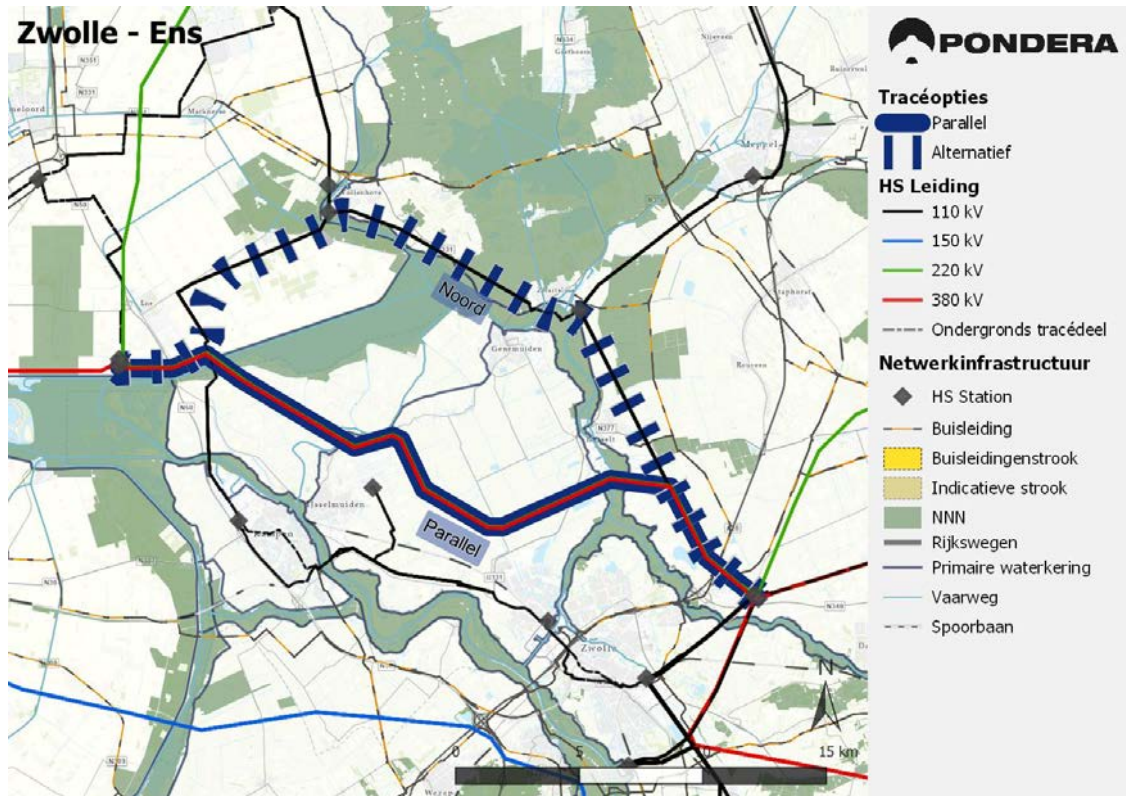
Van	Naar	In welk scenario?	Waarvoor nodig?
<b>PGI Alkmaar</b>	SVB-strook nabij Alkmaar	SK Nationale Sturing	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen
<b>UGS Bergermeer</b>	SVB-strook nabij Alkmaar	SK Nationale Sturing	Aansluiting opslag in bestaande aardgasopslagen
<b>Oud-Beijerland-Zuid</b>	Aansluiting op waterstofnetwerk Rotterdam (mogelijk Gasunie mengstation Pernis)	SK Nationale Sturing	Aansluiting opslag in lege gasvelden



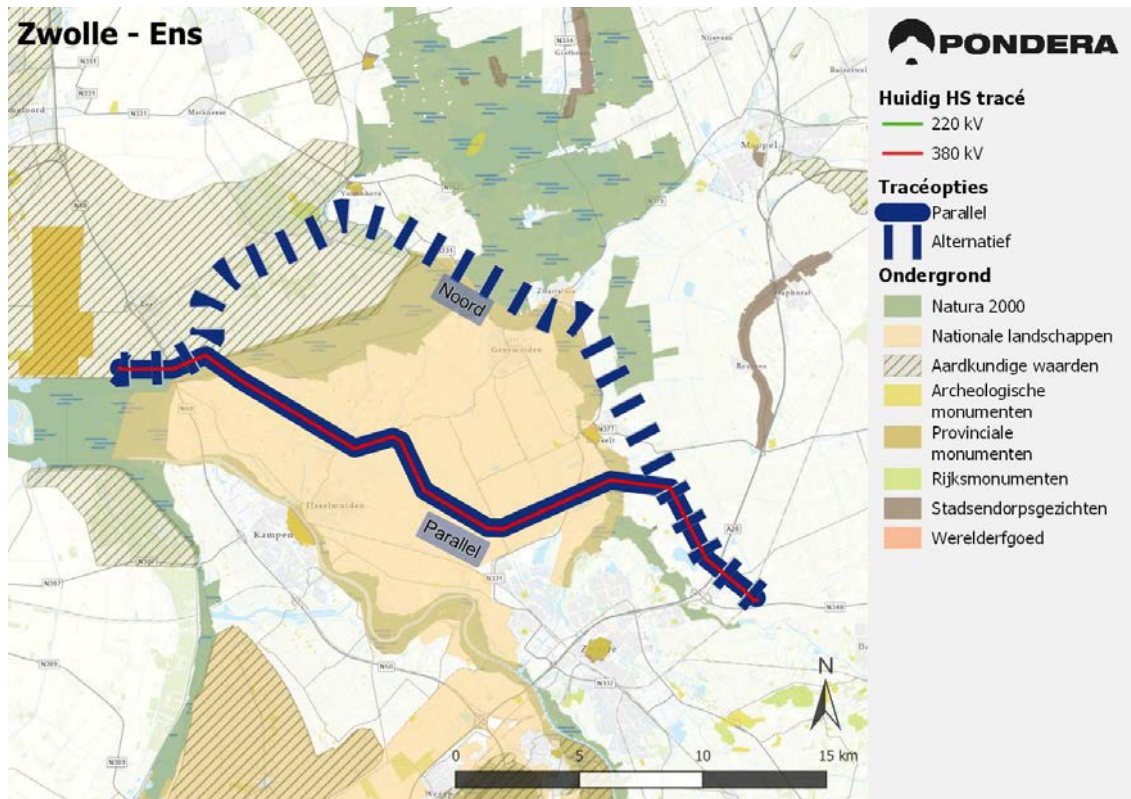
## A. Kaartenbijlage

Volgende kaarten ondersteunen de beoordelingen in paragraaf 2.3.

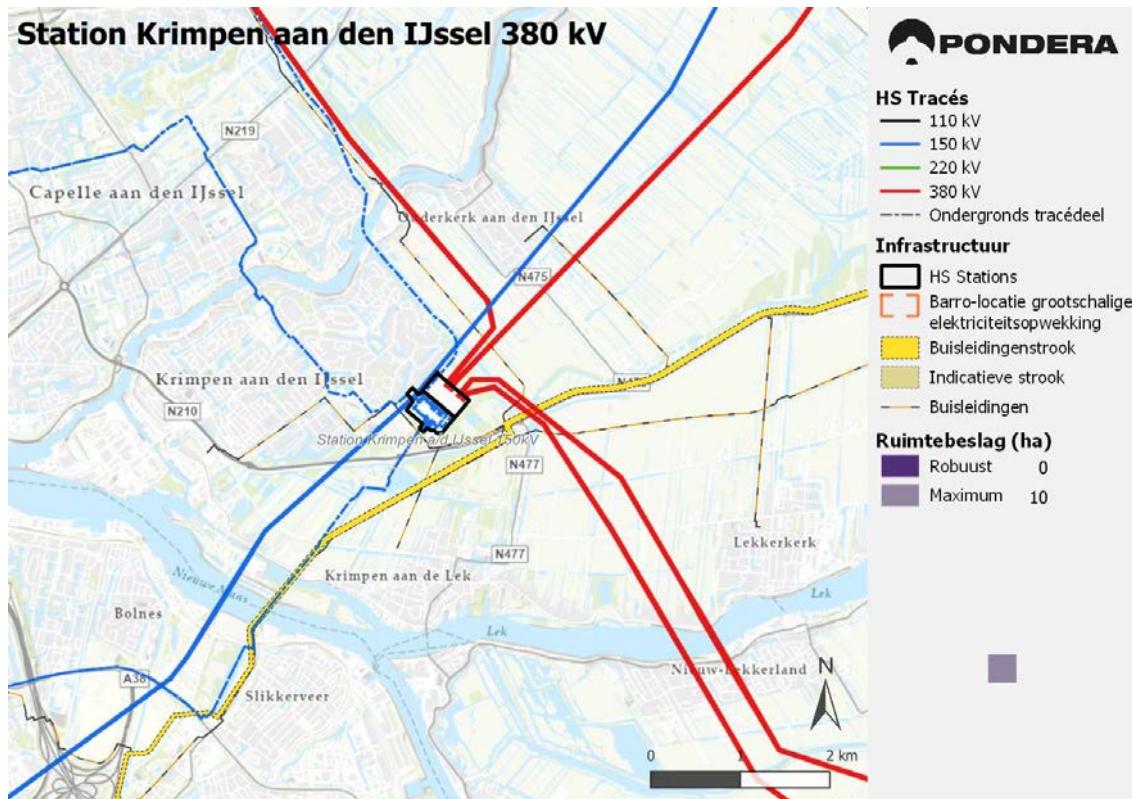
Figuur 2-2 - Tracéopties Zwolle-Ens netwerklaag



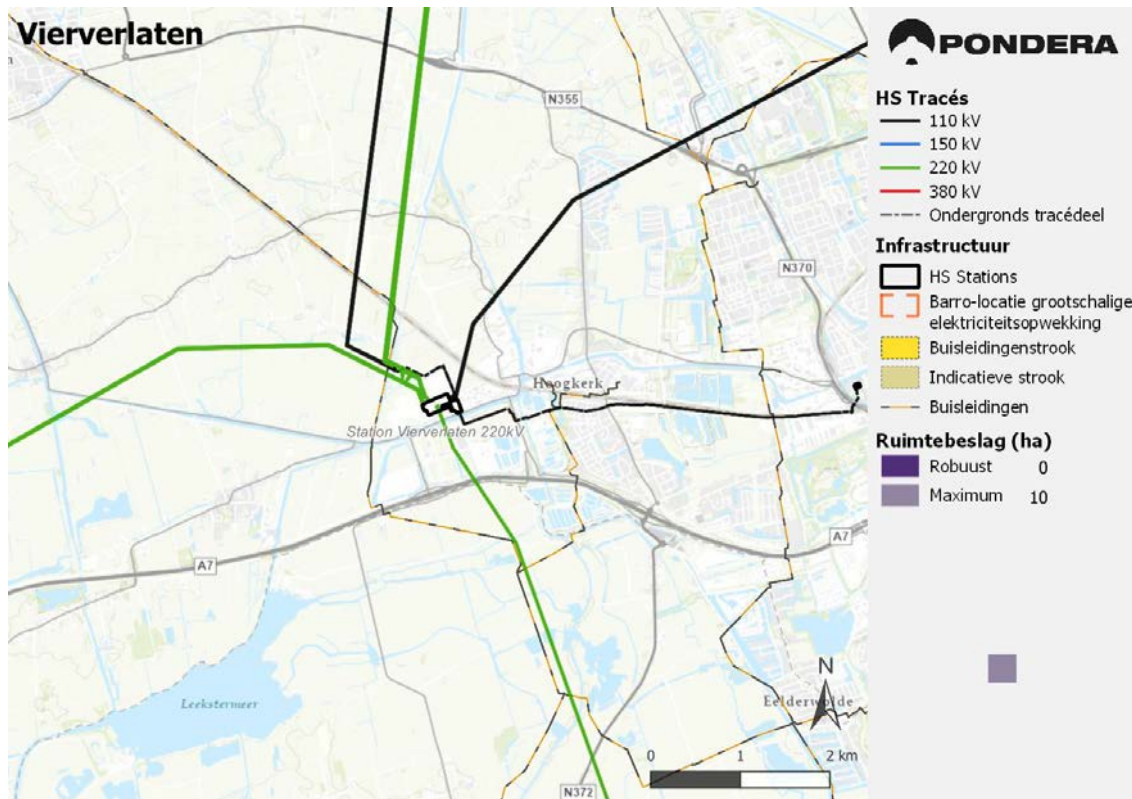
Figuur 2-3 - Tracéopties Zwolle-Ens ondergrondlaag



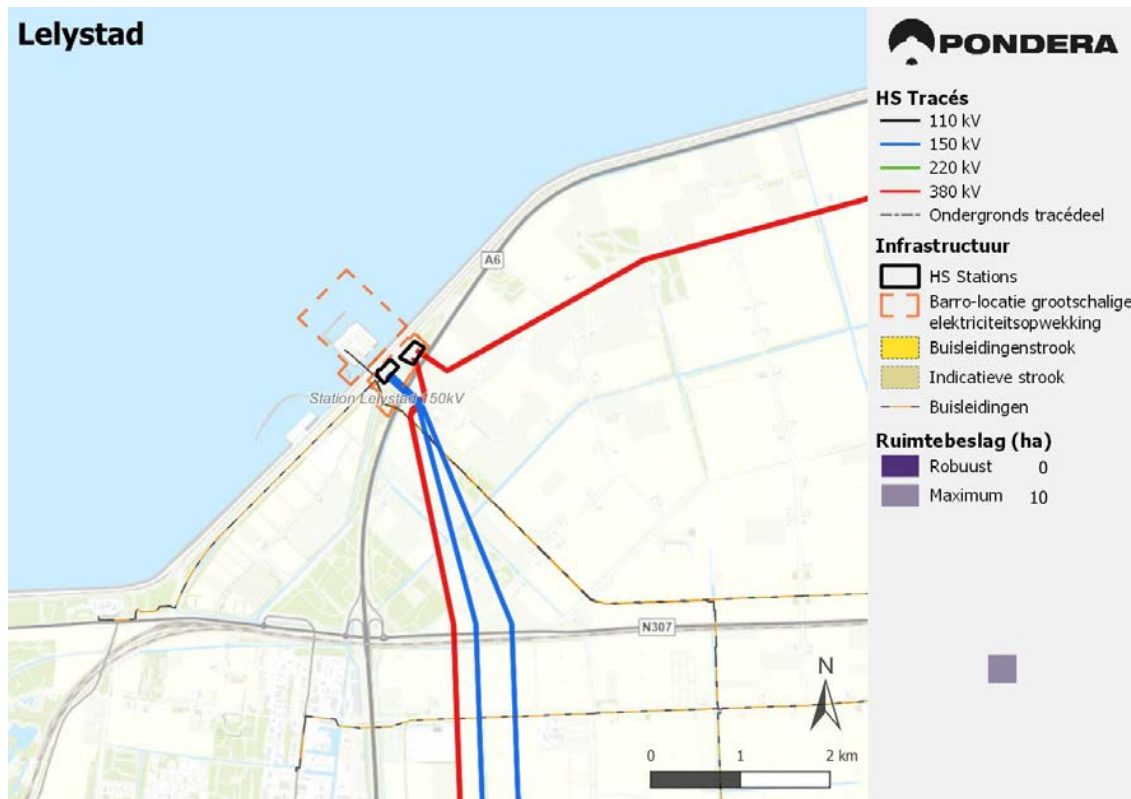
Figuur 2-4 - Omgeving station Krimpen aan den IJssel



Figuur 2-5 - Omgeving station Viervelaten



Figuur 2-6 - Omgeving station Lelystad



Figuur 2-7 - Omgeving station Botlek

