

Beoordeling Brede welvaart (economie)

Verkenning van welvaartseffecten

Bijlage F – IEA pVAWOZ



Datum: 27-06-2025
Versienummer: 5.1
Status: Definitief

In opdracht van:



Ministerie van Klimaat en
Groene Groei

INHOUDSOPGAVE

Leeswijzer.....	4
1 Inleiding.....	5
2 Beoordelingskader	7
2.1 Nationale welvaart	7
2.1.1 Directe effecten.....	8
2.1.2 Indirecte effecten.....	18
2.1.3 Externe effecten.....	20
2.2 Regionale spin-off.....	26
3 Resultaten aanlandconfiguraties	30
3.1 Nationale welvaart: conclusies.....	30
Hoge maatschappelijke kosten door redispach	31
Spreiding elektrische aanlandingen maatschappelijk gezien gunstig, clustering ongunstig	34
3.1.1 Directe kosten (optimaal vanuit (investerings-)kosten van netbeheer).....	35
3.1.2 Indirecte effecten (optimaal vanuit nationale welvaart).....	36
3.1.3 Externe kosten (optimaal van maatschappelijke kosten van milieu en ruimte).....	36
3.2 Nationale welvaart: directe effecten.....	37
3.3 Nationale welvaart: indirecte effecten.....	42
3.4 Nationale welvaart: externe effecten	44
3.5 Regionale spin-off: economische effecten	52
4 Resultaten per provincie.....	58
4.1 Noord-Nederland.....	58
4.1.1 Routes en zoekgebieden	58
4.1.2 Investerings in de infrastructuur	60
4.1.3 Regionale spin-off: economische effecten.....	61
4.1.4 Impact op regionaal vestigingsklimaat.....	64
4.1.5 Maatschappelijke kosten	65
4.1.6 Belangrijkste bevindingen	68
4.2 Noord-Holland	70
4.2.1 Routes en zoekgebieden	70
4.2.2 Investerings in de infrastructuur	71
4.2.3 Regionale spin-off: economische effecten.....	72
4.2.4 Impact op regionaal vestigingsklimaat.....	76
4.2.5 Maatschappelijke kosten	77
4.2.6 Belangrijkste bevindingen	80

4.3	Zuid-Holland	83
4.3.1	Routes en zoekgebieden	83
4.3.2	Investerings in de infrastructuur	84
4.3.3	Regionale spin-off: economische effecten.....	85
4.3.4	Impact op regionaal vestigingsklimaat.....	88
4.3.5	Maatschappelijke kosten	89
4.3.6	Belangrijkste bevindingen	92
4.4	Noord-Brabant.....	94
4.4.1	Routes en zoekgebieden	94
4.4.2	Investerings in de infrastructuur	95
4.4.3	Regionale spin-off: economische effecten.....	95
4.4.4	Impact op regionaal vestigingsklimaat.....	98
4.4.5	Maatschappelijke kosten	99
4.4.6	Belangrijkste bevindingen	102
4.5	Zeeland	104
4.5.1	Routes en zoekgebieden	104
4.5.2	Investerings in de infrastructuur	105
4.5.3	Regionale spin-off: economische effecten.....	106
4.5.4	Impact op regionaal vestigingsklimaat.....	109
4.5.5	Maatschappelijke kosten	110
4.5.6	Belangrijkste bevindingen	113
5	Conclusies	115
5.1	Landelijk beeld.....	115
	Hoge maatschappelijke kosten door redispatch	116
	Spreiding elektrische aansluitingen maatschappelijk gezien gunstig, clustering ongunstig	117
	Zonder diepe aansluiting hoge maatschappelijke kosten voor netimpact op land.....	117
	Externe kosten door hinder voor omwonenden geen doorslaggevende factor in kostenafweging tussen de configuraties	118
5.2	Overkoepelend beeld regionale analyses.....	118
	Investerings en effecten voor de regionale economie.....	118
	Impact op regionale vestigingsklimaat	119
	Impact op mens en natuur.....	120
	Bronnen.....	121
	Bijlage.....	122
	A Lijst met geïnterviewden	122
	B Nationale welvaart.....	122

C Regionale analyses.....	123
C.1 Noord-Nederland.....	123
C.2 Noord-Holland	123
C.3 Zuid-Holland.....	125
C.4 Noord-Brabant.....	126
C.5 Zeeland.....	127
D Verdieping methodiek externe effecten	128
Colofon.....	138

LEESWIJZER

Voor u ligt de beoordeling Brede Welvaart (Economie) als onderdeel van de IEA van Programma VAWOZ. Het doel van dit rapport is – op hoofdlijnen – een overzicht te bieden van de welvaartseffecten van de infrastructuur binnen het Programma VAWOZ. Aan de hand van de methodiek van een maatschappelijke kostenbaten-analyse (MKBA) brengen we de welvaartseffecten vanuit een zo breed mogelijk welvaartsperspectief in kaart. Hierbij raakt het aan verschillende thema's van brede welvaart (bijv. milieu, arbeid, gezondheid, wonen, economisch kapitaal), maar zijn niet alle thema's relevant voor of binnen de scope van onze welvaartsverkenning (bijv. veiligheid, sociaal kapitaal, handel en hulp).

Hoofdstuk 2 bevat het beoordelingskader en de gehanteerde methodiek. Hoofdstuk 3 bevat de resultaten van de welvaartsverkenning op nationaal niveau voor de 'aanlandconfiguraties' (verschillende samenstellingen van routes van elektrische- en waterstofverbindingen) en een landelijk beeld van de resultaten van de analyses van de regionale spin-off. In de regionale analyses in hoofdstuk 4 (paragraaf 4.1 t/m 0) hebben we ons gericht op die elementen van de welvaartsverkenning die het meest onderscheidend zijn voor regio's. De regionale analyses kunnen in principe afzonderlijk gelezen worden.

1 Inleiding

In dit rapport is een analyse gemaakt van de (brede) welvaartseffecten van de elektrische verbindingen, waterstofverbindingen, stations (converter- en aanlandstations voor waterstof) en elektrolyzers (op land) in het Programma VAWOZ (Verbindingen Aanlanding Wind op Zee). Het thema Brede Welvaart (economie) is één van de zes thema's van de Integrale Effectenanalyse (IEA) voor het programma.

Uitgangspunt van Programma VAWOZ is het aansluiten van 10 elektrische en 2 waterstofverbindingen met een gezamenlijk vermogen van ongeveer 29 GW. In de IEA wordt er gekeken naar de effecten van elektrische verbindingen, waterstofverbindingen en grootschalige elektrolyse. Zo worden de verschillende (route) alternatieven met elkaar vergeleken. Verder zijn er op land per aanlandregio zoekgebieden gedefinieerd voor converterstations, aanlandstations voor waterstof en elektrolyzers. Ten slotte worden ook converterstations op zee (platforms) meegenomen. Elektrolyzers op zee vallen buiten de scope van Programma VAWOZ.

De aanlandregio's/programma's die we in dit rapport onderzoeken, zijn:

- Noord-Nederland (PAWOZ);
- Noord-Holland;
- Zuid-Holland;
- Noord-Brabant (Nederwiek 3);
- Zeeland.

Onderzoek naar diepe aanlandingen niet langer in pVAWOZ

Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee (pVAWOZ) onderzoekt waar en hoe we windenergie van zee in de toekomst met stroomkabels en waterstofleidingen aan land kunnen brengen. Uitgangspunt voor pVAWOZ voor de zogenaamde 'diepe aanlandingen van wind op zee' naar Tilburg, Maasbracht en Graetheide was de situering van de benodigde kabels in de buisleidingenstrook. De mogelijkheden voor gelijkstroomkabels via de buisleidingenstrook zou onderzocht worden in het project Delta Rhine Corridor (DRC). De minister heeft in december 2024 echter besloten om gelijkstroomkabels uit de DRC te halen om snelheid te kunnen maken met de ontwikkeling van het waterstofnetwerk en een CO2 verbinding. Zie [Kamerbrief scope en vervolg DRC](#). Met het ontbreken van een tracé voor de gelijkstroomkabels zijn de onderzoeken naar diepe aanlandingen voor pVAWOZ komen te vervallen.

Landelijke spreiding en het ver landwaarts aansluiten van een of meer elektrische aanlandingen van wind op zee is van belang om netcongestie te voorkomen. Daarom is door het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) een nieuw onderzoekstraject gestart voor aanlandingen van wind op zee diep landinwaarts. In een zogenaamde voorverkenning diepe aanlandingen brengt KGG in samenwerking met TenneT in beeld welke aansluitlocaties en welke zoekgebieden voor de routes voor stroomkabels vanuit toekomstige windparken op de Noordzee nader moeten worden onderzocht. Op basis van de voorverkenning wordt besloten of het vervolgonderzoek plaatsvindt in de vorm van een programma of een (brede) projectprocedure.

Doel

Het doel van dit rapport is een overzicht te bieden van de welvaartseffecten van de infrastructuur binnen het Programma VAWOZ. Aan de hand van de methodiek van een maatschappelijke kostenbaten-analyse (MKBA) brengen we de welvaartseffecten vanuit een zo breed mogelijk

welvaartsperspectief in kaart. Hierbij raakt het aan verschillende thema's van brede welvaart¹ (bijv. milieu, arbeid, gezondheid, wonen, economisch kapitaal), maar zijn niet alle thema's relevant voor of binnen scope van onze welvaartsverkenning (bijv. veiligheid, sociaal kapitaal, handel en hulp).

We bekijken de welvaartseffecten van Programma VAWOZ in dit rapport aan de hand van vijf verschillende configuraties. Deze configuraties geven een bandbreedte van de mogelijke toekomstige ontwikkelingen van het energiesysteem. Met deze bandbreedte vergaren we zoveel mogelijk inzichten over de impact van de verschillende configuraties op de nationale welvaart. Het betreft de volgende vijf scenario's (configuraties)²:

- **Ruimtelijke optimalisatie** – evenredige verdeling van de aanlandingen in Nederland;
- **Energiecorridors** – geclusterde aanlanding op enkele locaties in Nederland;
- **Geen aanlanding Kop van Noord-Holland** – een scenario zonder aanlandingen in Noord-Holland;
- **Geen diepe aanlanding** – een scenario zonder diepe aanlandingen;
- **Spreiding zonder Eemshaven** – een scenario zonder extra aanlandingen in de Eemshaven.

¹ <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/monitor-brede-welvaart-en-de-sustainable-development-goals>

² De vijf configuraties zijn opgesteld in het kader van het onderdeel systeemintegratie en moeten de 'hoeken van het speelveld' laten zien. In het bijbehorende rapport (deelrapport Systeemintegratie) wordt de keuze voor de vijf configuraties verder toegelicht.

2 Beoordelingskader

In dit hoofdstuk lichten we het beoordelingskader toe en gaan we in op de methodiek voor het beoordelen van de verschillende effecten. In ons beoordelingskader maken we onderscheid tussen twee typen criteria:

- **Nationale welvaart**, strevend naar de hoogste maatschappelijke welvaart en beoordeeld op directe, indirecte en externe effecten;
- **Regionale spin-off**, strevend naar de beste regionale spin-off en beoordeeld op directe en indirecte economische effecten.

In de volgende paragraaf (2.1) beschrijven we de methodiek voor het beoordelen van de nationale welvaart (de welvaartsverkenning). De aanpak voor de analyse van regionale effecten beschrijven we in paragraaf 2.2.

2.1 Nationale welvaart

Voor de beoordeling van de nationale welvaart voeren we een welvaartsverkenning uit, waarin we gebruik maken van de MKBA-methodiek. In onderstaand kader beschrijven de belangrijkste uitgangspunten hiervan en gaan we tevens in op de looptijd van de analyse en de discontovoet die we gebruiken.

MKBA-methodiek en toepassing binnen de welvaartsverkenning

Door middel van een MKBA kunnen de huidige en de toekomstige voor- en nadelen van ruimtelijke projecten 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. In dit geval: het energiesysteem levert de Nederlander de mogelijkheid goederen en diensten te produceren en consumeren, en daarmee voorziet het in economisch nut.

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 meegewogen en effecten die wel onderdeel zijn van financiële afweging bij de aanleg ervan. Een voorbeeld hiervan is de compensatie voor agrariërs indien bekabeling door landbouwgebied wordt aangelegd, waarvoor vrijwillige compensatie plaatsvindt voor de geleden hinder (welvaartsverlies). Met een dergelijke compensatieregeling voor onkosten of geleden schade krijgen zogenaamde externe ruimtelijke effecten een prijs in de gemaakte ruimtelijke afweging, gericht op wel of niet aanleggen van bepaalde infrastructuur in een gebied. Een voorbeeld van zo'n extern effect betreft het uitzicht op elektriciteitsinfrastructuur (bij bijvoorbeeld een converterstation) vanuit de ruimere omgeving. Kortom, het Nederlandse energiesysteem kent een aanzienlijke impact op de woon- en leefomgeving, maar dankzij onder andere regel- en vergunningverlening wordt een significant deel van deze impact al geïnternaliseerd in de directe financiële investeringen.

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 in dit project geen complete MKBA voorstaan maar een deel van de (onderscheidende) effecten per variant in beeld brengen, beschouwen we dit als een 'welvaartsverkenning'. Het verschil met een klassieke MKBA is dat wij in onze welvaartsverkenning niet vergelijken met een zogenaamd nulalternatief. Daarin wijkt deze analyse duidelijk af van een MKBA.

In de welvaartsverkenning hanteren we de volgende uitgangspunten:

- De **looptijd van de analyse** is 40 jaar (gebaseerd op de levensduur van de infrastructuur) en beslaat de periode 2035-2074. De kosten en baten worden uitgedrukt in het prijspeil van 2024. Investeringsen zullen veelal plaatsvinden tussen 2031-2040; met de kanttekening dat investeringsbeslissingen (zogenaamde Financial Investment Decisions of FID's) daarvoor al eerder zullen moeten worden gemaakt. In onze modellering hebben we aangenomen dat alle infrastructuur in 2035 wordt gerealiseerd en dat ook alle investeringen in dat jaar plaatsvinden.
- De resultaten worden gepresenteerd in een contante waarde over de hele looptijd van de analyse. Alle kosten en baten worden verrekend met een **discontovoet** van 2,25%, conform aanbevelingen van de Werkgroep Discontovoet (Ministerie van Financiën, 2020).
- De afbakening van de studie betreft **welvaarteffecten voor alle inwoners van Nederland**. Dit is voor rijksbeleid de meest voor de hand liggende keuze. Als er substantiële welvaartseffecten voor het buitenland zijn of grensoverschrijdende effecten, worden deze wel in beeld gebracht, maar telt dit niet mee in het MKBA-saldo.
- De kosten en baten worden gepresenteerd aan de hand van de effecten die bij de verschillende partijen optreden. Aangezien we de welvaartseffecten voor heel Nederland bepalen, hanteren daarbij we **géén sectorspecifieke financieringskosten en risico-opslagen**.

In een welvaartanalyse of MKBA worden doorgaans drie typen effecten onderscheiden:

- Directe effecten;
- Indirecte effecten;
- Externe (of maatschappelijke) effecten.

Deze drie type effecten vormen ook de structuur voor onze welvaartsverkenning. In de volgende paragrafen gaan we hier uitgebreid op in.

2.1.1 Directe effecten

Directe effecten zijn de voor- en nadelen voor de exploitant (in dit geval: TenneT, Gasunie of de exploitant van een elektrolyser) van de projectalternatieven ten opzichte van elkaar. Het gaat hierbij met name om investeringskosten (CAPEX), operationele kosten (OPEX)³ en opbrengsten voor de exploitant. Voor veel infrastructuur geldt in principe een verwijderplicht na afloop van de vergunningstermijn. Daarom kijken we in dit rapport ook naar de verwijderingskosten (ABEX). Voor de waterstofroutes hebben we hier een inschatting van Gasunie voor ontvangen; voor de elektrische routes hebben we hierover geen informatie beschikbaar.

In het vervolg van deze paragraaf omschrijven we de methodiek en aannames voor het bepalen van directe kosten voor de volgende onderdelen:

³ Dit betreft onder andere onderhouds-, reparatie- en inspectiewerkzaamheden. Voor offshore kabels vindt tijdens de gebruiksfase bijvoorbeeld onderzoek plaats om te bepalen of de kabels nog op voldoende diepte liggen. Daarnaast worden de kruisingen met eventuele overige kabels en leidingen gecontroleerd. Indien nodig vinden er reparaties plaats.

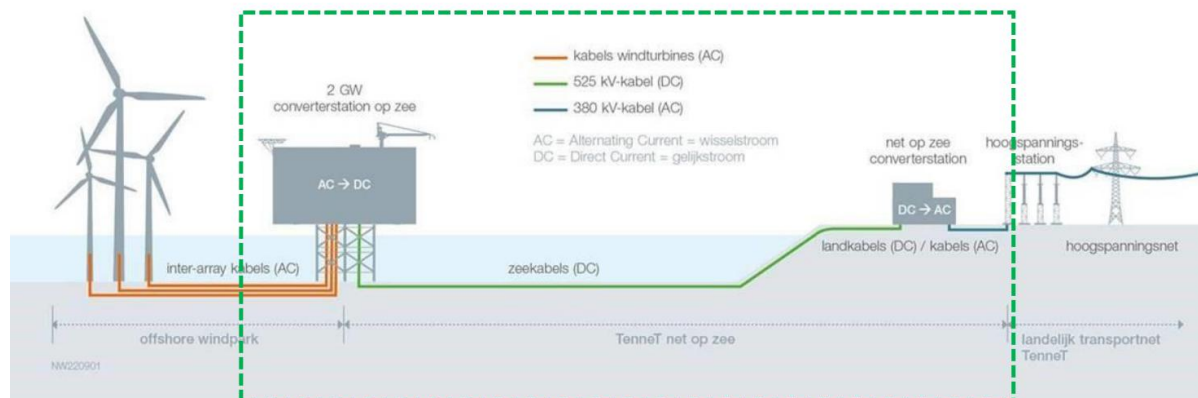
- Elektricitetskabels (onshore en offshore);
- Waterstofleidingen (onshore en offshore);
- Onshore elektrolyzers;
- Netverzwaring en redispatch.

Elektricitetskabels, platforms en converterstations

In deze paragraaf presenteren we de methodiek voor de investeringskosten (CAPEX) voor offshore platformen, elektrische kabels en converterstations. Ter illustratie staan de onderdelen van een elektrische verbinding afgebeeld in Figuur 2-1. De investeringskosten zijn vanwege vertrouwelijkheid geaggregeerd weergegeven. Dat wil zeggen dat de kosten voor platforms samengevoegd zijn met de kosten voor offshore kabels; de kosten voor converterstations zijn samengevoegd met onshore kabels.

TenneT heeft vanwege de vertrouwelijkheid van de gegevens voor VAWOZ geen inschatting aangeleverd voor de operationele kosten (OPEX). Daarom gebruiken wij in onze analyse het kengetal dat voor de IEA van Nederwiek 3 is gebruikt: 1% van de CAPEX.⁴ Dit kengetal passen we toe op de onshore en offshore kabels, de platforms en de converterstations.

Op dit moment zijn er nog geen verwijderingskosten (ABEX) beschikbaar voor elektrische bekabeling, zowel niet voor onshore als offshore kabels. We laten deze kosten dan ook buiten beschouwing in dit onderzoek. Dit zal de conclusies uit onze analyse slechts beperkt beïnvloeden; onderlinge verschillen tussen routes zouden met het meenemen van de ABEX slechts vergroot worden (langere en dus duurdere routes zullen immers duurder zijn om te verwijderen).



Figuur 2-1 Onderdelen elektrische verbinding van 2GW-gelijkstroomverbinding

De totale investeringskosten (CAPEX) van de elektrische kabels bestaan in de analyse uit de volgende, door TenneT aangeleverde, componenten:

- Materialen;
- Civiele werkzaamheden;
- Engineering, procurement en construction (EPC);
- Owner costs, zoals projectmanagement en verzekeringen;
- Contingency costs, ofwel onvoorziene kosten.

⁴ Met deze inschatting sluiten we aan bij de analyse voor Nederwiek 3: [IEA - Nederwiek 3](#)

Ten slotte is er nog een aantal uitgangspunten welke van invloed zijn op de kosten:

- De kosten zijn geschat met een verwachte nauwkeurigheid van -30% tot +40%⁵;
- Alle kosten staan in prijspeil 2024 weergegeven;
- Voor de economische levensduur van de kabels en converterstations neemt TenneT 40 jaar aan.

We hebben deze aannames voor de onderlinge vergelijkbaarheid ook toegepast op de kostenschattingen uit programma Nederwiek 3 en PAWOZ, dit staat verder toegelicht in onderstaand kader. Tevens lichten we in het kader toe op welke wijze de ontwikkelingen rondom de Delta Rhine Corridor (DRC) zijn meegenomen in het onderzoek.

Nederwiek 3 en PAWOZ

De aanlandregio's Eemshaven en Moerdijk zijn onderdeel van de VAWOZ configuraties, zoals eerder besproken in hoofdstuk 1. We nemen de kosten van de relevante routes uit de programma's Nederwiek 3 en PAWOZ mee in de analyse om een totaalbeeld te schetsen van het kostenplaatje van de verschillende configuraties. Voor Nederwiek 3 gaat het om alle elektrische routes naar Moerdijk, voor PAWOZ betreffen dit elektrische routes X (tunnelvariant) en route II (Eemsdollard). Om de onderlinge vergelijkbaarheid van routes te waarborgen, gebruiken we dezelfde aannames als bij de VAWOZ routes. We maken gebruik van een onzekerheidsmarge van -30% tot +40% bovenop de CAPEX en geven de kosten weer in prijspeil 2024.

Delta Rhine Corridor (DRC)

Ook de aanlandregio's Noord-Brabant (Tilburg) en Limburg (Maasbracht en Graetheide) maken onderdeel uit van de configuraties, zoals besproken in hoofdstuk 1. Deze elektrische kabels zouden via de Delta Rhine Corridor diep aangeland worden, echter is dit wegens recente ontwikkelingen niet mogelijk. Om toch een beeld te schetsen van de diepe aanlandingen, als onderdeel van de configuraties, maken we gebruik van een proxy voor de kosten van de DRC. Deze proxy is slechts een grove schatting van de mogelijke kosten wanneer er een onshore tracé los naar Noord-Brabant of Limburg wordt aangelegd. Het kengetal voor het onshore tracé in €/KM is opgesteld aan de hand van het gemiddelde van de volgende twee onderdelen:

- *Mediaan van alle onshore tracés binnen programma VAWOZ*
- *Mediaan van alle onshore tracés in Noord-Brabant en Limburg*

Dit kengetal hebben we vermenigvuldigd met het aantal kilometers dat de oorspronkelijke diepe aanlandingen door de DRC zouden lopen. Voor Tilburg gaat het om zo'n 40 kilometer, voor Limburg loopt dit op tot ten minste 160 kilometer, beide afhankelijk van de locatie van het converterstation. Evenals bij de kosten van de VAWOZ, Nederwiek 3 en PAWOZ routes, maken we gebruik van een onzekerheidsmarge van -30% tot +40% bovenop de CAPEX en geven de kosten weer in prijspeil 2024.

Bij de selectie van route-opties voor VAWOZ is het doel geweest om ankerplaatsen, nautische gebieden zoals munitiedumpplaatsen, gesloten gebieden en obstakels op het zeebed te vermijden. Ook is rekening gehouden met routing om zandwingebieden en Natura 2000-gebieden⁶ heen en ligging ten opzichte van doorgaande vaarroutes. Kosten voor baggeren zijn opgenomen in de toegepaste kentallen. Een aantal factoren, die in sommige gevallen voor extra kosten kunnen zorgen, zijn niet meegenomen in de kosten. Onderstaand kader beschrijft deze kosten.

⁵ Class 4 AACE classification

⁶ Routes op zee doorkruisen waarschijnlijk bijna overal Natura 2000-gebied, omdat een groot deel van de kustzone Natura 2000-gebied is. Dit gebeurt echter op dezelfde wijze als op de rest van de zee en levert dus geen extra kosten op. Op land wordt Natura 2000-gebied in principe omzeilt. Als er geen andere mogelijkheid is, wordt het gebied doorkruist door middel van boringen (dit zit al in de kosten).

Doorkruising landbouwgebieden

Doorkruising van landbouwgebieden kan tot extra kosten leiden. Het aanleggen van bekabeling door landbouwgronden kan leiden tot directe kosten, zoals schade aan gewassen en gederfde inkomsten. Daarnaast kan de aanleg tot indirecte kosten leiden, die verbonden zijn aan het degraderen van de bodemstructuur, en dus de potentie voor het groeien van gewassen op aangetaste stukken grond. De directe kosten, i.e. de gewasschade ten gevolge van de aanleg van kabels, worden jaarlijks per gewas bepaald door de Land- en Tuinbouw Organisatie van Nederland (LTO, 2023). Omdat de tracés op dit moment nog niet vastliggen, is het nog niet bekend waar en door welk landbouwgebied de tracés precies zullen lopen (wel wordt er gekeken naar mogelijkheden om perceelgrenzen zo veel mogelijk te volgen)¹. De kosten voor het compenseren van boeren zijn dus nog niet meegenomen in het kostenplaatje en worden hierom tijdelijk meegenomen als extern effect. In bijlage D worden deze effecten verder toegelicht middels een rekenvoorbeeld.

Verwijderen/verwerken verontreinigde grond

Op dit moment zijn er nog geen bodemonderzoeken gedaan op de potentiële tracés en converterstationslocaties. Het is dus niet bekend of er verontreinigingen zijn op deze locaties. Daarom is deze factor niet onderscheidend in deze fase van het onderzoek.

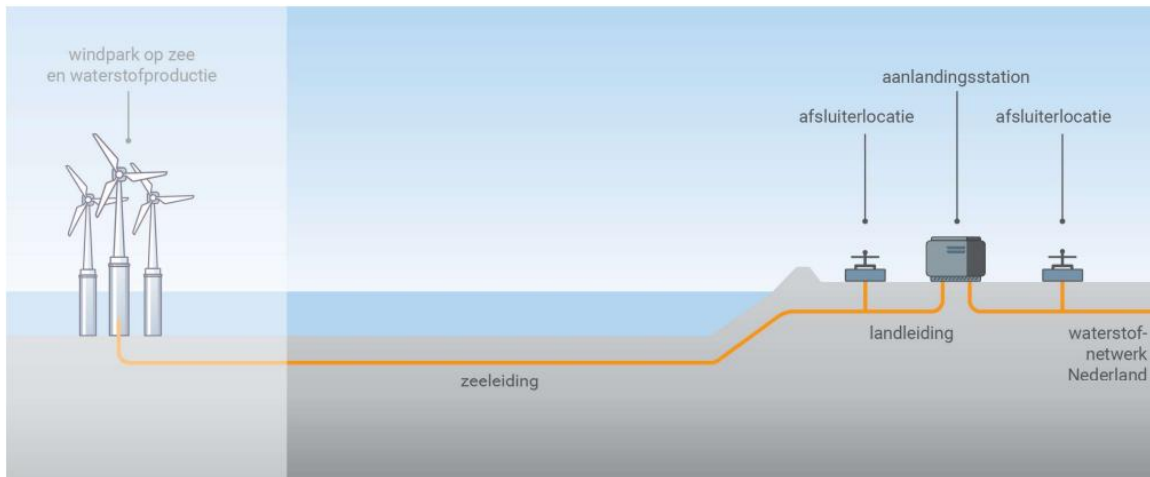
Archeologische vondsten

TenneT traceert om bekende archeologische objecten (zoals wrakken) heen. Als er tijdens de aanleg een archeologisch object wordt gevonden, is dat een 'toevalsvondst' van een tot dan toe onbekend archeologisch object. De kans hierop is bijzonder klein. Het tracé wordt vooraf diverse keren bekeken middels 'surveys'. Als men daarin wat vindt, past TenneT de tracering aan; op die manier blijven potentiële archeologische waarden intact en de kabels onbeschadigd. In principe is het aandeel van archeologische vondsten op de totale aanneemsom dichtbij nul of nul. De routes in het Programma VAWOZ zijn hierin dus ook niet onderscheidend.

Waterstofleidingen en aanlandstations

In deze paragraaf presenteren we de investeringskosten voor offshore- en onshore waterstofleidingen en aanlandstations. Ter illustratie staan de onderdelen van de waterstofleiding afgebeeld in Figuur 2-2⁷. De kosteninschattingen zijn aangeleverd door Gasunie en specifiek uitgevoerd in het kader van Programma VAWOZ. We gaan kort in op de aannames voor de CAPEX, OPEX en ABEX. Merk op dat offshore elektrolyse buiten de scope van pVAWOZ valt en dat we dit dus niet hebben meegenomen in onze analyse.

⁷ Figuur afkomstig uit NRD PAWOZ, gepubliceerd op 11 oktober 2024.



Figuur 2-2 Onderdelen waterstofverbinding

De totale investeringskosten (CAPEX) van de waterstofleidingen en aanlandstations bestaan in de analyse uit de volgende, door Gasunie aangeleverde, componenten:

- Materialen;
- Civiele werkzaamheden;
- Engineering, procurement en construction (EPC);
- Owner costs;
- Contingency costs.

Verder is er rekening gehouden met verschillende type baggerwerkzaamheden, kruisingen (van bestaande leidingen en kabels) en speciale boringen (van 'microtunnels' om vaargeulen te doorkruisen). Vergelijkbaar met de kosteninschattingen voor kabels, zijn potentiële extra kosten voor doorkruising van landbouwgebieden, verwijderen/verwerken van verontreinigde grond en archeologische vondsten niet meegenomen.

De OPEX en ABEX voor waterstofleidingen en aanlandstations zijn te zien in Tabel 2-1. De door Gasunie aangeleverde kosteninschattingen voor de investering in aanlandstations (€ 25 miljoen) differentiëren niet tussen de verschillende aanlandlocaties, omdat de exacte locaties van de stations nog niet bekend zijn. Voor de economische levensduur van de leidingen en aanlandstations neemt Gasunie respectievelijk 50 en 30 jaar aan.

Tabel 2-1 OPEX, ABEX en levensduur van waterstofinfrastructuur

	Waterstofleidingen	Aanlandstations
OPEX (% van CAPEX)	1%	3%
ABEX (% van CAPEX)	10%	20%
Economische levensduur	50 jaar ⁸	30 jaar

Het Nederlandse offshore gasnet is al decennia oud. Gasunie heeft geen recente ervaring met de bouw van offshore gasleidingen en kan daardoor niet op basis van eigen ervaringen kentallen opstellen. In de afgelopen 15 jaar zijn ook door andere partijen geen grote gasleidingen op het Nederlandse deel van de Noordzee aangelegd. Wel is het mogelijk om via uitgevoerde studies en ook online beschikbare studies een kengetal te bepalen. De nauwkeurigheid van de

⁸ De levensduur van deze leidingen ligt hoger dan de looptijd van de welvaartsanalyse. Hier hebben we in onze analyse niet voor gecorrigeerd.

kosteninschatting is volgens Gasunie laag: -30% tot +100%. Deze is opgebouwd uit de range van -30% tot +50%⁹ plus een ophoging van de bovengrens van 50 procentpunt (vanwege de volatiliteit van de marktomstandigheden en recente informatie). Om deze reden rekenen we in onze analyses met een totale onzekerheidsmarge van -30% tot +100%. Om de onderlinge vergelijkbaarheid te waarborgen, passen we deze aannames ook toe op de kosten voor leidingen uit PAWOZ, zie onderstaand kader.

PAWOZ

Regio Eemshaven is een mogelijke aanlandlocatie voor de waterstofverbindingen uit programma VAWOZ. We nemen de ontvangen kosten uit programma PAWOZ voor routes X (tunnelvariant) en routes II (Eemsdollard) mee in onze analyse. Om de onderlinge vergelijkbaarheid van routes te waarborgen, gebruiken we dezelfde aannames als bij de waterstofleidingen binnen programma VAWOZ. We maken gebruik van een onzekerheidsmarge van -30% tot +100% bovenop de CAPEX en geven de kosten weer in prijspeil 2024.

Onshore elektrolyzers

Binnen programma VAWOZ wordt er gezocht naar ruimte voor grootschalige onshore elektrolyse. Waterstofproductie met behulp van elektrolyse kan ingezet worden als flexibiliteitsbron, waarmee vraag en aanbod van elektriciteit op het net gebalanceerd kunnen worden. De inzet van dergelijke flexibiliteitsbronnen is noodzakelijk op de lange termijn, zeker om de toenemende productie van windparken op zee beter aan te laten sluiten op de minder weersafhankelijke elektriciteitsvraag. In dit onderzoek gaan we uit van de volgende bandbreedte voor kosteninschatting, gebaseerd op het RHyCEET-model van TNO¹⁰:

- Hoge kosten variant met weinig schaalvoordelen¹¹
- Lage kosten variant met meer schaalvoordelen¹²

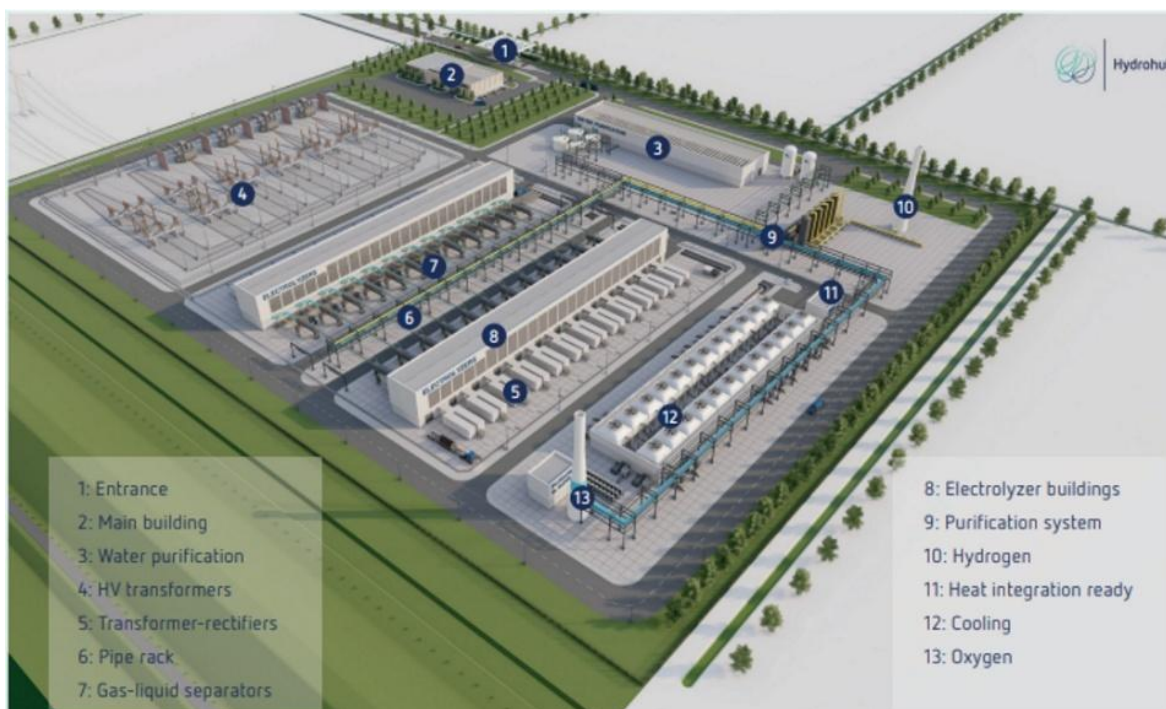
Met deze bandbreedte bedraagt de CAPEX van een 1 GW elektrolyser zo'n **2,6 tot 3,1 miljard euro**, de jaarlijkse OPEX zal ongeveer **0,8 miljard euro** bedragen. De inkomsten van een elektrolyser laten we in deze studie buiten beschouwing. In de volgende paragraaf schetsen we een beeld van de huidige business case van elektrolyzers aan de hand van het RHyCEET-model van TNO. Tevens bespreken we de onzekerheden gepaard met de ontwikkeling van elektrolyse. Een impressie van een dergelijke plant is te zien in Figuur 2-3.

⁹ Class-4 kosteninschatting

¹⁰ TNO (2024) heeft de Renewable Hydrogen Cost Element Evaluation Tool (RHyCEET) ontwikkeld om de kostprijs van groene waterstofproductie te berekenen en inzicht te vergaren in de opbouw van deze kostprijs.

¹¹ Op basis van een elektrolyser met 100MW capaciteit

¹² Op basis van een elektrolyser met 200MW capaciteit



Figuur 2-3 Impressie elektrolyserplant (bron: ISPT)

Investerings in elektrolyzers

Allereerst lichten we kort toe waar de investeringskosten voor elektrolyzers uit bestaan. De CAPEX van een elektrolyserplant is uit de volgende onderdelen opgebouwd:

- **65%** bestaat uit **directe kosten**, waaronder investeringen in het elektrolyser systeem (30%), balance of the plant (30%) en compressors (7%);
- **9%** bestaat uit **indirecte kosten**, zoals kosten voor management en civiele werkzaamheden;
- **9%** bestaat uit **owner cost**, zoals de kosten voor de grond en engineering werkzaamheden;
- **17%** bestaat uit een **contingency opslag** voor onvoorziene kosten.

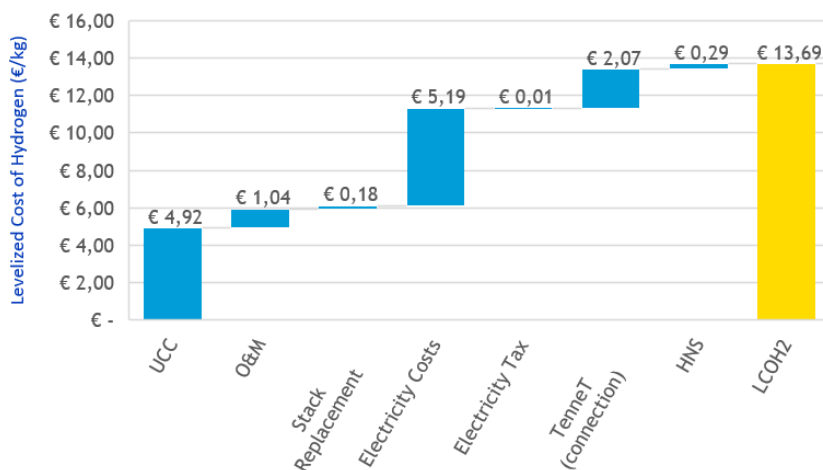
Naast de investeringskosten van de elektrolyserplant, zijn er een aantal jaarlijkse operationele kosten (OPEX) om de productie van waterstof mogelijk te maken. De volgende (jaarlijkse) operationele kosten maken onderdeel uit van het RHyCEET-model:

- **Operating and maintenance**, een vast percentage van de directe kosten;
- **Stack replacement**, kosten voor het vervangen van de stacks van de elektrolyser;
- **Elektriciteit**, de kosten voor de elektriciteit welke omgezet zal worden in waterstof;
- **Elektriciteitsbelasting**, de belasting welke voor elektriciteit betaald moet worden;
- **Aansluiting TenneT**, de aansluitingskosten van het elektriciteitsnet;
- **Aansluiting HNS**, de aansluitingskosten op de waterstofbackbone (DRC).

Waterzuivering elektrolyse

Op dit moment heerst er nog veel onzekerheid over de totale kosten van elektrolyse; elektrolyse wordt immers nog niet op grote schaal toegepast om waterstof te maken. Het is mogelijk dat er nog andere operationele kosten een grote rol kunnen spelen in het totale kostenplaatje. Een voorbeeld hiervan is mogelijk de waterzuivering van een elektrolyser. Alhoewel de kosten voor waterzuivering een relatief beperkt aandeel hebben in de totale kosten van waterstofproductie, kunnen de kosten wel (sterk) variëren afhankelijk van de beschikbare waterbron. Zo is er bij een brakke of zoute waterbron meer zuivering nodig en nemen de kosten dus toe. Ook kan het in bepaalde gebieden mogelijk nodig zijn rekening te houden met buffering van water, wanneer beperkte beschikbaarheid water wordt verwacht. Dit blijkt uit onderzoek van Royal Haskoning DHV, waarin ze voor verschillende waterbronnen¹ hebben gekeken naar de uitdagingen rondom de watervoorziening van elektrolysers (Royal Haskoning DHV, 2024).

Om een indicatie te geven van de orde grootte van de CAPEX en OPEX op de lange termijn gebruiken we de Levelised Cost of Hydrogen (LCOH). De kostprijs (€) van één kilogram waterstof in een periode van **15 jaar** is ongeveer €13,70. In Figuur 2-4 is de opbouw van de kostprijs van waterstof weergegeven. De Unit Cost of Capital (UCC) geven de CAPEX per kilogram waterstof weer, de overige kostenposten maken onderdeel uit van de OPEX.



Figuur 2-4 Basisscenario 100 MW elektrolyse RHyCEET-model (15 jaar)

Wanneer men de capaciteit (100 MW) naar boven aanpast, zullen de investeringskosten per unit waterstof afnemen, gezien er in dit geval schaalvoordelen optreden.¹³ De jaarlijkse operationele kosten, met uitzondering van de kostenpost Operations and Management, blijven daarentegen ongeveer gelijk in het model.

Gezien er op dit moment geen data beschikbaar is van de investeringssom van een 1 GW elektrolyser, extrapoleren we de kosten van een kleinere elektrolyser naar een 1 GW capaciteit. Om een beeld te schetsen van de kosten van een 1GW elektrolyser, maken we in de studie gebruik van de volgende bandbreedte in totale kosten:

- Hoge kosten variant met weinig schaalvoordelen: 100 MW elektrolyser
- Lage kosten variant met meer schaalvoordelen: 200 MW elektrolyse

De kosten voor zowel de CAPEX als OPEX van beide varianten staan weergegeven in Tabel 2-2.

¹³ Ditzelfde effect zal plaatsvinden op het moment dat de economische levensduur van de elektrolyser naar boven wordt opgeschaald wordt (naar meer dan 15 jaar).

Tabel 2-2 CAPEX en jaarlijkse OPEX elektrolyser, bedragen in mln. €

	Hoge kosten: 100 MW	Lage kosten: 200 MW
Eenmalige CAPEX	305	525
Jaarlijkse OPEX	80	155
Eenmalige CAPEX – 1GW	3.050	2.630
Jaarlijkse OPEX – 1GW	795	770

Onzekerheden bij ontwikkeling elektrolyzers

Op dit moment zijn er grote onzekerheden rondom de ontwikkeling van elektrolyzers. Zo is het lastig om tot een sluitende business case te komen voor elektrolyse, onder andere door de hoge kostprijs van waterstof (LCOH). Het is bijvoorbeeld onzeker hoe de netkosten zich over de komende decennia gaan ontwikkelen; deze kunnen oplopen tot zo'n 40% van de kostprijs van waterstof. Daarnaast zijn er nog andere ontwikkelingen, zoals de vraag naar groene waterstof en netcongestie, die onzekerheid met zich meebrengen. Hierdoor zien we dat er op dit moment, binnen de huidige plannen 2 voor elektrolyse, vrijwel geen definitieve investeringsbeslissingen worden genomen.¹⁴ Op het moment dat de ontwikkeling van elektrolyse niet of in mindere mate van de grond komt, zal er gekeken moeten worden hoe het systeem dan in balans wordt gebracht met de ambitie van 50GW wind op zee¹.

Schaalvoordelen en leereffecten

Op de lange termijn, wanneer elektrolyse al verder ontwikkeld is, treden er mogelijk positieve effecten op die een significante rol kunnen spelen in de hoogte van de totale kosten. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de leercurve van de technologie van elektrolyserplants. Dit zou betekenen dat er naar mate er meer groene waterstof geproduceerd wordt, de kosten per eenheid groene waterstof dalen als gevolg van efficiëntere productie. Naast leereffecten kunnen schaalvoordelen ook nog een significante rol spelen in het drukken van directe kosten. Wanneer er op de lange termijn grootschalige elektrolyse mogelijk is, kunnen de investeringskosten over een hogere productie van groene waterstof uitgesmeerd worden. Een 'lichte' vorm van deze schaafeffecten is al aanwezig wanneer we van een 100MW elektrolyser (hoge kosten variant) naar een 200MW elektrolyser (lage kosten variant) schakelen.

Netverzwaring en redispatch

Om de vermogens van wind op zee op het elektriciteitsnet aan te sluiten zijn er ingrepen op land noodzakelijk. Het wegnemen van de knelpunten op het elektriciteitsnet kan in de vorm van netverzwaring of redispatch. Bij netverzwaring wordt het net door netbeheerders verzwared om aan de transportvraag te kunnen voldoen. Bij redispatch wordt het elektriciteitsnet juist niet uitgebreid, maar wordt er aan de ene zijde van het tracé 'afgeregeld' en aan de andere zijde 'opgeregeld' om de vraag en het aanbod van elektriciteit in balans te houden (dit hebben we verder toegelicht in onderstaand tekstkader). Wanneer men kiest voor redispatch of netverzwaring hangt af van een economisch en een technisch kantelpunt (wanneer is het rendabel om in te zetten op netverzwaring en wanneer is het technisch noodzakelijk om in te zetten op netverzwaring?).

In de praktijk kan niet elk knelpunt direct opgelost worden via netverzwaring. Dit komt voornamelijk door de lange doorlooptijden (vergunningprocessen, wachttijden door bestaande plannen voor uitbreiding van de infrastructuur, etc.). Gezien de ontwikkelingen van het elektriciteitsnet gaan we

¹⁴ We nemen de huidige plannen voor elektrolyse voor 50% mee in onze aannames over de benodigde hoeveelheid elektrolyse om vraag en aanbod van elektriciteit op het net te balanceren. Dit wordt verder toegelicht in deelrapport Systeemintegratie.

binnen de welvaartsanalyse uit van de realisatie van de benodigde netverzwaringen 10 jaar na de aanleg van de kabels vanuit programma VAWOZ¹⁵; in de eerste 10 jaar zal er enkel redispatch plaatsvinden, zelfs wanneer netverzwaring goedkoper zou zijn. Na 10 jaar worden bij de grote knelpunten (meer dan 0,1 TWh aan overschotten) de benodigde netverzwaringen gerealiseerd en worden enkel kleinere knelpunten (minder dan 0,1 TWh) op het net via redispatch opgelost. Alhoewel elk knelpunt in de praktijk een ander economisch kantelpunt kent, hebben we in onze modelering aangenomen dat deze kleinere knelpunten onder het economische kantelpunt liggen om te kiezen voor netverzwaring.

Vooralsnog is het onzeker welke ingrepen aan het elektriciteitsnet op land nodig zijn om de elektriciteit naar vraag elders in het land te transporteren. Dit wordt verder toegelicht in *deelrapport Systeemintegratie*. In de welvaartsverkenning kijken we wel in het bijzonder naar de geplande Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN), waarvoor al een concreter beeld bestaat dan de overige netverzwaringen.

De redispatchkosten waar we in onze berekeningen mee hebben gerekend hebben we als volgt opgebouwd:

- **Huidige kosten redispatch:** hiervoor volgen we een recente publicatie van TenneT, waarin ze uitgaan van redispatchkosten van € 200/MWh (TenneT, 2024).
- **Externe kosten CO₂-emissies regelbare centrales:** door extra inzet van centrales die draaien op aardgas, ontstaan er CO₂-emissies waarvan de maatschappelijke kosten niet zijn geïnternaliseerd in de huidige kosten voor redispatch. We zijn er vanuit gegaan dat voor elke MWh aan redispatch ook één MWh elektriciteit moet worden opgewekt in een regelbare centrale. De externe kosten lopen op van ongeveer € 150/MWh in 2035 tot € 280/MWh in 2050. In paragraaf 2.1.3 beschrijven we hoe we deze externe kosten voor CO₂ hebben gemonetariseerd.
- **Meerkosten inzet groene waterstof in regelbare centrales:** wanneer regelbare centrales op den duur overgaan op groene waterstof, zullen er geen externe kosten meer zijn voor CO₂-emissies. Wel zal de inzet van groene waterstof duurder zijn dan aardgas, waardoor de kosten voor redispatch zullen stijgen. Er bestaan grote onzekerheden over de toekomstige kosten voor de productie van groene waterstof. In onze analyse hebben we aangenomen dat de meerkosten voor groene waterstof ten opzichte van aardgas vergelijkbaar zijn aan de externe kosten voor CO₂-emissies van regelbare centrales op aardgas¹⁶. Voor onze berekening maakt het daarom niet uit op welk moment in tijd regelbare centrales van aardgas overgaan op groene waterstof.

¹⁵ De aanname van 10 jaar is afgestemd met TenneT en gebaseerd op bestaande plannen voor netverzwaringen van TenneT, waardoor extra netverzwaringen pas daarna kunnen plaatsvinden.

¹⁶ De huidige kosten voor groene waterstof zijn bijna €14/kg waterstof (zie voorgaande paragraaf over kosten elektrolyse). Dit komt overeen met ruim €450/MWh waterstof, en ongeveer €800/MWh voor inzet van waterstofcentrales voor redispatch. Het is echter de verwachting dat de kosten van groene waterstof wel zullen dalen door leereffecten en schaalvoordelen. Bij een kostendaling richting €7/kg waterstof zijn de kosten voor redispatch met groene waterstofcentrales vergelijkbaar als de kosten voor redispatch met aardgascentrales inclusief de externe kosten voor CO₂-emissies.

Duiding redispatchkosten

Bij de redispatchkosten gaan we uit van de huidige wijze van redispatch, waarbij er om dreigende transportknelpunten op 380kV-verbindingen aan de ene zijde 'afgeregeld' wordt (minder opwek of meer vraag) en aan de andere zijde een gelijke energiehoeveelheid 'opgeregeld' wordt (meer opwek of minder vraag). Op deze wijze blijft de nationale balans van vraag en aanbod gelijk. Dit leidt echter wel tot significante kosten, aangezien er zowel voor het afregelen als opregelen betaald moet worden. Daarbij gaan we uit van afregelen van wind op zee en opregelen door regelbare centrales.

Aangezien de knelpunten op de 380kV-verbindingen primair komen door een overschot aan elektriciteit van wind op zee, zijn er mogelijk manieren om deze redispatchkosten te verlagen. Daarmee zijn onze inschattingen van redispatchkosten mogelijk een overschatting. Zo kan het opregelen ook gebeuren door flexibele afnemers (zoals elektrolyzers) die tegen betaling minder stroom afnemen. Daarnaast kan het ook een optie zijn om windparken op zee een variabel transportrecht te geven, waardoor zij op momenten dat congestie dreigt geen windstroom mogen invoeden. Hierdoor komt de elektriciteit überhaupt niet op de markt, en hoeft er daarom ook niet op een andere locatie opgeregeld te worden. Op deze manier hoeft de netbeheerder ook geen redispatchkosten te betalen, maar dit levert alsnog maatschappelijke kosten op aangezien het ten koste gaat van de business case van exploitanten van de windparken op zee.

Bij de berekening van de redispatchkosten hebben we aangenomen dat alle overschrijdingen van de transportcapaciteit met redispatch opgelost kunnen worden. In de praktijk zal dit echter technisch gezien niet altijd mogelijk zijn, met name bij grote transportknelpunten. Als transportknelpunten niet opgelost kunnen worden met redispatch, en stroom niet geleverd kan worden, dan zullen de maatschappelijke kosten nog een stuk hoger zijn. Dit benadrukt het belang dat het schema van implementatie van wind op zee de netverzwaringenplannen volgt.

2.1.2 Indirecte effecten

Indirecte effecten zijn de effecten die voortvloeien uit de directe effecten van de routealternatieven en locatiezoekgebieden. Preciezer gesteld: de doorwerking van directe effecten via transacties naar andere markten (zoals de arbeidsmarkt) in de economie. In de praktijk is het welvaartseffect door indirecte effecten vaak beperkt. In onze welvaartsverkenning nemen we de volgende twee effecten mee:

- Werkgelegenheid;
- Vestigingsklimaat.

Werkgelegenheid

In het kader van het effect op werkgelegenheid kijken we naar de doorwerking op de arbeidsmarkt: een bepaalde oplossingsrichting kan leiden tot extra *directe* werkgelegenheid ten opzichte van de alternatieve oplossingsrichting. Hierbij maken we onderscheid tussen *tijdelijke* en *structurele* werkgelegenheid. In dit onderzoek gaat het om de volgende effecten:

- *Tijdelijke directe werkgelegenheid.* Voor de aanleg van de infrastructuur die we in deze welvaartsverkenning meenemen, zal er (tijdens de realisatiefase) een tijdelijke vraag naar arbeid ontstaan. Gezien de tijdelijkheid van deze arbeidsvraag laten we dit effect buiten beschouwing.
- *Structurele directe werkgelegenheid.* Tijdens de operationele fase zal er een structurele vraag naar arbeid ontstaan. Dit bestaat uit de exploitatie (voornamelijk in het geval van elektrolyzers) en onderhoud/inspectie van de infrastructuur. De arbeidsvraag voor onderhoudswerkzaamheden aan de overige infrastructuur bepalen we op basis van de operationele kosten, het geschatte aandeel dat hiervan naar loonkosten gaat¹⁷ en het

¹⁷ Voor waterstofleidingen en aanlandstations gaan we uit van 50% (bron: Gasunie).

gemiddelde bruto loon (loonkostenbenadering). De omvang van de arbeidsvraag voor elektrolysers schatten we op basis van een intern Werkgelegenheidsmodel van CE Delft én door middel van een loonkostenbenadering.

We kunnen de werkgelegenheid in een MKBA of welvaartanalyse echter niet één op één als welvaartseffect zien. Bij een beperkte omvang van de beroepsbevolking (arbeidsaanbod) zal baancreatie op de ene plek vaak banenverlies op een andere plek betekenen: er vindt verdringing op de arbeidsmarkt plaats. Het tekstkader hieronder beschrijft de welvaartseffecten die een rol spelen bij het bepalen van de netto welvaartswinst. De geschatte welvaartswinst komt neer op de extra belastingafdrachten en een besparing op uitkeringen die een betaalde baan met zich mee brengt. Dit geldt in beide gevallen alleen voor personen die vanuit een werkloosheidsituatie aan het werk gaan (ofwel er geen verdringing plaatsvindt met andere banen).

In onze analyse gaan we ervan uit dat de helft van de arbeidsvraag wordt gevuld door personen vanuit de werkloosheid (en voor de anderen helft dus een andere baan verdringt). De besparing op uitkeringen bepalen we op basis van de huidige bijstandsuitkering van een alleenstaande: € 1.284 (Rijksoverheid, 2024a). Voor de loonkosten per persoon maken we gebruik van de (over alle sectoren) gemiddelde bruto loonkosten per FTE: €63.100 (CBS, 2024). Uitgaande van een goed functionerende arbeidsmarkt – waarin er op de korte termijn frictiewerkloosheid kan bestaan, maar waar op de lange termijn een nieuw evenwicht ontstaat – kunnen we veronderstellen dat het additionele welvaartseffect op termijn wegeeft. Vanuit de ‘Werkwijzer voor kosten-batenanalyse in het sociale domein’ wordt hiervoor geen harde tijdsperiode voorgeschreven. In onze analyse gaan we ervan uit dat het effect drie jaar aanhoudt. Hierbij moeten we de kanttekening plaatsen dat het voor onderhoud- en reparatiewerkzaamheden voor kabels en leidingen niet bekend is wanneer deze precies plaatsvinden; deze onzekerheid kunnen we niet meenemen. De aanname dat het effect drie jaar aanhoudt, kan dus tot een overschatting van het werkelijke (verdisconteerde) effect leiden.

Berekening welvaartswinst

De welvaartswinst door een verhoogde productie of investering kan worden berekend als de werkgelegenheidsverandering maal de arbeidskosten ervan, plus de verandering van arbeidskosten voor de bestaande werkgelegenheid. Deze welvaartswinst wordt gedeeltelijk tenietgedaan doordat het extra arbeidsaanbod ten koste gaat van vrije tijd en een eventuele uitkering. Het verlies aan vrije tijd dient van de productietoename te worden afgetrokken. Wat overblijft is de welvaartswinst door extra belastingafdrachten en een besparing op uitkeringen. Deze kunnen worden gewaardeerd tegen geldende belastingtarieven en uitkeringsniveaus. Wanneer onduidelijk is wat voor type uitkeringsgerechtigden door de extra werkgelegenheid aan de slag gaan, kan het beste uit worden gegaan van een bijstandsuitkering voor een alleenstaande.

Bron: [Werkwijzer voor kosten-batenanalyse in het sociale domein](#)

Vestigingsklimaat

Een ander indirect effect dat we meenemen, is het effect op het (*regionale*) *vestigingsklimaat*, waarmee we uitdrukking geven aan de mate waarin nieuwe bedrijvigheid wordt aangetrokken en/of bestaande bedrijvigheid wordt behouden. Een beter functionerend energiesysteem zonder congestie en onbalans en met toegang tot groene waterstof kan helpen bedrijven een hogere productiviteit te realiseren dan de situatie zonder verbetering in de aanlanding van wind op zee. Dit effect zullen we kwalitatief beschrijven en beoordelen op basis van inzichten uit de interviews (specifiek voor elektrolysers) en eigen expertise. Infrastructuur en knooppunten van hernieuwbare

energie in combinatie met flexopties (batterijen, waterstof) kunnen het aantrekkelijk maken voor nieuwe energie-intensieve activiteiten om zich in de buurt te vestigen om direct toegang te hebben tot groene elektronen of groene moleculen. Dergelijke knooppunten worden beschreven als energy hubs (Royal HaskoningDHV, 2024).

2.1.3 Externe effecten

Het energiesysteem heeft een grote ruimtelijke impact op onze omgeving. Het is voor veel mensen zichtbaar, heeft een versturende invloed op landschap en natuurgebieden, en kan gezondheidseffecten voor de omwonenden met zich mee brengen. Externe (of maatschappelijke) effecten betreffen effecten die *onbeoogd* zijn door de initiatiefnemer. 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 indien deze inpassingsmaatregelen de externe effecten adequaat reguleren. Een hiervan is het ruimen van ontplofbare oorlogsresten.

Daar waar mogelijk brengen we effecten **kwantitatief** in beeld. Een voorbeeld betreft geluidhinder welke op permanente basis kan optreden ten gevolge van de aanleg van infrastructuur, i.e. converterstations, aanlandstations en elektrolyzers. Voor het inschatten van deze externe effecten is gebruikgemaakt van kengetallen verkregen via literatuur en experts.

Andere externe effecten worden **kwalitatief** beoordeeld. Een voorbeeld daarvan is het welvaartsverlies door aantasting van bodem en water op zee door de aanleg van kabels en leidingen. Daar waar dit significant differentieert tussen de opties is dit kwalitatief meegenomen. Belangrijke, niet te monetariseren effecten nemen we daarom mee als PM-post (pro memorie post), die ook in het totaalsaldo van de MKBA gepresenteerd wordt. Beleidsmakers kunnen deze PM-posten zelf wege/meenemen in de afweging van de alternatieven.

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 milieuwet- en regelgeving ten aanzien van ruimtelijke ordening. De kosten ter preventie of compensatie van deze effecten zijn dan onderdeel 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 voor geleden schade worden externe effecten geïnternaliseerd. We geven expliciet aan wanneer er sprake is van externe effecten en wanneer deze al geïnternaliseerd zijn.

Algemene methode beoordeling maatschappelijke effecten

Als eerste schatten we de projecteffecten van de oplossingsrichtingen in. Het gaat hierbij om volume-effecten, bijvoorbeeld om het aantal huishoudens dat hinder ondervindt van een converterstation. Maatgevend voor deze projecteffecten zijn functionele eenheden zoals de afstand

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 – Definitief

van woningen tot een converterstation en het aantal woningen dat naar verwachting geluidhinder ondervindt door het plaatsen van een dergelijk station¹⁸. We maken hiervoor deels gebruik van inschattingen van de beoordeling Milieu & Ruimte en deels van eigen analyses.

Hierna worden de projecteffecten vertaald naar welvaartseffecten, uitgedrukt in euro's (zie onderstaand tekstkader). Om hiertoe te komen worden zoals gezegd in eerste instantie de volume-effecten in kaart gebracht per type ruimtegebruik. In deze welvaartsverkenning kijken we elektriciteitskabels, waterstofleidingen, converterstations, aanlandingsstations (waterstof) en elektrolyzers. De methodiek van hoe welvaartseffecten worden vastgesteld is afhankelijk van hoe specifiek de locatie is vastgesteld:

- **Specifiek:** indien de exacte locatie van de componenten bekend is, kan er concreet gekeken worden naar de impact per gebiedstype (zie Tabel 2-3) en/of de gehele omgeving, welke direct vertaald kunnen worden in welvaartseffecten. Zo kan bijvoorbeeld het welvaartseffect van hinder door de aanleg van offshore bekabeling bepaald worden aan de hand van de specifieke doorkruisingen van de kabels door gebieden bestemd voor bepaalde economische activiteiten (bijvoorbeeld zandwinning of scheepvaartroutes).
- **Niet-specifiek (straal of gebied):** Omdat de grootte van het welvaartseffect van deze componenten afhangt van de locatie, wordt er onderscheid gemaakt in het type gebied. Dit kan bijvoorbeeld volgens de indeling van land in landbouw, bebouwd, industrie, natuur en recreatie. Op deze wijze kan de hinder van de infrastructuur per oppervlakte van een gebiedstype berekend worden, wat vertaald kan worden in een generieke beoordeling van het welvaartseffect.

Niet elk extern effect kan vertaald worden naar een welvaartseffect uitgedrukt in euro's. Hieronder geven we additionele toelichting over hoe we deze externe effecten beoordelen.

Tabel 2-3 Indeling gebiedstypen

Industrie	Natuur	Bebouwing	Landbouw	Recreatie
Bedrijfsterrein	Bos	Bebouwd	Landbouw en overige agrarisch	Recreatie
Spoortterrein	Droog en nat natuurlijk terrein	Semi-bebouwd		
Vliegveld	Water			
Glastuinbouw				
Hoofdweg				

Bepalen gemonetariseerde hinder per omwonende:

1. Volume-effect per type ruimtegebruik
2. Aantal omwonenden dat hinder ondervindt
3. Effect per omwonende
4. Welvaartsverlies = aantal omwonenden * effect per omwonende

Afbakening externe effecten

In de welvaartsverkenning trachten we significante welvaartseffecten zoveel als mogelijk te monetariseren. Externe effecten worden alleen in de welvaartsverkenning meegenomen als deze differentiëren tussen de verschillende alternatieven. Dus wanneer er bijvoorbeeld in optie A

¹⁸ De verwachte geluidhinder kan door mitigerende maatregelen (zoals isolatie) wel verminderd worden, echter kunnen we op dit detailniveau nog geen uitspraak doen over de mate waarin deze maatregelen doeltreffend zijn.

hetzelfde converterplatform op dezelfde locatie op zee geplaatst zou worden 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.

Tabel 2-4 geeft een overzicht van de welvaartseffecten die we hebben onderzocht, de aard van het effect (tijdelijk of permanent), de mate van impact en de beoordeling (kwalitatief of kwantitatief). De permanente welvaartseffecten van geluidhinder en landgebruik door de plaatsing van converterstations, aanlandstations en elektrolyzers kunnen we binnen dit onderzoek in euro's uitdrukken. De andere externe effecten omschrijven en beoordelen we kwalitatief.

In volgende paragraaf beschrijven we een beknopt beoordelingskader voor de externe effecten die we zullen moneteriseren. In bijlage D beschrijven we de methodiek voor alle externe effecten.

Tabel 2-4 Overzicht onderzochte externe effecten

Type	Extern effect	Aard van effect	Impact o.b.v. fase 1	Beoordeling rapport
Zee	Scheepvaartverkeer	Tijdelijk	<i>Mogelijke impact</i>	Kwalitatief
	Militaire activiteiten	Tijdelijk	<i>Mogelijke impact</i>	Kwalitatief
	Visserij en Aquacultuur	Tijdelijk	<i>Nihil – voldoende uitwijkmogelijkheden</i>	-
	Zand- en schelpenwinning	Permanent	<i>Mogelijke impact</i>	Kwalitatief
	Gaswinning	Permanent	<i>Nihil – mitigerende maatregelen noodzakelijk</i>	-
Land	Geluid- en visuele hinder	Tijdelijk + permanent	<i>Mogelijke impact</i>	Kwalitatief + kwantitatief
	Landbouw	Tijdelijk + permanent	<i>Mogelijke impact</i>	Kwalitatief
	Ecologie	Tijdelijk + permanent	<i>Mogelijke impact</i>	Kwalitatief
	Landgebruik	Permanent	<i>Mogelijke impact</i>	Kwantitatief
Overig	CO ₂ -emissies	Permanent	<i>Mogelijke impact</i>	Kwantitatief

Kwantitatieve beoordeling

In deze paragraaf beschrijven we kort de methode voor de externe effecten die we in dit onderzoek zullen moneteriseren (in geld uitdrukken):

- Hinder voor omwonenden door netuitbreidingen;
- Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers;
- Biodiversiteitsverlies door landgebruik;
- CO₂-emissies door redispatch.

Hinder voor omwonenden door netuitbreidingen

Voor het effect van hoogspanningstracés op omwonenden kijken we naar het woningwaardeverlies binnen verschillende afstanden van de hoogspanningsmasten. In termen van welvaarteffecten kan deze waardedaling als een afspiegeling gezien worden van het werkelijke welvaartsverlies voor omwonenden. We volgen hierin de methode uit de welvaartsanalyse voor Programma Energiehoofdstructuur¹⁹, waarin gebruik is gemaakt van kengetallen van TenneT en bestaande literatuur. Merk op dat onshore kabels en leidingen ondergronds worden aangelegd en daarmee – in vergelijking met bovengrondse infrastructuur – relatief weinig hinder veroorzaken.

TenneT hanteert naast de standaard planschaderegeling een uitkoopregeling voor woningen die als 'gevoelige bestemming' worden aangemerkt. Gevoelige bestemmingen betreffen woningen,

¹⁹ [Welvaartsanalyse PEH - Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023](#)

scholen, crèches en kinderdagverblijven die in de magneetveldzone komen te liggen²⁰. 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. 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 hoogspanningstracés zien. In volgend tekstkader wordt hier uitgebreider 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.

Inschatting woningwaardeverlies

De 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.

Bron: letterlijke overname uit [Welvaartsanalyse PEH - Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023](#)

Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers

Omwonenden kunnen door de plaatsing van een converter-, aanlandstation, of elektrolyser in de nabije omgeving permanente geluidhinder ondervinden. De negatieve externe effecten die gerelateerd zijn aan permanente geluidhinder door de plaatsing van infrastructuur wordt via het volgende stappenplan beoordeeld²¹:

²⁰ 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 bebouwingsdichtheid 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.

²¹ Gezien de exacte locaties van de infrastructuur nog niet bekend zijn, maken we een inschatting van de mogelijke hinder a.d.h.v. het stappenplan.

1. Bepaling van de perceelgrootte waarop men hinder kan ondervinden middels de contourafstand (i.e. de straal rondom het gebouw waarop men hinder kan ondervinden);
2. Bepaling van de verhouding van gebiedsomvang waarop hinder plaats vindt ten opzichte van de totale oppervlakte van het zoekgebied: *(perceelgrootte van contourafstand) / oppervlakte zoekgebied*;
3. Berekening van het aantal personen in het zoekgebied dat mogelijk hinder ondervindt: *aantal woningen binnen het zoekgebied x gemiddeld aantal personen per huishouden*;
4. Schatting van het gemiddelde welvaartsverlies: *verhouding gebiedsomvang (%) x totaal aantal personen die mogelijk geluidhinder ondervinden het zoekgebied x externe kosten geluidhinder²²*.

Tabel 2-5 Contourafstanden per type infrastructuur

Type infrastructuur	Contourafstand (50 dB (A) etmaalwaarde)
Converterstation	580 meter
Aanlandstation	50 meter
Elektrolyser	600 meter

Tabel 2-6 Waarderingen geluidhinder (Handboek Milieuprijzen), bedragen €₂₀₂₄ per persoon per jaar

Geluidwaarderingen wegverkeer (dB (A) Lden)	Onderwaarde	Centrale waarde	Bovenwaarde
40-45	€ -	€ -	€ -
45-50	€ -	€ 60	€ 80
50-55	€ 110	€ 237	€ 293
55-60	€ 369	€ 518	€ 610
50-65	€ 732	€ 903	€ 1.033
65-70	€ 1.198	€ 1.392	€ 1.561
70-75	€ 1.768	€ 1.986	€ 2.196
75-80	€ 2.441	€ 2.686	€ 2.937
80+	€ 2.891	€ 3.151	€ 3.429

Bron: (CE Delft, 2023)

Biodiversiteitsverlies door landgebruik

Voor het moneteriseren van het verlies aan ruimte op land maken we wederom gebruik van het Handboek Milieuprijzen van CE Delft (2023). De externe kosten voor landgebruik zijn gebaseerd op het verlies in biodiversiteit bij landgebruik en bedragen tussen de €0,09 en €0,16 (m²/jaar), prijspeil 2024. De oppervlakte van de infrastructuur is leidend in het moneteriseren van het landgebruik. Het geschatte welvaartsverlies varieert hierdoor enkel in het type infrastructuur, e.g. converterstation, landstation en elektrolyser. De benodigde oppervlaktes en bijbehorende bandbreedte aan kosten staan weergegeven in Tabel 2-7.

Tabel 2-7 benodigd (permanent) oppervlakte per type infrastructuur en bijbehorende kosten, 40 jaar

Type infrastructuur	Oppervlakte (hectare)	Lage kosten, in mln, 40 jaar	Hoge kosten, in mln, 40 jaar
Converterstation	5,5	€ 0,13	€ 0,24
Aanlandstation	2	€ 0,05	€ 0,09
Elektrolyser	20	€ 0,48	€ 0,87

* de kosten staan weergegeven in prijspeil 2024

CO₂-emissies door redispatch

²² Vanuit het Handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2023).

In paragraaf 2.1.1 hebben we besproken hoe er door redispatch – bij de inzet van regelbare centrales die op aardgas draaien – CO₂-emissies kunnen ontstaan. De maatschappelijke kosten van deze emissies zijn niet geïnternaliseerd in de redispatchkosten.

Voor het bepalen van de externe effecten van CO₂-emissies van schrijft de Algemene Leidraad MKBA voor de efficiënte CO₂-prijzen uit de WLO te gebruiken (WLO Laag en Hoog, en tweegraden gevoeligheid). De CO₂-prijzen uit de WLO – die in 2025 worden geüpdatet – dateren echter uit 2016 (en zijn daarmee in onze ogen te laag). De CO₂-effecten monetariseren we daarom aan de hand van de CO₂-prijzen uit het Handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2023). De prijzen per ton zijn uitgedrukt in prijspeil 2024 en zijn inclusief btw. Een uitgebreide toelichting hierop staat uitgewerkt in onderstaand tekstkader. Tabel 2-8 geeft een overzicht van de CO₂-prijzen die we gebruiken. Voor de tussenliggende jaren hebben we de cijfers geïnterpoleerd; de prijs na 2050 hebben we gezien klimaatneutraliteit in 2050 constant gehouden.

Tabel 2-8 CO₂-prijzen o.b.v. Handboek Milieuprijzen, middenwaarde IPCC 1,5 graad

	2035	2040	2045	2050
CO₂-prijs incl. btw (€₂₀₂₄ per ton)	324	400	494	610

Bron: Handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2023)

Toelichting gehanteerd CO₂-prijzen

In 2015 hebben het Centraal Planbureau (CPB) en Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) de Welvaart en Leefomgeving Scenario's (WLO-scenario's) opgesteld. Dit betreft twee intern consistente scenario's die uitgaan van verschillende economische groeivoeten, maar ook van verschillend klimaatbeleid. In het WLO-Laag-scenario wordt verondersteld dat internationale coördinatie op klimaatvlak maar beperkt van de grond komt, en de mondiale opwarming van de aarde in 2100 uitkomt tussen de 3,5 en 4 °C. In WLO-Hoog wordt een sterkere economische groei verondersteld, die mede leidt tot meer steun voor een strenger klimaatbeleid. In dit scenario blijft de opwarming van de aarde beperkt tot een range van 2,5 tot 3°C in 2100.

In 2016 hebben het CPB en PBL efficiënte CO₂-prijzen bepaald die passen bij de twee WLO-scenario's. De efficiënte CO₂-prijs kan gezien worden als de minimale mondiaal geldende CO₂-belasting die nodig is om de opwarming van de aarde te beperken tot ±3,75 of ±2,75°C in respectievelijk WLO-Laag en -Hoog. In WLO-Laag is de efficiënte CO₂-prijs aanzienlijk lager dan in WLO-Hoog omdat er minder dure klimaatmaatregelen nodig zijn om de opwarming te beperken tot het veronderstelde maximum.

Sinds het verschijnen van de WLO-scenario's in 2015 heeft het Nederlandse en Europese klimaatbeleid een vlucht genomen. Nederland kent een klimaatwet met een doelstelling die geijkt is op beperking van de opwarming van de aarde tot 1,5 °C, en ook binnen de Europese Unie wordt klimaatbeleid gebaseerd op veel ambitieuzere doelstellingen dan het CPB en PBL in 2016 hebben aangenomen. In 2025 zullen CPB en PBL nieuwe WLO-scenario's publiceren waarin het veronderstelde klimaatbeleid naar verwachting flink zal worden aangescherpt. Dit zal tevens leiden tot hogere efficiënte CO₂-prijzen.

In MKBA-richtlijnen worden opstellers van MKBA's aanbevolen om bij beprijzing van klimaateffecten de CO₂-prijzen van PBL en CPB uit 2016 te gebruiken. Om te voorkomen dat onze welvaartsanalyse een jaar na verschijnen verouderd is vanwege gedateerde CO₂-prijzen, hebben we besloten in dit onderzoek af te wijken van deze aanbeveling en laten we de welvaartseffecten zien op basis van hogere, en in onze ogen, realistischere CO₂-prijzen: de middenwaarde in het Handboek Milieuprijzen, gebaseerd op 1,5 °C-compatibele prijspaden van de IPCC (CE Delft, 2023). Omdat de milieuprijzen voor andere stoffen (meestal) gebaseerd zijn op betalingsbereidheid, en de betalingsbereidheid inclusief btw wordt gemeten, wordt voor de CO₂-waardering in MKBA's aangeraden te rekenen met een gemiddeld btw-tarief van 18%. Dit hebben toegepast in de gehanteerde CO₂-prijzen in dit onderzoek.

2.2 Regionale spin-off

Voor het beoordelingscriterium regionale spin-off hebben we een analyse uitgevoerd van de *regionale (economische) effecten* van de infrastructuur die in het kader van VAWOZ gerealiseerd moet gaan worden. Regionale effecten zijn geen onderdeel van een nationale welvaartsanalyse, maar vormen een apart beoordelingscriterium in dit rapport.

In de analyse van de regionale economische effecten bepalen we welk deel van de directe investering als gevolg van de aanlandingen van wind op zee terugvloeiën naar de regio, de provincie en Nederland als geheel. Hierin maken onderscheid in twee type effecten:

- **Enmalige (tijdelijke) effecten:** dit zijn de effecten als gevolg van de *directe investering* voor de bouw en aanleg van de VAWOZ-infrastructuur. De investering in de aanlanding van wind op zee zorgt slechts voor een *tijdelijke toename* van de vraag naar goederen en diensten; het consumenten- en producentensurplus blijft ongewijzigd.
- **Structurele (jaarlijkse) effecten:** dit zijn de effecten als gevolg van de directe structurele investering in de operationele fase van de VAWOZ-infrastructuur.

Door middel van directe én indirecte bruto economische effecten en het bruto werkgelegenheidseffect, geven we inzicht in de baten voor de regionale economie in de *realisatie- en operationele fase* van de infrastructuur.

Directe investering (eenmalig)

Het bepalen van de regionale effecten doen we door te kijken naar waar – in welke regio in Nederland en in welke bedrijfstak – de investering in de infrastructuur terecht komt. Door middel van interviews²³ hebben we informatie verzameld over (mogelijke) leveranciers bij wie (een deel van) de aanbesteding terecht kan komen. In het geval van Nederlandse leveranciers hebben we dit deel van de investering vervolgens gekoppeld aan een locatie (COROP-regio²⁴) en een bedrijfstak (SBI).

Bepalen regio waarin directe investering plaatsvindt

Elke (Nederlandse) leverancier hebben we gekoppeld aan één COROP regio. Om deze koppeling te kunnen maken hebben we aantal aannames moeten doen:

- Als een leverancier verschillende vestigingen in Nederland heeft, hebben we – tenzij er een goede reden was anders aan te nemen – het hoofdkantoor als locatie aangewezen waar de investering plaatsvindt.
- Voor buitenlandse leveranciers waarbij het voor de hand ligt dat (een groot deel van) de investering bij een Nederlandse vestiging van dit bedrijf terecht komt, hebben we deze vestiging (vaak het Nederlandse hoofdkantoor) als locatie voor de investering aangewezen.
- Voor civiele werkzaamheden (bouw/aanleg en onderhoud routes) hebben we 50% van de investering toegerekend aan de regio waar infrastructuur ligt en 50% aan de regio waar het hoofdkantoor van de verwachte leveranciers staat. Ook voor werknemers voor elektrolyzers hebben we dit als uitgangspunt genomen (50% werkgelegenheid in de regio en 50% werkgelegenheid bij hoofdkantoren elektrolyserexploitanten).

Directe investering (jaarlijks)

De bestedingen – kosten voor de eigenaar – in de operationele fase zijn de basis voor de directe investering. We hebben deze bepaald op basis van de operationele kosten zoals beschreven in paragraaf 2.1.1.

In lijn met de directe investering, hebben we gegevens verzameld over (mogelijke) leveranciers bij wie de bestedingen terecht komen en hebben zo een koppeling gemaakt met de COROP-regio en de bedrijfstak waar de investering naar verwachting terecht komt. Voor de elektrische- en waterstofroutes hebben we bestaande raamwerkcontracten voor onderhoudswerkzaamheden aan kabels, leidingen, platforms en stations geraadpleegd.

²³ Voor elektriciteitskabels en converterstations hebben gesproken met TenneT, voor waterstofleidingen met Gasunie en voor elektrolyzers met AirLiquide, Ørsted, Shell en Yara.

²⁴ We hebben gekozen voor een analyse op COROP-regio niveau (een niveau lager dan provincie-niveau), omdat dit beter recht doet aan de regionale verschillen in de economische structuur.

Bepalen regio waarin structurele investering plaatsvindt

De aanpak komt op hoofdlijnen overeen met de aanpak voor het bepalen van de regio waarin de directe investering plaatsvindt. We hebben een aantal aanvullende aannames gedaan:

- Voor elektrolyzers maken we gebruik van de uitsplitsing van de operationele kosten in O&M, elektriciteitskosten, kosten voor aansluiting op het elektriciteitsnet en kosten voor aansluiting op het waterstofnet (zie Paragraaf 2.1.1). We maken hierbij de volgende opmerkingen:
 - *O&M*: voor dit onderdeel (waar de directe werkgelegenheid onder valt) hebben we aangenomen dat de ene helft van de investering terecht komt in de regio (van de locatie van de elektrolyser) en de andere helft in de regio van de hoofdkantoren van (mogelijke) exploitanten van elektrolyzers. De bedrijfstakken waaraan we de investeringen relateren, baseren we op de uitsplitsing naar type werkzaamheden (onderhoud, logistiek, IT, etc., welke volgen uit het Werkgelegenheidsmodel van CE Delft (2022)).
 - *Elektriciteitskosten*: we zijn er vanuit gegaan dat de bestedingen bij de windparkexploitanten terecht komen. Voor de locatie kijken we naar het hoofdkantoor van deze bedrijven, waarvan een aanzienlijk deel in het buitenland staat.
- Voor de onderhoudswerkzaamheden van kabels, leidingen, platforms en stations wijzen we het effect toe aan de locatie van het (Nederlandse) hoofdkantoor van de partijen uit de raamwerkcontracten, ook als dit een buitenlandse leverancier betreft.

Directe en indirecte economische effecten

Aanbestedingen die bij leveranciers terecht komen hebben ook een indirect effect, aangezien goederen en diensten van andere partijen worden aangewend om deze levering mogelijk te maken. Met behulp van een input-output (IO) model beschrijven we hoe deze investeringen kunnen doordruppelen naar andere regio's en bedrijfstakken. We bepalen hierbij het *bruto* economische effect (zie tekstkader voor nadere toelichting).

Bruto economische effecten

Het effect dat we berekenen is bruto, vanwege de definitie van de economische condities waaronder het model MRIO operationeel is. Het model berekent het effect van één investering, waarbij wordt geabstraheerd van andere bestedingen die concurreren om mensen en middelen (*ceteris paribus*). Tevens betekent bruto dat er geen terugkoppeling is met de goederen- en dienstenmarkt en arbeidsmarkt. De uitkomsten zijn daarom vergelijkbaar en bieden een interpreteerbare uitkomst, maar zijn geenszins een voorspelling in een sociaaleconomische en geografische realiteit waarin veel meer factoren van invloed zijn.

Input-outputtabel (of: IO-tabel)

In een economische analyse kunnen bestedingen op hun effect worden beoordeeld met behulp van een IO-tabel. Dat is een vierkante tabel die de onderlinge inzet en afzet van bedrijfstakken beschrijft. De IO-tabel heeft een algemene vorm:

- In de kolommen is de samenstelling van de waarde van de totale productie per bedrijfstak beschreven en waar de input vandaan komt: andere bedrijfstakken in het binnenland (de intermediaire input), import, het saldo kostprijsverhogende belastingen en -verlagende subsidies en de bruto toegevoegde waarde. De bruto toegevoegde waarde wordt onderverdeeld over kapitaal (winstinkomen ter compensatie van het ondernemersrisico) en arbeid (looninkomen ter compensatie van de ingezette arbeid).

- In de rijen is per bedrijfstak dezelfde totale productie verdeeld naar afzet beschreven: naar andere bedrijfstakken in het binnenland (intermediaire leveringen), export, huishoudens binnenland, en de overheid. De tabel beschrijft met name de binnenlandse intermediaire leveringen. De afzet van bedrijfstak A aan bedrijfstak B is de input van bedrijfstak van bedrijfstak B van A.

Het CBS stelt elk jaar een IO-tabel op van de Nederlandse economie. Veel economische vraagstukken doen zich echter regionaal voor. Een nationale IO-tabel schiet dan tekort, waarbij een regionale tabel uitkomst kan bieden. TNO heeft tussen 2012 en 2015 een nieuwe generatie multiregionale input-output (MRIO) naar provincie opgesteld met actuele brondata over interregionale goederenstromen en dito personenvervoer naar motief. Daarvoor is gewerkt vanuit de COROP regio's. In het kader van ons onderzoek heeft NEO Observatory de beschikbare MRIO-tabel aangepast en geactualiseerd. De MRIO-tabel beschrijft de intermediaire leveringen tussen 29 bedrijfstakken in 40 COROP-regio's in Nederland voor het jaar 2019. Deze is consistent met de nationale IO-tabel en met de regionaal-economische jaarcijfers van datzelfde jaar.

Multiplier

De IO-analyse bestaat uit het berekenen van achterwaartse productiemultipliers per bedrijfstak. De achterwaartse 'Leontief' multiplier heeft de algemene vorm $1, x$. De 1 betekent de directe investering, te lezen als 1 euro extra productie die door de inkoop van grondstoffen, halffabricaten en allerlei diensten van de andere bedrijfstakken x euro extra productie bij die andere bedrijfstakken veroorzaakt. Zij kopen ook weer bij andere bedrijfstakken in. Met de ratio banen/productie kan de extra werkgelegenheid als gevolg van de investering worden bepaald.

Verschillen in uitkomsten ontstaan vanuit het verschillende aanbod van kapitaal en arbeidsintensiteiten per regio of sector. De investering leidt tot een uitbreiding van de productie en de aanschaf van benodigde goederen en diensten in allerlei bedrijfstakken in dezelfde en/of andere regio. De specifieke structuren van de intermediaire leveringen bepalen de uitkomsten. Deze structuren zijn per regio uniek.

Berekenen van de multiplier

In de berekening wordt iedere inkoop door bedrijfstak i (voor $i = 1, \dots, 29$) uitgedrukt als verhouding van totale productie. Deze verhoudingen worden beschreven in matrix A , welke de technische coëfficiënten. Vervolgens hebben we de identiteitsmatrix I en matrix $A-I$. De inverse van $A-I$ is de Leontief-inverse. De som over elke kolom is de multiplier $1, x$ van elke bedrijfstak.

De analyse kent enige beperkingen:

- Het is statisch en lineair. Verhoging van de investering met 1,5 geeft een 1,5 maal zo groot effect. In werkelijkheid bestaan er echter non-lineairiteiten (denk bijvoorbeeld aan een agglomeratievoordeel). Er is geen terugkoppeling met arbeidsmarkten en goederen- en dienstenmarkten. De extra gevraagde goederen, diensten en arbeid gaan niet ten koste van andere, concurrerende investeringen. Dit is het bruto economische effect. In werkelijkheid zal dit niet altijd het geval zijn.
- De analyse is geen voorspelling, maar een veronderstelling waarbij dat het overige constant blijft (*ceteris paribus*). De economie is stilgezet en er wordt één investering gedaan.
- Investeringen die bij buitenlandse leveranciers terechtkomen, kunnen tot bestedingen bij lokale Nederlandse partijen leiden (indirect effect). Deze effecten hebben we in onze analyse niet mee kunnen nemen – we kijken alleen naar indirecte effecten die voortvloeien uit investeringen die (direct) in Nederland terechtkomen. Dit zal in sommige gevallen tot een onderschatting van de regionale spin-off effecten leiden.

3 Resultaten aanlandconfiguraties

We bekijken de welvaartseffecten van Programma VAWOZ in dit rapport aan de hand van vijf verschillende aanlandconfiguraties (zie Hoofdstuk 1). Deze configuraties schetsen een beeld van de bandbreedte van mogelijke ontwikkelrichtingen van het energiesysteem (verder toegelicht in deelrapport Systeemintegratie). In dit hoofdstuk bespreken we de **nationale welvaartseffecten** (paragraaf 3.1 t/m 3.4) en **regionale spin-off** (paragraaf 0) van de verschillende configuraties.

De vijf configuraties (allen 29 GW wind op zee) in het kort:

- **Ruimtelijke optimalisatie** – evenredige verdeling van de aanlandingen in Nederland;
- **Energiecorridors** – geclusterde aanlanding op enkele locaties in Nederland;
- **Geen aanlanding Kop van Noord-Holland** – een scenario zonder aanlandingen in de Kop van Noord-Holland;
- **Geen diepe aanlanding** – een scenario zonder diepe aanlandingen;
- **Spreiding zonder Eemshaven** – een scenario zonder extra aanlandingen in de Eemshaven.

Diepe aanlanding in configuraties

Zoals toegelicht in hoofdstuk 1, zijn wegens het ontbreken van een tracé voor de gelijkstroomkabels in de DRC de diepe aanlandingen voor pVAWOZ komen te vervallen. Om een landelijk welvaartsbeeld te kunnen schetsen én omdat er een nieuwe verkenning naar diepe aanlandingen start, hebben we de diepe aanlandingen echter wel meegenomen in de welvaartsverkenning van de configuraties. Hierbij sluiten we aan op het deelrapport *Systeemintegratie*.

Doorgerekende configuraties zijn geen wensbeelden

Er zijn vijf configuraties doorgerekend om begrip te krijgen van de effecten van verschillende globale verdelingen voor aanlanding van wind op zee, en van verschillende hoeveelheden aanlanding in specifieke regio's. De doorgerekende configuraties zijn zo opgesteld, dat ze zoveel mogelijk informatie op deze punten opleveren. Ze zijn expliciet *geen* wensbeelden. Er zijn ook andere configuraties mogelijk, bijvoorbeeld combinaties van de doorgerekende configuraties, die mogelijk nog gunstiger zijn.

3.1 Nationale welvaart: conclusies

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de resultaten van de analyse van nationale welvaart voor de aanlandconfiguraties. Elke configuratie omvat 29 GW wind op zee, waarbij evenveel energie aanlandt. De gepresenteerde waarden zijn het midden van de onzekerheidsmarges (zie Bijlage B voor tabel met bandbreedte). Onder de tabel gaan we verder met de belangrijkste conclusies.

Merk verder op dat we hier specifiek kijken naar een deel van de totale kosten en baten van het energiesysteem, namelijk die van de routes en onshore elektrolyse. Hiermee kan men een afweging maken tussen locaties voor aanlanding (het doel van pVAWOZ), maar bijvoorbeeld niet tussen de verhouding aanlanding van elektriciteit en waterstof. Het uitgangspunt van de analyses is realisatie van de onderzoeksopgave van pVAWOZ: 50 GW wind op zee waarvan 41 GW elektrische aanlanding en 9 GW offshore elektrolyse.

Tabel 3-1 Resultaten welvaartsverkenning aanlandconfiguraties 29 GW wind op zee, bedragen in mln. € en verdisconteerd over een looptijd van 40 jaar

Regio	Ruimtelijke optimalisatie	Energiecorridors	Geen aanlanding Kop van Noord-Holland	Geen diepe aanlanding	Spreiding zonder Eemshaven
Directe effecten					
Elektrische routes					
Eemshaven	-8.400	-28.700	-22.800	-16.900	0
Kop van Noord-Holland	-11.800	-17.600	0	-11.800	-5.900
Noordzeekanaalgebied	-4.300	0	-10.100	-10.100	-4.300
Rotterdam	-6.300	0	-6.300	-12.600	-18.900
Zeeland	-6.800	0	0	-6.800	-13.600
Moerdijk	-12.300	0	-6.200	-6.200	-6.200
Tilburg	0	0	-7.400	0	0
Limburg	-20.200	-30.300	-20.200	0	-20.200
Subtotaal	-70.100	-76.600	-73.000	-64.400	-69.100
Netimpact land ^{ab}					
Redispatch ^c	Δ 0	Δ -29.900	Δ -12.000	Δ -21.100	Δ -5.100
Netverzwaring ^d	Δ -1.300	Δ -1.900	Δ -1.200	Δ -2.600	Δ 0
Subtotaal	-1.300	-31.800	-13.200	-23.700	-5.100
Waterstofroutes	-8.250	-8.250	-8.250	-8.250	-8.250
Totaal directe effecten	-79.650	-116.650	-94.450	-96.350	-82.450
Indirecte effecten					
Directe werkgelegenheid	190	190	190	190	190
Vestigingsklimaat	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>
Externe effecten					
Geluidhinder	-5	-10	-5	-5	-10
Landgebruik	-10	-10	-10	-10	-10
Tijdelijke externe effecten ^e	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>	<i>Kwalitatief</i>
Hinder door netverzwaring	-1.050	-1.200	-1.050	-1.300	-850
Totaal externe effecten	-1.065	-1.200	-1.065	-1.315	-870
Totaal^f	-80.525 +/- PM	-117.660 +/- PM	-95.325 +/- PM	-97.475 +/- PM	-83.130 +/- PM

^a De directe kosten voor netimpact op land hebben we gepresenteerd als delta's (aangegeven met een Δ), waarbij we de kosten voor de configuratie met de laagste kosten gelijk hebben gesteld aan 0. Hiervoor hebben we gekozen omdat het niet mogelijk is exact te bepalen welk deel van de benodigde redispatch is toe te schrijven aan de aanlandingen vanuit pVAWOZ.

^b Uitbreiding van bestaande en aanleg van nieuwe 380kV-stations is hierbij niet meegenomen. Er is op de bestaande en geplande stations namelijk in principe voldoende capaciteit om de benodigde elektrische aanlandingen aan te sluiten. Daarom is dit niet meegenomen.

^c De inschatting voor de redispatchkosten is opgebouwd uit: *huidige* redispatchkosten (à € 200/MWh) + de *externe kosten* voor CO₂-uitstoot door de inzet van aardgas in regelbare elektriciteitscentrales + de directe meerkosten voor de inzet van groene waterstof in regelbare elektriciteitscentrales (wanneer deze niet meer op aardgas draaien). De weergegeven waarden zijn delta's; de referentiewaarde (Δ 0) is € -42,5 miljard, maar dit is niet volledig toe te schrijven aan pVAWOZ (zie Figuur 3-1 voor de totale redispatchkosten).

^d In de analyse hebben we – in overleg met TenneT – aangenomen dat de extra netverzwaringen op land die nodig zijn door de aanlandingen de eerste 10 jaar nog niet gerealiseerd kunnen worden. In die periode zal op grote schaal redispatch moeten worden toegepast (voor meer toelichting zie paragraaf 2.1.1). Deelrapport Systeemintegratie gaat dieper in op de knelpunten waar netverzwaringen nodig zijn. De weergegeven waarden zijn delta's; de referentiewaarde (Δ 0) is € -4,4 miljard, maar dit is niet volledig toe te schrijven aan pVAWOZ (zie Figuur 3-1 voor de totale netverzwaringkosten).

^e De tijdelijke externe effecten zijn beschreven in paragraaf 2.1.3.

^f Kwalitatief beoordeelde effecten zijn als PM-post weergegeven in het totaalsaldo.

Hoge maatschappelijke kosten door redispatch

- Er ontstaan hoge maatschappelijke kosten voor redispatch wanneer de uitrol van elektrische aanlandingen van wind op zee sneller gaat dan het tempo van netverzwaringen op land én de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit. De geschatte totale jaarlijkse redispatchkosten

bedragen € 2 tot 3,7 miljard zonder de netverzwaringen die nodig zijn bij de aanlandingen en € 20 tot 80 miljoen na de netverzwaringen.²⁵

- **Redispatchkosten kunnen grotendeels worden vermeden door een goede timing van het aansluiten van windenergie, waarbij men rekening houdt met hoe de (regionale) elektriciteitsvraag zich ontwikkelt en wanneer de benodigde netverzwaringen gerealiseerd kunnen worden.** Voor de bestudeerde aanlandingen in pVAWOZ betekent dit dat de maatschappelijke kosten voor redispatch afnemen als de aanlandingen later (dan nu in de huidige modelberekeningen is verondersteld) in de tijd worden gerealiseerd en/of als de benodigde netverzwaringen wél eerder gerealiseerd zouden kunnen worden. Ook het (regionaal) inzetten op vraagontwikkeling kan bijdragen aan het verlagen van redispatchkosten. Bij het plannen van de aanlandingen moet – rekening houdend met deze factoren – verder worden bestudeerd in welke volgorde de aanlandingen het best kunnen worden gerealiseerd zodat de maatschappelijke kosten het laagst zijn.
- **De kosten voor redispatch spelen een belangrijke rol in de vergelijking tussen de configuraties.** Redispatch vindt plaats wanneer niet alle stroom getransporteerd kan worden op het net. Dit kan worden opgevangen door windturbines tijdelijk uit te schakelen en gelijktijdig op een andere locatie elektriciteitscentrales in te schakelen of bedrijven te betalen om hun afname van elektriciteit aan te passen. Dit leidt enerzijds tot **directe kosten** (windparkenexploitanten betalen voor uitzetten turbines, centrales laten draaien, bedrijven betalen voor extra of minder afname), maar ook tot **externe kosten door CO₂-emissies** van de extra inzet van centrales die draaien op aardgas. Op den duur kunnen de elektriciteitscentrales op groene waterstof draaien. Hiermee vervallen de externe kosten voor CO₂-emissies, maar stijgen de (directe) redispatchkosten door de duurdere groene waterstof. Deze externe kosten van CO₂-emissies bedragen samen met de meerkosten voor de inzet van groene waterstof ongeveer de helft van de gepresenteerde redispatchkosten²⁶ in Tabel 3-1.
- **Netverzwaring is kosteneffectiever dan redispatch, maar kan niet direct na de aanlandingen gerealiseerd worden.** Door de omvang van de bestaande plannen voor netverzwaringen van TenneT, kunnen ze extra benodigde netuitbreidingen op land als gevolg van de aanlandingen naar verwachting pas later realiseren. We hebben in overleg met TenneT in de analyse aangenomen dat dit 10 jaar duurt. Onder die aanname zal er dan in die eerste 10 jaar op grote schaal redispatch moeten worden toegepast. Oftewel, als netverzwaringen op land het tempo van de uitrol van wind op zee niet kunnen bijbenen, dan zal dit dus tot hoge maatschappelijke kosten leiden. In onderstaand tekstkader illustreren we wat het effect zou zijn als netverzwaring wel meteen na de aanlandingen gerealiseerd kan worden. Een belangrijke toevoeging daarbij is dat in deze analyses uit wordt gegaan van realisatie van alle geplande netuitbreidingen van TenneT, en van een forse ontwikkeling van de elektriciteitsvraag. Als deze ontwikkelingen vertraging oplopen of achterblijven zal nog aanzienlijk meer redispatch nodig zijn en liggen die maatschappelijke kosten nog hoger.²⁷

²⁵ Dit betreffen de *totale jaarlijkse* redispatchkosten (zonder rekening te houden met het aandeel dat is toe te schrijven aan pVAWOZ); Tabel 3-1 presenteert de *delta's* en *verdisconteerd over 40 jaar*. *Figuur 3-1* laat de totale redispatchkosten voor én na netverzwaring zien (verdisconteerd over 40 jaar).

²⁶ Als we het vanaf hier over redispatchkosten hebben, hebben we het steeds over de som van de huidige redispatchkosten (á € 200/MWh), de externe kosten voor CO₂-uitstoot en de directe meerkosten voor de inzet van groene waterstof.

²⁷ Vraagstimulering op de plekken waar energie aanlandt, is een oplossingsrichting voor het verminderen van overschotten en redispatch. In het deelrapport *Systeemintegratie* worden verschillende oplossingsrichtingen besproken.

- **Naast de hoeveelheid wind op zee, is ook de verhouding tussen elektrisch aanlanden en waterstofaanlanding (met offshore elektrolyse²⁸) een knop om aan te draaien om de netimpact op land te verminderen.** De grote hoeveelheden elektriciteit van windparken op zee leiden tot knelpunten op de hoogspanningsverbindingen. Een lager vermogen aan wind op zee in totaal of een groter deel van de geproduceerde elektriciteit op zee omzetten naar waterstof en in die vorm naar land brengen zijn oplossingsrichtingen voor het verminderen van het aantal transportknelpunten op land en daarmee de maatschappelijke kosten van de betreffende netimpact op land.²⁹

Duiding redispatchkosten

Voor het bepalen van de kosten voor redispatch hebben we – in overleg met TenneT – verschillende aannames gemaakt. In sommige gevallen zullen deze aannames tot een overschatting van de kosten leiden, in andere gevallen tot een onderschatting. In dit tekstkader duiden we de redispatchkosten en bepreken we enkele belangrijke aannames (die nog niet in de lopende tekst zijn benoemd).

Bij de redispatchkosten gaan we uit van de huidige wijze van redispatch, waarbij er om dreigende transportknelpunten op 380kV-verbindingen aan de ene zijde ‘afgeregeld’ wordt (minder opwek of meer vraag) en aan de andere zijde een gelijke energiehoeveelheid ‘opgeregeld’ wordt (meer opwek of minder vraag). Op deze wijze blijft de nationale balans van vraag en aanbod gelijk. Dit leidt echter wel tot significante kosten, aangezien er zowel voor het afregelen als opregelen betaald moet worden. Daarbij gaan we uit van afregelen van wind op zee en opregelen door regelbare centrales.

Aangezien de knelpunten op de 380kV-verbindingen primair komen door een overschot aan elektriciteit van wind op zee, zijn er mogelijk manieren om deze redispatchkosten te verlagen. Daarmee zijn onze inschattingen van redispatchkosten mogelijk een overschatting. Zo kan het opregelen ook gebeuren door flexibele afnemers (zoals elektrolyzers) die tegen betaling minder stroom afnemen. Daarnaast kan het ook een optie zijn om windparken op zee een variabel transportrecht te geven, waardoor zij op momenten dat congestie dreigt geen windstroom mogen invoeden. Hierdoor komt de elektriciteit überhaupt niet op de markt, en hoeft er daarom ook niet op een andere locatie opgeregeld te worden. Op deze manier hoeft de netbeheerder ook geen redispatchkosten te betalen, maar dit levert alsnog maatschappelijke kosten op aangezien het ten koste gaat van de businesscase van exploitanten van de windparken op zee.

²⁸ Hierbij is wel belangrijk om te benoemen dat het nog onzeker is op welke termijn offshore elektrolyse gerealiseerd kan worden, hier gaan we in bijlage G *Toekomstvastheid* op in. Daarnaast is meer elektriciteit op zee omzetten naar waterstof alleen een optie als er voldoende vraag is naar (binnenlands geproduceerde) groene waterstof.

²⁹ Merk hier op dat de efficiëntie (of, het rendementsverlies) van elektrolyzers als welvaartsverlies gezien kan worden; een deel van de opgewekte energie uit de windparken gaat immers verloren. Voor de configuraties die we hier hebben onderzocht zijn we echter uitgegaan van dezelfde hoeveelheid elektrolyse en aantal draaiuren, waardoor dit niet onderscheidend is. Inzet van redispatch (waarin elektrolyse een rol kan spelen) kan eventueel tot (beperkte) verschillen leiden, maar dit is een tweede-order effect dat moeilijk te bepalen is en niet is meegenomen.

Daarnaast kan één netverzwaring in sommige gevallen meerdere knelpunten oplossen, waarmee de kosten voor de netimpact op land overschat worden. Hier hebben we in onze analyse geen rekening mee kunnen houden, omdat het niet te bepalen is waar dit precies het geval is.

Bij de berekening van de redispatchkosten hebben we aangenomen dat alle overschrijdingen van de transportcapaciteit met redispatch opgelost kunnen worden. In de praktijk zal dit echter technisch gezien niet altijd mogelijk zijn, met name bij grote transportknelpunten. Als transportknelpunten niet opgelost kunnen worden met redispatch, en stroom niet geleverd kan worden, dan kunnen de maatschappelijke kosten nog een stuk hoger zijn. Dit benadrukt het belang dat het schema van implementatie van wind op zee de netverzwarringsplannen en ontwikkeling van elektriciteitsvraag volgt.

Van de knelpunten en overschotten op het elektriciteitsnet die uit de doorrekeningen voor het deelrapport Systeemintegratie komen, is niet precies te bepalen welke aandeel is toe te schrijven aan pVAWOZ. Daarom hebben we in Tabel 3-1 niet de totale kosten voor redispatch en netverzwaringen gepresenteerd, maar de delta.

Resultaten directe realisatie netverzwaring

De hoge kosten door redispatch ontstaan doordat netverzwaringen op land niet op tijd gerealiseerd kunnen worden. In onderstaande tabel demonstreren hoe het beeld eruit zou zijn als de netuitbreidingen wél op tijd zouden kunnen worden gerealiseerd.

Regio	Ruimtelijke optimalisatie	Energie-corridors	Geen aanlanding Kop van Noord-Holland	Geen diepe aanlanding	Spreiding zonder Eemshaven
Elektriciteitsroutes	-70.100	-76.600	-73.000	-64.400	-69.100
Redispatch	Δ -3.400	Δ -1.600	Δ -3.200	Δ 0	Δ -6.200
Netverzwaring	Δ -1.600	Δ -2.400	Δ -1.500	Δ -3.200	Δ 0
Waterstofroutes	-8.250	-8.250	-8.250	-8.250	-8.250
Directe effecten	-83.350	-88.850	-85.950	-75.850	-83.550
Indirecte effecten	190	190	190	190	190
Externe effecten	-1.365	-1.470	-1.315	-1.615	-1.020
Totaal	-84.525 +/- PM	-90.130 +/- PM	-87.075 +/- PM	-77.275 +/- PM	-84.380 +/- PM

Spreiding elektrische aanlandingen maatschappelijk gezien gunstig, clustering ongunstig

- **De configuraties die uitgaan van spreiding van de elektrische aanlandingen hebben het meest gunstige maatschappelijke saldo.** Dit kunnen we voornamelijk toeschrijven aan relatief lage directe kosten voor de elektrische routes (circa € 70 miljard) en de lagere netimpact op land (tot € 30 miljard lager). De redispatchkosten, die een aanzienlijk deel van deze netimpactkosten op land uitmaken, zijn voor een groot deel te vermijden bij een goede timing van het realiseren van de elektrische aanlandingen. Dat de twee configuraties die uitgaan van spreiding ('Ruimtelijke optimalisatie' en 'Spreiding zonder Eemshaven') maatschappelijk gezien het best scoren, is **in lijn met de beoordeling van systeemintegratie**. Daarin wordt gekeken naar welke configuraties de minste (net)impact op land hebben.³⁰

³⁰ De spreiding van aanlandingen hoeft vanuit maatschappelijk oogpunt niet per definitie altijd het meest gunstig te zijn. Voor *netverzwaringen op land* is dit in principe wel het geval (meer spreiding leidt immers tot minder benodigde netverzwaring). Voor de *directe kosten van de aanlandingsroutes* is spreiding echter niet per se het meest gunstig; de kosten van aanlandroutes kunnen immers sterk verschillen (diepe aanlanding is relatief duur en ook offshore routes kunnen sterk in lengte en dus kosten verschillen). Daarnaast is ook de energievraag niet altijd verspreid in lijn met de aanlandingen.

- **Clustering van elektrische aanlanding leidt tot minst gunstige maatschappelijke saldo.** Geclusterde aanlanding in Noord-Nederland, de Kop van Noord-Holland en diepe aanlanding in Limburg zorgt in de onderzochte configuratie ('Energiecorridors') voor hoge directe kosten voor elektrische routes (€ 77 miljard) en netimpact op land (€ 8 tot 30 miljard hoger dan de andere configuraties).
- **Hoge maatschappelijke kosten wanneer diepe aanlanding niet wordt gerealiseerd, vooral doordat het niet mogelijk is om tijdig het net op land te verzwaren.** Vanuit maatschappelijk oogpunt scoort de configuratie 'Geen diepe aanlanding' slecht, met name door de hoge impact op land: de directe kosten voor benodigde netverzwaringen op land zijn het hoogst van de vijf configuraties (€ 7,4 miljard in totaal, niet als delta) en kosten voor redispatch het één na hoogst (€ 64 miljard in totaal, niet als delta). Met name in vergelijking met de 'Ruimtelijke optimalisatie' en 'Spreiding zonder Eemshaven' – de configuraties die het meest vergelijkbaar zijn, maar wél diepe aanlanding bevatten – vallen de totale maatschappelijke kosten zonder diepe aanlanding substantieel hoger uit (respectievelijk € 17 en 14,5 miljard). Ondanks het feit dat diepe aanlanding zelf duur is, betekent dit dus dat de totale maatschappelijke kosten hoger zijn als diepe aanlanding niet gerealiseerd kan worden. Dit komt met name door de hoge kosten voor redispatch. Als de netverzwaringen op land wél op tijd gereed zouden kunnen zijn, dan heeft de configuratie zonder diepe aanlanding de laagste maatschappelijke kosten van de vijf aanlandconfiguraties (circa € 77 miljard ten opzichte van € 84 tot 90 miljard, zie bovenstaand tekstkader). Diepe aanlanding heeft dus vooral maatschappelijke waarde doordat het niet mogelijk is om tijdig bovengrondse HS-infra op land te bouwen.
- **Vermijden aanlanding Kop van Noord-Holland zorgt voor relatief hoge directe kosten.** Zowel voor de elektrische routes (€ 73 miljard) als de netimpact op land (€ 60 miljard in totaal, niet als delta) vallen de directe kosten na die voor 'Energiecorridors' het hoogste uit. Hierin speelt mee dat de aanlanding in de Kop van Noord-Holland de kortste en daarmee de goedkoopste is.

3.1.1 Directe kosten (optimaal vanuit (investerings-)kosten van netbeheer)

- **Kosten op zee zijn dominant.** De elektrische routes bestaan uit een onshore- en een offshore-gedeelte: de verhouding tussen de directe kosten voor de onshore- en offshore-gedeeltes van de route is ongeveer 1:6 (grofweg 10 miljard aan onshore routes en 60 miljard aan offshore routes). Ook voor de waterstofroutes zijn de offshore-gedeeltes van de routes veruit het duurst (gemiddeld meer dan 95% van de totale kosten voor een route).
- **Directe kosten waterstofroutes en elektrische routes niet één-op-één vergelijkbaar.** In de vergelijking moet men immers rekening houden met het feit dat de twee waterstofroutes 9 GW wind op zee aanlanden en de tien elektrische routes 20 GW. Daarnaast zijn de kosten voor de waterstofroutes *exclusief* offshore elektrolyse (buiten scope VAWOZ), terwijl de elektrische routes wel offshore platforms ('stopcontacten op zee') bevatten. Tegelijkertijd zijn voor de waterstofinfrastructuur verwijderingskosten meegenomen en voor de elektrische infra niet (hier heeft TenneT geen inschatting van kunnen delen). Het is belangrijk te benadrukken dat in de afweging tussen meer of minder aanlanding van elektriciteit of waterstof de infrastructuurkosten die we hier bekijken slechts een deel van totale kosten zijn; kosten van curtailment of offshore elektrolyse en de waarde van elektriciteit- en waterstofproductie zijn bijvoorbeeld ook belangrijk in die afweging.
- **Lage kosten voor elektrische aanlandingen en lage kosten voor netimpact op land kunnen hand in hand gaan.** We zien namelijk dat – met uitzondering van de configuratie zonder diepe aanlanding - de configuraties met lage kosten voor infra op zee ('Ruimtelijke optimalisatie' en 'Spreiding zonder Eemshaven') ook relatief lage kosten hebben voor netimpact op land.

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 –

Definitief

3.1.2 Indirecte effecten (optimaal vanuit nationale welvaart)

- **Beperkte bijdrage aan nationale welvaart door werkgelegenheidseffect.** In de operationele fase van de routes, ontstaat een vraag naar arbeid voor onderhouds-, reparatie- en inspectiewerkzaamheden. Daarnaast is er een forse tijdelijke werkgelegenheidsimpuls in de aanlegfase. De vraag naar arbeid leidt in een MKBA slechts in beperkte mate tot welvaartswinst; dit treedt immers alleen op wanneer er iemand uit de werkloosheid wordt gehaald (zie paragraaf 2.1.2). De werkgelegenheidsbaten variëren niet tussen de verschillende aanlandconfiguraties, omdat er in elk van de configuraties evenveel routes zijn voorzien en de onderhoudswerkzaamheden daartussen niet significant verschillen. Vanuit nationale welvaart bezien is dit effect dus geen doorslaggevende factor in de afweging tussen de configuraties.
- **Beperkte positieve effecten op het regionaal vestigingsklimaat door aanlandingen.** Er kunnen in bepaalde gebieden kansen ontstaan voor nieuwe grootschalige elektriciteitsafname en in sommige gevallen lagere (eenmalige) aansluitkosten voor grootverbruikers. Dat kan een interessante factor zijn in tijden van sterkte beperkingen op basis van een overvol net. Tegelijkertijd zien we dat volgens de planning in veel regio's al veel aanlanding van wind op zee is of zal worden gerealiseerd, waardoor additionele aanlanding vanuit pVAWOZ niet veel extra's zal opleveren. Daarnaast geldt in algemene zin dat wind op zee tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten voor *heel Nederland* leidt. De energiekosten in aanlandregio's zullen daar bovenop in principe niet nog extra dalen door aanlanding (er is immers een nationale markt).

3.1.3 Externe kosten (optimaal van maatschappelijke kosten van milieu en ruimte)

- **Externe kosten vanuit nationale welvaart bezien geen doorslaggevende factor in een kostenafweging tussen de configuraties.** De maatschappelijke kosten (externe effecten) zijn slechts 1% van het totale maatschappelijke saldo. Dat deze externe kosten relatief laag zijn, heeft onder andere te maken met het feit dat de kabels en leidingen ondergronds (of op de bodem van de zee) worden aangelegd en daarmee relatief weinig hinder veroorzaken. Als we specifiek de externe kosten door hinder van (bovengrondse) netverzwaring kijken (€ 0,8 tot 1,3 miljard), zien we dat dit ongeveer 20-25% van de directe kosten voor netverzwaring bedraagt (€ 4,4 tot 7 miljard). Voor externe kosten van converterstations en aanlandstations is dit maximaal 1% en voor kabels en leidingen nihil. Daarnaast zijn er tijdelijke effecten of effecten met een zeer geringe impact, die we kwalitatief hebben beoordeeld. Deze zijn in Tabel 3-1 opgenomen als PM-post in het totaalsaldo. Tussen de configuraties zien we verschil in tijdelijke effecten als gevolg van de onshore aanleg (bijvoorbeeld doorkruising van natuur- of landbouwgebieden) en offshore aanleg (bijvoorbeeld doorkruising van zandwingebieden). Configuraties met meer clustering van aanlandingen kunnen tevens tot lagere tijdelijke effecten leiden dan configuraties waarin de aanlandingen meer verspreid worden. Bij clustering zijn er immers meer kansen voor het (gelijktijdig) aanleggen van kabels in dezelfde routes.
- **'Spreiding zonder Eemshaven' laagste externe kosten, 'Geen diepe aanlanding' de hoogste.** Vanuit regionaal perspectief (waar hinder door de infrastructuur worden ondervonden) zien we wel verschillen tussen de aanlandconfiguraties. De voornaamste maatschappelijke kosten ontstaan door de benodigde netverzwaring; geluidhinder en biodiversiteitsverlies door landgebruik hebben een beperkter effect wanneer uitgedrukt in economische waarde.

Gevoeligheidsanalyses Systeemintegratie

Bovenstaande analyses zijn gebaseerd op de vijf doorgerekende aanlandconfiguraties voor wind op zee voor het energetisch scenario Nationaal Leiderschap. Bij de beoordeling Systeemintegratie zijn dezelfde aanlandconfiguraties doorgerekend voor een ander energetisch scenario, Europese Integratie. De resultaten hiervan zijn naar verwachting vergelijkbaar.

Daarnaast zijn bij de beoordeling Systeemintegratie ook gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om de impact van specifieke ontwikkelingen (bijvoorbeeld kernenergie) op de inpassing van wind op zee in te schatten. Deze ontwikkelingen kunnen ertoe leiden dat meer of minder elektrische aanlandingen inpasbaar zijn binnen een regio en dat een andere verdeling leidt tot de laagste maatschappelijke kosten. De overkoepelende conclusies uit bovenstaande analyses, dat spreiding van aanlanding leidt tot lagere maatschappelijke kosten en dat de maatschappelijke kosten hoger worden zonder diepe aanlanding of aanlanding in de kop van Noord-Holland, zijn naar verwachting dan ook nog geldig.

3.2 Nationale welvaart: directe effecten

Elektrische routes

In deze paragraaf geven we een verdere verdieping op de directe kosten voor de elektrische routes. Hierin kijken we naar de minimale en maximale kosten per regio. De offshore delen betreffen de **offshore kabels en het platform op zee**; bij de onshore delen kijken we naar de kosten van **onshore kabels en converterstations**. Naast de investeringskosten (CAPEX) nemen we de operationele kosten (OPEX)³¹, verdisconteerde over de looptijd van 40 jaar, mee. De kosten heeft TenneT geschat met een verwachte nauwkeurigheid van -30% tot +40%.

Tabel 3-2 geeft een overzicht van de directe kosten van elektrische routes. Per configuratie hebben we het middelpunt van de bandbreedte van de kosteninschatting voor kabels naar elke regio en het aantal kabels naar een regio weergegeven. De totale directe kosten van de routes per configuraties variëren tussen de **64 miljard** en **77 miljard euro**. Hierbij speelt de lengte van route de belangrijkste rol, zo leidt de aanlanding in de regio Limburg over het algemeen tot hogere kosten vanwege de lange offshore (+/- 280 km) en onshore route (+/- 190 km). Daarnaast speelt de complexiteit tijdens de aanleg van kabels een rol in de directe kosten, het gaat hierbij bijvoorbeeld om boringen, kruisingen met andere kabels en leidingen of de aanleg van een tunnel.³²

Tabel 3-2 Elektrische routes: directe kosten* (midden bandbreedte) en aantal kabels per configuratie

	Ruimtelijke optimalisatie		Energiecorridors		Geen aanlanding Kop van Noord-Holland		Geen diepe aanlanding		Spreiding zonder Eemshaven	
	Mln. €	#	Mln. €	#	Mln. €	#	Mln. €	#	Mln. €	#
Eemshaven	8.400	1	28.700	4	22.800	3	16.900	2	0	0
Kop van Noord-Holland	11.800	2	17.600	3	0	0	11.800	2	5.900	1
Noordzeekanaalgebied	4.300	1	0	0	10.100	2	10.100	2	4.300	1
Rotterdam	6.300	1	0	0	6.300	1	12.600	2	18.900	3
Zeeland	6.800	1	0	0	0	0	6.800	1	13.600	2

³¹ De operationele kosten heeft TenneT niet bepaald voor pVAWOZ. Daarom zijn we uitgegaan van 1% van de CAPEX conform [Net op zee Nederwiek 3 – Integrale Effectenanalyse \(IEA\)](#) (zie Paragraaf 2.1.1 voor verder toelichting).

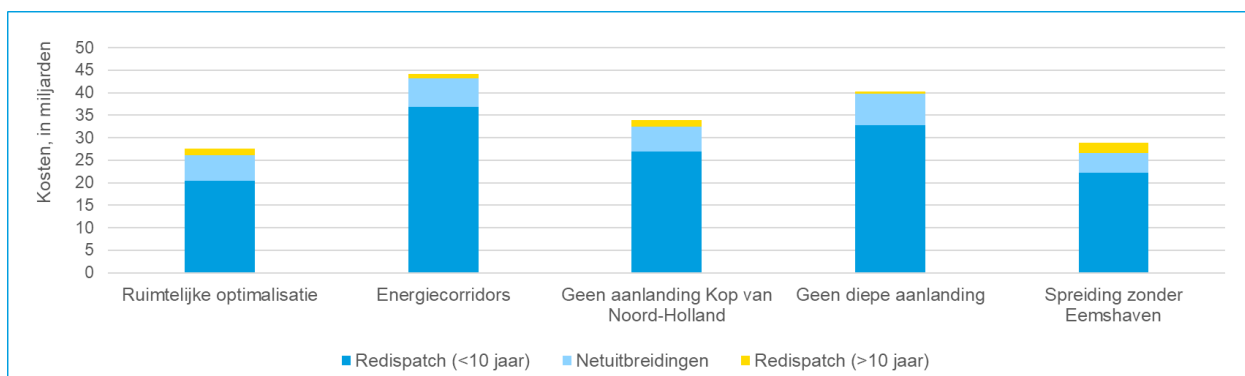
³² Dit wordt verder toegelicht in *Deelrapport Techniek, Veiligheid en Kosten*

Moerdijk	12.300	2	0	0	6.200	1	6.200	1	6.200	1
Tilburg	0	0	0	0	7.400	1	0	0	0	0
Limburg	20.200	2	30.300	3	20.200	2	0	0	20.200	2
Totaal	70.100	10	76.600	10	73.000	10	64.400	10	69.100	10

* Dit betreffen de totale kosten (CAPEX en OPEX) verdisconteerd over een periode van 40 jaar. Van de gepresenteerde bedragen is ongeveer 20% OPEX en de rest CAPEX.

Redispatch en netverzwaring

Zoals uitgebreid toegelicht in paragraaf 2.1.1 en 3.1, zal er – om de vermogens van wind op zee op het elektriciteitsnet aan te sluiten – op sommige 380kV-verbindingen redispatch en netverzwaring moeten plaatsvinden. In de analyse gaan we er vanuit dat de eerste 10 jaar nadat de aanlandroutes zijn gerealiseerd overal waar we transportkelpunten op het net verwachten dit wordt opgelost met redispatch, ook als netverzwaring goedkoper is. De redenen achter deze aanname zijn de lange doorlooptijden voor netverzwaringen en de uitdagingen bij de uitvoerbaarheid. We hebben aangenomen dat na 10 jaar netverzwaring zal plaatsvinden (als dit goedkoper is dan het toe blijven passen van redispatch) om de hoeveelheid redispatch te verminderen. De *totale* kosten voor zowel redispatch als de benodigde netverzwaringen (dus niet rekening houdend met het aandeel dat is toe te schrijven aan pVAWOZ) hebben we visueel weergegeven in Figuur 3-1. Van de gepresenteerde redispatchkosten is ongeveer de helft opgebouwd uit *huidige kosten voor redispatch* (€ 200/MWh) en de andere helft uit *externe kosten van CO₂-uitstoot* (inzet van aardgas in regelbare centrales) en de *meerkosten van groene waterstof* (inzet groene waterstof in regelbare centrales).



Figuur 3-1 Overzicht totale directe kosten redispatch en netverzwaring³³ per aanlandconfiguratie, bedragen in mld. €

Wat opvalt, is dat er in de eerste 10 jaar met name in configuraties ‘Energiecorridors’ en ‘Geen diepe aanlanding’ veel redispatch zal plaatsvinden. De voornaamste reden hiervoor is een geringe spreiding van de elektrische aanlandingen door Nederland. Zo wordt er in configuratie ‘Energiecorridors’ enkel in Eemshaven, de Kop van Noord-Holland en in Limburg aangeland. Voor de configuratie ‘Geen diepe aanlanding’ wordt er juist geen gebruik gemaakt van diepe aanlandingen. Door de wind op zee gecentreerd aan te landen, wordt de bestaande infrastructuur rondom de aanlandingsregio’s sneller overbelast, er moet immers meer elektriciteit doorheen. Wanneer men de aanlanding gelijkmatig over Nederland verspreidt, zal elk hoogspanningsnet gelijkmatiger belast worden, en zal extreme overbelasting uitblijven.

³³ Dit zijn de *totale* kosten (dus niet rekening houdend met het aandeel dat is toe te schrijven aan pVAWOZ), waarmee het verschilt van de delta’s die in Tabel 3-1 zijn gepresenteerd.

Daarnaast zien we een groot contrast tussen de kosten van redispatch (< 10 jaar) en de kosten van netverzwaring. De maatschappelijke kosten voor het toepassen van grote hoeveelheden redispatch liggen naar verwachting erg hoog. Netverzwaring is dan een stuk goedkoper, maar tijdige realisatie hiervan is erg uitdagend. Dus als netverzwaringen het tempo van de uitrol van wind op zee niet kunnen bijbenen, dan zal dit dus tot hoge maatschappelijke kosten leiden.

Netverzwaringen

Tabel 3-3 geeft een schatting van de *totale* directe kosten voor de verwachte netverzwaringen die moeten plaatsvinden door de extra aanlandingen (opnieuw, niet rekening houdend met het aandeel dat is toe te schrijven aan pVAWOZ). Bij elke configuratie zal TenneT netuitbreidingen moeten realiseren om de vermogens van wind op zee op het elektriciteitsnet aan te sluiten. Bij configuratie 'Geen diepe aanlanding' zullen deze investeringen naar verwachting het hoogst zijn (totale directe kosten 7 miljard) en voor 'Spreiding zonder Eemshaven' het laagst (€ 4,4 miljard). Voor de investeringskosten en operationele kosten hebben we kengetallen gebruikt (zie paragraaf 2.1.1), waardoor de totale lengte aan netverzwaring bepalend is voor de totale directe kosten. Aangezien de netverzwaring na 10 jaar plaatsvinden zijn de operationele kosten verdisconteerd over een periode van 30 jaar.

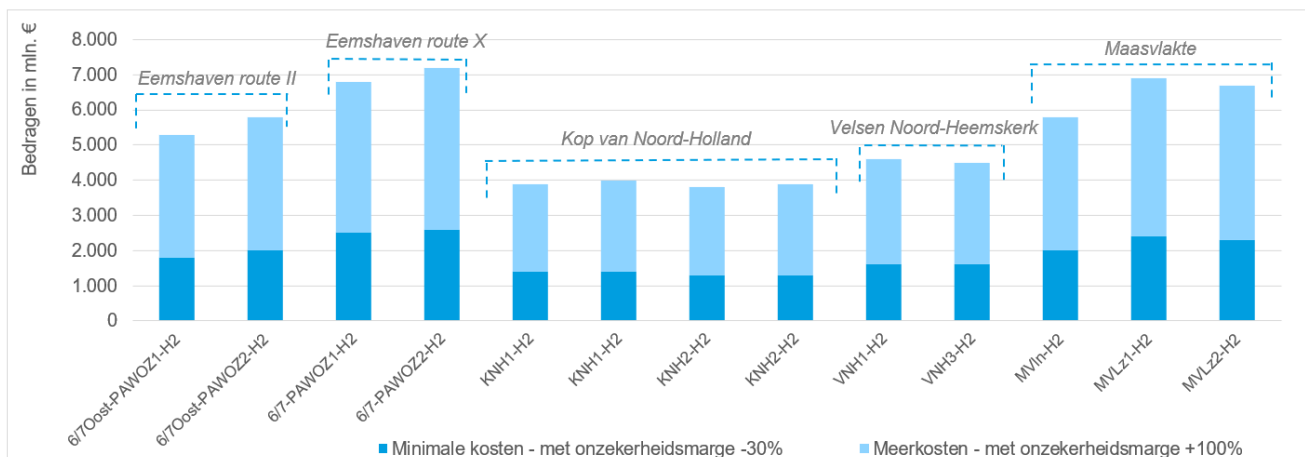
Tabel 3-3 Directe kosten netverzwaringen per configuratie, bedragen in mln. €

	Ruimtelijke optimalisatie	Energie corridors	Geen aanlanding Kop van Noord-Holland	Geen diepe aanlanding	Spreiding zonder Eemshaven
Netverzwaringen	5.700	6.300	5.600	7.000	4.400

Waterstofroutes

In deze verdere verdieping van het kostenplaatje van de waterstofroutes kijken we naar de minimale en maximale kosten per waterstofroute. Het gaat hierbij om de routes van het windenergiegebied op zee tot het aanlandstation.³⁴ De waterstofroutes variëren niet voor de verschillende configuraties (in elke configuratie gaan we uit van de aanleg van twee waterstofleidingen). Een verdere toelichting van de methodiek staat in hoofdstuk 2.1.1. De bandbreedtes voor de verschillende waterstofroutes staan weergegeven in *Figuur 3-2*.

³⁴ De onshore route van het aanlandstation tot het nationale waterstofnetwerk laten we in deze analyse buiten beschouwing. Ook offshore elektrolyse is – net als in de rest van deze studie – buiten beschouwing gelaten.



Figuur 3-2 Overzicht bandbreedte directe kosten* één waterstofroute (offshore en onshore), incl. onzekerheidsmarge, bedragen in mln. €

* Dit betreffen de totale kosten (CAPEX en OPEX) verdisconteerd over een periode van 40 jaar. Van de gepresenteerde bedragen is ongeveer 20% OPEX en de rest CAPEX.

Voor zowel onshore als offshore hebben we de investeringskosten (CAPEX), operationele kosten (OPEX) en verwijderingskosten (ABEX) meegenomen. We nemen hierbij hetzelfde uitgangspunt als bij de elektrische routes, de kosten zijn verdisconteerd over een periode van 40 jaar. De kosten heeft Gasunie geschat met een verwachte nauwkeurigheid van -30% tot + 100%.

Uit **Figuur 3-2** volgt dat de directe kosten in de regio Noord-Holland het meest beperkt zijn ten opzichte van aanlanding in de andere twee regio's (Eemshaven en Rotterdam). Binnen Noord-Holland zien we dat de directe kosten van de aanlanding van waterstof in de Kop van Noord-Holland (KNH) iets lager uitvallen dan de aanlanding in Velsen Noord-Heemskerk (VNH).

De verschillen tussen de regio's ontstaan met name door het verschil in lengte van de routes, welke zeer bepalend is voor het totale kostenplaatje. Zo is een route naar Rotterdam ongeveer 245 tot 280 kilometer lang, terwijl een route naar de Kop van Noord-Holland zo'n 160 kilometer bedraagt. De lengte van een route heeft niet alleen impact op het totale investeringsbedrag voor de waterstofleidingen (CAPEX), maar werkt ook *indirect* door in de andere beoordeelde kosten: de jaarlijkse operationele kosten (OPEX) en de verwijderingskosten (ABEX). Beide kostenposten worden, zoals toegelicht in hoofdstuk 2.1.1, als percentage van de CAPEX berekend.

Naast de lengte zijn de kosten voor PAWOZ1 en PAWOZ2 aanzienlijk hoger dan de andere twee PAWOZ routes richting de Eemshaven. In deze twee routes gaan we er vanuit dat de waterstofleiding door de tunnelvariant van programma PAWOZ wordt aangelegd. De aanleg van deze tunnel is complex en leidt tot hogere directe kosten ten opzichte van de andere twee routes richting de Eemshaven.³⁵

³⁵ Binnen PAWOZ wordt er onderzocht of een tunnelsysteem gebruikt kan worden om onder het Waddengebied heen te gaan. Zie [MER - PAWOZ](#)

Uitbreidingen aan Waterstofnetwerk Nederland

In de analyses van programma VAWOZ nemen we geen verzwaringen van het waterstofnetwerk Nederland (WNL) op land mee. Uit de netwerkanalyse van Gasunie volgt dat er voor de aanlanding van waterstof in de Maasvlakte additionele verzwaring nodig is, bovenop de bestaande uitrolplannen van het WNL. Daarnaast zal er voor de aanlanding van waterstof in elk van de regio's nog enkele kilometers aan onshore leidingen aangelegd moeten worden vanaf de kust tot aan het WNL. De benodigde kosten van deze netuitbreidingen en onshore leidingen laten we wegens onzekerheden in dit onderzoek buiten beschouwing. De kosten voor met name de korte aansluitleidingen vanaf de kust tot aan het WNL zullen zeer beperkt zijn ten opzichte van de kosten van de waterstofroutes.

Onshore elektrolyse

In elk van de aanlandconfiguraties gaan we uit van de ontwikkeling van onshore elektrolyse. De totale hoeveelheid elektrolyse van 9,1 GW is gelijk voor de verschillende aanlandconfiguraties. De ruimtelijke verdeling van de elektrolysecapaciteit over de verschillende locaties is echter wel afhankelijk van de aanlandconfiguratie. Zo is er bij meer elektrische aanlanding in een regio ook meer elektrolyse nodig.

Rol onshore elektrolyse in resultatenhoofdstuk

De directe kosten voor de bouw en exploitatie van (onshore) elektrolyzers hebben we niet meegenomen in het totaalplaatje van de nationale welvaart in Tabel 3-1. Naast het feit dat het vermogen aan elektrolyse niet varieert tussen de aanlandconfiguraties, is een belangrijke reden hiervoor dat het een heel ander type investering betreft dan die in de elektrische- en waterstofroutes. Investeerders zullen immers de kosten voor elektrolyzers maken (waar opbrengsten tegenover staan), terwijl netbeheerders dit doen voor de elektriciteits- en waterstofinfra (en de kosten doorberekenen aan eindgebruikers). Aangezien onshore elektrolyzers wel onderdeel zijn van pVAWOZ en investeringskosten zo substantieel zijn, gaan we hier in deze paragraaf toch op in.

Naast de verschillende aanlandconfiguraties hebben we ook rekening gehouden met de omvang van de huidige plannen voor elektrolyzers. Binnen programma VAWOZ wordt er gezocht naar ruimte voor grootschalige elektrolyse. De mogelijke locaties voor deze onshore elektrolyserplants zijn nog niet exact bepaald, maar bevinden zich binnen een aantal zoekgebieden. Door het verschil tussen bestaande plannen en de benodigde vermogens aan elektrolyse in de scenario's mee te nemen, kunnen we een schatting maken van de benodigde ruimte voor elektrolyse per configuratie³⁶. Tabel 3-4 geeft een overzicht van de geschatte *extra* benodigde hoeveelheid elektrolyse per aanlandconfiguratie.

³⁶ Zoals toegelicht in 2.1.1, worden de bestaande plannen voor elektrolyse voor 50% meegerekend. Verdere toelichting staat in het deelrapport Systeemintegratie.

Tabel 3-4 Geschatte hoeveelheid benodigde elektrolyse in pVAWOZ per regio, per configuratie in GW

Regio	Ruimtelijke optimalisatie	Energiecorridors	Geen aanlanding Kop van Noord-Holland	Geen diepe aanlanding	Spreiding zonder Eemshaven
Noord-Nederland	1,3	3,4	3,2	1,9	0,4
Noord-Holland	1,3	1,9	0,1	1,2	0,5
Zuid-Holland	2,2	1,2	2,2	2,7	3,9
Noord-Brabant (Moerdijk)	2,1	0,8	1,4	1,1	1,3
Zeeland	2,2	1,8	2,2	2,0	3,0
Totaal	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1

*Zoals verder toegelicht in deelrapport Systeemintegratie nemen we geen onshore elektrolyse voor de diepe aanlandregio's Tilburg en Limburg mee.

De totale investeringskosten en jaarlijkse operationele kosten voor een totale hoeveelheid van 9,1 GW hebben we gepresenteerd in Tabel 3-5. We maken hierbij geen onderscheid tussen de verschillende configuraties, aangezien de benodigde totale elektrolyse in elke configuratie hetzelfde is. De jaarlijkse opbrengsten van de elektrolyzers hebben we in dit onderzoek niet bepaald.

Tabel 3-5 CAPEX, OPEX en opbrengsten elektrolyse van 9,1 GW, laag en hoog kostenscenario

Component	Laag kostenscenario	Hoog kostenscenario
CAPEX - eenmalig	23,9 miljard	27,8 miljard
OPEX - jaarlijks	4,1 miljard	4,2 miljard
Opbrengsten - jaarlijks	<i>Niet bepaald</i>	<i>Niet bepaald</i>

Uitbreidingen aan Waterstofnetwerk Nederland

In de analyses voor de elektrolyzers nemen we geen verzwaren van het waterstofnetwerk Nederland (WNL) op land mee. Het is de verwachting dat het WNL in de meeste regio's voldoende capaciteit zal hebben om de geproduceerde waterstof van de voorziene hoeveelheid elektrolyzers op land af te voeren. Alleen bij Moerdijk/Geertruidenberg en in Zuid-Holland (bij grote hoeveelheden elektrolyse) is dit onzeker.

3.3 Nationale welvaart: indirecte effecten

Directe werkgelegenheid

Tabel 3-6 geeft een overzicht van de directe (structurele) werkgelegenheidseffecten van de infrastructuur. De voornaamste werkgelegenheidseffecten ontstaan in de operationele fase van elektrolyzers en offshore elektrische routes (en dan met name de platforms).

Onderhoud- en reparatiewerkzaamheden aan kabels en leidingen zorgen voor beperkte werkgelegenheidseffecten³⁷. De exploitatie van **platforms en converterstations** (elektrische routes) zorgt voor een groter werkgelegenheidseffect; platforms en converterstations zijn immers de grootste kostencomponent van de investeringen in de elektrische routes. Ten opzichte van offshore elektrische routes zijn de werkgelegenheidseffecten van offshore waterstofroutes kleiner omdat offshore elektrolyse buiten de scope van VAWOZ valt.

³⁷ Zoals eerder gesteld, gaan TenneT en Gasunie uit van het principe dat de kabels en leidingen in de zeebodem of onder de grond worden begraven en dat ze in principe geen periodiek onderhoud uitvoeren. Echter, in het geval van onvoorziene omstandigheden, zouden er mogelijk alsnog onderhoud- of reparatiewerkzaamheden nodig kunnen zijn. De hieraan gerelateerde kosten komen tot uitdrukking in de OPEX van de kabels en leidingen.

Met behulp van twee methoden (het Werkgelegenheidsmodel van CE Delft en een loonkostenbenadering) hebben we de structurele vraag (exploitatie) naar arbeid per **elektrolyserplant** van 1 GW ingeschat op 340 tot 540 FTE per jaar³⁸. Aangezien we op dit moment nog aannemen dat de investeringskosten voor elektrolyzers op de verschillende locaties niet van elkaar differentiëren, nemen we ook aan dat de arbeidsvraag voor *deze installatie* voor elke locatie gelijk is. Voor de volledigheid nemen we de welvaartseffecten (15 tot 25 miljoen euro) wel op als potentiële baat voor de verschillende aanlandconfiguraties.

Tabel 3-6 – Directe werkgelegenheidseffecten voor gemiddelde routes en 1 GW elektrolyzers

	Gem. arbeidsvraag (in FTE/jaar)	Welvaartseffect (in mln. €) ³⁹
Gem. offshore elektrische route	330*	16*
Gem. onshore elektrische route	35*	2*
Gem. offshore waterstofroute	50	3
Gem. onshore waterstofroute	5	< 1
Elektrolyser**	340-540	15-25

* Gebaseerd op een OPEX van 1% van de CAPEX conform [Net op zee Nederwiek 3 – Integrale Effectenanalyse \(IEA\)](#).

** geen onderdeel van beoordeling nationale welvaart

Vestigingsklimaat

Het effect van de VAWOZ-infrastructuur op het (*regionale*) *vestigingsklimaat* hebben we kwalitatief beoordeeld. In deze paragraaf omschrijven we mogelijke effecten van de infrastructuur op het vestigingsklimaat die – min of meer – in dezelfde mate gelden voor de verschillende aanlandregio's. De analyse van effecten specifiek voor elke regio is op hoofdlijnen; een uitgebreid onderzoek op deze effecten valt buiten de scope van dit onderzoek.

Tegenover de mogelijke positieve effecten die we hier bespreken, is het belangrijk op te merken dat extra aanlanding binnen de regio (behalve eenmalige aansluitkosten) in principe niet tot lagere de *netkosten* voor de afnemers in de aanlandregio leidt; deze gelden immers generiek voor heel Nederland. Alhoewel wind op zee in algemene zin wel zorgt voor lagere *energiekosten*, leidt aanlanding in de aanlandingsregio niet per sé tot (nog) lagere energiekosten aangezien dat ook een nationale markt is (of er een direct contract is met een windpark). Wat betreft de *beschikbaarheid van energie* levert aanlanding in regio verder in principe geen specifieke voordelen op ten opzichte van niet-aanlandingsgebieden; de netbeheerder moet iedereen op elke plek van een aansluiting kunnen voorzien. Deze aspecten gelden voor zowel elektriciteit als waterstof. Met de beperkingen door netcongestie is het bij elektriciteit wel zo dat het overschot van stroom een kans biedt voor meer afname (zie discussie hieronder), maar die overschotten zijn er met de geplande wind op zee tot 2032 ook al – daarvoor levert additionele aanlanding binnen pVAWOZ niet veel extra's op.

Kansen voor nieuwe grootschalige elektriciteitsafname

Aanlanding van wind op zee biedt kansen voor realisatie van nieuwe grootschalige afname, zonder dat het netwerk hier fors verzwakt dient te worden. Dit komt doordat er in de aanlandregio's forse overschotten aan elektriciteit zullen zijn, en het netwerk hierop aangepast wordt. Dit kan een voordeel zijn voor het lokale vestigingsklimaat, aangezien bedrijven in deze regio's zich sneller

³⁸ In het [Arbeidsmarktonderzoek waterstoftransitie](#) wordt uitgebreid ingegaan op het type arbeiders en opleidingsniveau dat gevraagd wordt in de operationele fase van elektrolyzers.

³⁹ Baten op basis van extra belastingafdrachten en besparingen op uitkeringen, bepaald over een periode van drie jaar, zie paragraaf 2.1.2

kunnen vestigen, terwijl momenteel in veel andere gebieden waar geen aanlanding plaatsvindt problemen met netcongestie (kunnen blijven) spelen. Voorwaarde is – gezien de aansluitkosten op het net – dan wel dat de bedrijven zich nabij de aansluitlocaties van wind op zee vestigen.

Lagere eenmalige aansluitkosten

Veel bedrijven hebben voor uitbreiding of verduurzaming van hun activiteiten behoefte aan toegang tot een elektriciteitsnet waarop geen netcongestie is. Infrastructuur en knooppunten van hernieuwbare energie in combinatie met flexopties (batterijen, waterstof) kunnen het daarbij aantrekkelijk maken voor nieuwe (energie-intensieve) activiteiten om zich in de buurt te vestigen om direct toegang te hebben tot groene elektronen of groene moleculen. Door de bouw van de nieuwe infrastructuur kunnen de *eenmalige aansluitkosten* voor bedrijven op bepaalde locaties immers dalen doordat de afstand tot de elektriciteits- of waterstofinfrastructuur lager is – dit geldt met name voor grootverbruikers. Tegelijkertijd geldt dat er al veel energie-infrastructuur bestaat, waardoor bedrijven al snel dichtbij deze infrastructuur zitten en het effect van nog een uitbreiding van deze infrastructuur dus van afnemende betekenis is.

Duurzaam imago van de regio

De aanlanding van en toegang tot duurzame energie in de regio kan bovendien bijdragen aan het duurzame imago en daarmee het vestigingsklimaat van de regio. Zeker als bijvoorbeeld de beschikbaarheid van groene elektronen (groene stroom) of groene moleculen (groene waterstof) voor sommige industriële bedrijfsprocessen een cruciale driver is voor vergroening (bijvoorbeeld omdat andere opties niet beschikbaar zijn). Voorbeelden zijn glasfabrieken, de voedingsindustrie, metallurgische bedrijven en de papierindustrie. Alhoewel het effect van een duurzaam imago moeilijk te meten is, kan een regio hierop inspelen door deze randvoorwaarden goed in te vullen en zich hierop te profileren.

Stimulans voor de groene waterstofmarkt

In de interviews met stakeholders in de Nederlandse markt voor groene waterstof, hebben we specifiek voor grootschalige onshore elektrolyzers gevraagd naar het mogelijke effecten op het (lokale) vestigingsklimaat. De geïnterviewden gaven aan dat het plaatsen van elektrolyserplants in industrieclusters, havens en grootschalige werklocaties positieve effecten kan hebben en de aantrekkelijkheid van de regio's voor (potentiële) afnemers van groene waterstof kan verhogen. Daarentegen stellen ze dat de werkelijke spin-off-effecten afhankelijk zullen zijn van het opgang komen van een goed werkende waterstofmarkt en de uiteindelijke kosten voor groene waterstof in Nederland. Op dit moment is het opbouwtempo van een (groene) waterstofeconomie nog erg onzeker, ondanks Europees beleid (RED3) en eerste Nederlandse subsidieregeling (OWE) die beschikbaar zijn. Er is nu nog geen structurele markt waarop groene waterstof voor toekomstig gebruik kan worden gecontracteerd. Echter is de consensus dat, zeker na 2030, er veel groene waterstof en stroom beschikbaar zal moeten komen. Naarmate de rol van groene moleculen en groene stroom aan betekenis zal winnen in de Nederlandse energievoorziening, zullen deze knooppunten als vestigingsplaatsfactor aan belang gaan winnen.

3.4 Nationale welvaart: externe effecten

In 2050 moet ons energiesysteem klimaatneutraal zijn, waarvoor veel offshore windenergie nodig is. Voor de geplande 29 GW aan windenergie zijn verschillende routes beschikbaar. Elk route heeft een andere ruimtelijke impact. Ruimtelijke inpassing leidt tot nadelen voor de woon-, leefomgeving en biodiversiteit met schade tot gevolg. Externe (of maatschappelijke) effecten ontstaan als deze

**Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 –
Definitief**

effecten *onbeoogd* zijn en er bij de investering geen prikkel/regulering is om deze zo veel mogelijk te beperken. In deze paragraaf gaan we dieper in op de externe effecten van de verschillende configuraties. Hierbij maken we onderscheid in **biodiversiteitsverlies door landgebruik, geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers, hinder voor omwonenden door netuitbreiding en tijdelijke externe effecten** (niet gemonetariseerd). Tabel 3-7 geeft een overzicht van de maatschappelijke kosten. De methodiek voor het bepalen van de externe effecten hebben we toegelicht in paragraaf 2.1.1.

Tabel 3-7 Externe kosten per configuratie, bedragen in mln. € (afgerond op vijf miljoen)

	Ruimtelijke optimalisatie		Energie-corridors		Geen aanlanding Kop van Noord-Holland		Geen diepe aanlanding		Spreiding zonder Eemshaven	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Geluidhinder	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
Landgebruik	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Hinder door netverzwaring	200	1.900	300	2.100	200	1.900	300	2.300	200	1.500
Tijdelijke externe effecten*	Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief	
Totaal externe kosten	215	1.920	315	2.120	215	1.920	315	2.320	215	1.520

* De effecten zijn beschreven in paragraaf 2.1.3 en bijlage D.

Hinder voor omwonenden door netuitbreidingen

Zoals toegelicht in paragraaf 2.1.1, kunnen de aanlandingen van pVAWOZ voor extra knelpunten op het elektriciteitsnet zorgen. Een oplossing hiervoor is het verzwaren van het net. Bovengrondse hoogspanningsverbindingen kunnen echter hinder opleveren, met name visuele hinder voor omwonenden. Tabel 3-9 geeft een overzicht van het geschatte welvaartsverlies voor omwonenden als gevolg van de hinder door netverzwaringen. Dit omvat alleen hinder door extra verbindingen als gevolg van pVAWOZ.

Tabel 3-8 Externe kosten door hinder netverzwaringen, bedragen in mln. €

	Ruimtelijke optimalisatie		Energie-corridors		Geen aanlanding Kop van Noord-Holland		Geen diepe aanlanding		Spreiding zonder Eemshaven	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Hinder door netverzwaring	200	1.900	300	2.100	200	1.900	300	2.300	200	1.500

Uit de analyse van de aanlandconfiguraties (Bijlage B Beoordeling Systeemintegratie), is een aantal knelpunten naar voren gekomen. Een van die knelpunten ligt in de Kop van Noord-Holland, waarvoor al relatief concrete plannen bestaan voor een netuitbreiding: de Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN). Voor de overige knelpunten zijn er nog weinig concrete plannen over netuitbreidingen bekend (bijvoorbeeld over waar deze nieuwe verbindingen zouden moeten gaan lopen). Het is voor die verbindingen dus lastig een goede inschatting te maken van het aantal woningen in de nabijheid van deze tracés (uitgangspunt voor het bepalen van het welvaartsverlies voor omwonenden). Voor NNHN hebben we zo'n (grove) inschatting wel kunnen maken. De resultaten van de analyse van de hinder voor omwonenden door de NNHN hebben we daarom geëxtrapoleerd naar de overige netverzwaringen (zie Tabel 3-9). In onderstaand tekstkader lichten we de benadering en resultaten voor NNHN toe.

Externe kosten hinder Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN)

De externe kosten voor NNHN hebben we geschat op € 20 tot 170 miljoen per tracé (twee circuits). De externe kosten per km komen daarbij neer op € 0,5 miljoen/km tot € 4,2 miljoen/km. De geschatte externe kosten omvatten de hinder (welvaartsverlies) voor omwonenden, gemeten in de verwachte waardedaling van nabijgelegen woningen.

De bandbreedte voor de externe kosten is ingegeven door:

- Een schatting van het aantal woningen dat hinder ondervindt van de hoogspanningsmasten. Het totaal aantal gehinderde woningen binnen een afstand van 300 meter van het tracé schatten we in op 2.000 tot 6.000. Dit hebben we bepaald op basis van een GIS-analyse waarin we naar vijf mogelijke corridors hebben gekeken waarbinnen de 380kV-verbindingen kunnen komen te lopen; de corridors met de hoogste en de laagste impact hebben we gebruikt als boven- en ondergrens van de bandbreedte.
- Het gebruik van twee verschillende methoden (kengetallen TenneT en kengetallen uit de literatuur, zie paragraaf 2.1.3).

Merk op dat de externe kosten lager kunnen uitvallen wanneer het tracé parallel aan een bestaand tracé wordt aangelegd. Uit de literatuur blijkt dat de ondervonden hinder voor omwonenden bij een tweede tracé relatief gezien minder groot is.

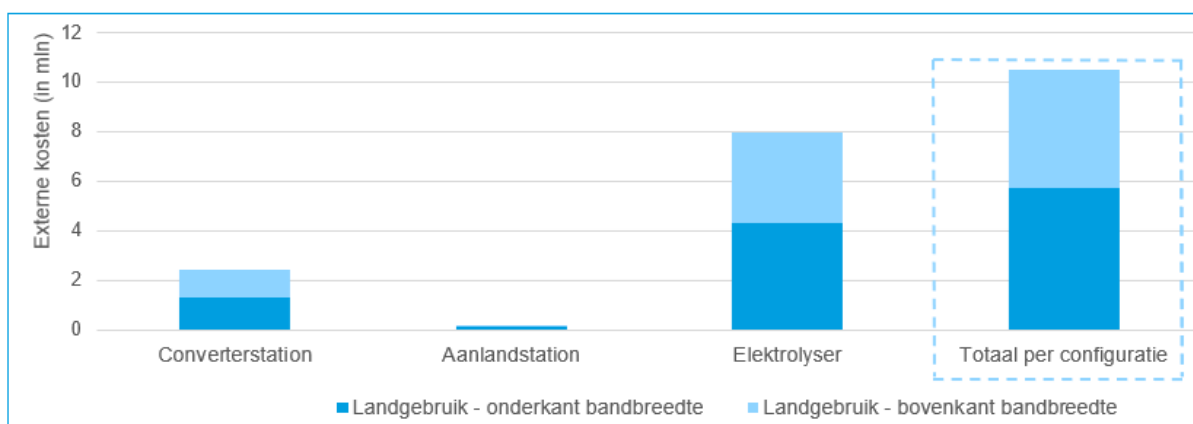
Tabel 3-9 – Aantal woningen in nabijheid van 380kV-verbinding en welvaartsverlies voor omwonenden (per tracé van twee circuits)

	Min	Max	Gem. woningwaardedaling
Aantal woningen < 40 m	450	700	20%
Aantal woningen > 40 m en < 100 m	300	700	6%
Aantal woningen > 100 m en < 300 m	1.200	4.400	1%
Welvaartsverlies omwonenden door netuitbreiding NNHN	€ 20 mln.	€ 170 mln.	

Biodiversiteitsverlies door landgebruik

Binnen de welvaartsverkenning hebben we het landgebruik van converterstations, aanlandstations en elektrolyzers beoordeeld. De externe kosten voor landgebruik zijn gebaseerd op het verlies in biodiversiteit bij landgebruik en zijn permanent van aard. Door een verandering in landgebruik kunnen natuurwaarden in een gebied aangetast worden, bijvoorbeeld wanneer er een bedrijventerrein op een graslandschap wordt ontwikkeld. Om deze impact te monetariseren hebben we het Handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2023) gebruikt.

In de analyse nemen we voor elke aanlandconfiguratie de plaatsing van 10 converterstations, 2 aanlandstations en 9,1 GW aan elektrolyse als uitgangspunt. Hierdoor zit er tussen de configuraties geen onderscheid in het totale welvaartsverlies als gevolg van landgebruik. De resultaten staan gepresenteerd in *Figuur 3-3*.



Figuur 3-3 Externe kosten landgebruik per configuratie, periode van 40 jaar, bedragen in mln. €

De externe kosten voor landgebruik zijn relatief hoog voor de plaatsing van elektrolyzers. Dit komt voornamelijk door de benodigde ruimte voor deze infrastructuur. Een 1 GW elektrolyser neemt bijna 4 zoveel oppervlakte in beslag (20 hectare) als een converterstation (5,5 hectare)⁴⁰. De totale externe kosten voor het landgebruik van de aanlandstations vallen het laagste uit. Redenen hiervoor zijn het relatief lage ruimtegebruik (2 hectare) en het feit dat er slechts twee waterstofleidingen (en dus twee aanlandstations) per configuratie geplaatst zullen worden (in vergelijking met tien converterstations en zo'n negen elektrolyzers).

Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers

Het ruimtelijk inpassen van de beoogde infrastructuur kan leiden tot welvaartsverlies in de vorm van geluidhinder voor omwonenden⁴¹. In de welvaartsverkenning maken we onderscheid in de geluidhinder van converterstations, elektrolyzers en aanlandstations.⁴² Hierbij gaan we uit van de inpassing van infrastructuur voor de aanlanding van tien elektrische kabels en twee waterstofleidingen. Tevens gaan we uit van 9,1 GW aan elektrolysecapaciteit binnen elke configuratie. Cumulatieve geluidhinder laten we in de analyse buiten beschouwing. De methodiek voor het bepalen van de geluidhinder voor de verschillende typen infrastructuur hebben we opgenomen in paragraaf 2.1.1.

In Figuur 3-4 presenteren we per configuratie het totale geschatte welvaartsverlies voor omwonenden door geluidhinder van de converterstations. We hebben hierbij een schatting gemaakt van de 'gemiddelde' geluidhinder van de zoekgebieden per aanlandzone (dat wil zeggen, het gemiddelde van een locatie met de meeste en met de minste geluidhinder). In de analyse zien we dat de externe kosten van geluidhinder het hoogste uitvallen voor de configuraties 'Energiecorridors', 'Ruimtelijke optimalisatie' en 'Spreiding zonder Eemshaven'. Deze configuraties bevatten veel aanlandingen in Noord-Holland of Limburg, waar de zoekgebieden voor converterstations in dichtbevolkter gebied liggen⁴³. De externe effecten van geluidshinder van

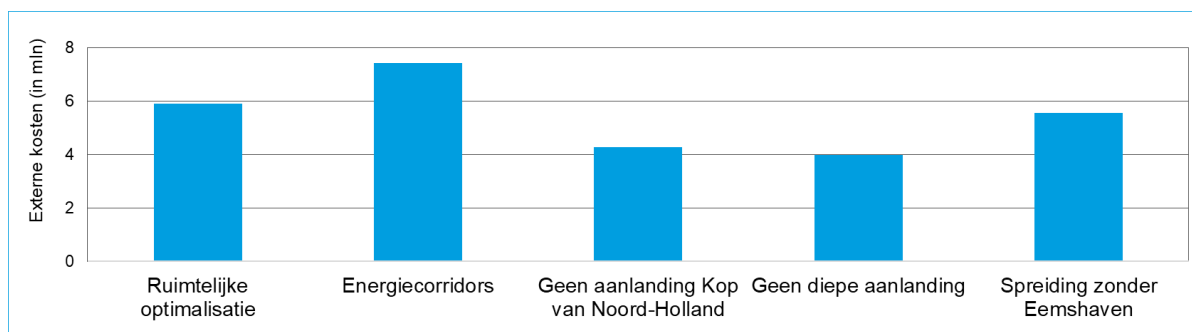
⁴⁰ Merk hierbij op dat het hier om een elektrolyser van 1 GW en een converterstation van 2 GW gaat. Voor hetzelfde vermogen neemt een elektrolyser dus 8 keer zoveel ruimte in.

⁴¹ Hierbij is de gemiddelde geluidhinder per persoon per jaar geschat middels het Handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2023).

⁴² De externe kosten van geluidhinder in de Eemshaven (PAWOZ) zijn in de analyse buiten beschouwing gelaten.

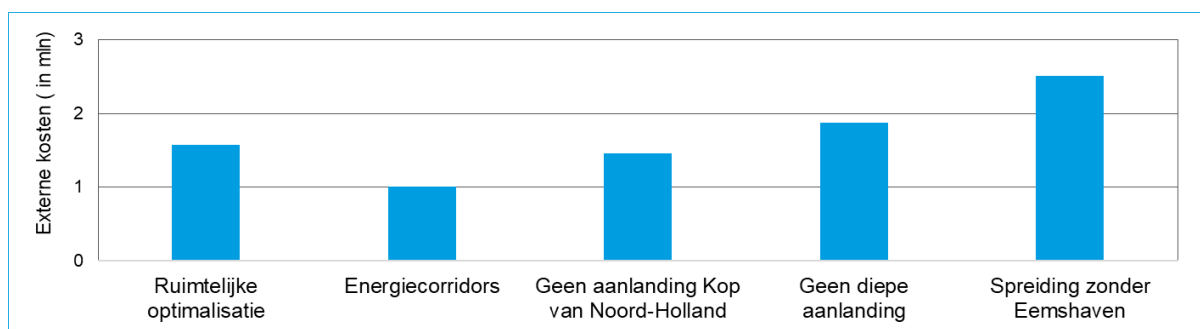
⁴³ Merk op dat het hierbij gaat om de locatie van de zoekgebieden voor de converterstations, die in dichtbevolkt gebied liggen. Oftewel, in die zoekgebieden bevinden zich meer woningen dan in andere zoekgebieden.

configuratie ‘Geen aanlanding Kop van Noord-Holland’ en ‘Geen diepe aanlanding’ vallen dus lager uit aangezien er niet wordt aangeland in Noord-Holland of in Noord-Brabant en Limburg.



Figuur 3-4 Externe kosten geluidhinder converterstations per configuratie, periode van 40 jaar, bedragen in mln. €

Naast geluidhinder van converterstations, kan de plaatsing van elektrolyzers ook leiden tot (permanente) geluidhinder. De totale externe kosten van geluidhinder door elektrolyzers staan per configuratie gepresenteerd in *Figuur 3-5*.⁴⁴ Wat opvalt is dat de externe kosten van geluidhinder door elektrolyse lager liggen ten opzichte van de geluidhinder door converterstations. Dit komt voornamelijk door de ligging van de zoekgebieden van elektrolyzers, deze bevinden zich veelal in minder bebouwde of industriële gebieden. De zoekgebieden voor converterstations bevinden zich daarentegen ook richting de gebouwde omgeving. In de analyse zien we dat de gemiddelde externe kosten van geluidhinder door elektrolyse het hoogste uitvallen voor de configuratie ‘Ruimtelijke optimalisatie’, ‘Geen diepe aanlanding’ en ‘Spreiding zonder Eemshaven’. Dit heeft als oorzaak de hogere gemiddelde externe kosten voor geluidhinder in de regio Zuid-Holland, dit is dan ook leidend in de resultaten (de scenario’s met meer elektrolyse in Zuid-Holland, hebben gemiddeld hogere externe kosten).



Figuur 3-5 Externe kosten geluidhinder elektrolyzers, periode van 40 jaar, bedragen in mln. €

Per configuratie zijn we uitgegaan van de aanlanding van twee waterstofleidingen en dus twee aanlandstations (van dezelfde omvang). De externe kosten van geluidhinder van de aanlandstations variëren daardoor niet tussen de configuraties. In vergelijking met de geluidhinder van converterstations en elektrolyzers zijn de externe kosten van de aanlandstations relatief laag (ongeveer € 0,2 miljoen over een periode van 40 jaar). De voornaamste reden hiervoor is de (relatief) lage benodigde geluidruimte van een aanlandstation t.o.v. de andere typen infrastructuur.⁴⁵

⁴⁴ Hierbij is de mogelijke geluidhinder van elektrolyse in de Eemshaven buiten beschouwing gelaten.

⁴⁵ Dit wordt verder toegelicht in **plan-MER hoofdstuk 9: land- en ruimtegebruik op land**.

Overige externe effecten

Naast *permanente* effecten (visuele hinder, landgebruik, geluidhinder) kan de aanleg van de benodigde infrastructuur voor pVAWOZ ook *tijdelijke* negatieve effecten opleveren voor mens en natuur. In deze paragraaf lichten we deze tijdelijke externe effecten van de verschillende configuraties toe aan de hand van de gebiedsdoorkruisingen van de routes. We maken hierbij onderscheid tussen de onshore- en offshore-gedeeltes van de routes.

Methodiek en uitgangspunten

Wegens de onzekerheden rondom de aanlegfase en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *i.e. een route die langer door gebruikt gebied loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor gebiedsgebruikers, zij het beperkt*. De methodiek voor het bepalen van de externe effecten is opgenomen in paragraaf 2.1.1.

Een belangrijk uitgangspunt voor de tijdelijke externe effecten van de configuraties is dat de onshore routes in één keer aangelegd worden, waardoor er slechts eenmaal externe effecten optreden per route. Voor de offshore routes geldt dat deze juist niet tegelijk aangelegd worden (*dit wordt verder toegelicht in plan-MER Hoofdstuk 10: Cumulatie*). Daarnaast hebben we varianten van routes in de analyse buiten beschouwing gelaten.

Onshore routes

Deze analyse richt zich op de volgende vier gebiedsdoorkruisingen: bebouwing, natuur, landbouw en recreatie (gebiedsdoorkruisingen waarvan we verwachten dat die de meeste externe effecten veroorzaken). Deze externe effecten kunnen bijvoorbeeld bestaan uit tijdelijke geluidhinder, tijdelijke beperking van economische activiteiten of tijdelijke negatieve effecten op de natuur. De mogelijke impact van de vier typen gebiedsdoorkruisingen is (beknopt) opgenomen in

Tabel 3-10. Verdere toelichting van de externe effecten is opgenomen in de bijlage D en *het hoofdstuk: Resultaten per provincie*.⁴⁶

Tabel 3-10 – Overzicht mogelijke impact gebiedsdoorkruisingen

Type doorkruising	Mogelijke impact hogere doorkruising
Bebouwd gebied	Meer geluidhinder voor omwonenden gedurende de aanlegfase.
Natuurlijk gebied	Meer ecologische effecten zoals habitatverlies, habitatsverstoring en stikstofdepositie, en daarmee mogelijk meer negatieve welvaartseffecten.
Landbouwgebied	Mogelijke (tijdelijke) negatieve effecten zoals de schade aan gewassen en gederfde inkomsten van landbouw door de graaf- en aanlegwerkzaamheden.
Recreatief gebied	Tijdelijke vermindering van belevingswaarde voor recreanten en mogelijk verminderde inkomsten van toeristische of recreatieve ondernemingen.

Elektrische onshore routes

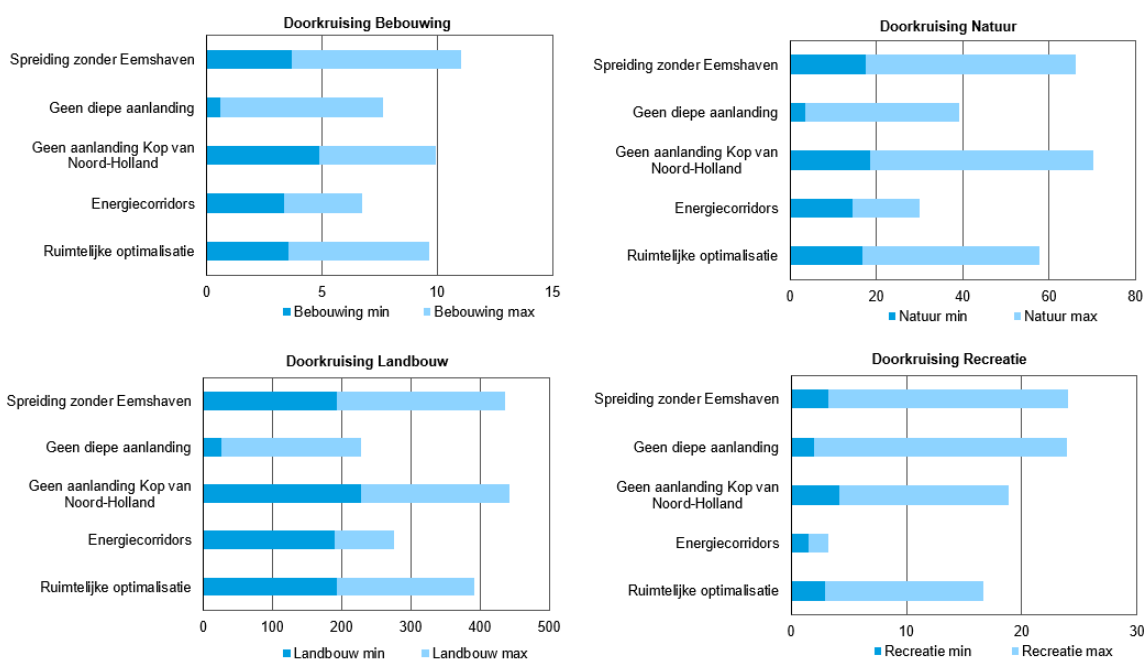
De bandbreedte van de gebiedsdoorkruisingen van de onshore elektrische routes per configuratie is weergegeven in *Figuur 3-6* (Let op: de x-as met de kilometerdoorkruisingen varieert per grafiek). We lichten kort de resultaten toe:

- Het algemene beeld is dat de **configuraties met veel spreiding leiden tot meer gebiedsdoorkruisingen en dus meer tijdelijke externe effecten**. Wanneer er gecentreerd

⁴⁶ De beoordeling van het ruimtegebruik op land is opgenomen in de *plan-MER hoofdstuk 9: land- en ruimtegebruik op land*. Daarnaast is de beoordeling van natuur op land opgenomen in de *plan-MER hoofdstuk 5: Natuur op land*.

aangeland wordt (waarbij meerdere onshore kabels in dezelfde routes worden aangelegd), kunnen er immers meer kabels gelijktijdig aangelegd worden. Hierdoor treden er minder tijdelijke externe effecten op. Dit komt bijvoorbeeld sterk naar voren in configuraties 'Energiecorridors' en 'Geen diepe aanlanding', waarvan de doorkruisingen lager uitvallen.

- Daarnaast zien we dat configuratie 'Energiecorridors' verhoudingsgewijs tot een lage doorkruising van recreatief gebied leidt. In deze configuratie wordt er immers enkel aangeland in de Kop van Noord-Holland, de Eemshaven en Limburg, waardoor een groot gedeelte van de kustzones met veel recreatie (Zeeland en Zuid-Holland) worden ontzien⁴⁷.
- Tevens zien we duidelijke verschillen in de doorkruisingen van landbouwgebied. In de configuraties 'Spreiding zonder Eemshaven' en 'Geen aanlanding Kop van Noord-Holland' wordt bijvoorbeeld ruim 400 kilometer doorkruist, terwijl dit bij 'Geen diepe aanlanding' iets meer dan 200 kilometer is.



Figuur 3-6 Kilometer doorkruisingen elektrische routes (onshore), per configuratie

Onshore waterstofroutes

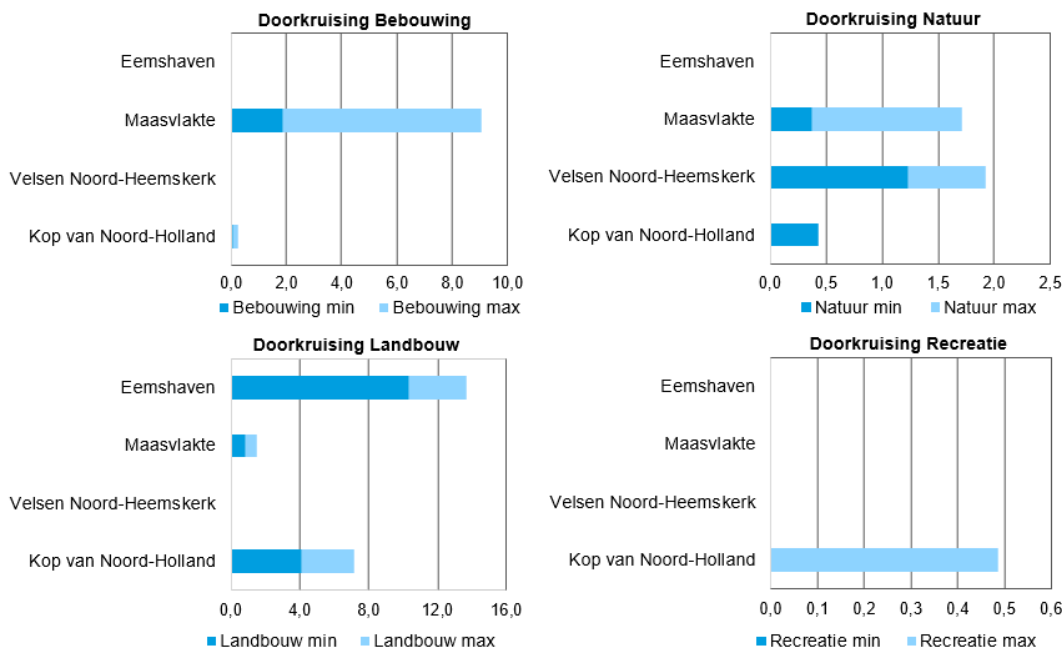
De bandbreedte van de gebiedsdoorkruisingen van de onshore waterstofroutes per aanlandlocatie is weergegeven in

Figuur 3-7 (let op: de x-as met de kilometerdoorkruisingen varieert per grafiek). De analyse richt zich op dezelfde vier gebiedsdoorkruisingen als bij de analyse van de elektrische verbindingen (bebouwing, natuur, landbouw en recreatie). We lichten kort de resultaten toe:

- De routes richting de Eemshaven (Noord-Nederland) doorkruisen enkel landbouwgebied;
- De waterstofroutes naar de Maasvlakte (Zuid-Holland) doorkruisen veel bebouwd gebied, natuurlijk gebied en enkele kilometers aan landbouwgebied;
- De routes richting Velsen Noord-Heemskerk doorkruisen relatief veel natuurlijk gebied;

⁴⁷ Het gaat hierbij veelal om stranden met recreatief gebied (bijvoorbeeld kitesurfzones), gebieden met veel wandel- en fietsroutes en gebieden met campings en sportparken. Dit wordt verder toegelicht in de *PlanMER hoofdstuk 9: land- en ruimtegebruik op land*.

- De waterstofroutes naar de Kop van Noord-Holland doorkruisen natuurlijk- en landbouwgebied voor enkele kilometers. Daarnaast loopt één van de routes door recreatief gebied⁴⁸.



Figuur 3-7 Kilometer doorkruisingen aanleg één waterstofroute (onshore), per aanlandregio

Offshore routes

De analyse van de tijdelijke effecten van de offshore routes is wegens het ontbreken van voldoende kwalitatief goede data (en o.a. het koppelen van andere programma's) uit het rapport gelaten. Om een landelijk beeld van deze externe effecten via de verschillende configuraties te schetsen is het belangrijk dat de offshore routes volledig zijn om een vertekend beeld te voorkomen.

Natuur op de Noordzee

Veel offshore routes doorkruisen beschermde Natura2000, gebieden die vallen onder de omgevingswet Kaderrichtlijn Water (KRW) en de omgevingswet Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). Veel routes richting **Noord-Holland** lopen bijvoorbeeld door *KRM Friese front*, *Natura2000 Friese front*, *KRW Hollandse Kust kustwater* en *Natura2000 Hollandse Kust*. Routes naar **Zuid-Holland** doorkruisen onder andere gebieden zoals *Natura2000 Bruinbank*, *Natura2000 Voordelta* en *KRW Noordelijke deltakust*. Routes richting **Zeeland** doorkruisen bijvoorbeeld *Natura2000 Vlakte van de Raan*, *KRW Zeeuwse Kust*, *Natura2000 Westerschelde*, *KRW Veerse Meer* en *Natura2000 Veerse Meer*.

Doorkruising van natuur op zee kan zowel tijdelijke als permanente effecten hebben op beschermde leefgebieden en beschermde soorten tijdens de aanleg- en gebruiksfase. Negatieve effecten kunnen tot welvaartsverlies leiden. *De beoordeling van natuur op zee is opgenomen in Hoofdstuk 4 van de plan-MER: Natuur op zee en grotere wateren.*

⁴⁸ Het gaat hierbij veelal om stranden met recreatief gebied (bijvoorbeeld kitesurfzones), gebieden met veel wandel- en fietsroutes en gebieden met campings en sportparken. Dit wordt verder toegelicht in de *PlanMER hoofdstuk 9: land- en ruimtegebruik op land*.

3.5 Regionale spin-off: economische effecten

In deze paragraaf beschrijven we de regionale economische effecten voor de elektrische routes (onshore en offshore kabels, platforms en converstations), waterstofroutes (onshore en offshore leidingen en aanlandstations) en (onshore) elektrolyzers. Het gaat om zowel de directe als de indirecte bijdrage aan de regionale economie. We bespreken eerst de **directe investeringen** voor Nederland die volgen uit de bouw en aanleg (dit zijn eenmalige of tijdelijke economische effecten) en de operationele fase (de structurele of jaarlijkse effecten). Vervolgens bespreken we de **directe en indirecte economische effecten** van deze investeringen. Door toeleveren en uitbesteden aan andere sectoren is er een regionaal-economische doorwerking van deze investeringen (of 'multiplier'-effecten). Tabel 3-11 bevat de resultaten op hoofdlijnen: de economische effecten voor Nederland (dus exclusief investeringen die in het buitenland terechtkomen). In het vervolg van deze paragraaf gaan we dieper in op de verschillende onderdelen.

Tabel 3-11 Directe en indirecte bruto economische effecten in Nederland, per type route en elektrolyser

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	340 - 400	124 - 145	680 - 800	290 - 340
Onshore elektrische route	290 - 580	9 - 20	790 - 1.980	25 - 65
Offshore waterstofroute	550 - 880	17 - 27	1.670 - 2.500	45 - 70
Onshore waterstofroute	35 - 60	2	100 - 180	5
Elektrolyser	1.500-1.800	450-460	4.200-6.200	890-1.030

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Wat zegt deze analyse niet?

- Deze analyse biedt **geen inzicht in mogelijke voorwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *afnemers* van goederen en diensten, zoals bedrijven die (duurzame) elektriciteit of groene waterstof afnemen en daarmee producten produceren en economische waarde creëren. We kunnen vanuit deze analyse dus niets concluderen over verwachte structuurveranderingen in de regionale economie door de additionele beschikbaarheid van energie of de impact op het regionale vestigingsklimaat (dit behandelen we in een separate analyse in Paragraaf 4.2.4).
- De gepresenteerde uitkomsten zijn **geen netto, maar bruto effecten**. De gehanteerde methode veronderstelt dat behalve de directe investering alle andere factoren in de economie gelijk blijven. Andere investeringen die zouden kunnen concurreren om mensen en middelen laten we buiten beschouwing. In werkelijkheid zal de vraag naar arbeid als gevolg van de investeringen bijvoorbeeld leiden tot verdringing op de arbeidsmarkt (baancreatie op de ene plek leidt tot baanverlies op de andere plek).

Wat zegt deze analyse wel?

- Deze analyse biedt **inzicht in mogelijke achterwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *toeleveranciers* van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Hierbij kan men aan allerlei typen lokale ondernemers denken die profiteren: van de lokale broodjeszaak die meer klandizie heeft doordat bouwvakkers daar hun lunch halen tot de regionale leverancier van bouwmaterialen. Elke besteedde euro leidt tot x euro aan bestedingen elders in de regio (voorbeeld: bij een x van 0,40 leidt elke besteedde € 1 elders in de regio tot € 0,40 aan bestedingen bij toeleveranciers).
- Deze analyse biedt **inzicht in het verwachte aandeel van de directe investeringen dat werkelijk in de regio zelf belandt en mogelijke weglekeffecten naar andere regio's**. Dit draagt bij aan het creëren van realistische verwachtingen ten aanzien van de mate waarin de regio economisch gezien kan profiteren van investeringen in de energie-infrastructuur.

Directe investeringen

We zien een duidelijk verschil tussen het aandeel van de investeringen in de bouw/aanleg en de operationele fase dat in Nederland blijft: de jaarlijkse investering komt grotendeels ten goede aan de Nederlandse economie, terwijl van de eenmalige investeringen (bouw/aanleg) een aanzienlijk deel naar het buitenland vloeit. Bij de bouw en aanbesteding moet men dus rekening houden met een aanzienlijk weglekeffect naar het buitenland.

Wat betreft **eenmalige investeringen** verwachten we met name bij de aanleg van offshore elektrische routes dat veel buitenlandse leveranciers betrokken worden in de aanbesteding: slechts een klein deel (4%) van de directe investering landt in Nederland. Deze conclusie is met name gebaseerd op de huidige uitbesteding- en toeleveringsrelaties van betreffende netwerksectoren en uit de interviews opgehaalde inzichten over de verhouding binnenland/buitenland bij outsourcing van gespecialiseerde systemen en leveringsdiensten.

Voor onshore elektrische- en waterstofroutes komt meer dan de helft in Nederland terecht. Voor elektrolyserplants is onze inschatting dat 20 tot 50% van de aanbestedingen bij Nederlandse partijen terecht kan komen. Een belangrijk onderdeel van de waterstoffabrieken zijn elektrolyserstacks, die op dit moment worden geproduceerd en geleverd door internationale bedrijven zoals Siemens en ITM Power (FME & TNO, 2020). Veel van deze investeringen die in Nederland terecht komen, komen in de bouw terecht, maar ook specialistische zakelijke diensten (o.a. ingenieursbureaus) worden naar verwachting veel door Nederlandse leveranciers ingevuld.

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 – Definitief

Elektrolyzers zullen qua **jaarlijkse investeringen** de belangrijkste economische effecten opleveren: de totale jaarlijkse directe investering in Nederland bedraagt naar verwachting zo'n € 250 miljoen per elektrolyser (van 1 GW). Dit betreffen voornamelijk kosten voor de operatie van de elektrolyserplants (o.a. personeel), elektriciteitskosten en kosten voor aansluiting op het elektriciteits- en waterstofnetwerk.

Voor zowel de offshore als de onshore elektrische- en waterstofroutes verwachten we dat Nederlandse partijen de onderhouds- en reparatiewerkzaamheden uit zullen voeren. In absolute zin gaat dit echter om relatief kleine (jaarlijkse) economische effecten. Deze effecten belanden in de bouw en (voor de elektrische routes) ook in de 'elektrotechnische en elektrische industrie' (specialistische bedrijven op het gebied van elektriciteitsinfra).

Tabel 3-12 – Directe investeringen in Nederland vanuit de investering en operationele fase, per type route en elektrolyser

Infrastructuur	Directe investering (eenmalig)		Directe investering (jaarlijks)	
	Geschat aandeel in NL (% van CAPEX)	Gem. bedrag in NL (in mln. €)	Geschat aandeel in NL (% van OPEX)	Gem. bedrag in NL (in mln. €)
Offshore elektrische route	4%	170	100%	83
Onshore elektrische route	62%	280	100%	9
Offshore waterstofroute	35%	470	100%	13
Onshore waterstofroute	52%	29	100%	1
Elektrolyzers	21-48%	1.050	48%	250

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Als we kijken naar wáár in Nederland de directe investeringen naar verwachting terecht komen, zien we dat Zuid-Holland het grootste deel aantrekt (met name in de regio's Groot-Rijnmond en Zuidoost-Zuid-Holland), maar dat ook een significant deel in Gelderland en Noord-Brabant landt. Tabel 3-13 en Tabel 3-14 geven inzicht in de verdeling over Nederland voor de investeringen in respectievelijk de bouw/aanleg en de operationele fase.

Tabel 3-13 Verdeling eenmalige investeringen (% van CAPEX) naar provincie*

Provincie	Offshore elektrische routes	Onshore elektrische routes	Offshore waterstofinfra	Onshore waterstofinfra	Onshore elektrolyse
Groningen	0%	0%	4%	6%	0%
Friesland	0%	0%	1%	1%	0%
Drenthe	0%	2%	0%	2%	0%
Overijssel	0%	2%	0%	1%	0%
Gelderland	4%	9%	0%	5%	3%-9%
Utrecht	0%	0%	4%	3%	0%
Noord-Holland	0%	0%	1%	1%	0%
Zuid-Holland	0%	23%	24%	10%	6%-18%
Zeeland	0%	0%	0%	0%	0%
Noord-Brabant	0%	2%	0%	4%	1%
Limburg	0%	0%	0%	0%	0%
Flevoland	0%	0%	0%	0%	0%
Regio route of elektrolyser	0%	22%	0%	21%	11%-20%
Totaal in Nederland	4%	62%	35%	52%	21%-48%

Bron: CE Delft en NEO Observatory

* Investerings komen terecht bij leveranciers in Nederland of het buitenland. Van de Nederlandse leveranciers is de verwachting dat een deel 'vaste' leveranciers omvat, bijvoorbeeld partijen die in raamwerkcontracten met TenneT en Gasunie zitten (deze worden ingeschakeld onafhankelijk van wáár in Nederland de infrastructuur wordt gerealiseerd). Het andere deel van de Nederlandse leveranciers betreft partijen uit de regio waar de infrastructuur wordt gerealiseerd (hierboven weergegeven op de rij 'Regio route of elektrolyser'). Het deel dat in het buitenland terecht komt, is niet in deze tabel opgenomen.

Tabel 3-14 Verdeling jaarlijkse investeringen (% van OPEX) naar provincie*

Provincie	Offshore elektrische routes	Onshore elektrische routes	Offshore waterstofinfra	Onshore waterstofinfra	Onshore elektrolyse
Groningen	0%	0%	0%	1%	3%
Friesland	0%	0%	0%	0%	0%
Drenthe	0%	2%	0%	1%	0%
Overijssel	0%	2%	0%	0%	0%
Gelderland	0%	4%	0%	3%	24%
Utrecht	0%	0%	0%	0%	1%
Noord-Holland	0%	0%	0%	0%	5%
Zuid-Holland	100%	39%	75%	43%	4%
Zeeland	0%	0%	0%	0%	0%
Noord-Brabant	0%	2%	25%	2%	1%
Limburg	0%	0%	0%	0%	4%
Flevoland	0%	0%	0%	0%	0%
Regio route of elektrolyser	0%	50%	0%	50%	6%
Totaal in Nederland	100%	100%	100%	100%	48%

Bron: CE Delft en NEO Observatory

* Investerings komen terecht bij leveranciers in Nederland of het buitenland. Van de Nederlandse leveranciers is de verwachting dat een deel 'vaste' leveranciers omvat, bijvoorbeeld partijen die in raamwerkcontracten met TenneT en Gasunie zitten (deze worden ingeschakeld onafhankelijk van wáár in Nederland de infrastructuur wordt gerealiseerd). Het andere deel van de Nederlandse leveranciers betreft partijen uit de regio waar de infrastructuur wordt gerealiseerd (hierboven weergegeven op de rij 'Regio route of elektrolyser'). Het deel dat in het buitenland terecht komt, is niet in deze tabel opgenomen.

Directe en indirecte economische effecten

De bouw van een elektrolyser zorgt in absolute zin voor de grootste **eenmalige bruto indirecte effecten** (zie

Tabel 3-15). Offshore elektrische routes zorgen – met een multiplier van 2,20 – voor de grootste doorwerking per euro investering (ofwel, kennen de grootste spin-off voor de regionale economie).

Van investeringen in de waterstofroutes verwachten we op basis van onderstaande gegevens het

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 – Definitief

grootste wegleffect naar het buitenland. Voor elektrolyzers hangt de mate af van de locatie waar de elektrolyser wordt gebouwd.

De multipliers in

Tabel 3-15 zijn de multipliers voor Nederland (samengesteld uit het effect in 40 COROP regio's), maar zijn afhankelijk van de COROP-regio waarin de investering plaatsvindt. De multiplier van 2,20 is zeer hoog en is toe te schrijven aan de investering die bij TenneT zelf terecht komt (regio Arnhem/Nijmegen). Dit duidt erop dat de economische structuur van deze regio ervoor zorgt dat een relatief groot deel van het economische effect vanuit deze bedrijfstak (energievoorziening) in Nederland neerslaat. Voor andere regio's zijn de multipliers lager (bijvoorbeeld voor een investering in een elektrolyser in COROP-regio Overig Zeeland met een multiplier van 1,53), wat duidt op meer wegleffecten naar het buitenland. Daarnaast zijn er specifieke COROP-regio's (zoals Groot-Rijnmond en Zuidoost-Zuid-Holland) waarbij niet alleen een groot deel van de directe investering terecht komt, maar waar ook een significante spin-off ontstaat, zowel in productie als in werkgelegenheid. Verder zien we hoge multipliers voor bestedingen in de Kop van Noord-Holland (1,88 en 1,87 voor investeringen in respectievelijk onshore elektrische routes en onshore waterstofroutes) en lage multipliers voor bestedingen in Zeeuws-Vlaanderen (1,69 voor een investering in een onshore elektrische route) en Groot-Rijnmond (1,67 voor een investering in een onshore waterstofroute).

Merk op dat investeringen die bij buitenlandse partijen terechtkomen ook indirecte effecten kunnen hebben voor de provincie (buitenlandse partijen die lokale partijen inschakelen). Deze effecten hebben we in onze methodiek niet kunnen meenemen, waardoor het economische effect voor de provincie in werkelijkheid groter kan zijn (bijvoorbeeld bij investeringen in offshore routes, die grotendeels bij buitenlandse partijen terechtkomen).

Tabel 3-15 Eenmalige bruto economische effecten in Nederland

	Directe investering in NL (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in NL		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	160 - 180	340 - 400	680 - 800	2,20
Onshore elektrische route	170 - 310	290 - 580	790 - 1.980	1,69 - 1,88
Offshore waterstofroute	360 - 570	550 - 880	1.670 - 2.500	1,55
Onshore waterstofroute	20 - 35	35 - 60	100 - 180	1,67 - 1,87
Elektrolyser	1.050	1.500 - 1.800	4.200 - 6.200	1,53 - 1,79

Bron: CE Delft en NEO Observatory

De exploitatie van een elektrolyser zorgt voor de grootste **jaarlijkse bruto indirecte effecten**, zowel in absolute als in relatieve zin (zie Tabel 3-16). De onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan offshore elektrische routes zorgen in absolute zin voor een substantieel economisch effect in Nederland (voor het grootste deel toe te rekenen aan de platforms), maar kent met een multiplier van 1,64 een relatief hoog wegleffect. Ook wat betreft (directe en indirecte) werkgelegenheid ontstaan er per route substantiële effecten. In lijn met het economische effect is dit voor offshore routes het hoogst (290 tot 340 FTE/jaar), maar ook voor onshore elektrische routes en offshore waterstofroutes nog respectievelijk 25 tot 70 FTE per jaar.

Evenals voor de effecten vanuit de investering in de bouw, leveren de verschillende locaties van de elektrolyser ook in operationele fase bij een gelijke investering verschillende multipliers op voor toegevoegde waarde en werkgelegenheid. De verschillen zijn evenwel klein (1,77 tot 1,81), hetgeen primair wordt veroorzaakt door identieke uitgaven aan operatie van de elektrolyser. De verschillen

in multiplier zijn toe te schrijven aan de economische structuur en dan met name de verbondenheid tussen de 'haven economie' en de stedelijke diensteneconomie. Het gaat hierbij met name om uitbesteding van toeleverende diensten zoals horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening (financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). Bij eenzelfde besteding aan onderhoud aan een elektrolyser, levert Delft en Westland de hoogste multiplier op (1,81), gevolgd door de Kop van Noord-Holland en Midden-Noord-Brabant. Via de werkgelegenheidsmultiplier leveren de verschillende locaties in totaal de grootste werkgelegenheid voor geheel Nederland op in de COROP-regio's van Den Haag, Delft en Tilburg. Door een sterke verwevenheid tussen haven en diensteneconomie kan de multiplier van een regio positief uitpakken. Het verschil in het totaal aantal werkzame personen per gelijke investering aan onderhoud ontstaat door verschillen in kapitaal/arbeidsintensiteit per regio.

Ook investeringen in onshore routes voor elektrische verbindingen en waterstofverbindingen leveren voor verschillende aanlandregio's verschillende multipliers op. In lijn met de investeringen in de bouw/aanleg zien we voor operationele fase hoge multipliers voor bestedingen in de Kop van Noord-Holland (1,98 en 1,96 voor investeringen in respectievelijk onshore elektrische routes en onshore waterstofroutes) en lage multipliers voor bestedingen in Zeeuws-Vlaanderen (1,71 voor een investering in een onshore elektrische route) en Groot-Rijnmond (1,70 voor een investering in een onshore waterstofroute).

Tabel 3-16 Jaarlijkse bruto economische effecten in Nederland

	Directe investering in NL (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in NL		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	76 - 89	124 - 145	290 - 340	1,64
Onshore elektrische route	6 - 10	9 - 20	25 - 65	1,71 - 1,98
Offshore waterstofroute	10 - 16	17 - 27	45 - 70	1,70
Onshore waterstofroute	0,9 - 1,1	1,6 - 2,0	5	1,70 - 1,96
Elektrolyser	250	450 - 460	890 - 1.030	1,77 - 1,81

Bron: CE Delft en NEO Observatory

4 Resultaten per provincie

In dit hoofdstuk beschrijven we de resultaten van de welvaartsverkenning voor:

- Noord-Nederland (4.1);
- Noord-Holland (4.2);
- Zuid-Holland (4.3);
- Noord-Brabant (4.4);
- Zeeland (0).

Hierbij richten we ons op die elementen van de welvaartsverkenning die het meest onderscheidend zijn voor regio's.

4.1 Noord-Nederland

In deze paragraaf bespreken we achtereenvolgens de volgende onderwerpen:

- de mogelijke **routes en zoekgebieden** naar/in Noord-Nederland;
- de omvang van de **investeringen in de infrastructuur** in Noord-Nederland (onderdeel van de *directe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.2);
- de **regionale spin-off (economische effecten)** als gevolg van deze investeringen;
- de **impact op het regionale vestigingsklimaat** (onderdeel van de *indirecte effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.3);
- de **maatschappelijke kosten** door geluidhinder, visuele hinder en biodiversiteitsverlies door landgebruik (onderdeel van de *externe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.4);
- de **belangrijkste bevindingen** voor Noord-Nederland.

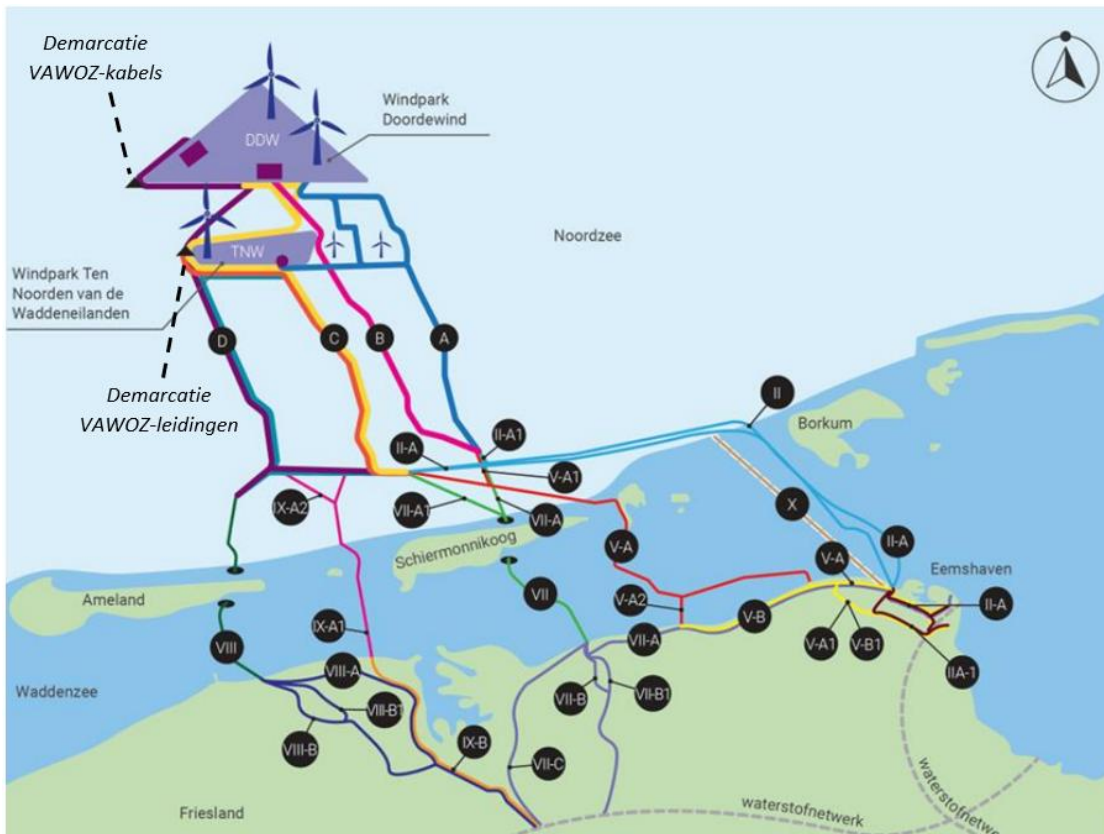
4.1.1 Routes en zoekgebieden

Het Programma Aansluiting Wind Op Zee – Eemshaven (PAWOZ) onderzoekt mogelijkheden voor toekomstige kabel- en leidingroutes naar de Eemshaven (Groningen).⁴⁹ De resultaten van PAWOZ, oftewel de mogelijke routes na 2031, zijn onderdeel van het Programma VAWOZ. Voor de analyse van de aanlanding in de Eemshaven is er gekeken naar de volgende mogelijke routes (welke we elk afzonderlijk beoordelen):

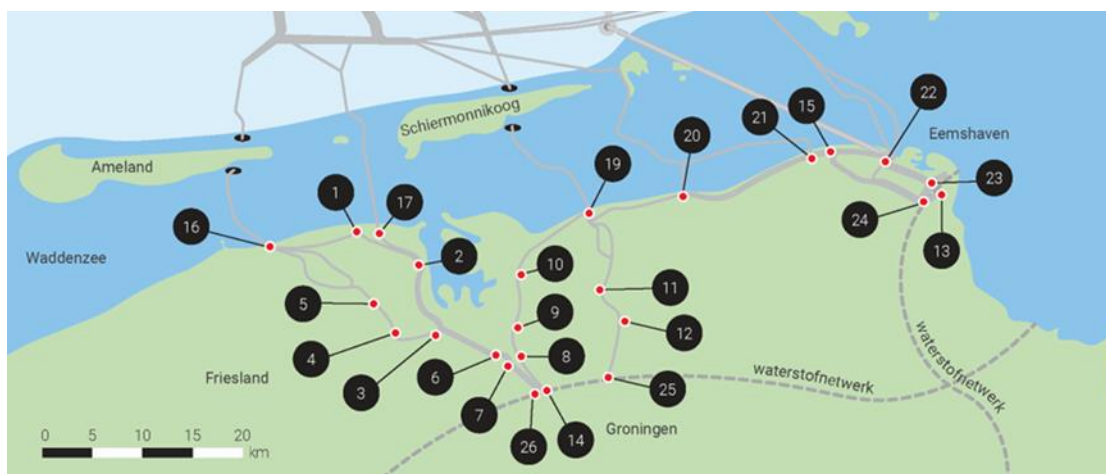
- De offshore routes van windenergiegebied 6/7 tot het demarcatiepunt van PAWOZ-Eemshaven ter hoogte van windenergiegebied Doordewind (onderdeel van programma VAWOZ). Het gaat hierbij om 4 mogelijke waterstofroutes en 1 elektrische route.
- De offshore routes en onshore routes van het demarcatiepunt van PAWOZ-Eemshaven tot de Eemshaven (onderdeel van programma PAWOZ). Binnen programma VAWOZ nemen we **Route X (tunnelvariant)** voor kabels en leidingen en **Route II (Eemsdollard)** voor kabels en leidingen mee in de beoordeling.

Een overzicht van de routes binnen PAWOZ is opgenomen in Figuur 4-1. Bijlage C.5 geeft een overzicht van de lengtes van de routes en de zoekgebieden.

⁴⁹ Meer informatie over programma PAWOZ staat in de [NRD - PAWOZ](#).



Figuur 4-1 Overzicht routes PAWOZ – Eemshaven



Figuur 4-2 Overzicht zoekgebieden aanlandstations PAWOZ – Eemshaven



Figuur 4-3 Overzicht zoekgebieden converterstations PAWOZ – Eemshaven

4.1.2 Investerings in de infrastructuur

In Hoofdstuk 3 hebben we gezien dat de realisatie van de VAWOZ-infrastructuur aanzienlijke investeringen met zich meebrengt; zo ook bij de bouw en aanleg van infrastructuur in en naar Noord-Nederland. Offshore elektrische- en waterstofroutes en onshore elektrolyzers zijn de grootste investeringen (al gauw enkele miljarden euro's per route of elektrolyser). Bij investeringen in de onshore delen van de routes of bij netuitbreidingen gaat het relatief gezien om kleinere investeringen, maar in absolute zin nog steeds om substantiële bedragen (honderden miljoenen euro's per onshore route of netuitbreiding). In onderstaand kader gaan we dieper in op de mogelijke investeringen in Noord-Nederland. In de volgende paragraaf presenteren we de regionale doorwerking van deze investeringen in de provinciale economie van de provincie Groningen.

Elektrische routes

Binnen VAWOZ zijn er in de regio Noord-Nederland verschillende elektrische routes beoordeeld volgens de methodiek uit Paragraaf 2.1.1. Voor de berekening van de kosten hebben we onder andere gebruik gemaakt van het [Deelrapport kosten: PAWOZ](#).

- Het totaal aan investeringen (CAPEX en OPEX over 40 jaar) voor één elektrische route varieert tussen de **4.340 en 12.550 miljoen euro**. Deze brede bandbreedte ontstaat door het verschil in investeringskosten tussen de tunnelvariant (hoge technische complexiteit) en de Eemsdollard route.

Waterstofroutes

In de regio Noord-Nederland zijn er binnen VAWOZ een aantal waterstofroutes beoordeeld. Alle waterstofroutes gaan richting de Eemshaven. Voor de berekening van de kosten hebben we onder andere gebruik gemaakt van het [Deelrapport kosten: PAWOZ](#). De totale investeringskosten (CAPEX, OPEX en ABEX) voor één waterstofleiding variëren van **1.830 tot 7.720 miljoen euro**. Vergelijkbaar als bij de elektrische routes ontstaat deze brede bandbreedte door het verschil in investeringskosten tussen de tunnelvariant (hoge technische complexiteit) en de Eemsdollard route.

Onshore elektrolyse

Waterstofproductie met behulp van elektrolyse kan ingezet worden als flexibiliteitsbron, waarmee vraag en aanbod van elektriciteit gebalanceerd kunnen worden. Afhankelijk van de uiteindelijke configuratie van aanlandingen zal er meer of minder elektrolyse in de regio Noord-Nederland gerealiseerd moeten worden. Ter illustratie: als we de aanlandconfiguraties in Hoofdstuk 3 als uitgangspunt nemen, zal er **0,4 tot 3,4 GW** aan elektrolyse nodig zijn. De totale investeringskosten hiervoor bedragen respectievelijk gemiddeld **1.300 tot 9.700 miljoen euro**. De gemiddelde jaarlijkse operationele kosten bedragen respectievelijk **350 tot 2.660 miljoen euro**. Tegenover de directe kosten staan ook (jaarlijkse) opbrengsten voor het verwaarden van waterstofproductie; deze opbrengsten hebben we in onze analyse niet gekwantificeerd.

Ingrepen op land

Er zijn naar verwachting ook ingrepen aan het elektriciteitsnet op land nodig om elektriciteit naar vraag elders in het land te transporteren. Dit wordt verder toegelicht in deelrapport *Systeemintegratie*. De kosten hiervan worden meegenomen in de nationale welvaartsanalyses (hoofdstuk 3).

4.1.3 Regionale spin-off: economische effecten

In deze paragraaf beschrijven we de mogelijke regionale economische effecten van de elektrische routes, waterstofroutes en (onshore) elektrolyzers. We bespreken de volgende twee onderdelen:

- **Directe investeringen** voor de provincie Groningen die volgen uit de bouw/aanleg (dit zijn eenmalige of tijdelijke economische effecten) en de operationele fase (de structurele of jaarlijkse effecten) van de PAWOZ-infrastructuur; welk aandeel van de investeringen landt in de provincie Groningen zelf en welk aandeel 'lekt weg' naar elders in Nederland of het buitenland?
- **Indirecte economische effecten** die voortvloeien uit de bouw en exploitatie van de infrastructuur; welke toeleveranciers in de regio profiteren hiervan? Tabel 4-1 geeft inzicht in de resultaten op hoofdlijnen.

In paragraaf 2.2 hebben we de methode voor het bepalen van de effecten uitgebreid toegelicht.

Tabel 4-1 Directe en indirecte bruto economische effecten in provincie Groningen, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Eemshaven

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	4	0,3	0	0
Onshore elektrische route	146	6,4	580	30
Offshore waterstofroute	81	0,1	40	0
Onshore waterstofroute	24	0,9	90	5
Elektrolyser	464	63	2.200	170

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Wat zegt deze analyse niet?

- Deze analyse biedt **geen inzicht in mogelijke voorwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *afnemers* van goederen en diensten, zoals bedrijven die (duurzame) elektriciteit of groene waterstof afnemen en daarmee sneller kunnen verduurzamen of waarde kunnen toevoegen. In welke mate toekomstige bedrijven zullen kiezen voor Noord-Nederland op basis van deze voordelen is geen onderdeel van deze analyse (dit behandelen we in een separate analyse in paragraaf 4.1.4).
- De gepresenteerde uitkomsten zijn **geen netto, maar bruto effecten van toegevoegde waarde en werkgelegenheid**. Andere investeringen die zouden kunnen concurreren om mensen en middelen laten we buiten beschouwing. Door concurrentie op de arbeidsmarkt kan de vraag naar arbeid als gevolg van de provinciale investering bijvoorbeeld leiden tot verdringing op de arbeidsmarkt (baancreatie op de ene plek leidt tot baanverlies op de andere plek).

Wat zegt deze analyse wel?

- Deze analyse biedt **inzicht in mogelijke achterwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *toeleveranciers* van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Hierbij kan men aan allerlei typen lokale ondernemers denken die profiteren: van de lokale broodjeszaak die meer klandizie heeft doordat bouwvakkers daar hun lunch halen tot tankstations, financiële en zakelijke dienstverleners en de regionale leverancier van bouwmaterialen. Elke besteedde euro leidt tot x euro aan bestedingen elders in de regio (voorbeeld: bij een x van 0,40 leidt elke besteedde € 1 elders in de regio tot € 0,40 aan bestedingen bij toeleveranciers).
- Deze analyse biedt **inzicht in het verwachte aandeel van de Directe investeringen dat werkelijk in de regio zelf belandt en mogelijke weglekeffecten naar andere regio's**. Dit draagt bij aan het creëren van realistische verwachtingen ten aanzien van de mate waarin de regio economisch gezien kan profiteren van investeringen in de energie-infrastructuur.

Directe investeringen

Voor PAWOZ verwachten we dat met name elektrolyzers en onshore elektrische- en waterstofroutes voor *Directe investeringen* in de provincie Groningen zorgen. Voor de bouw-/aanlegfase betreft dit voor het grootste deel civiele werkzaamheden (en in beperkte mate diensten zoals engineering, inkoop en vergunningen). Voor de operationele fase gaat dit om zowel civiele werkzaamheden (bij onshore routes) als werknemers voor de elektrolyser (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.) en de werkzaamheden die door Gasunie (waarvan het hoofdkantoor in Groningen staat) zelf worden uitgevoerd.

TenneT en Gasunie werken voor de aanleg en het onderhoud van de infrastructuur doorgaans met raamwerkcontracten. Op dit moment heeft slechts één partij uit de raamwerkcontracten het hoofdkantoor in de provincie Groningen staan (De Romein Infra & Milieu uit Veendam). De raamwerkpartijen zullen echter ook vestigingen/dochterondernemingen of andere onderaannemers in de provincie inschakelen. Daarom hebben we de ene helft van de structurele investering toegerekend aan de locatie van het hoofdkantoor en de andere helft aan de regio waar de route wordt aangelegd.

De aanleg van en onderhoud aan offshore elektrische routes leiden naar verwachting niet tot *directe* economische effecten in de provincie. Hiervoor zullen specialistische leveranciers (kabelleveranciers, waterbouwbedrijven) worden ingezet die zich niet binnen Zeeland bevinden en waarschijnlijk ook in beperkte mate lokale (dochter)ondernemingen inschakelen voor deze

werkzaamheden. Voor de aanleg van offshore elektrische routes worden naar verwachting vooral buitenlandse partijen ingeschakeld.

Tabel 4-2 Investerings in de provincie Groningen vanuit bouw/aanleg en operationele fase, investeringen per type route en elektrolyser naar/in regio Eemshaven

	Directe investering (eenmalig)			Directe investering (jaarlijks)		
	Gem. totale investering (CAPEX)	Geschat aandeel in provincie Groningen (% van CAPEX)	Gem. bedrag in provincie Groningen (in mln. €)	Gem. totale jaarlijkse kosten (OPEX)	Geschat aandeel in provincie Groningen (% van OPEX)	Gem. bedrag in provincie Groningen (in mln. €)
Offshore elektrische route	4.655	0%	0	94	0%	0
Onshore elektrische route	432	22%	96	8,6	50%	4,3
Offshore waterstofroute	1.796	4%	72	18	0%	0
Onshore waterstofroute	62	26%	16	1	60%	0,6
Elektrolyzers	2.840	10%	284	525	10%	50

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Directe en indirecte economische effecten

Eenmalige effecten

De bouw van een elektrolyser zorgt in absolute zin voor de grootste eenmalige bruto indirecte effecten (ruim € 460 miljoen en 2.200 FTE aan vraag naar arbeid). Ook bij de bouw/aanleg van onshore elektrische routes ontstaan substantiële economische- en werkgelegenheidseffecten (bijna € 150 miljoen en 580 FTE), terwijl ook de offshore en onshore waterstofroutes voor een lokale spin-off zorgen (respectievelijk € 80 miljoen en € 25 miljoen). Merk op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Nederland zullen ontstaan.

De multipliers in Tabel 4-3 zijn de multipliers voor de provincie Groningen: oftewel, elke geïnvesteerde euro in de provincie Groningen leidt tot x euro aan bestedingen bij toeleverende diensten (denk aan lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening – financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). De gepresenteerde multipliers zijn afhankelijk van de COROP-regio waarin de investering plaatsvindt. De routes en zoekgebieden vallen allen binnen de COROP-regio 'Overig Groningen' (waarbinnen Eemshaven valt); dit is dus de regio waarvoor we de investering hebben doorgerekend.

Een investering in een elektrolyser kent de hoogste multiplier (1,63). Dit komt voort uit de investering die in de bouw (civiele werkzaamheden) en bij dienstverlenende bedrijven (engineering, inkoop, vergunningen) terecht komt. De multipliers voor investeringen in de onshore elektrische- en waterstofroutes zijn respectievelijk 1,52 en 1,45 (terug te herleiden tot de civiele werkzaamheden die regionale partijen uitvoeren). Een investering in een offshore waterstofroute kent een zeer lage multiplier (1,13), voortkomend uit de besteding die bij Gasunie (energiesector) zelf uitkomt. Dit toont aan dat bouw- en dienstverlenende bedrijven een sterkere verwevenheid hebben met de bedrijven uit de regio dan de energiesector.

Tabel 4-3 Eenmalige bruto economische effecten in de provincie Groningen, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Eemshaven

	Directe investering in provincie Groningen (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in provincie Groningen		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	4	0	-
Onshore elektrische route	96	146	580	1,52
Offshore waterstofroute	72	81	40	1,13
Onshore waterstofroute	16	23,7	90	1,45
Elektrolyser	284	464	2.200	1,63

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Jaarlijkse effecten

De exploitatie van een elektrolyser zorgt voor de grootste jaarlijkse bruto indirecte effecten (zie Tabel 4-4). Het totale economische effect per jaar bedraagt meer dan € 60 miljoen waarbij een arbeidsvraag van 170 FTE ontstaat. De onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan elektrische routes zorgen voor een jaarlijks economisch effect van € 6 miljoen in de provincie Groningen en een klein werkgelegenheidseffect (30 FTE). Voor de waterstofroutes is het economische effect voor de provincie zeer beperkt (jaarlijks ongeveer € 1 miljoen). Merk wederom op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Nederland zullen ontstaan.

De multipliers voor de investeringen in de operationele fase zijn hetzelfde voor de onshore routes (immers allebei voortkomend uit bestedingen in de bouwsector). Voor de exploitatie van een elektrolyser (werknemers in operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.) is de multiplier lager (1,26). Dit toont wederom de relatief sterkere verwevenheid aan van bouwbedrijven met andere partijen uit de provincie.

Tabel 4-4 Jaarlijkse bruto economische effecten in de provincie Groningen, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Eemshaven

	Directe investering in provincie Groningen (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in provincie Groningen		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	0,3	0	-
Onshore elektrische route	4,3	6,4	30	1,50
Offshore waterstofroute	0	0,1	0	-
Onshore waterstofroute	0,6	0,9	5	1,50
Elektrolyser	50	63	170	1,26

Bron: CE Delft en NEO Observatory

4.1.4 Impact op regionaal vestigingsklimaat

Er zijn verschillende factoren die (in potentie) invloed kunnen hebben op het regionale vestigingsklimaat in Noord-Nederland. Hieronder bespreken we factoren die (in meer of minder mate) een rol spelen:

- **Grootschalige elektriciteitsafname.** Aanlanding van wind op zee biedt kansen voor realisatie van nieuwe grootschalige afname, zonder dat het netwerk hier fors verzwaaard voor dient te

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 – Definitief

worden. Dit komt doordat er in de aanlandregio's forse overschotten aan elektriciteit zullen zijn, en het netwerk hierop aangepast wordt. Dit kan een voordeel zijn voor het lokale vestigingsklimaat, aangezien bedrijven in deze regio's zich sneller kunnen vestigen, terwijl momenteel in veel andere gebieden waar geen aanlanding plaatsvindt problemen met netcongestie (kunnen blijven) spelen. Voorwaarde is – gezien de aansluitkosten op het net – dan wel dat de bedrijven zich nabij de aansluitlocaties van wind op zee vestigen.

- **Regionale netcongestie.** Wat betreft netcongestie in Noord-Nederland geldt dat er – met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 – al voldoende aanbod is om aan de lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen – de additionele aangelande windenergie zal deels worden doorgevoerd naar elders in het land.⁵⁰ Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen.
- **Energie- en netkosten.** In algemene zin leidt wind op zee tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten voor *heel Nederland*. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt). In de aanlandingsregio kunnen eenmalige aansluitkosten op het net wel lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen.
- **Duurzaam imago regio.** Aanlanding van en toegang tot duurzame energie in de regio kan bijdragen aan het duurzame imago en daarmee het vestigingsklimaat van de regio; dit geldt in principe generiek voor alle potentiële aanlandregio's. Dit effect is sterker als bijvoorbeeld de beschikbaarheid van groene elektronen (groene stroom) of groene moleculen (groene waterstof) voor sommige industriële bedrijfsprocessen een cruciale driver is voor vergroening (bijvoorbeeld omdat andere opties niet beschikbaar zijn). Alhoewel dit een effect is dat moeilijk te meten is, kan een regio hierop inspelen door deze randvoorwaarden goed in te vullen en zich hierop te profileren. Verder kunnen elektrolyzers – mits onder de juiste markomstandigheden voor groene waterstof – in algemene zin positieve effecten hebben en de aantrekkelijkheid van de regio's voor (potentiële) afnemers van waterstof verhogen.

4.1.5 Maatschappelijke kosten

De ruimtelijke impact van energie-infrastructuur kan leiden tot een verstoring van landschap en natuurgebieden en hinder voor omwonenden en recreanten. In deze paragraaf bespreken we de maatschappelijke kosten die gepaard gaan met de realisatie van de infrastructuur in de Eemshaven. We bespreken achtereenvolgens:

- Hinder voor omwonenden door netuitbreiding;
- Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers;
- Biodiversiteitsverlies door landgebruik;
- Overige externe effecten.

⁵⁰ Daarbij komt dat - zonder de juiste configuratie van het energiesysteem - extra aanlanding de huidige problemen rond invoedingscongestie mogelijk juist kunnen versterken; grootschalige elektrolyse of opslag in de regio kunnen hier bijvoorbeeld bij helpen.

Hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Door extra aanlandingen vanuit pVAWOZ zal het op verschillende plekken nodig zijn het (bovengrondse) hoogspanningsnet te verzwaren. Dit heeft impact op mens en natuur. Waar netverzwaring exact nodig is en hoe deze routes zouden lopen, is echter nog niet bekend. Voor Noord-Nederland illustreren we in onderstaand tekstkader daarom het mogelijke effect van netuitbreiding op omwonenden aan de hand van een voorbeeld. Merk verder op dat onshore kabels en leidingen (als onderdeel van de aanlandroutes) ondergronds worden aangelegd en daarmee – in vergelijking met bovengrondse netverzwaringen – relatief weinig hinder veroorzaken.

Illustratie hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Voor het effect van bovengrondse hoogspanningstracés op omwonenden kijken we naar het woningwaardeverlies binnen verschillende afstanden (tot 300 meter) van de hoogspanningsmasten: hoe dichterbij het hoogspanningstracé, hoe hoger de waardedaling van een woning. In termen van welvaartseffecten kan deze waardedaling als een afspiegeling gezien worden van het werkelijke welvaartsverlies voor omwonenden. In paragraaf 2.1.3 gaan we uitgebreid in op de methodiek.

Stel dat er een nieuw hoogspanningstracé gebouwd moet worden van 40 km. Over het gehele tracé bevinden zich 1.000 tot 2.000 woningen binnen een afstand van 300 meter. Als we dan uitgaan gemiddelde woningwaarde van € 400.000 en rekening houden met de verschillende waardedalingen (bijvoorbeeld 20% binnen 40 meter, 6% binnen 100 meter, etc.), kunnen we bijvoorbeeld uitkomen op een totaal welvaartsverlies (totale waardedaling van woningen) van: € 15 miljoen tot € 80 miljoen.

Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers

Het plaatsen van een converterstation, elektrolyser of aanlandstation kan leiden tot (permanente) geluidhinder voor omwonenden. Deze geluidhinder kunnen we vertalen naar welvaartsverlies voor omwonenden, de ervaren overlast en gezondheidsschade in euro's (zie methodiek in paragraaf 2.1.1). Voor elk type infrastructuur zijn er verschillende zoekgebieden waarbinnen de stations en elektrolyzers mogelijk geplaatst kunnen worden. Aan de hand van deze zoekgebieden hebben we voor elk type infrastructuur het gemiddelde welvaartsverlies bepaald (de zoekgebieden waarin we de meeste geluidhinder verwachten). De belangrijkste bevindingen voor Noord-Nederland staan in Tabel 4-5.

Tabel 4-5 – Welvaartsverlies door geluidhinder voor omwonenden o.b.v. zoekgebieden Eemshaven

	Gemiddelde welvaartsverlies* door geluidhinder	Zoekgebieden met hoogste welvaartsverlies door geluidhinder
Converterstation	<i>Nihil</i>	-
Elektrolyser	<i>Onbekend</i>	<i>Onbekend</i>
Aanlandstation	<i>Nihil</i>	-

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Biodiversiteitsverlies door landgebruik

Voor het plaatsen van infrastructuur is ruimte nodig. Dit ruimtegebruik leidt tot maatschappelijke kosten in de vorm van verlies aan habitat, doorkruising en hinder van natuur, en kan zo negatief uitpakken voor de kwaliteit van natuurgebied en soortenrijkdom. De methodiek voor het beoordelen van het verlies aan ruimtegebruik is opgenomen in paragraaf 2.1.1.

De maatschappelijke kosten (welvaartsverlies) door landgebruik varieert enkel tussen het type infrastructuur (converterstations, aanlandstations en elektrolyzers) en hoeveel van deze infrastructuur er geplaatst wordt. In de Eemshaven wordt er gekeken naar zowel de aanlanding van elektrische kabels via converterstations, waterstofleidingen via aanlandstations en elektrolyzers. Aangezien het nog onzeker is hoeveel stations er per regio geplaatst zullen worden, presenteren we in Tabel 4-6 de bandbreedte van het welvaartsverlies door landgebruik van één converterstation, één aanlandstation en één elektrolyser (verdisconteerd over 40 jaar).

Tabel 4-6 – Welvaartsverlies door biodiversiteitsverlies door landgebruik

	Ruimtegebruik per station	Welvaartsverlies* door biodiversiteitsverlies
Converterstation	5,5 ha	€ 0,13 - 0,24 mln
Elektrolyser	20,0 ha	€ 0,48 - 0,87 mln
Aanlandstation	2,0 ha	€ 0,05 - 0,09 mln

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Overige externe effecten

Naast permanente effecten (landgebruik, geluidhinder en hinder door netverzwaring) kan de aanleg van de benodigde infrastructuur voor pVAWOZ ook tijdelijke externe effecten veroorzaken. Deze externe effecten kunnen bijvoorbeeld bestaan uit tijdelijke geluidhinder, (tijdelijke) beperking van economische activiteiten (zoals recreatie) of tijdelijke negatieve effecten op de natuur.

In deze paragraaf geven we met behulp van de gebiedsdoorkruisingen een indicatie van de mogelijke externe effecten als gevolg van de aanleg van routes naar de Eemshaven. De mogelijke welvaartseffecten van offshore routes nemen we niet mee in de regio-analyse, aangezien het onduidelijk is of deze externe effecten daadwerkelijk impact hebben op één specifieke regio.⁵¹

Methodiek en uitgangspunten

Wegens de onzekerheden rondom de aanlegfase en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *een route die langer door een gebied loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor gebiedsgebruikers, zij het beperkt*. Merk hierbij op dat deze (vanuit maatschappelijk oogpunt, met een langetermijnspectief) 'beperkte impact' op individueel niveau natuurlijk wel (ernstige) hinder kan betekenen. De methodiek voor het bepalen van de externe effecten hebben we opgenomen in paragraaf 2.1.1.

Een belangrijk uitgangspunt voor de tijdelijke externe effecten van de configuraties is dat de onshore routes in één keer aangelegd worden, waardoor er slechts eenmaal externe effecten optreden per route. Voor de offshore routes geldt dat deze juist niet tegelijk worden aangelegd (*dit wordt verder toegelicht in Bijlage C Hoofdstuk 10: Cumulatie*). Daarnaast hebben we varianten van routes in de analyse buiten beschouwing gelaten.

Onshore routes PAWOZ

⁵¹ De beoordeling van het ruimtegebruik op zee is opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 8: ruimtegebruik op zee en grote wateren. De beoordeling van natuur op zee is opgenomen in Hoofdstuk 4 van de plan-MER: Natuur op zee en grotere wateren. Daarnaast is de beoordeling van de routes binnen PAWOZ opgenomen in [NRD - PAWOZ](#).

De gebiedsdoorkruisingen van de onshore routes hebben we weergegeven in Tabel 4-7. Deze gebiedsdoorkruisingen bieden een indicatie van de mogelijke tijdelijke hinder en negatieve effect op natuur als gevolg van de aanleg van de kabels en leidingen. Verdere toelichting van de externe effecten hebben we opgenomen in de bijlage D.⁵²

Tabel 4-7 – Gebiedsdoorkruisingen onshore routes, PAWOZ

Type doorkruising	bandbreedte doorkruising één elektrische verbinding	Bandbreedte doorkruising één waterstofverbinding	Impact hogere doorkruising
Bebouwd gebied	0 – 0,5 kilometer	-	Meer geluidhinder voor omwonenden gedurende de aanlegfase.
Natuurlijk gebied	-	-	Meer ecologische effecten zoals habitatverlies, habitatsverstoring en stikstofdepositie, en daarmee mogelijk meer negatieve welvaartseffecten.
Landbouwgebied	7,7 – 9,5 kilometer	10,3 – 13,7 kilometer	Mogelijke (tijdelijke) negatieve effecten zoals de schade aan gewassen en gederfde inkomsten van landbouw door de graaf- en aanlegwerkzaamheden.
Recreatief gebied	-	-	Tijdelijke vermindering van belevingswaarde voor recreanten en mogelijk verminderde inkomsten van toeristische of recreatieve ondernemingen.

*In de tabel lichten we enkel de gebiedsdoorkruising toe waarvan we verwachten dat deze een mogelijk welvaartseffect hebben.

4.1.6 Belangrijkste bevindingen

- De bouw en aanleg van elektrische- en waterstofroutes en elektrolyzers brengen **grote investeringen** met zich mee. Per offshore route of elektrolyser gaat dit om ordegrrootte enkele miljarden euro's, waarbij de tunnelvariant door de hoge technische complexiteit aanzienlijk duurder is dan de Eemsdollard route. Daarnaast kunnen extra aanlandingen ook impact hebben op het net op land, waardoor er – wanneer dat mogelijk is – additionele netinvesteringen gedaan moeten worden.⁵³
- Voor deze investeringen in Noord-Nederland (regio Eemshaven) verwachten we dat de (directe) **inzet van leveranciers uit de provincie** bij *elektrolyzers, onshore elektrische routes en offshore waterstofroutes* het hoogst is. Dit betreffen voor een groot deel civiele werkzaamheden, maar ook werknemers voor elektrolyzers (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, etc.) en overige diensten (zoals engineering, inkoop en vergunningen), maar ook – voor de waterstofroutes – de werkzaamheden van Gasunie. De aanleg aan *offshore elektrische routes* en onderhoud van de offshore routes (zowel waterstof als elektrisch) leidt naar verwachting tot beperkte directe economische effecten in Noord-Nederland. Hiervoor is het aannemelijk dat specialistische leveranciers (kabelleveranciers, waterbouwbedrijven) worden ingezet die zich niet in Noord-Nederland bevinden.
- Daarnaast ontstaan er in de provincie substantiële **indirecte bruto economische effecten** bij toeleveranciers van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Denk hierbij aan bestedingen bij toeleverende diensten zoals lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening (financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). Tabel 4-8 geeft een overzicht van de economische effecten. Elektrolyzers hebben het grootste effect (eenmalig bijna € 500 miljoen en jaarlijks ruim € 60 miljoen), maar ook onshore elektrische routes zorgen nog voor een regionale

⁵² De beoordeling van het ruimtegebruik op land is opgenomen in de [NRD - PAWOZ](#)

⁵³ Merk op dat aanlandingen niet uitsluitend tot extra netimpact op land leiden, maar in sommige gevallen ook netinvesteringen kunnen besparen.

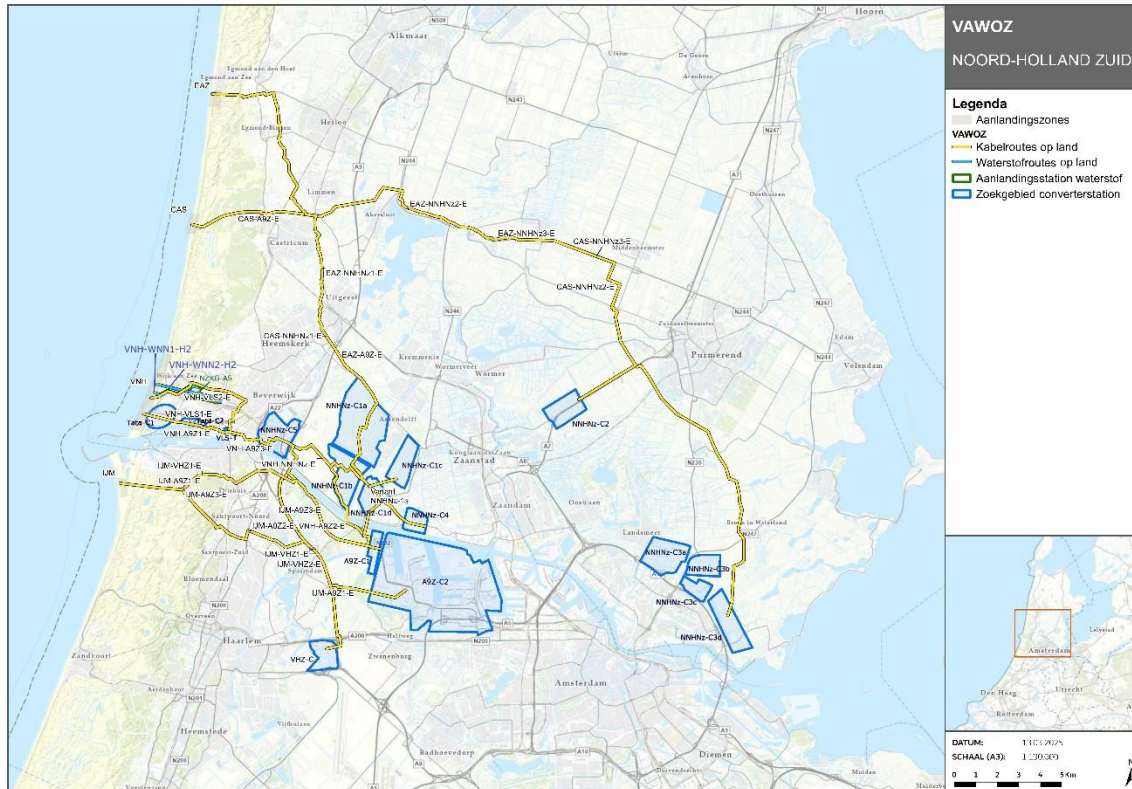
spin-off van eenmalig bijna € 150 miljoen en jaarlijks ruim € 6 miljoen. Merk op dat er ook bij routes en/of elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en indirecte economische effecten in Noord-Nederland zullen ontstaan. Ten slotte is het goed te vermelden dat investeringen die bij buitenlandse partijen terechtkomen ook indirecte effecten kunnen hebben voor de provincie (buitenlandse partijen die lokale partijen inschakelen). Deze effecten hebben we in onze methodiek niet kunnen meenemen, waardoor het economische effect voor de provincie in werkelijkheid groter kan zijn (bijvoorbeeld bij investeringen in offshore routes, die grotendeels bij buitenlandse partijen terechtkomen).

Tabel 4-8 Directe en indirecte bruto economische effecten in provincie Groningen, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Eemshaven

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	4	0,3	0	0
Onshore elektrische route	146	6,4	580	30
Offshore waterstofroute	81	0,1	40	0
Onshore waterstofroute	24	0,9	90	5
Elektrolyser	464	63	2.200	170

Bron: CE Delft en NEO Observatory

- Er zijn verschillende factoren die impact kunnen hebben op het **regionale vestigingsklimaat** in Noord-Nederland. Zo kunnen er kansen ontstaan voor grootschalige afname door overschotten op het elektriciteitsnet (wat mogelijk ook weer andere bedrijvigheid of nevendiensten aantrekt). Een groot deel van de aangelande elektriciteit zal echter ook doorgevoerd worden naar elders in het land. Met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 is in Noord-Nederland immers al voldoende aanbod om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen. Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen. Verder kunnen in de aanlandingsregio eenmalige aansluitkosten op het net lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen. In algemene zin leidt wind op zee voor *heel Nederland* echter tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt).
- De investeringen in de infrastructuur hebben ook **impact op mens en natuur**. Mogelijke netverzwaringen die nodig zijn bij extra aanlandingen zullen de grootste impact hebben op omwonenden in de vorm van visuele hinder. Ook kan er geluidhinder ontstaan voor omwonenden, met name bij converterstations. De mate van overlast verschilt tussen en binnen de zoekgebieden, maar zal in welvaartermen hoe dan ook kleiner zijn dan de visuele hinder. Tevens zal er door landgebruik biodiversiteitsverlies optreden: zowel in absolute als relatieve zin gaat het om bescheiden welvaartseffecten.



Figuur 4-5 Overzicht routes en zoekgebieden Noord-Holland Zuid

4.2.2 Investerings in de infrastructuur

In Hoofdstuk 3 hebben we gezien dat de realisatie van de VAWOZ-infrastructuur aanzienlijke investeringen met zich meebrengt; zo ook bij de bouw en aanleg van infrastructuur in en naar Noord-Holland. Offshore elektrische- en waterstofroutes en onshore elektrolyzers zijn de grootste investeringen (al gauw enkele miljarden euro's per route of elektrolyser). Bij investeringen in de onshore delen van de routes of bij netuitbreidingen gaat het relatief gezien om kleinere investeringen, maar in absolute zin nog steeds om substantiële bedragen (honderden miljoenen euro's per onshore route of netuitbreiding). In onderstaand kader gaan we dieper in op de mogelijke investeringen in Noord-Holland. In de volgende paragraaf presenteren we de regionale doorwerking van deze investeringen in de provinciale economie van Noord-Holland.

Elektrische routes

Binnen VAWOZ zijn er in de regio Noord-Holland verschillende elektrische routes beoordeeld volgens de methodiek uit paragraaf 2.1.1.

- Het totaal aan investeringen (CAPEX en OPEX over 40 jaar) voor één **offshore** elektrische verbinding (DC) varieert tussen de **3.700 en 6.750 miljoen euro**. Daarnaast zijn er twee AC-routes vanaf windenergiegebied HKW8 meegenomen. In tegenstelling tot de andere offshore DC-routes naar Noord-Holland zijn deze twee routes veel goedkoper. Het totaal aan investeringen voor één offshore elektrische verbinding (AC) varieert tussen de **650 en 1.150 miljoen euro**. Naast het type verbinding is de lengte van de offshore routes sterk bepalend in de kosten.
- De investeringen voor één **onshore** elektrische route variëren tussen de **350 en 990 miljoen euro**; deze bedragen zijn sterk afhankelijk van de lengte van de onshore kabels.

Waterstofroutes

In de regio Noord-Holland zijn er binnen VAWOZ zes verschillende waterstofroutes beoordeeld. Vier van deze routes gaan richting de Kop van Noord-Holland, de overige twee routes gaan richting Velsen Noord-Heemskerk. De totale investeringskosten (CAPEX, OPEX en ABEX) voor één waterstofroute (offshore en onshore) variëren van **1.300 tot 4.600 miljoen euro** in de regio Noord-Holland. Binnen Noord-Holland zien we dat de investeringen voor aanlanding van waterstof in de Kop van Noord-Holland (KNH) iets lager uitvallen dan de aanlanding in Velsen Noord-Heemskerk (VNH). De verschillen tussen deze twee aanlandzones ontstaan met name door het verschil in lengte van de routes.

Onshore elektrolyse

Waterstofproductie met behulp van elektrolyse kan ingezet worden als flexibiliteitsbron, waarmee vraag en aanbod van elektriciteit gebalanceerd kunnen worden. Afhankelijk van de uiteindelijke configuratie van aanlandingen zal er meer of minder elektrolyse in de regio Noord-Holland gerealiseerd moeten worden. Ter illustratie: als we de aanlandconfiguraties in Hoofdstuk 3 als uitgangspunt nemen, zal er **0,1 tot 1,9 GW** aan elektrolyse nodig zijn. De totale investeringskosten hiervoor bedragen respectievelijk gemiddeld **300 tot 5.500 miljoen euro**. De gemiddelde jaarlijkse operationele kosten bedragen respectievelijk **70 tot 1.500 miljoen euro**. Tegenover de directe kosten staan ook (jaarlijkse) opbrengsten voor het verwaarden van waterstofproductie; deze opbrengsten hebben we in onze analyse niet gekwantificeerd.

Netuitbreiding Noord-Holland Noord

Onder de Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN) wordt onderzocht of één verbinding (twee circuits) of twee verbindingen (vier circuits) gerealiseerd wordt. Eén verbinding (twee circuits) is in ieder geval noodzakelijk, nog los van mogelijke aanlandingen vanuit pVAWOZ. Eén verbinding is ook voldoende wanneer er één extra aanlanding in de Kop van Noord-Holland gerealiseerd wordt vanuit pVAWOZ. Wanneer er twee of drie aanlandingen in de Kop van Noord-Holland komen, is een tweede verbinding (twee extra circuits) nodig (dus twee verbindingen met vier circuits in totaal). Met behulp van de kengetallen voor netverzwaring uit paragraaf 2.1.1 hebben we de totale investering voor één extra verbinding (twee circuits) bepaald:

- De additionele investeringskosten voor NNHN (twee circuits) bedragen tussen de **340 en 690 miljoen euro**, op basis van een onzekerheidsmarge van -30% tot +40%.
- De operationele kosten, over een periode van 30 jaar, bedragen tussen de **6 en 7 miljoen euro**.

Ingrepen op land

Naast Netuitbreiding Noord-Holland Noord zijn er naar verwachting ook ingrepen aan het elektriciteitsnet op land nodig om elektriciteit naar vraag elders in het land te transporteren. Dit wordt verder toegelicht in deelrapport Systeemintegratie. De kosten hiervan worden meegenomen in de nationale welvaartsanalyses (hoofdstuk 3).

4.2.3 Regionale spin-off: economische effecten

In deze paragraaf beschrijven we de mogelijke regionale economische effecten van de elektrische routes, waterstofroutes en (onshore) elektrolyzers. We bespreken de volgende twee onderdelen:

- **Directe investeringen** voor Noord-Holland die volgen uit de bouw/aanleg (dit zijn eenmalige of tijdelijke economische effecten) en de operationele fase (de structurele of jaarlijkse effecten); welk aandeel van de investeringen landt in Noord-Holland zelf en welk aandeel 'lekt weg' naar elders in Nederland of het buitenland?
- **Indirecte economische effecten** die voortvloeien uit de bouw en exploitatie van de infrastructuur; welke toeleveranciers in de regio profiteren hiervan? Tabel 4-9 geeft inzicht in de resultaten op hoofdlijnen.

In paragraaf 2.2 hebben we de methode voor het bepalen van de effecten uitgebreid toegelicht.

Tabel 4-9 Directe en indirecte bruto economische effecten in Noord-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Noord-Holland

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	13	7,1	0	0
Onshore elektrische route	152 - 198	6,6 - 8,8	420 - 930	20 - 40
Offshore waterstofroute	40	1,1	70	0
Onshore waterstofroute	12 - 20	0,6 - 0,9	40 - 90	0 - 5
Elektrolyser	630 - 746	82 - 87	2.000 - 4.000	150 - 210

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Wat zegt deze analyse niet?

- Deze analyse biedt **geen inzicht in mogelijke voorwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *afnemers* van goederen en diensten, zoals bedrijven die (duurzame) elektriciteit of groene waterstof afnemen en daarmee sneller kunnen verduurzamen of waarde kunnen toevoegen. In welke mate toekomstige bedrijven zullen kiezen voor Noord-Holland op basis van deze voordelen is geen onderdeel van deze analyse (dit behandelen we in een separate analyse in paragraaf 4.2.4).
- De gepresenteerde uitkomsten zijn **geen netto, maar bruto effecten van toegevoegde waarde en werkgelegenheid**. Andere investeringen die zouden kunnen concurreren om mensen en middelen laten we buiten beschouwing. Door concurrentie op de arbeidsmarkt kan de vraag naar arbeid als gevolg van de provinciale investering bijvoorbeeld leiden tot verdringing op de arbeidsmarkt (baancreatie op de ene plek leidt tot baanverlies op de andere plek).

Wat zegt deze analyse wel?

- Deze analyse biedt **inzicht in mogelijke achterwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *toeleveranciers* van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Hierbij kan men aan allerlei typen lokale ondernemers denken die profiteren: van de lokale broodjeszaak die meer klandizie heeft doordat bouwvakkers daar hun lunch halen tot tankstations, financiële en zakelijke dienstverleners en de regionale leverancier van bouwmaterialen. Elke besteedde euro leidt tot x euro aan bestedingen elders in de regio (voorbeeld: bij een x van 0,40 leidt elke besteedde € 1 elders in de regio tot € 0,40 aan bestedingen bij toeleveranciers).
- Deze analyse biedt **inzicht in het verwachte aandeel van de Directe investeringen dat werkelijk in de regio zelf belandt en mogelijke weglekeffecten naar andere regio's**. Dit draagt bij aan het creëren van realistische verwachtingen ten aanzien van de mate waarin de regio economisch gezien kan profiteren van investeringen in de energie-infrastructuur.

Directe investeringen

Voor Noord-Holland verwachten we dat met name elektrolyzers en onshore elektrische- en waterstofroutes voor *Directe investeringen* in de provincie zorgen. Voor de bouw-/aanlegfase betreft dit voor het grootste deel civiele werkzaamheden (en in beperkte mate diensten zoals engineering, inkoop en vergunningen). Voor de operationele fase gaat dit om zowel civiele werkzaamheden (bij onshore routes) als werknemers voor de elektrolyser (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.).

TenneT en Gasunie werken voor de aanleg en het onderhoud van de infrastructuur doorgaans met raamwerkcontracten. Op dit moment heeft slechts één partij uit de raamwerkcontracten het

hoofdkantoor in de provincie Noord-Holland staan. Deze raamwerkpartijen zullen echter ook vestigingen/dochterondernemingen of andere onderaannemers in de provincie inschakelen; daarom hebben we de ene helft van de structurele investering toegerekend aan de locatie van het hoofdkantoor en de andere helft aan de regio waar de route wordt aangelegd.

De aanleg van en onderhoud aan offshore routes leiden naar verwachting tot beperkte directe economische effecten in Noord-Holland. Hiervoor zullen specialistische leveranciers (kabelleveranciers, waterbouwbedrijven) worden ingezet die zich niet binnen Noord-Holland bevinden en waarschijnlijk ook in beperkte mate lokale (dochter)ondernemingen inschakelen voor deze werkzaamheden. Voor de aanleg van offshore elektrische routes worden naar verwachting vooral buitenlandse partijen ingeschakeld.

Tabel 4-10 – Investerings in Noord-Holland vanuit bouw/aanleg en operationele fase, investeringen per type route en elektrolyser naar/in Noord-Holland

	Directe investering (eenmalig)			Directe investering (jaarlijks)		
	Gem. totale investering (CAPEX)	Geschat aandeel in Noord-Holland (% van CAPEX)	Gem. bedrag in Noord-Holland (in mln. €)	Gem. totale jaarlijkse kosten (OPEX)	Geschat aandeel in Noord-Holland (% van OPEX)	Gem. bedrag in Noord-Holland (in mln. €)
Offshore elektrische route	3.968	0%	0	80	0%	0
Onshore elektrische route	482	22%	106	9	50%	5
Offshore waterstofroute	1.132	1%	14	10	0%	0
Onshore waterstofroute	46	21%	10	1	50%	< 1
Elektrolyzers	2.840	15%	440	525	11%	60

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Directe en indirecte economische effecten

Eenmalige effecten

De bouw van een elektrolyser zorgt in absolute zin voor de grootste eenmalige bruto indirecte effecten (zie Tabel 4-11). Ook bij de bouw/aanleg van onshore elektrische routes ontstaan substantiële economische- en werkgelegenheidseffecten. Offshore waterstofroutes zorgen – met een multiplier van 2,77 – voor de grootste doorwerking per euro investering (ofwel, kennen de grootste spin-off voor de regionale economie). Merk op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Holland zullen ontstaan.

De multipliers in Tabel 4-11 zijn de multipliers voor Noord-Holland: oftewel, elke geïnvesteerde euro in Noord-Holland leidt tot x euro aan bestedingen bij toeleverende diensten (denk aan lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening – financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). De gepresenteerde multipliers zijn afhankelijk van de COROP-regio waarin de investering plaatsvindt. De routes en zoekgebieden vallen binnen de COROP-regio's Kop van Noord-Holland, IJmond, Groot-Amsterdam en Zaanstreek; dit zijn dus de regio's waarvoor we de investering hebben doorgerekend. De multiplier van 2,77 is zeer hoog en is toe te schrijven aan de investering die bij ingenieursbureaus in de regio Amsterdam terecht komt. Dit duidt erop dat deze bedrijven veel samenwerkingsverbanden hebben met bedrijven uit de regio.

De multipliers voor investeringen in onshore elektrische routes verschillen afhankelijk van waar de route wordt aangelegd. Voor de elektrische routes zien we dat een investering in de Kop van Noord-Holland de hoogste multiplier kent en in regio IJmond de laagste; zowel wat betreft economisch- als werkgelegenheidseffect. De investering betreft civiele werkzaamheden (aanleg van kabels, bouw van converterstations), wat suggereert dat dat bouwbedrijven in de Kop van Noord-Holland meer bestedingen doen binnen de provincie Noord-Holland dan aannemers in de regio's IJmond, Groot-Amsterdam en Zaanstreek. Het verschil in het totaal aantal werkzame personen per gelijke investering ontstaat door verschillen in kapitaal/arbeidsintensiteit per regio.

Ook voor elektrolyzers hangt de regionale spin-off af van de locatie waar de elektrolyser wordt gebouwd; verschillende diensten (engineering, inkoop, vergunningen) en de civiele werkzaamheden worden naar verwachting deels lokaal uitgevoerd. Een investering in een elektrolyser in de Kop van Noord-Holland heeft de hoogste multiplier en daarmee het meest positieve voor de provincie.

Tabel 4-11 Eenmalige bruto economische effecten in Noord-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Noord-Holland

	Directe investering in Noord-Holland (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Noord-Holland		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	13	0	-
Onshore elektrische route	102 - 112	152 - 198	420 - 930	1,49 - 1,77
Offshore waterstofroute	14	40	70	2,77
Onshore waterstofroute	8 - 11	12 - 20	40 - 90	1,47
Elektrolyser	440	630 - 746	2.000 - 4.000	1,43 - 1,69

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Jaarlijkse effecten

De exploitatie van een elektrolyser zorgt voor de grootste jaarlijkse bruto indirecte effecten (zie Tabel 4-12). Het totale economische effect per jaar bedraagt meer dan € 80 miljoen waarbij een arbeidsvraag van 150 tot 210 FTE ontstaat. De onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan elektrische routes zorgen voor een economisch effect van € 7 tot 9 miljoen in Noord-Holland en een klein werkgelegenheidseffect. Voor de waterstofroutes is het economische effect voor de provincie zeer beperkt (jaarlijks ongeveer € 1 miljoen). Merk wederom op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Holland zullen ontstaan.

De multipliers voor de bestedingen in de operationele fase zijn zeer vergelijkbaar voor de onshore routes en elektrolyzers. Voor onshore elektrische routes zijn de multipliers het hoogst, waarbij – in lijn met de analyse van de eenmalige effecten vanuit de investering – de investering in de Kop van Noord-Holland de hoogste multiplier kent. Ook verschillende locaties van elektrolyzers leveren in de operationele fase bij een gelijke investering verschillende multipliers op voor toegevoegde waarde en werkgelegenheid. De Kop van Noord-Holland kent wederom het grootste effect voor de provincie (multiplier 1,49).

Tabel 4-12 Jaarlijkse bruto economische effecten in Noord-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Noord-Holland

	Directe investering in Noord-Holland (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Noord-Holland		Multiplier*
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	7,1	0	-
Onshore elektrische route	4,6 – 5,0	6,6 - 8,8	20 - 40	1,45 - 1,73
Offshore waterstofroute	0	1,1	0	-
Onshore waterstofroute	0,4 - 0,5	0,6 - 0,9	0 - 5	1,44
Elektrolyser	58	82-87	150-210	1,42-1,49

Bron: CE Delft en NEO Observatory

4.2.4 Impact op regionaal vestigingsklimaat

Er zijn verschillende factoren die (in potentie) invloed kunnen hebben op het regionale vestigingsklimaat in Noord-Holland. Hieronder bespreken we factoren die (in meer of minder mate) een rol spelen:

- **Grootschalige elektriciteitsafname.** Aanlanding van wind op zee biedt kansen voor realisatie van nieuwe grootschalige afname, zonder dat het netwerk hier fors verzaamd voor dient te worden. Dit komt doordat er in de aanlandregio's forse overschotten aan elektriciteit zullen zijn, en het netwerk hierop aangepast wordt. Dit kan een voordeel zijn voor het lokale vestigingsklimaat, aangezien bedrijven in deze regio's zich sneller kunnen vestigen, terwijl momenteel in veel andere gebieden waar geen aanlanding plaatsvindt problemen met netcongestie (kunnen blijven) spelen. Voorwaarde is – gezien de aansluitkosten op het net – dan wel dat de bedrijven zich nabij de aansluitlocaties van wind op zee vestigen.
- **Regionale netcongestie.**
 - **Kop van Noord-Holland:** hier geldt naar verwachting niet dat aanlanding van wind op zee bijdraagt aan het verlichten of verhelpen van lokale congestieproblematiek. De aanleg van een nieuwe 380kV-verbinding Netuitbreiding Noord-Holland Noord kan een belangrijke rol spelen in het verlichten van de regionale congestie, zo stelt ook Rebel in een eerder onderzoek naar de energie-infrastructuur voor aanlanding in de Kop van Noord-Holland (Rebel, 2024). Als die uitbreidingen – die voldoende moeten zijn voor de verwachte ontwikkelingen rondom de energievraag – gedaan zijn, kunnen nieuwe bedrijven zich weer vestigen in de regio. Door meer aanlanding van wind op zee, ontstaat er meer aanbod om vraag in de regio in te vullen, maar het aanbod van elektriciteit is dan (veel) hoger dan wat lokaal gebruikt wordt. In vergelijking met de meeste andere aanlandregio's die we in dit rapport bekijken, is de vraag naar energie in de Kop van Noord-Holland relatief beperkt. Daarmee kunnen dus juist nieuwe problemen ontstaan bij de afvoer van elektriciteit en zijn extra 380kV-circuits nodig als men aanlanding in Kop van Noord-Holland wil realiseren (twee extra circuits bij meer dan één aanlanding). Deze extra 380 kV-circuits hebben we in onze analyse meegenomen (zie kopje 'Netuitbreiding Noord-Holland Noord' in paragraaf 4.1.4).
 - **Noord-Holland Zuid:** ook hier geldt dat bij extra elektrische aanlanding het aanbod groter zal zijn dan de vraag. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen – de additionele aangelande windenergie zal

deels worden doorgevoerd naar elders in het land.⁵⁴ Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen.

- **Energie- en netkosten.** In algemene zin leidt wind op zee tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten voor *heel Nederland*. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt). In de aanlandingsregio kunnen eenmalige aansluitkosten op het net wel lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen.
- **Duurzaam imago regio.** Aanlanding in de Kop van Noord-Holland kan bijdragen aan het groene imago van de regio. Daarbij kan de regio zelf ook op verschillende manieren bijdragen aan het verbeteren van het vestigingsklimaat, bijvoorbeeld doordat de regio een rol gaat spelen in opslag- en balanceringsdiensten of het bedrijven ondersteunt bij het afsluiten van overeenkomsten voor het gebruik van energie uit wind op zee (Rebel, 2024). Dat aanlanding van en toegang tot duurzame energie in de regio kan bijdragen aan het duurzame imago en daarmee het vestigingsklimaat van de regio geldt in principe voor alle potentiële aanlandregio's. Dit effect is sterker als bijvoorbeeld de beschikbaarheid van groene elektronen (groene stroom) of groene moleculen (groene waterstof) voor sommige industriële bedrijfsprocessen een cruciale driver is voor vergroening (bijvoorbeeld omdat andere opties niet beschikbaar zijn). Alhoewel dit een effect is dat moeilijk te meten is, kan een regio hierop inspelen door deze randvoorwaarden goed in te vullen en zich hierop te profileren. Verder kunnen elektrolyzers – mits groene waterstof een concurrerend alternatief wordt voor fossiele brandstoffen – in algemene zin positieve effecten hebben en de aantrekkelijkheid van een regio voor (potentiële) afnemers van waterstof verhogen.

4.2.5 Maatschappelijke kosten

De ruimtelijke impact van energie-infrastructuur kan leiden tot een verstoring van landschap en natuurgebieden en hinder voor omwonenden en recreanten. In deze paragraaf bespreken we de maatschappelijke kosten die gepaard gaan met de realisatie van de infrastructuur in Noord-Holland. We bespreken achtereenvolgens:

- Hinder voor omwonenden door netuitbreiding;
- Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers;
- Biodiversiteitsverlies door landgebruik;
- Overige externe effecten.

Hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Het welvaartsverlies voor omwonenden door de Netuitbreiding Noord-Holland Noord (380kV-verbinding) schatten we op 20 tot 170 miljoen euro per tracé (twee circuits). Dit omvat voornamelijk uitzichtneder voor omwonenden, uitgedrukt in de verwachte waardedaling van nabijgelegen woningen.

De bandbreedte is ingegeven door het gebruik van twee verschillende methoden (kengetallen Tennenet en kengetallen uit de literatuur, zie paragraaf 2.1.3) en een schatting van het aantal

⁵⁴ Daarbij komt dat - zonder de juiste configuratie van het energiesysteem - extra aanlanding de huidige problemen rond invoedingscongestie mogelijk juist (tijdelijk) kan versterken; grootschalige elektrolyse of opslag in de regio kunnen hier bijvoorbeeld bij helpen.

woningen dat hinder ondervindt van de hoogspanningsmasten. Het aantal woningen binnen een afstand tot 300 meter van het tracé schatten we in op 2.000 tot 6.000. Dit hebben we bepaald op basis van een GIS-analyse waarin we naar vijf mogelijke corridors hebben gekeken waarbinnen de 380kV-verbinding kan komen te lopen en hiervan de gemiddelde waarde genomen.

Merk op dat het welvaartsverlies lager kan uitvallen wanneer het tracé parallel aan een bestaande mastenrij wordt aangelegd of als – in het geval van vier extra circuits – de twee tracés (met elk twee circuits) parallel aan elkaar worden aangelegd. Uit de literatuur blijkt dat de ondervonden hinder bij een tweede tracé relatief gezien minder groot is; dit zou echter wel betekenen dat bestaande gehinderden meer hinder zullen ondervinden.

Merk verder op dat onshore kabels en leidingen (als onderdeel van de aanlandroutes) ondergronds worden aangelegd en daarmee – in vergelijking met bovengrondse netverzwaringen – relatief weinig hinder veroorzaken.

Tabel 4-13 – Aantal woningen in nabijheid van 380kV-verbinding en welvaartsverlies voor omwonenden (per tracé van twee circuits)

	Min	Max
Aantal woningen < 40 m	450	700
Aantal woningen > 40 m en < 100 m	300	700
Aantal woningen > 100 m en < 300 m	1.200	4.400
Welvaartsverlies omwonenden door netuitbreiding NNHN	€ 20 mln.	€ 170 mln.

Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers

Het plaatsen van een converterstation, elektrolyser of aanlandstation kan leiden tot (permanente) geluidhinder voor omwonenden. Deze geluidhinder kunnen we vertalen naar welvaartsverlies voor omwonenden, de ervaren overlast en gezondheidsschade in euro's (zie methodiek in paragraaf 2.1.1). Voor elk type infrastructuur zijn er verschillende zoekgebieden waarbinnen de stations en elektrolyzers mogelijk geplaatst kunnen worden. Aan de hand van deze zoekgebieden hebben we voor elk type infrastructuur het gemiddelde welvaartsverlies bepaald (de zoekgebieden waarin we de meeste geluidhinder verwachten). De belangrijkste bevindingen voor Noord-Holland staan in Tabel 4-14.

Tabel 4-14 – Welvaartsverlies door geluidhinder voor omwonenden o.b.v. zoekgebieden Noord-Holland

	Gemiddelde welvaartsverlies* door geluidhinder	Zoekgebieden met hoogste welvaartsverlies door geluidhinder
Converterstation	€ 1,1 mln	VLS-T, NNHNz-C5, NNHNz-C3a, NNHNz-C3c, NNHNz-C3d, NNHNz-C1c, NHNNn-C4, NHNNn-C2
Elektrolyser	€ 0,1 mln	NNHNn-E1(e), A9Z-E
Aanlandstation	Nihil	-

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Biodiversiteitsverlies door landgebruik

Voor het plaatsen van infrastructuur is ruimte nodig. Dit ruimtegebruik leidt tot maatschappelijke kosten in de vorm van verlies aan habitat, doorkruising en hinder van natuur, en kan zo negatief uitpakken voor de kwaliteit van natuurgebied en soortenrijkdom. De methodiek voor het beoordelen van het verlies aan ruimtegebruik is opgenomen in paragraaf 2.1.1.

De maatschappelijke kosten (welvaartsverlies) door landgebruik varieert enkel tussen het type infrastructuur (converterstations, aanlandstations en elektrolyzers) en hoeveel van deze infrastructuur er geplaatst wordt. In de regio Noord-Holland wordt er gekeken naar zowel de aanlanding van elektrische kabels via converterstations, waterstofleidingen via aanlandstations en elektrolyzers. Aangezien het nog onzeker is hoeveel stations er per regio geplaatst zullen worden, presenteren we in Tabel 4-15 de bandbreedte van het welvaartsverlies door landgebruik van één converterstation, één aanlandstation en één elektrolyser (verdisconteerd over 40 jaar).

Tabel 4-15 – Welvaartsverlies door biodiversiteitsverlies door landgebruik

	Ruimtegebruik per station	Welvaartsverlies* door biodiversiteitsverlies
Converterstation	5,5 ha	€ 0,13 - 0,24 mln
Elektrolyser	20,0 ha	€ 0,48 - 0,87 mln
Aanlandstation	2,0 ha	€ 0,05 - 0,09 mln

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Overige externe effecten

Naast permanente effecten (landgebruik, geluidhinder en hinder door netverzwaring) kan de aanleg van de benodigde infrastructuur voor pVAWOZ ook tijdelijke externe effecten veroorzaken. Deze externe effecten kunnen bijvoorbeeld bestaan uit tijdelijke geluidhinder, (tijdelijke) beperking van economische activiteiten (zoals recreatie) of tijdelijke negatieve effecten op de natuur.

In deze paragraaf geven we met behulp van de gebiedsdoorkruisingen een indicatie van de mogelijke externe effecten als gevolg van de aanleg van routes in Noord-Holland. De mogelijke welvaartseffecten van offshore routes nemen we niet mee in de regio-analyse, aangezien het onduidelijk is of deze externe effecten daadwerkelijk impact hebben op één specifieke regio.⁵⁵

⁵⁵ De beoordeling van het ruimtegebruik op zee is opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 8: ruimtegebruik op zee en grote wateren. De beoordeling van natuur op zee is opgenomen in Hoofdstuk 4 van de plan-MER: Natuur op zee en grotere wateren.

Methodiek en uitgangspunten

Wegens de onzekerheden rondom de aanlegfase en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *een route die langer door een gebied loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor gebiedsgebruikers, zij het beperkt*. Merk hierbij op dat deze (vanuit maatschappelijk oogpunt, met een langetermijnspectief) 'beperkte impact' op individueel niveau natuurlijk wel (ernstige) hinder kan betekenen. De methodiek voor het bepalen van de externe effecten hebben we opgenomen in paragraaf 2.1.1.

Een belangrijk uitgangspunt voor de tijdelijke externe effecten van de configuraties is dat de onshore routes in één keer aangelegd worden, waardoor er slechts eenmaal externe effecten optreden per route. Voor de offshore routes geldt dat deze juist niet tegelijk worden aangelegd (*dit wordt verder toegelicht in Bijlage C Hoofdstuk 10: Cumulatie*). Daarnaast hebben we varianten van routes in de analyse buiten beschouwing gelaten.

Onshore routes Noord-Holland

De gebiedsdoorkruisingen van de onshore routes hebben we weergegeven in Tabel 4-16. Deze gebiedsdoorkruisingen bieden een indicatie van de mogelijke tijdelijke hinder en negatieve effect op natuur als gevolg van de aanleg van de kabels en leidingen. Verdere toelichting van de externe effecten hebben we opgenomen in de bijlage D.⁵⁶

Tabel 4-16 – Gebiedsdoorkruisingen onshore routes, Noord-Holland

Type doorkruising	bandbreedte doorkruising één elektrische verbinding	Bandbreedte doorkruising één waterstofverbinding	Impact hogere doorkruising
Bebouwd gebied	0 - 2,1 kilometer	0 - 0,2 kilometer	Meer geluidhinder voor omwonenden gedurende de aanlegfase.
Natuurlijk gebied	0,3 – 6,1 kilometer	0,5 – 2 kilometer	Meer ecologische effecten zoals habitatverlies, habitatsverstoring en stikstofdepositie, en daarmee mogelijk meer negatieve welvaartseffecten.
Landbouwgebied	0,5 – 40,1 kilometer	0 - 7,2 kilometer	Mogelijke (tijdelijke) negatieve effecten zoals de schade aan gewassen en gederfde inkomsten van landbouw door de graaf- en aanlegwerkzaamheden.
Recreatief gebied	0 - 4,8 kilometer	0 – 0,5 kilometer	Tijdelijke vermindering van belevingswaarde voor recreanten en mogelijk verminderde inkomsten van toeristische of recreatieve ondernemingen.

* In de tabel lichten we enkel de gebiedsdoorkruising toe waarvan we verwachten dat deze een mogelijk welvaartseffect hebben.

4.2.6 Belangrijkste bevindingen

- De bouw en aanleg van elektrische- en waterstofroutes en elektrolyzers brengen **grote investeringen** met zich mee. Per offshore route of elektrolyser gaat dit om ordegrrootte enkele miljarden euro's en voor de onshore gedeeltes om enkele honderden miljoenen (elektrisch) en enkele tientallen miljoenen (waterstof). De routes (inclusief onshore-gedeelte) naar de Kop van Noord-Holland zijn door de kortere afstanden goedkoper dan die naar Noord-Holland Zuid. Daarnaast hebben de aanlandingen ook impact op het net op land, waarvoor er netinvesteringen gedaan moeten worden, zoals in de Kop van Noord-Holland waar er bij meer dan één aanlanding een dubbele mastenrij (4 circuits) moet komen.

⁵⁶ De beoordeling van het ruimtegebruik op land is opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 9: land- en ruimtegebruik op land. Daarnaast is de beoordeling van natuur op land opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 5: Natuur op land.

- Voor deze investeringen in Noord-Holland verwachten we dat de (directe) **inzet van leveranciers uit de provincie** bij *elektrolyzers* en *onshore elektrische- en waterstofroutes* het hoogst is. Dit betreffen voor een groot deel civiele werkzaamheden, maar ook werknemers voor elektrolyzers (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, etc.) en overige diensten (zoals engineering, inkoop en vergunningen). De aanleg van en onderhoud aan *offshore routes* leidt naar verwachting tot beperkte directe economische effecten in Noord-Holland. Hiervoor is het aannemelijk dat specialistische leveranciers (kabelleveranciers, waterbouwbedrijven) worden ingezet die zich niet in Noord-Holland bevinden.
- Daarnaast ontstaan er in de provincie substantiële **indirecte bruto economische effecten** bij toeleveranciers van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Denk hierbij aan bestedingen bij toeleverende diensten zoals lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening (financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). Tabel 4-17 geeft een overzicht van de economische effecten. Elektrolyzers hebben het grootste effect, maar ook onshore elektrische routes zorgen voor een sterke regionale spin-off. Bij de investeringen zien we dat bij een gelijke besteding in de regio's Kop van Noord-Holland, IJmond, Groot-Amsterdam en Zaanstreek, een investering in de Kop van Noord-Holland voor de hoogste regionale spin-off zorgt (minste weglek). Merk op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Holland zullen ontstaan. Ten slotte is het goed te vermelden dat investeringen die bij buitenlandse partijen terechtkomen ook indirecte effecten kunnen hebben voor de provincie (buitenlandse partijen die lokale partijen inschakelen). Deze effecten hebben we in onze methodiek niet kunnen meenemen, waardoor het economische effect voor de provincie in werkelijkheid groter kan zijn (bijvoorbeeld bij investeringen in offshore routes, die grotendeels bij buitenlandse partijen terechtkomen).

Tabel 4-17 Directe en indirecte bruto economische effecten in Noord-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Noord-Holland

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	13	7,1	0	0
Onshore elektrische route	152 - 198	6,6 - 8,8	420 - 930	20 - 40
Offshore waterstofroute	40	1,1	70	0
Onshore waterstofroute	12 - 20	0,6 - 0,9	40 - 90	0 - 5
Elektrolyser	630 - 746	82 - 87	2.000 - 4.000	150 - 210

Bron: CE Delft en NEO Observatory

- Er zijn verschillende factoren die impact kunnen hebben op het **regionale vestigingsklimaat** in Noord-Holland. Zo kunnen er kansen ontstaan voor grootschalige afname door overschotten op het elektriciteitsnet (wat mogelijk ook weer andere bedrijvigheid of nevendiensten aantrekt). Een groot deel van de aangelande elektriciteit zal echter ook doorgevoerd worden naar elders in het land. In de Kop van Noord-Holland is de energievraag in vergelijking met de andere aanlandregio's relatief laag en zal het aanbod van elektriciteit (veel) hoger zijn dan wat er lokaal wordt gebruikt. Ook voor Noord-Holland Zuid geldt dat bij extra elektrische aanlanding het aanbod groter zal zijn dan de vraag. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen – de additionele aangelande windenergie zal deels worden doorgevoerd naar elders in het land. Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen.

Verder kunnen in de aanlandingsregio eenmalige aansluitkosten op het net lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen. In algemene zin leidt wind op zee

voor *heel Nederland* echter tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt).

- De investeringen in de infrastructuur hebben ook **impact op mens en natuur**. Netverzwaringen – zoals de Netuitbreiding Noord-Holland Noord die nodig is bij aanlanding in de Kop van Noord-Holland – zullen de grootste impact hebben op omwonenden (met name visuele hinder). Ook kan er geluidhinder ontstaan voor omwonenden, met name bij converterstations. De mate van hinder verschilt tussen en binnen de zoekgebieden, maar zal hoe dan ook kleiner zijn in welvaartermen dan de visuele hinder. Tevens zal er door landgebruik biodiversiteitsverlies optreden: zowel in absolute als relatieve zin gaat het om bescheiden welvaartseffecten.

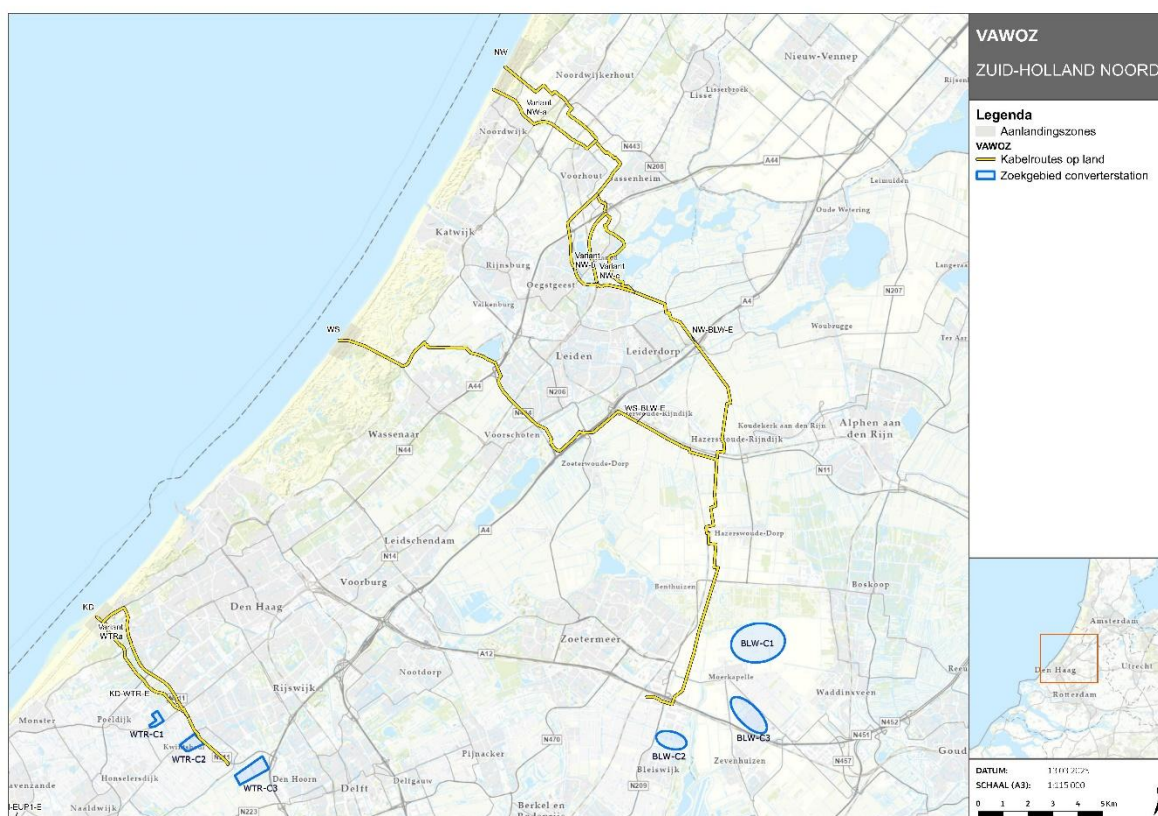
4.3 Zuid-Holland

In deze paragraaf bespreken we achtereenvolgens de volgende onderwerpen:

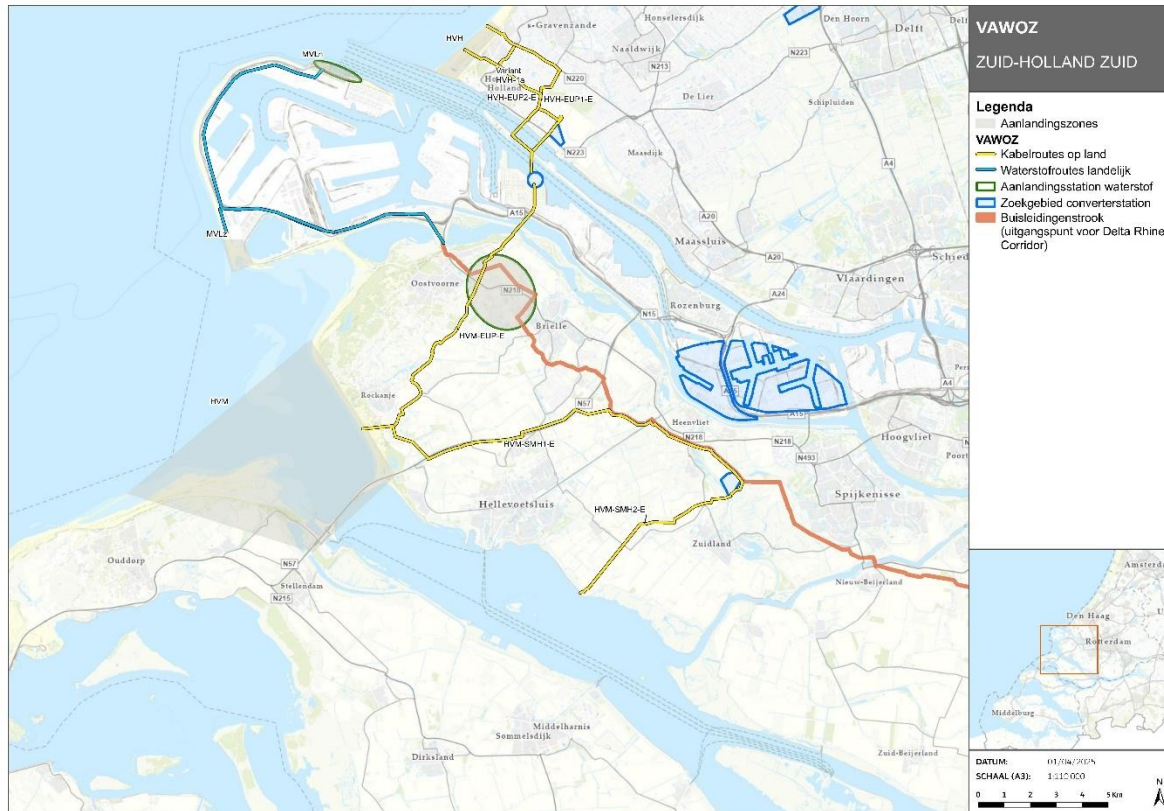
- de mogelijke **routes en zoekgebieden** naar/in Zuid-Holland;
- de omvang van de **investeringen in de infrastructuur** in Zuid-Holland (onderdeel van de *directe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.2);
- de **regionale spin-off (economische effecten)** als gevolg van deze investeringen;
- de **impact op het regionale vestigingsklimaat** (onderdeel van de *indirecte effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.3);
- de **maatschappelijke kosten** door geluidhinder, visuele hinder en biodiversiteitsverlies door landgebruik (onderdeel van de *externe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.4);
- de **belangrijkste bevindingen** voor Zuid-Holland.

4.3.1 Routes en zoekgebieden

In de analyse voor Zuid-Holland hebben we gekeken naar de mogelijke elektrische- en waterstofroutes naar/in Zuid-Holland en de converterstations, aanlandstations en elektrolyzers binnen de zoekgebieden zoals gepresenteerd in Figuur 4-6 en Figuur 4-7. Bijlage C.2 geeft een overzicht van de lengtes van de routes.



Figuur 4-6 Overzicht routes en zoekgebieden Zuid-Holland aansluitlocaties Bleiswijk en Wateringen



Figuur 4-7 Overzicht routes en zoekgebieden Zuid-Holland aansluitlocaties Europoort en Simonshaven

4.3.2 Investerings in de infrastructuur

In Hoofdstuk 3 hebben we gezien dat de realisatie van de VAWOZ-infrastructuur aanzienlijke investeringen met zich meebrengt; zo ook bij de bouw en aanleg van infrastructuur in en naar Zuid-Holland. Offshore elektrische- en waterstofroutes en onshore elektrolyzers zijn de grootste investeringen (al gauw enkele miljarden euro's per route of elektrolyser). Bij investeringen in de onshore delen van de routes of bij netuitbreidingen gaat het relatief gezien om kleinere investeringen, maar in absolute zin nog steeds om substantiële bedragen (honderden miljoenen euro's per onshore route of netuitbreiding). In onderstaand kader gaan we dieper in op de mogelijke investeringen in Zuid-Holland. In de volgende paragraaf presenteren we de regionale doorwerking van deze investeringen in de provinciale economie van Zuid-Holland.

Elektrische routes

Binnen VAWOZ zijn er in de regio Zuid-Holland verschillende elektrische routes beoordeeld volgens de methodiek uit paragraaf 2.1.1.

- Het totaal aan investeringen (CAPEX en OPEX over 40 jaar) voor één **offshore** elektrische route varieert tussen de **3.970 en 7.470 miljoen euro**. De lengte van de offshore routes is sterk bepalend in de kosten.
- De investeringen voor één **onshore** elektrische routes variëren tussen de **360 en 890 miljoen euro**; deze bedragen zijn sterk afhankelijk van de lengte van de onshore kabels.

Waterstofroutes

In de regio Zuid-Holland zijn er binnen VAWOZ 3 verschillende waterstofroutes beoordeeld. Alle routes gaan richting de Maasvlakte. De totale investeringskosten (CAPEX, OPEX en ABEX) voor één waterstofleiding variëren van **1.990 tot 6.900 miljoen euro** in de regio Zuid-Holland. Voor de route richting de noordelijke kant van de Maasvlakte zijn de investeringskosten gemiddeld lager dan voor de twee routes richting de zuidelijke kant van de Maasvlakte.

Onshore elektrolyse

Waterstofproductie met behulp van elektrolyse kan ingezet worden als flexibiliteitsbron, waarmee vraag en aanbod van elektriciteit gebalanceerd kunnen worden. Afhankelijk van de uiteindelijke configuratie van aanlandingen zal er meer of minder elektrolyse in de regio Zuid-Holland gerealiseerd moeten worden. Ter illustratie: als we de aanlandconfiguraties in Hoofdstuk 3 als uitgangspunt nemen, zal er **1,2 tot 3,9 GW** aan elektrolyse nodig zijn. De totale investeringskosten hiervoor bedragen respectievelijk gemiddeld **3.300 tot 11.000 miljoen euro**. De gemiddelde jaarlijkse operationele kosten bedragen respectievelijk **900 tot 3.050 miljoen euro**. Tegenover de directe kosten staan ook (jaarlijkse) opbrengsten voor het verwaarden van waterstofproductie; deze opbrengsten hebben we in onze analyse niet gekwantificeerd.

Ingrepen op land

Er zijn naar verwachting ook ingrepen aan het elektriciteitsnet op land nodig om elektriciteit naar vraag elders in het land te transporteren. Dit wordt verder toegelicht in deelrapport *Systeemintegratie*. De kosten hiervan worden meegenomen in de nationale welvaartsanalyses (hoofdstuk 3).

4.3.3 Regionale spin-off: economische effecten

In deze paragraaf beschrijven we de mogelijke regionale economische effecten van de elektrische routes, waterstofroutes en (onshore) elektrolyzers. We bespreken de volgende twee onderdelen:

- **Directe investeringen** voor Zuid-Holland die volgen uit de bouw/aanleg (dit zijn eenmalige of tijdelijke economische effecten) en de operationele fase (de structurele of jaarlijkse effecten); welk aandeel van de investeringen landt in Zuid-Holland zelf en welk aandeel 'lekt weg' naar elders in Nederland of het buitenland?
- **Indirecte economische effecten** die voortvloeien uit de bouw en exploitatie van de infrastructuur; welke toeleveranciers in de regio profiteren hiervan? Tabel 4-18 geeft inzicht in de resultaten op hoofdlijnen.

In paragraaf 2.2 hebben we de methode voor het bepalen van de effecten uitgebreid toegelicht.

Tabel 4-18 Directe en indirecte bruto economische effecten in Zuid-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Zuid-Holland

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	18	119	0	340
Onshore elektrische route	271	10	920	30
Offshore waterstofroute	559	18	1.850	60
Onshore waterstofroute	23	1	70	5
Elektrolyser	1.046	82	2.200	180

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Wat zegt deze analyse niet?

- Deze analyse biedt **geen inzicht in mogelijke voorwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *afnemers* van goederen en diensten, zoals bedrijven die (duurzame) elektriciteit of groene waterstof afnemen en daarmee sneller kunnen verduurzamen of waarde kunnen toevoegen. In welke mate toekomstige bedrijven zullen kiezen voor Zuid-Holland op basis van deze voordelen is geen onderdeel van deze analyse (dit behandelen we in een separate analyse in paragraaf 4.3.4).
- De gepresenteerde uitkomsten zijn **geen netto, maar bruto effecten van toegevoegde waarde en werkgelegenheid**. Andere investeringen die zouden kunnen concurreren om mensen en middelen laten we buiten beschouwing. Door concurrentie op de arbeidsmarkt kan de vraag naar arbeid als gevolg van de provinciale investering bijvoorbeeld leiden tot verdringing op de arbeidsmarkt (baancreatie op de ene plek leidt tot baanverlies op de andere plek).

Wat zegt deze analyse wel?

- Deze analyse biedt **inzicht in mogelijke achterwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *toeleveranciers* van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Hierbij kan men aan allerlei typen lokale ondernemers denken die profiteren: van de lokale broodjeszaak die meer klandizie heeft doordat bouwvakkers daar hun lunch halen tot tankstations, financiële en zakelijke dienstverleners en de regionale leverancier van bouwmaterialen. Elke besteedde euro leidt tot x euro aan bestedingen elders in de regio (voorbeeld: bij een x van 0,40 leidt elke besteedde € 1 elders in de regio tot € 0,40 aan bestedingen bij toeleveranciers).
- Deze analyse biedt **inzicht in het verwachte aandeel van de directe investeringen dat werkelijk in de regio zelf belandt en mogelijke wegleffecten naar andere regio's**. Dit draagt bij aan het creëren van realistische verwachtingen ten aanzien van de mate waarin de regio economisch gezien kan profiteren van investeringen in de energie-infrastructuur.

Directe investeringen

In vergelijking met andere aanlandregio's is Zuid-Holland de provincie waarin zich de meeste leveranciers bevinden en waar dus directe economische effecten het hoogst zijn. Elektrolyzers, offshore waterstofroutes en onshore elektrische routes zorgen voor de grootste directe effecten in de provincie. Dit betreffen onder andere civiele werkzaamheden, waterbouwbedrijven, bedrijven uit de elektrotechnische industrie (zoals kabelleverancier Prysmian uit Delft), verschillende diensten (engineering, inkoop, omgevingsmanagement, projectmanagement, etc.) en werknemers voor een elektrolyser (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.).

TenneT en Gasunie werken voor de aanleg en het onderhoud van de infrastructuur doorgaans met raamwerkcontracten. Op dit moment hebben relatief veel partijen uit deze raamwerkcontracten het hoofdkantoor in de provincie Zuid-Holland staan. Raamwerkpartijen buiten Zuid-Holland zullen daarnaast ook nog vestigingen/dochterondernemingen of andere onderaannemers in de provincie inschakelen; daarom hebben we de ene helft van de structurele investering toegerekend aan de locatie van het hoofdkantoor en de andere helft aan de regio waar de route wordt aangelegd. Voor de aanleg van offshore elektrische routes worden naar verwachting vooral buitenlandse partijen ingeschakeld.

Tabel 4-19 – Investerings in Zuid-Holland vanuit bouw/aanleg en operationele fase, investeringen per type route en elektrolyser naar/in Zuid-Holland

	Directe investering (eenmalig)			Directe investering (jaarlijks)		
	Gem. totale investering (CAPEX)	Geschat aandeel in Zuid-Holland (% van CAPEX)	Gem. bedrag in Zuid-Holland (in mln. €)	Gem. totale jaarlijkse kosten (OPEX)	Geschat aandeel in Zuid-Holland (% van OPEX)	Gem. bedrag in Zuid-Holland (in mln. €)
Offshore elektrische route	4.352	0%	0	87	100%	87
Onshore elektrische route	428	45%	193	8,6	84%	7,2
Offshore waterstofroute	1.703	24%	411	17	75%	12,8
Onshore waterstofroute	51	31%	16	1	90%	0,9
Elektrolyzers	2.840	28%	788	525	10%	55

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Directe en indirecte economische effecten

Eenmalige effecten

De bouw van een elektrolyser zorgt in absolute zin voor de grootste eenmalige bruto indirecte effecten (meer dan € 1 miljard en 2.200 FTE aan vraag naar arbeid per elektrolyser). Ook bij de aanleg van offshore waterstof- en onshore elektrische routes ontstaan substantiële economische- en werkgelegenheidseffecten (respectievelijk € 560 miljoen en € 270 miljoen per route). Merk op dat er door het hoge aantal verwachte leveranciers uit Zuid-Holland ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's substantiële directe en indirecte economische effecten in de provincie zullen ontstaan.

De multipliers in Tabel 4-20 zijn de multipliers voor Zuid-Holland: oftewel, elke geïnvesteerde euro in Zuid-Holland leidt tot x euro aan bestedingen bij toeleverende diensten (denk aan lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening – financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). De gepresenteerde multipliers zijn afhankelijk van de COROP-regio waarin de investering plaatsvindt. De routes en zoekgebieden vallen allen binnen de COROP-regio Groot-Rijnmond, waarvoor we dus de investeringen hebben doorgerekend. De multipliers van de verschillende investeringen zijn zeer vergelijkbaar (tussen de 1,33 en 1,43); een groot deel van de werkzaamheden betreffen werkzaamheden van bedrijven uit de bouw en waterbouw. De multiplier voor een investering in een onshore waterstofroute is het hoogst (1,43).

Tabel 4-20 Eenmalige bruto economische effecten in Zuid-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Zuid-Holland

	Directe investering in Zuid-Holland (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Zuid-Holland		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	18	0	-
Onshore elektrische route	193	271	920	1,40
Offshore waterstofroute	411	559	1.850	1,36
Onshore waterstofroute	16	23	70	1,43
Elektrolyser	788	1.046	2.200	1,33

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Jaarlijkse effecten

Onderhoud, inspectie en reparatie van offshore elektrische routes zorgen voor het grootste jaarlijkse bruto economische effect: per route € 120 miljoen per jaar en een arbeidsvraag van 340 FTE (zie Tabel 4-21). Ook de exploitatie van een elektrolyser zorgt voor substantiële effecten (bijna € 90 miljoen per jaar en 180 FTE). De onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan onshore elektrische en offshore waterstofroutes zorgen voor een economisch effect van respectievelijk € 10 miljoen en € 18 miljoen in Zuid-Holland. Voor de onshore waterstofroutes is het economische effect voor de provincie beperkt (jaarlijks ongeveer € 1 miljoen). Merk wederom op dat er door het hoge aantal verwachte leveranciers uit Zuid-Holland ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's substantiële directe en indirecte economische effecten in de provincie zullen ontstaan.

De multipliers voor de bestedingen in de operationele fase van de routes zijn wederom zeer vergelijkbaar (tussen de 1,37 en 1,49), te verklaren door het feit dat dit hoofdzakelijk leveranciers uit de bouw en waterbouw zijn. De exploitatie van een elektrolyser levert bij een gelijke investering wederom de meeste toegevoegde waarde en werkgelegenheid op voor de provincie (multiplier 1,49).

Tabel 4-21 Jaarlijkse bruto economische effecten in Zuid-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Zuid-Holland

	Directe investering in Zuid-Holland (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Zuid-Holland		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	87,0	119,2	340	1,37
Onshore elektrische route	7,2	10,4	30	1,42
Offshore waterstofroute	12,8	18,3	60	1,43
Onshore waterstofroute	0,9	1,3	5	1,40
Elektrolyser	55	82	180	1,49

Bron: CE Delft en NEO Observatory

4.3.4 Impact op regionaal vestigingsklimaat

Er zijn verschillende factoren die (in potentie) invloed kunnen hebben op het regionale vestigingsklimaat in de regio Zuid-Holland. Hieronder bespreken we factoren die (in meer of minder mate) een rol spelen:

- **Grootschalige elektriciteitsafname.** Aanlanding van wind op zee biedt kansen voor realisatie van nieuwe grootschalige afname, zonder dat het netwerk hier fors verzwakt dient te worden. Dit komt doordat er in de aanlandregio's forse overschotten aan elektriciteit zullen zijn, en het netwerk hierop aangepast wordt. Dit kan een voordeel zijn voor het lokale vestigingsklimaat, aangezien bedrijven in deze regio's zich sneller kunnen vestigen, terwijl momenteel in veel andere gebieden waar geen aanlanding plaatsvindt problemen met netcongestie (kunnen blijven) spelen. Voorwaarde is – gezien de aansluitkosten op het net – dan wel dat de bedrijven zich nabij de aansluitlocaties van wind op zee vestigen.
- **Regionale netcongestie.** Wat betreft netcongestie geldt dat er met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 al voldoende aanbod is om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen – de additionele aangelande windenergie zal deels worden

doorgevoerd naar elders in het land.⁵⁷ Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen.

- **Energie- en netkosten.** In algemene zin leidt wind op zee tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten voor *heel Nederland*. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt). In de aanlandingsregio kunnen eenmalige aansluitkosten op het net wel lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen.
- **Duurzaam imago regio.** Aanlanding van en toegang tot duurzame energie in de regio kan bijdragen aan het duurzame imago en daarmee het vestigingsklimaat van de regio; dit geldt in principe generiek voor alle potentiële aanlandregio's. Dit effect is sterker als bijvoorbeeld de beschikbaarheid van groene elektronen (groene stroom) of groene moleculen (groene waterstof) voor sommige industriële bedrijfsprocessen een cruciale driver is voor vergroening (bijvoorbeeld omdat andere opties niet beschikbaar zijn). Alhoewel dit een effect is dat moeilijk te meten is, kan een regio hierop inspelen door deze randvoorwaarden goed in te vullen en zich hierop te profileren. Verder kunnen elektrolyzers – mits onder de juiste markomstandigheden voor groene waterstof – in algemene zin positieve effecten hebben en de aantrekkelijkheid van de regio's voor (potentiële) afnemers van waterstof verhogen.

4.3.5 Maatschappelijke kosten

De ruimtelijke impact van energie-infrastructureur kan leiden tot een verstoring van landschap en natuurgebieden en hinder voor omwonenden en recreanten. In deze paragraaf bespreken we de maatschappelijke kosten die gepaard gaan met de realisatie van de infrastructuur in Zuid-Holland. We bespreken achtereenvolgens:

- Hinder voor omwonenden door netuitbreiding;
- Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers;
- Biodiversiteitsverlies door landgebruik;
- Overige externe effecten.

Hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Door extra aanlandingen vanuit pVAWOZ zal het op verschillende plekken nodig zijn het (bovengrondse) hoogspanningsnet te verzwaren. Dit heeft impact op mens en natuur. Waar netverzwaring exact nodig is en hoe deze routes zouden lopen, is echter nog niet bekend. Voor de provincie Zuid-Holland illustreren we in onderstaand tekstkader daarom het mogelijke effect van netuitbreiding op omwonenden aan de hand van een voorbeeld. Merk verder op dat onshore kabels en leidingen (als onderdeel van de aanlandroutes) ondergronds worden aangelegd en daarmee – in vergelijking met bovengrondse netverzwaringen – relatief weinig hinder veroorzaken.

⁵⁷ Daarbij komt dat - zonder de juiste configuratie van het energiesysteem - extra aanlanding de huidige problemen rond invoedingscongestie mogelijk juist (tijdelijk) kan versterken; grootschalige elektrolyse of opslag in de regio kunnen hier bijvoorbeeld bij helpen.

Illustratie hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Voor het effect van bovengrondse hoogspanningstracés op omwonenden kijken we naar het woningwaardeverlies binnen verschillende afstanden (tot 300 meter) van de hoogspanningsmasten: hoe dichterbij het hoogspanningstracé, hoe hoger de waardedaling van een woning. In termen van welvaartseffecten kan deze waardedaling als een afspiegeling gezien worden van het werkelijke welvaartsverlies voor omwonenden. In paragraaf 2.1.3 gaan we uitgebreid in op de methodiek.

Stel dat er een nieuw hoogspanningstracé gebouwd moet worden van 40 km. Over het gehele tracé bevinden zich 1.000 tot 2.000 woningen binnen een afstand van 300 meter. Als we dan uitgaan gemiddelde woningwaarde van € 400.000 en rekening houden met de verschillende waardedalingen (bijvoorbeeld 20% binnen 40 meter, 6% binnen 100 meter, etc.), kunnen we bijvoorbeeld uitkomen op een totaal welvaartsverlies (totale waardedaling van woningen) van: € 15 miljoen tot € 80 miljoen.

Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers

Het plaatsen van een converterstation, elektrolyser of aanlandstation kan leiden tot (permanente) geluidhinder voor omwonenden. Deze geluidhinder kunnen we vertalen naar welvaartsverlies voor omwonenden, de ervaren overlast en gezondheidsschade in euro's (zie methodiek in paragraaf 2.1.1). Voor elk type infrastructuur zijn er verschillende zoekgebieden waarbinnen de stations en elektrolyzers mogelijk geplaatst kunnen worden. Aan de hand van deze zoekgebieden hebben we voor elk type infrastructuur het gemiddelde welvaartsverlies bepaald (de zoekgebieden waarin we de meeste geluidhinder verwachten). De belangrijkste bevindingen voor Zuid-Holland staan in Tabel 4-22.

Tabel 4-22 – Welvaartsverlies door geluidhinder voor omwonenden o.b.v. zoekgebieden Zuid-Holland

	Gemiddelde welvaartsverlies* door geluidhinder	Zoekgebieden met hoogste welvaartsverlies door geluidhinder
Converterstation	€0,3 mln	BLW-C1, BLW-C2 en BLW-C3
Elektrolyser	€0,6 mln	BLW-E1, BLW-E2 en BLW-E3
Aanlandstation	Nihil	-

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Biodiversiteitsverlies door landgebruik

Voor het plaatsen van infrastructuur is ruimte nodig. Dit ruimtegebruik leidt tot maatschappelijke kosten in de vorm van verlies aan habitat, doorkruising en hinder van natuur, en kan zo negatief uitpakken voor de kwaliteit van natuurgebied en soortenrijkdom. De methodiek voor het beoordelen van het verlies aan ruimtegebruik is opgenomen in paragraaf 2.1.1.

De maatschappelijke kosten (welvaartsverlies) door landgebruik varieert enkel tussen het type infrastructuur (converterstations, aanlandstations en elektrolyzers) en hoeveel van deze infrastructuur er geplaatst wordt. In de regio Zuid-Holland wordt er gekeken naar zowel de aanlanding van elektrische kabels via converterstations, waterstofleidingen via aanlandstations en elektrolyzers. Aangezien het nog onzeker is hoeveel stations er per regio geplaatst zullen worden, presenteren we in Tabel 4-23 de bandbreedte van het welvaartsverlies door landgebruik van één converterstation, één aanlandstation en één elektrolyser (verdisconteerd over 40 jaar).

Tabel 4-23 – Welvaartsverlies door biodiversiteitsverlies door landgebruik

	Ruimtegebruik per station	Welvaartsverlies* door biodiversiteitsverlies
Converterstation	5,5 ha	€ 0,13 - 0,24 mln
Elektrolyser	20,0 ha	€ 0,48 - 0,87 mln
Aanlandstation	2,0 ha	€ 0,05 - 0,09 mln

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Overige externe effecten

Naast permanente effecten (landgebruik, geluidhinder en hinder door netverzwaring) kan de aanleg van de benodigde infrastructuur voor pVAWOZ ook tijdelijke externe effecten veroorzaken. Deze externe effecten kunnen bijvoorbeeld bestaan uit tijdelijke geluidhinder, (tijdelijke) beperking van economische activiteiten (zoals recreatie) of tijdelijke negatieve effecten op de natuur.

In deze paragraaf geven we met behulp van de gebiedsdoorkruisingen een indicatie van de mogelijke externe effecten als gevolg van de aanleg van routes in Zuid-Holland. De mogelijke welvaartseffecten van offshore routes nemen we niet mee in de regio-analyse, aangezien het onduidelijk is of deze externe effecten daadwerkelijk impact hebben op één specifieke regio.⁵⁸

Methodiek en uitgangspunten

Wegens de onzekerheden rondom de aanlegfase en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *een route die langer door een gebied loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor gebiedsgebruikers, zij het beperkt*. Merk hierbij op dat deze (vanuit maatschappelijk oogpunt, met een langetermijnspectief) 'beperkte impact' op individueel niveau natuurlijk wel (ernstige) hinder kan betekenen. De methodiek voor het bepalen van de externe effecten hebben we opgenomen in paragraaf 2.1.1.

Bij de tijdelijke externe effecten maken we onderscheid tussen het aanleggen van onshore en offshore kabels. De varianten laten we in deze analyse buiten beschouwing. Voor de analyse sluiten we op *Bijlage C uit Hoofdstuk 10: Cumulatie van de PlanMER*. We hanteren de volgende uitgangspunten:

- Voor onshore routes gaan we ervanuit dat er eenmalig hinder wordt ondervonden tijdens de aanlegfase, waardoor er slechts eenmaal externe effecten optreden per route. De mantelbuizen voor de ondergrondse kabel/kabels wordt eenmalig gelegd, de extra kabels benodigd op dat traject kunnen er vervolgens later bijgelegd worden (zonder significante externe effecten);
- Voor offshore routes geldt dat er geen mogelijkheid is om deze gelijktijdig aan te leggen; bundelen is niet mogelijk. Hierdoor kunnen er per offshore kabel externe effecten optreden.

Onshore routes Zuid-Holland

De gebiedsdoorkruisingen van de onshore routes hebben we weergegeven in Tabel 4-24. Deze gebiedsdoorkruisingen bieden een indicatie van de mogelijke tijdelijke hinder en negatieve effect op natuur als gevolg van de aanleg van de kabels en leidingen. Verdere toelichting van de externe effecten hebben we opgenomen in de bijlage D.⁵⁹

⁵⁸ De beoordeling van het ruimtegebruik op zee is opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 8: ruimtegebruik op zee en grote wateren. De beoordeling van natuur op zee is opgenomen in Hoofdstuk 4 van de plan-MER: Natuur op zee en grotere wateren.

⁵⁹ De beoordeling van het ruimtegebruik op land is opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 9: land- en ruimtegebruik op land. Daarnaast is de beoordeling van natuur op land opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 5: Natuur op land.

Tabel 4-24 – Gebiedsdoorkruisingen onshore routes, Zuid-Holland

Type doorkruising	bandbreedte doorkruising één elektrische verbinding	Bandbreedte doorkruising één waterstofverbinding	Impact hogere doorkruising
Bebouwd gebied	0 – 0,7 kilometer	1,9 – 9,1 kilometer	Meer geluidhinder voor omwonenden gedurende de aanlegfase.
Natuurlijk gebied	0,6 – 2,7 kilometer	0,4 – 1,7 kilometer	Meer ecologische effecten zoals habitatverlies, habitatsverstoring en stikstofdepositie, en daarmee mogelijk meer negatieve welvaartseffecten.
Landbouwgebied	0,1 – 28 kilometer	0,9 – 1,6 kilometer	Mogelijke (tijdelijke) negatieve effecten zoals de schade aan gewassen en gederfde inkomsten van landbouw door de graaf- en aanlegwerkzaamheden.
Recreatief gebied	0,3 - 4,5 kilometer	-	Tijdelijke vermindering van belevingswaarde voor recreanten en mogelijk verminderde inkomsten van toeristische of recreatieve ondernemingen.

*In de tabel lichten we enkel de gebiedsdoorkruising toe waarvan we verwachten dat deze een mogelijk welvaartseffect hebben.

4.3.6 Belangrijkste bevindingen

- De bouw en aanleg van elektrische- en waterstofroutes en elektrolyzers brengen **grote investeringen** met zich mee. Per offshore route of elektrolyser gaat dit om ordegrrootte enkele miljarden euro's en voor de onshore gedeeltes om enkele honderden miljoenen (elektrisch) en enkele tientallen miljoenen (waterstof). Daarnaast kunnen extra aanlandingen ook impact hebben op het net op land, waardoor er – wanneer dat mogelijk is – additionele netinvesteringen gedaan moeten worden.⁶⁰
- Voor deze investeringen in Zuid-Holland is de (directe) **inzet van leveranciers uit de provincie** naar verwachting – in vergelijking met andere aanlandregio's – relatief hoog. In de raamwerkcontracten van Gasunie en TenneT – een indicatie voor de verwachte partijen die worden ingezet bij de bouw/aanleg en onderhoud van de routes – zitten immers veel bedrijven uit Zuid-Holland. Hetzelfde geldt voor de verwachte leveranciers voor de bouw en exploitatie van elektrolyzers. Elektrolyzers, offshore waterstofroutes en onshore elektrische routes zorgen voor de grootste *directe* effecten in de provincie. Dit betreffen onder andere civiele werkzaamheden, waterbouwbedrijven, bedrijven uit de elektrotechnische industrie (zoals kabelleverancier Prysmian uit Delft), verschillende diensten (engineering, inkoop, omgevingsmanagement, projectmanagement, etc.) en werknemers voor een elektrolyser (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.).
- Daarnaast ontstaan er in de provincie substantiële **indirecte bruto economische effecten** bij toeleveranciers van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Denk hierbij aan bestedingen bij toeleverende diensten zoals lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening (financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). Een elektrolyser heeft het grootste effect (eenmalig ruim € 1 miljard en jaarlijks bijna € 90 miljoen), maar ook de routes zorgen voor substantiële spin-off effecten in de provincie (zie Tabel 4-25). Merk op dat er door het hoge aantal verwachte leveranciers uit Zuid-Holland ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's substantiële directe en indirecte economische effecten in de provincie zullen ontstaan. Ten slotte is het goed te vermelden dat investeringen die bij buitenlandse partijen

⁶⁰ Merk op dat aanlandingen niet uitsluitend tot extra netimpact op land leiden, maar in sommige gevallen ook netinvesteringen kunnen besparen.

terechtkomen ook indirecte effecten kunnen hebben voor de provincie (buitenlandse partijen die lokale partijen inschakelen). Deze effecten hebben we in onze methodiek niet kunnen meenemen, waardoor het economische effect voor de provincie in werkelijkheid groter kan zijn (bijvoorbeeld bij investeringen in offshore routes, die grotendeels bij buitenlandse partijen terecht komen).

Tabel 4-25 Directe en indirecte bruto economische effecten in Zuid-Holland, effecten per type route en elektrolyser naar/in Zuid-Holland

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	18	119	0	340
Onshore elektrische route	271	10	920	30
Offshore waterstofroute	559	18	1.850	60
Onshore waterstofroute	23	1	70	5
Elektrolyser	1.046	82	2.200	180

Bron: CE Delft en NEO Observatory

- Er zijn verschillende factoren die impact kunnen hebben op het **regionale vestigingsklimaat** in Zuid-Holland. Zo kunnen er kansen ontstaan voor grootschalige afname door overschotten op het elektriciteitsnet (wat mogelijk ook weer andere bedrijvigheid of nevendiensten aantrekt). Een groot deel van de aangelande elektriciteit zal echter ook doorgevoerd worden naar elders in het land. Binnen de regio geldt dat er met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 al voldoende aanbod is om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen. Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen. Verder kunnen in de aanlandingsregio eenmalige aansluitkosten op het net lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen. In algemene zin leidt wind op zee voor *heel Nederland* echter tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt).
- De investeringen in de infrastructuur hebben ook **impact op mens en natuur**. Mogelijke netverzwaringen die nodig zijn bij extra aanlandingen zullen de grootste impact hebben op omwonenden in de vorm van visuele hinder. Ook kan er geluidhinder ontstaan voor omwonenden, met name bij converterstations. De mate van overlast verschilt tussen en binnen de zoekgebieden, maar zal in welvaartermen hoe dan ook kleiner zijn dan de visuele hinder. Tevens zal er door landgebruik biodiversiteitsverlies optreden: zowel in absolute als relatieve zin gaat het om bescheiden welvaartseffecten.

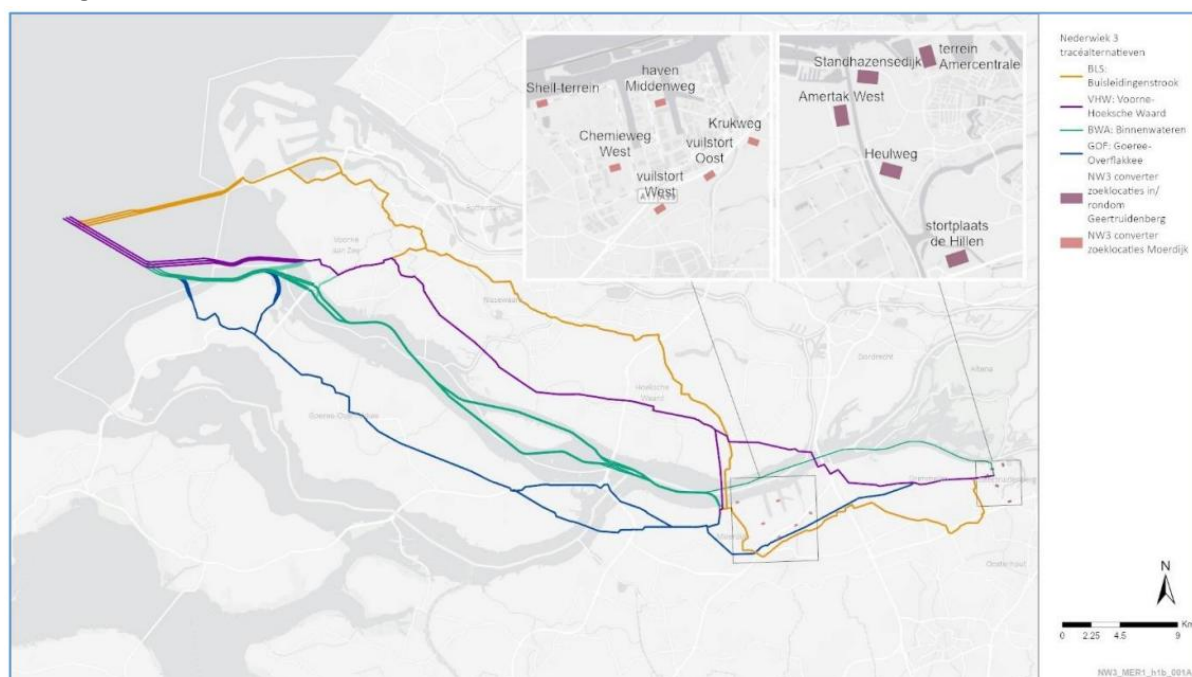
4.4 Noord-Brabant

In deze paragraaf bespreken we achtereenvolgens de volgende onderwerpen:

- de mogelijke **routes en zoekgebieden** naar/in Moerdijk;
- de omvang van de **investeringen in de infrastructuur** in de regio Moerdijk (onderdeel van de *directe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.2);
- de **regionale spin-off (economische effecten)** als gevolg van deze investeringen;
- de **impact op het regionale vestigingsklimaat** (onderdeel van de *indirecte effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.3);
- de **maatschappelijke kosten** door geluidhinder, visuele hinder en biodiversiteitsverlies door landgebruik (onderdeel van de *externe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.4);
- de **belangrijkste bevindingen** voor Noord-Brabant.

4.4.1 Routes en zoekgebieden

Het project Net op Zee Nederwiek 3 onderzoekt een 2 GW-aansluiting van windenergiegebied Nederwiek naar 380kV-stations Geertruidenberg of Moerdijk. Op 7 januari 2025 is als voorkeursalternatief gekozen voor het tracé door de Binnenwateren (BWA) met de converterstationlocatie aan de Standhazensedijk in Geertruidenberg.⁶¹ In het project Nederwiek 3 worden ook alternatieven gezocht voor het Programma VAWOZ. Het onderzoek richt zich op de vraag of er naast de routes voor Nederwiek 3 nog één of twee extra verbindingen mogelijk zijn naar Moerdijk in het kader van VAWOZ. Daarnaast wordt er binnen VAWOZ gekeken naar de eventuele mogelijkheden voor het inpassen van grootschalige elektrolyse. In Figuur 4-8 zijn de routes van Nederwiek 3 (vanaf het demarcatiepunt op zee) gepresenteerd.⁶² Bijlage C.3 geeft een overzicht van de lengtes van de routes.



⁶¹ [Informatiepagina Net op zee - Nederwiek 3](#)

⁶² Naast de nearshore en onshore verbindingen, wordt er ook gekeken naar het kabeltracé vanaf het platform op zee naar het demarcatiepunt. Dit wordt verder toegelicht in de [MER Nederwiek 3- fase 1](#).

Figuur 4-8 Overzicht routes Nederwiek 3

4.4.2 Investerings in de infrastructuur

In Hoofdstuk 3 hebben we gezien dat de realisatie van de VAWOZ-infrastructuur aanzienlijke investeringen met zich meebrengt; zo ook bij de bouw en aanleg van infrastructuur in en naar Moerdijk. Offshore elektrische routes en onshore elektrolyzers zijn de grootste investeringen (al gauw enkele miljarden euro's per route of elektrolyser). Bij investeringen in de onshore delen van de routes of bij netuitbreidingen gaat het relatief gezien om kleinere investeringen, maar in absolute zin nog steeds om substantiële bedragen (honderden miljoenen euro's per onshore route of netuitbreiding). In onderstaand kader gaan we dieper in op de mogelijke investeringen in de regio Moerdijk. In de volgende paragraaf presenteren we de regionale doorwerking van deze investeringen in de regionale economie.

Elektrische routes

Binnen VAWOZ zijn er naar Moerdijk verschillende elektrische routes beoordeeld volgens de methodiek uit paragraaf 2.1.1.

- Het totaal aan investeringen (CAPEX en OPEX over 40 jaar) voor één elektrische route (totaal van zowel offshore als onshore) naar Moerdijk varieert tussen de **4.470 en 7.860 miljoen euro**.

Waterstofroutes

Binnen pVAWOZ worden er geen waterstofroutes naar Moerdijk beoordeeld.

Onshore elektrolyse

Waterstofproductie met behulp van elektrolyse kan ingezet worden als flexibiliteitsbron, waarmee vraag en aanbod van elektriciteit gebalanceerd kunnen worden. Afhankelijk van de uiteindelijke configuratie van aanlandingen zal er meer of minder elektrolyse in de Moerdijk gerealiseerd moeten worden. Ter illustratie: als we de aanlandconfiguraties in Hoofdstuk 3 als uitgangspunt nemen, zal er **0,8 tot 2,1 GW** aan

elektrolyse nodig zijn in Moerdijk. De totale investeringskosten hiervoor bedragen respectievelijk gemiddeld **2.200 tot 5.800 miljoen euro**. De gemiddelde jaarlijkse operationele kosten bedragen respectievelijk **600 tot 1.600 miljoen euro**. Tegenover de directe kosten staan ook (jaarlijkse) opbrengsten voor het verwaarden van waterstofproductie; deze opbrengsten hebben we in onze analyse niet gekwantificeerd.

Ingrepen op land

Er zijn naar verwachting ook ingrepen aan het elektriciteitsnet op land nodig om elektriciteit naar vraag elders in het land te transporteren. Dit wordt verder toegelicht in deelrapport *Systeemintegratie*. De kosten hiervan worden meegenomen in de nationale welvaartsanalyses (hoofdstuk 3).

4.4.3 Regionale spin-off: economische effecten

In deze paragraaf beschrijven we de mogelijke regionale economische effecten van de elektrische routes en (onshore) elektrolyzers. We bespreken de volgende twee onderdelen:

- **Directe investeringen** voor Noord-Brabant die volgen uit de bouw/aanleg (dit zijn eenmalige of tijdelijke economische effecten) en de operationele fase (de structurele of jaarlijkse effecten); welk aandeel van de investeringen landt in Noord-Brabant en welk aandeel 'lekt weg' naar elders in Nederland of het buitenland?

- **Indirecte economische effecten** die voortvloeien uit de bouw en exploitatie van de infrastructuur; welke toeleveranciers in de regio profiteren hiervan? Tabel 4-26 geeft inzicht in de resultaten op hoofdlijnen.

In paragraaf 2.2 hebben we de methode voor het bepalen van de effecten uitgebreid toegelicht.

Tabel 4-26 Directe en indirecte bruto economische effecten in Noord-Brabant, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Moerdijk

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	28	5,0	0	0
Onshore elektrische route	90	3,4	250	10
Elektrolyser	594	63	1.300	120

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Wat zegt deze analyse niet?

- Deze analyse biedt **geen inzicht in mogelijke voorwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *afnemers* van goederen en diensten, zoals bedrijven die (duurzame) elektriciteit of groene waterstof afnemen en daarmee sneller kunnen verduurzamen of waarde kunnen toevoegen. In welke mate toekomstige bedrijven zullen kiezen voor Noord-Brabant op basis van deze voordelen is geen onderdeel van deze analyse (dit behandelen we in een separate analyse in paragraaf 4.4.4).
- De gepresenteerde uitkomsten zijn **geen netto, maar bruto effecten van toegevoegde waarde en werkgelegenheid**. Andere investeringen die zouden kunnen concurreren om mensen en middelen laten we buiten beschouwing. Door concurrentie op de arbeidsmarkt kan de vraag naar arbeid als gevolg van de provinciale investering bijvoorbeeld leiden tot verdringing op de arbeidsmarkt (baancreatie op de ene plek leidt tot baanverlies op de andere plek).

Wat zegt deze analyse wel?

- Deze analyse biedt **inzicht in mogelijke achterwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *toeleveranciers* van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Hierbij kan men aan allerlei typen lokale ondernemers denken die profiteren: van de lokale broodjeszaak die meer klandizie heeft doordat bouwvakkers daar hun lunch halen tot tankstations, financiële en zakelijke dienstverleners en de regionale leverancier van bouwmaterialen. Elke besteedde euro leidt tot x euro aan bestedingen elders in de regio (voorbeeld: bij een x van 0,40 leidt elke besteedde € 1 elders in de regio tot € 0,40 aan bestedingen bij toeleveranciers).
- Deze analyse biedt **inzicht in het verwachte aandeel van de directe investeringen dat werkelijk in de regio zelf belandt en mogelijke weglekeffecten naar andere regio's**. Dit draagt bij aan het creëren van realistische verwachtingen ten aanzien van de mate waarin de regio economisch gezien kan profiteren van investeringen in de energie-infrastructuur.

Directe investeringen

Voor Noord-Brabant verwachten we dat met name elektrolyzers en onshore elektrische- en waterstofroutes voor *Directe investeringen* in de provincie zorgen. Voor de bouw-/aanlegfase betreft dit voor het grootste deel civiele werkzaamheden (en in beperkte mate diensten zoals engineering, inkoop en vergunningen). Voor de operationele fase gaat dit om zowel civiele werkzaamheden (bij onshore routes) als werknemers voor de elektrolyser (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.).

TenneT werkt voor de aanleg en het onderhoud van hun netwerken doorgaans met raamwerkcontracten. In de huidige raamwerkcontracten zit een aantal partijen van wie het (Nederlandse) hoofdkantoor in Noord-Brabant staat, zoals Heijmans Infra (bouw) en DEME Group (waterbouw; Belgisch bedrijf met Nederlands hoofdkantoor in Noord-Brabant). Raamwerkpartijen zullen daarnaast ook vestigingen/dochterondernemingen of andere onderaannemers in de regio inschakelen. Daarom hebben we de ene helft van de structurele investering toegerekend aan de locatie van het hoofdkantoor en de andere helft aan de regio waar de route wordt aangelegd. Door de ligging van Moerdijk – op de grens van Noord-Brabant en Zuid-Holland – is het aannemelijk dat een deel van deze ‘lokale’ leveranciers ook uit Zuid-Holland komt; dit hebben we niet expliciet meegenomen. De aanleg van en onderhoud aan offshore elektrische routes leidt naar verwachting niet tot *directe* economische effecten in Noord-Brabant.

Tabel 4-27 – Investerings in Noord-Brabant vanuit bouw/aanleg en operationele fase, investeringen per type route en elektrolyser naar/in regio Moerdijk

	Directe investering (eenmalig)			Directe investering (jaarlijks)		
	Gem. totale investering (CAPEX)	Geschat aandeel in Noord-Brabant (% van CAPEX)	Gem. bedrag in Noord-Brabant (in mln. €)	Gem. totale jaarlijkse kosten (OPEX)	Geschat aandeel in Noord-Brabant (% van OPEX)	Gem. bedrag in Noord-Brabant (in mln. €)
Offshore elektrische route	4.389	0%	0	88	0%	0,0
Onshore elektrische route	276	25%	68	5,6	50%	2,8
Elektrolyzers	2.840	15%	469	525	7%	36

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Directe en indirecte economische effecten

Eenmalige effecten

De bouw van een elektrolyser zorgt in absolute zin voor de grootste eenmalige bruto indirecte effecten (bijna € 500 miljoen en 1.300 FTE aan vraag naar arbeid). Ook bij de bouw/aanleg van onshore elektrische routes ontstaan substantiële economische- en werkgelegenheidseffecten (ruim € 90 miljoen en 250 FTE). Merk op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Brabant zullen ontstaan.

De multipliers in Tabel 4-28 zijn de multipliers voor Noord-Brabant: oftewel, elke geïnvesteerde euro in Noord-Brabant leidt tot x euro aan bestedingen bij toeleverende diensten (denk aan lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening – financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). De gepresenteerde multipliers zijn afhankelijk van de COROP-regio waarin de investering plaatsvindt. De routes en zoekgebieden vallen binnen de COROP-regio West-Noord-Brabant (waar Moerdijk binnen valt); dit is dus de regio waarvoor we de investering hebben toegerekend. De multipliers van 1,32 en 1,27 zijn laag, wat suggereert dat er vanuit de regio Moerdijk – dat tegen de grens met Zuid-Holland ligt – relatief veel toeleveranciers van buiten de regio worden ingeschakeld.

Tabel 4-28 Eenmalige bruto economische effecten in Noord-Brabant, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Moerdijk

	Directe investering in Noord-Brabant (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Noord-Brabant		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	28	0	-
Onshore elektrische route	68	90	250	1,32
Elektrolyser	469	594	1.300	1,27

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Jaarlijkse effecten

De exploitatie van een elektrolyser zorgt voor de grootste jaarlijkse bruto indirecte effecten (zie Tabel 4-29). Het totale economische effect per jaar bedraagt ruim € 60 miljoen waarbij een arbeidsvraag van zo'n 120 FTE ontstaat. De onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan elektrische routes zorgen voor een jaarlijks economisch effect van ruim € 3 miljoen in Noord-Brabant en een klein werkgelegenheidseffect (10 FTE). Merk wederom op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Brabant zullen ontstaan.

De investering vanuit de operationele fase van een elektrolyser (werknemers in operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.) kent een hogere multiplier dan die voor onderhoud aan onshore routes (civiele werkzaamheden). Dit suggereert dat er vanuit de bouwsector in de regio Moerdijk meer toeleveranciers van buiten de regio worden ingeschakeld dan voor de exploitatie van een elektrolyser.

Tabel 4-29 Jaarlijkse bruto economische effecten in Noord-Brabant, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Moerdijk

	Directe investering in Noord-Brabant (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Noord-Brabant		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0,0	5,0	0	-
Onshore elektrische route	2,8	3,4	10	1,27
Elektrolyser	36	63	120	1,76

Bron: CE Delft en NEO Observatory

4.4.4 Impact op regionaal vestigingsklimaat

Er zijn verschillende factoren die (in potentie) invloed kunnen hebben op het regionale vestigingsklimaat in de regio Moerdijk. Hieronder bespreken we factoren die (in meer of minder mate) een rol spelen:

- **Grootschalige elektriciteitsafname.** Aanlanding van wind op zee biedt kansen voor realisatie van nieuwe grootschalige afname, zonder dat het netwerk hier fors verzwakt dient te worden. Dit komt doordat er in de aanlandregio's forse overschotten aan elektriciteit zullen zijn, en het netwerk hierop aangepast wordt. Dit kan een voordeel zijn voor het lokale vestigingsklimaat, aangezien bedrijven in deze regio's zich sneller kunnen vestigen, terwijl momenteel in veel andere gebieden waar geen aanlanding plaatsvindt problemen met

netcongestie (kunnen blijven) spelen. Voorwaarde is – gezien de aansluitkosten op het net – dan wel dat de bedrijven zich nabij de aansluitlocaties van wind op zee vestigen.

- **Regionale netcongestie.** Wat betreft netcongestie geldt dat er in de regio Moerdijk-Geertruidenberg met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 al voldoende aanbod is om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen – de additionele aangelande windenergie zal deels worden doorgevoerd naar elders in het land.⁶³ Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen.
- **Energie- en netkosten.** In algemene zin leidt wind op zee tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten voor *heel Nederland*. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt). In de aanlandingsregio kunnen eenmalige aansluitkosten op het net wel lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen.
- **Duurzaam imago regio.** Aanlanding van en toegang tot duurzame energie in de regio kan bijdragen aan het duurzame imago en daarmee het vestigingsklimaat van de regio; ook dit geldt in principe generiek voor alle potentiële aanlandregio's. Dit effect is sterker als bijvoorbeeld de beschikbaarheid van groene elektronen (groene stroom) of groene moleculen (groene waterstof) voor sommige industriële bedrijfsprocessen een cruciale driver is voor vergroening (bijvoorbeeld omdat andere opties niet beschikbaar zijn). Alhoewel dit een effect is dat moeilijk te meten is, kan een regio hierop inspelen door deze randvoorwaarden goed in te vullen en zich hierop te profileren. Verder kunnen elektrolyzers – mits onder de juiste markomstandigheden voor groene waterstof – in algemene zin positieve effecten hebben en de aantrekkelijkheid van de regio's voor (potentiële) afnemers van waterstof verhogen.

4.4.5 Maatschappelijke kosten

De ruimtelijke impact van energie-infrastructuur kan leiden tot een verstoring van landschap en natuurgebieden en hinder voor omwonenden en recreanten. In deze paragraaf bespreken we de maatschappelijke kosten die gepaard gaan met de realisatie van de infrastructuur in Moerdijk. We bespreken achtereenvolgens:

- Hinder voor omwonenden door netuitbreiding;
- Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers;
- Biodiversiteitsverlies door landgebruik;
- Overige externe effecten.

Hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Door extra aanlandingen vanuit pVAWOZ zal het op verschillende plekken nodig zijn het (bovengrondse) hoogspanningsnet te verzwaren. Dit heeft impact op mens en natuur. Waar netverzwaring exact nodig is en hoe deze routes zouden lopen, is echter nog niet bekend. Voor de provincie Noord-Brabant illustreren we in onderstaand tekstkader daarom het mogelijke effect van netuitbreiding op omwonenden aan de hand van een voorbeeld. Merk verder op dat onshore kabels

⁶³ Daarbij komt dat - zonder de juiste configuratie van het energiesysteem - extra aanlanding de huidige problemen rond invoedingscongestie mogelijk juist (tijdelijk) kan versterken; grootschalige elektrolyse of opslag in de regio kunnen hier bijvoorbeeld bij helpen.

(als onderdeel van de aanlandroutes) ondergronds worden aangelegd en daarmee – in vergelijking met bovengrondse netverzwaringen – relatief weinig hinder veroorzaken.

Illustratie hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Voor het effect van bovengrondse hoogspanningstracés op omwonenden kijken we naar het woningwaardeverlies binnen verschillende afstanden (tot 300 meter) van de hoogspanningsmasten: hoe dichterbij het hoogspanningstracé, hoe hoger de waardedaling van een woning. In termen van welvaartseffecten kan deze waardedaling als een afspiegeling gezien worden van het werkelijke welvaartsverlies voor omwonenden. In paragraaf 2.1.3 gaan we uitgebreid in op de methodiek.

Stel dat er een nieuw hoogspanningstracé gebouwd moet worden van 40 km. Over het gehele tracé bevinden zich 1.000 tot 2.000 woningen binnen een afstand van 300 meter. Als we dan uitgaan gemiddelde woningwaarde van € 400.000 en rekening houden met de verschillende waardedalingen (bijvoorbeeld 20% binnen 40 meter, 6% binnen 100 meter, etc.), kunnen we bijvoorbeeld uitkomen op een totaal welvaartsverlies (totale waardedaling van woningen) van: € 15 miljoen tot € 80 miljoen.

Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers

Het plaatsen van een converterstation, elektrolyser of aanlandstation kan leiden tot (permanente) geluidhinder voor omwonenden. Deze geluidhinder kunnen we vertalen naar welvaartsverlies voor omwonenden, de ervaren overlast en gezondheidsschade in euro's (zie methodiek in paragraaf 2.1.1). Voor elk type infrastructuur zijn er verschillende zoekgebieden waarbinnen de stations en elektrolyzers mogelijk geplaatst kunnen worden. Aan de hand van deze zoekgebieden hebben we voor elk type infrastructuur het gemiddelde welvaartsverlies bepaald (de zoekgebieden waarin we de meeste geluidhinder verwachten). De belangrijkste bevindingen voor Nederwiek 3 (Moerdijk) staan in Tabel 4-30.

Tabel 4-30 – Welvaartsverlies door geluidhinder voor omwonenden o.b.v. zoekgebieden Moerdijk

	Gemiddelde welvaartsverlies* door geluidhinder	Zoekgebieden met hoogste welvaartsverlies door geluidhinder
Converterstation	<i>Nihil</i>	-
Elektrolyser	<i>Nihil</i>	-

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Biodiversiteitsverlies door landgebruik

Voor het plaatsen van infrastructuur is ruimte nodig. Dit ruimtegebruik leidt tot maatschappelijke kosten in de vorm van verlies aan habitat, doorkruising en hinder van natuur, en kan zo negatief uitpakken voor de kwaliteit van natuurgebied en soortenrijkdom. De methodiek voor het beoordelen van het verlies aan ruimtegebruik is opgenomen in paragraaf 2.1.1.

De maatschappelijke kosten (welvaartsverlies) door landgebruik varieert enkel tussen het type infrastructuur (converterstations, aanlandstations en elektrolyzers) en hoeveel van deze infrastructuur er geplaatst wordt. In Moerdijk wordt er gekeken naar zowel de aanlanding van elektrische kabels via converterstations en de plaatsing van elektrolyzers. Aangezien het nog onzeker is hoeveel stations er per regio geplaatst zullen worden, presenteren we in Tabel 4-31 de bandbreedte van het welvaartsverlies door landgebruik van één converterstation en één elektrolyser (verdisconteerd over 40 jaar).

Tabel 4-31 – Welvaartsverlies door biodiversiteitsverlies door landgebruik

	Ruimtegebruik per station	Welvaartsverlies* door biodiversiteitsverlies
Converterstation	5,5 ha	€ 0,13 - 0,24 mln
Elektrolyser	20,0 ha	€ 0,48 - 0,87 mln

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Overige externe effecten

Naast permanente effecten (landgebruik, geluidhinder en hinder door netverzwaring) kan de aanleg van de benodigde infrastructuur voor pVAWOZ ook tijdelijke externe effecten veroorzaken. Deze externe effecten kunnen bijvoorbeeld bestaan uit tijdelijke geluidhinder, (tijdelijke) beperking van economische activiteiten (zoals recreatie) of tijdelijke negatieve effecten op de natuur.

In deze paragraaf geven we met behulp van de gebiedsdoorkruisingen een indicatie van de mogelijke externe effecten als gevolg van de aanleg van routes naar Moerdijk. De mogelijke welvaartseffecten van offshore routes nemen we niet mee in de regio-analyse, aangezien het onduidelijk is of deze externe effecten daadwerkelijk impact hebben op één specifieke regio.

Methodiek en uitgangspunten

Wegens de onzekerheden rondom de aanlegfase en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *een route die langer door gebruikt gebied loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor gebiedsgebruikers, zij het beperkt*. Merk hierbij op dat deze (vanuit maatschappelijk oogpunt, met een langetermijnspectief) 'beperkte impact' op individueel niveau natuurlijk wel (ernstige) hinder kan betekenen. De methodiek voor het bepalen van de externe effecten hebben we opgenomen in paragraaf 2.1.1.

Een belangrijk uitgangspunt voor de tijdelijke externe effecten van de configuraties is dat de onshore routes in één keer aangelegd worden, waardoor er slechts eenmaal externe effecten optreden per route. Voor de offshore routes geldt dat deze juist niet tegelijk worden aangelegd (*dit wordt verder toegelicht in Bijlage C Hoofdstuk 10: Cumulatie*). Daarnaast hebben we varianten van routes in de analyse buiten beschouwing gelaten.

Onshore routes Moerdijk

De gebiedsdoorkruisingen van de onshore routes hebben we weergegeven in Tabel 4-32. Deze gebiedsdoorkruisingen bieden een indicatie van de mogelijke tijdelijke hinder en negatieve effect op natuur als gevolg van de aanleg van de kabels. Verdere toelichting van de externe effecten hebben we opgenomen in de bijlage D.⁶⁴

⁶⁴ De beoordeling van de routes is opgenomen in de plan-MER van Nederwiek 3: IEA - Nederwiek 3.

Tabel 4-32 – Gebiedsdoorkruisingen onshore routes, Moerdijk

Type doorkruising	bandbreedte doorkruising één elektrische verbinding	Impact hogere doorkruising
Bebouwd gebied	0 – 0,5 kilometer	Meer geluidhinder voor omwonenden gedurende de aanlegfase.
Natuurlijk gebied	1,2 – 13,6 kilometer	Meer ecologische effecten zoals habitatverlies, habitatsverstoring en stikstofdepositie, en daarmee mogelijk meer negatieve welvaartseffecten.
Landbouwgebied	2,9 – 44,2 kilometer	Mogelijke (tijdelijke) negatieve effecten zoals de schade aan gewassen en gederfde inkomsten van landbouw door de graaf- en aanlegwerkzaamheden.
Recreatief gebied	0,9 – 1,4 kilometer	Tijdelijke vermindering van belevingswaarde voor recreanten en mogelijk verminderde inkomsten van toeristische of recreatieve ondernemingen.

*In de tabel lichten we enkel de gebiedsdoorkruising toe waarvan we verwachten dat deze een mogelijk welvaartseffect hebben.

Aanleg routes door binnenwateren

Enkele routes richting Moerdijk bestaan uit een kabeltracé door de binnenwateren in Zuid-Holland. De aanleg van deze kabels leidt mogelijk tot stremming van lokaal scheepvaartverkeer en/of recreatie wanneer er geen mitigerende maatregelen worden getroffen. Dit leidt mogelijk tot (beperkt) welvaartsverlies.

4.4.6 Belangrijkste bevindingen

- De bouw en aanleg van elektrische routes en elektrolyzers brengen **grote investeringen** met zich mee (ordegrootte enkele miljarden euro's per route of elektrolyser). Daarnaast kunnen extra aanlandingen ook impact hebben op het net op land, waardoor er – wanneer dat mogelijk is – additionele netinvesteringen gedaan moeten worden.⁶⁵
- Voor deze investeringen in de regio Moerdijk verwachten we dat de (directe) **inzet van leveranciers uit de provincie** Noord-Brabant bij *elektrolyzers* en de onshore gedeeltes van de *elektrische routes* het hoogst is. Dit betreffen voor een groot deel civiele werkzaamheden, maar ook werknemers voor elektrolyzers (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, etc.) en overige diensten (zoals engineering, inkoop en vergunningen). De aanleg van en onderhoud aan *offshore routes* leidt naar verwachting tot beperkte directe economische effecten in Noord-Brabant. Hiervoor is het aannemelijk dat specialistische leveranciers (kabelleveranciers, waterbouwbedrijven) worden ingezet die zich niet in Noord-Brabant bevinden.
- Daarnaast ontstaan er in de provincie substantiële **indirecte bruto economische effecten** bij toeleveranciers van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Denk hierbij aan bestedingen bij toeleverende diensten zoals lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening (financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). Tabel 4-33 geeft een overzicht van de economische effecten. Elektrolyzers hebben het grootste effect (eenmalig ruim € 500 miljoen en jaarlijks bijna € 50 miljoen). Merk op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's beperkte directe en/of indirecte economische effecten in Noord-Brabant zullen ontstaan. Ten slotte is het goed te vermelden dat investeringen die bij buitenlandse partijen terechtkomen ook indirecte effecten kunnen hebben voor de provincie (buitenlandse partijen

⁶⁵ Merk op dat aanlandingen niet uitsluitend tot extra netimpact op land leiden, maar in sommige gevallen ook netinvesteringen kunnen besparen.

die lokale partijen inschakelen). Deze effecten hebben we in onze methodiek niet kunnen meenemen, waardoor het economische effect voor de provincie in werkelijkheid groter kan zijn (bijvoorbeeld bij investeringen in offshore routes, die grotendeels bij buitenlandse partijen terechtkomen).

Tabel 4-33 Directe en indirecte bruto economische effecten in Noord-Brabant, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Moerdijk

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	28	5,0	0	0
Onshore elektrische route	90	3,4	250	10
Elektrolyser	594	63	1.300	120

Bron: CE Delft en NEO Observatory

- Er zijn verschillende factoren die impact kunnen hebben op het **regionale vestigingsklimaat** in Noord-Brabant. Zo kunnen er kansen ontstaan voor grootschalige afname door overschotten op het elektriciteitsnet (wat mogelijk ook weer andere bedrijvigheid of nevendiensten aantrekt). Een groot deel van de aangelande elektriciteit zal echter ook doorgevoerd worden naar elders in het land. Binnen de regio Moerdijk-Geertruidenberg geldt dat er met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 al voldoende aanbod is om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen. Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen. Verder kunnen in de aanlandingsregio eenmalige aansluitkosten op het net lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen. In algemene zin leidt wind op zee voor *heel Nederland* echter tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt).
- De investeringen in de infrastructuur hebben ook **impact op mens en natuur**. Mogelijke netverzwaringen die nodig zijn bij extra aanlandingen zullen de grootste impact hebben op omwonenden in de vorm van visuele hinder. Ook kan er geluidhinder ontstaan voor omwonenden, met name bij converterstations. De mate van overlast verschilt tussen en binnen de zoekgebieden, maar zal in welvaartermen hoe dan ook kleiner zijn dan de visuele hinder. Tevens zal er door landgebruik biodiversiteitsverlies optreden: zowel in absolute als relatieve zin gaat het om bescheiden welvaartseffecten.

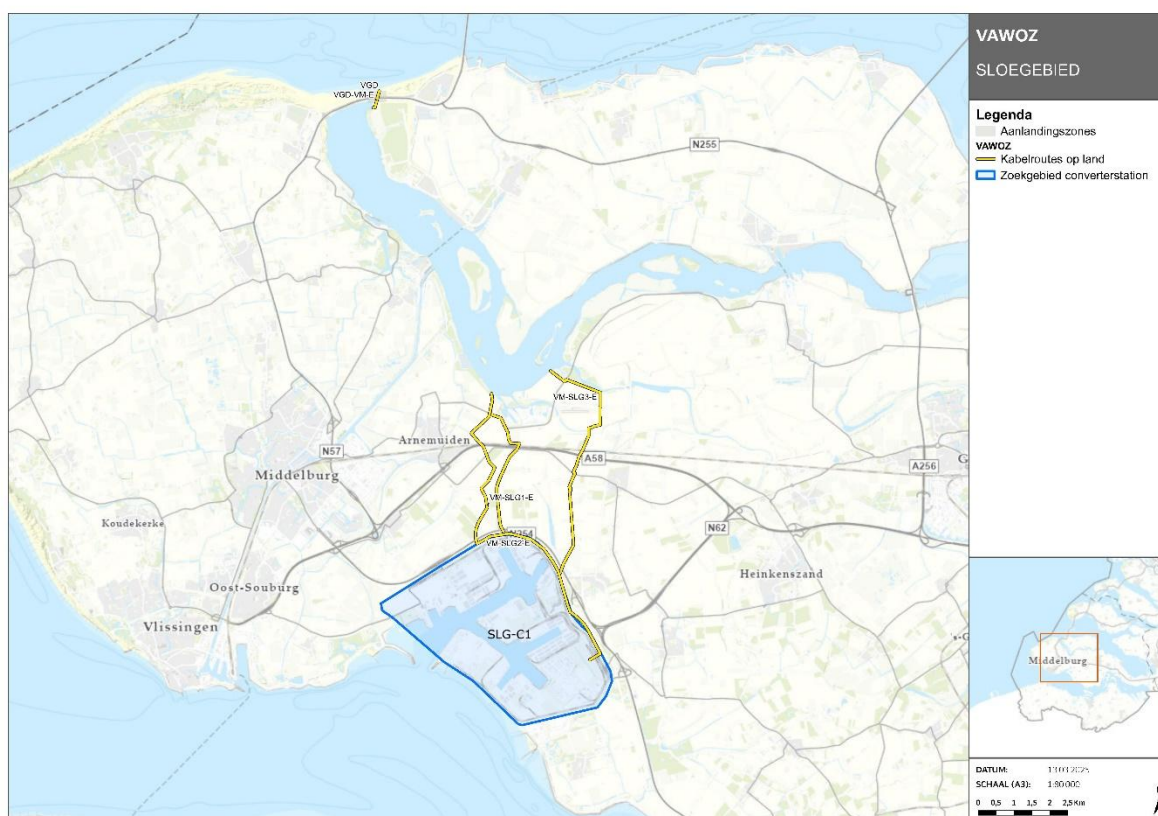
4.5 Zeeland

In deze paragraaf bespreken we achtereenvolgens de volgende onderwerpen:

- de mogelijke **routes en zoekgebieden** naar/in Zeeland;
- de omvang van de **investeringen in de infrastructuur** in Zeeland (onderdeel van de *directe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.2);
- de **regionale spin-off (economische effecten)** als gevolg van deze investeringen;
- de **impact op het regionale vestigingsklimaat** (onderdeel van de *indirecte effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.3);
- de **maatschappelijke kosten** door geluidhinder, visuele hinder en biodiversiteitsverlies door landgebruik (onderdeel van de *externe effecten* in de beoordeling nationale welvaart in Hoofdstuk 3.4);
- de **belangrijkste bevindingen** voor Zeeland.

4.5.1 Routes en zoekgebieden

In de analyse voor Zeeland hebben we gekeken naar de mogelijke elektrische routes naar/in Zeeland en de converterstations en elektrolyzers binnen de zoekgebieden zoals gepresenteerd in Figuur 4-9 en Figuur 4-10. Bijlage C.4 geeft een overzicht van de lengtes van de routes.



Figuur 4-9 Overzicht routes en zoekgebieden Sloegebied

Waterstofroutes

Binnen pVAWOZ worden er geen waterstofroutes naar Zeeland beoordeeld.

Onshore elektrolyse

Waterstofproductie met behulp van elektrolyse kan ingezet worden als flexibiliteitsbron, waarmee vraag en aanbod van elektriciteit gebalanceerd kunnen worden. Afhankelijk van de uiteindelijke configuratie van aanlandingen zal er meer of minder elektrolyse in de regio Zeeland gerealiseerd moeten worden. Ter illustratie: als we de aanlandconfiguraties in Hoofdstuk 3 als uitgangspunt nemen, zal er **1,8 tot 3 GW** aan elektrolyse nodig zijn. De totale investeringskosten hiervoor bedragen respectievelijk gemiddeld **5.100 tot 8.400 miljoen euro**. De gemiddelde jaarlijkse operationele kosten bedragen respectievelijk **1.400 tot 2.350 miljoen euro**. Tegenover de directe kosten staan ook (jaarlijkse) opbrengsten voor het verwaarden van waterstofproductie; deze opbrengsten hebben we in onze analyse niet gekwantificeerd.

Ingrepen op land

Er zijn naar verwachting ook ingrepen aan het elektriciteitsnet op land nodig om elektriciteit naar vraag elders in het land te transporteren. Dit wordt verder toegelicht in deelrapport *Systeemintegratie*. De kosten hiervan worden meegenomen in de nationale welvaartsanalyses (hoofdstuk 3).

4.5.3 Regionale spin-off: economische effecten

In deze paragraaf beschrijven we de mogelijke regionale economische effecten van de elektrische routes en (onshore) elektrolyse. We bespreken de volgende twee onderdelen:

- **Directe investeringen** voor Zeeland die volgen uit de bouw/aanleg (dit zijn eenmalige of tijdelijke economische effecten) en de operationele fase (de structurele of jaarlijkse effecten); welk aandeel van de investeringen landt in Zeeland zelf en welk aandeel 'lekt weg' naar elders in Nederland of het buitenland?
- **Indirecte economische effecten** die voortvloeien uit de bouw en exploitatie van de infrastructuur; welke toeleveranciers in de regio profiteren hiervan? Tabel 4-34 geeft inzicht in de resultaten op hoofdlijnen.

In paragraaf 2.2 hebben we de methode voor het bepalen van de effecten uitgebreid toegelicht.

Tabel 4-34 Directe en indirecte bruto economische effecten in Zeeland, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Zeeland

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	8	0,4	0	0
Onshore elektrische route	146 - 163	6,6 - 7,2	420 - 750	20 - 30
Elektrolyser	599 - 666	43	1.300 - 2.200	100 - 140

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Wat zegt deze analyse niet?

- Deze analyse biedt **geen inzicht in mogelijke voorwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *afnemers* van goederen en diensten, zoals bedrijven die (duurzame) elektriciteit of groene waterstof afnemen en daarmee sneller kunnen verduurzamen of waarde kunnen toevoegen. In welke mate toekomstige bedrijven zullen kiezen voor Zeeland op basis van deze voordelen is geen onderdeel van deze analyse (dit behandelen we in een separate analyse in paragraaf 4.5.4).

- De gepresenteerde uitkomsten zijn **geen netto, maar bruto effecten van toegevoegde waarde en werkgelegenheid**. Andere investeringen die zouden kunnen concurreren om mensen en middelen laten we buiten beschouwing. Door concurrentie op de arbeidsmarkt kan de vraag naar arbeid als gevolg van de provinciale investering bijvoorbeeld leiden tot verdringing op de arbeidsmarkt (baancreatie op de ene plek leidt tot baanverlies op de andere plek).

Wat zegt deze analyse wel?

- Deze analyse biedt **inzicht in mogelijke achterwaartse indirecte effecten**. Dit zijn economische effecten die ontstaan bij *toeleveranciers* van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Hierbij kan men aan allerlei typen lokale ondernemers denken die profiteren: van de lokale broodjeszaak die meer klandizie heeft doordat bouwvakkers daar hun lunch halen tot tankstations, financiële en zakelijke dienstverleners en de regionale leverancier van bouwmaterialen. Elke besteedde euro leidt tot x euro aan bestedingen elders in de regio (voorbeeld: bij een x van 0,40 leidt elke besteedde € 1 elders in de regio tot € 0,40 aan bestedingen bij toeleveranciers).
- Deze analyse biedt **inzicht in het verwachte aandeel van de directe investeringen dat werkelijk in de regio zelf belandt en mogelijke weglekeffecten naar andere regio's**. Dit draagt bij aan het creëren van realistische verwachtingen ten aanzien van de mate waarin de regio economisch gezien kan profiteren van investeringen in de energie-infrastructuur.

Directe investeringen

Voor Zeeland verwachten we dat met name elektrolyzers en onshore elektrische routes voor directe investeringen in de provincie zorgen. Voor de bouw-/aanlegfase betreft dit voor het grootste deel civiele werkzaamheden (en in beperkte mate diensten zoals engineering, inkoop en vergunningen). Voor de operationele fase gaat dit om zowel civiele werkzaamheden (bij onshore routes) als werknemers voor de elektrolyser (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, inkoop, etc.).

TenneT werkt voor de aanleg en het onderhoud van hun netwerken doorgaans met raamwerkcontracten. In de huidige raamwerkcontracten zitten geen partijen van wie het hoofdkantoor in de provincie Zeeland staat. Raamwerkpartijen zullen echter wel vestigingen/dochterondernemingen of andere onderaannemers in de provincie inschakelen. Daarom hebben we de ene helft van de structurele investering toegerekend aan de locatie van het hoofdkantoor en de andere helft aan de regio waar de route wordt aangelegd.

De aanleg van en onderhoud aan offshore routes leiden naar verwachting niet tot *directe* economische effecten in Zeeland. Hiervoor zullen specialistische leveranciers (kabelleveranciers, waterbouwbedrijven) worden ingezet die zich niet binnen Zeeland bevinden en waarschijnlijk ook in beperkte mate lokale (dochter)ondernemingen inschakelen voor deze werkzaamheden. Voor de aanleg van offshore elektrische routes worden naar verwachting vooral buitenlandse partijen ingeschakeld.

Tabel 4-35 – Investerings in Zeeland vanuit bouw/aanleg en operationele fase, investeringen per type route en elektrolyser naar/in regio Zeeland

	Directe investering (eenmalig)			Directe investering (jaarlijks)		
	Gem. totale investering (CAPEX)	Geschat aandeel in Zeeland (% van CAPEX)	Gem. bedrag in Zeeland (in mln. €)	Gem. totale jaarlijkse kosten (OPEX)	Geschat aandeel in Zeeland (% van OPEX)	Gem. bedrag in Zeeland (in mln. €)
Offshore elektrische route	4.589	0%	0	92	0%	0
Onshore elektrische route	486	22%	108	10	50%	5
Elektrolyzers	2.840	15%	440	525	6%	32

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Directe en indirecte economische effecten

Eenmalige effecten

De bouw van een elektrolyser zorgt in absolute zin voor de grootste eenmalige bruto indirecte effecten in Zeeland (meer dan € 600 miljoen en 1.300 tot 2.200 FTE aan vraag naar arbeid). Ook bij de bouw/aanleg van een onshore elektrische route ontstaan substantiële economische- en werkgelegenheidseffecten (zo'n € 150 miljoen en tot 420 tot 750 FTE).

De *multipliers* in Tabel 4-36 zijn de multipliers voor Zeeland: oftewel, elke geïnvesteerde euro in Zeeland leidt tot x euro aan bestedingen bij toeleverende diensten (denk aan lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening – financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). De gepresenteerde multipliers zijn afhankelijk van de COROP-regio waarin de investering plaatsvindt. De routes en zoekgebieden vallen binnen de COROP-regio's Zeeuws-Vlaanderen (Terneuzen) en 'Overig Zeeland' (Slogebied); dit zijn dus de regio's waarvoor we de investering hebben doorgerekend.

De multipliers voor investeringen in onshore elektrische routes verschillen afhankelijk van waar de route wordt aangelegd. Voor de elektrische routes zien we dat een investering in het Slogebied de hoogste multiplier kent (1,51) en in de buurt van Terneuzen de laagste (1,35); zowel wat betreft economisch- als werkgelegenheidseffect. De investering betreft civiele werkzaamheden (aanleg van kabels, bouw van converterstations), wat suggereert dat dat bouwbedrijven in de regio 'Overig Zeeland' meer bestedingen doen binnen de provincie Zeeland dan aannemers in Zeeuws-Vlaanderen. Een verklaring hiervoor kan zijn dat bedrijven in Zeeuws-Vlaanderen meer samenwerkingsverbanden hebben met Belgische partijen, waardoor een grote deel van het economische effect 'weglekt' uit de provincie Zeeland.

Ook voor elektrolyzers hangt de regionale spin-off af van de locatie waar de elektrolyser wordt gebouwd; verschillende diensten (engineering, inkoop, vergunningen) en de civiele werkzaamheden worden naar verwachting (deels) lokaal uitgevoerd. Een investering in een elektrolyser in het Slogebied heeft eveneens de hoogste multiplier en daarmee het meest positieve voor de provincie.

Tabel 4-36 Eenmalige bruto economische effecten in Zeeland, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Zeeland

	Directe investering in Zeeland (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Zeeland		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	8	0	-
Onshore elektrische route	108	146 - 163	420 - 750	1,35 - 1,51
Elektrolyser	440	599 - 666	1.300 – 2.200	1,36 - 1,51

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Jaarlijkse effecten

De exploitatie van een elektrolyser zorgt voor de grootste jaarlijkse bruto indirecte effecten (zie Tabel 4-37). Het totale economische effect per jaar bedraagt meer dan € 40 miljoen, waarbij een arbeidsvraag van 100 tot 140 FTE ontstaat. De onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan elektrische routes zorgen voor een jaarlijks economisch effect van rond de € 7 miljoen in Zeeland en een klein werkgelegenheidseffect (20 tot 30 FTE).

Voor onshore elektrische routes is voor onderhoudswerkzaamheden – in lijn met de analyse van de eenmalige effecten vanuit de investering – de multiplier het hoogst in het Sloegebied. Verschillende locaties van elektrolyzers zorgen in de operationele fase voor zeer vergelijkbare economische effecten; alleen het werkgelegenheidseffect voor de provincie is iets hoger bij een investering in het Sloegebied. Het verschil in het totaal aantal werkzame personen per gelijke investering ontstaat door verschillen in kapitaal/arbeidsintensiteit per regio.

Tabel 4-37 Jaarlijkse bruto economische effecten in Zeeland, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Zeeland

	Directe investering in Zeeland (mln. €)	Direct + indirect economisch effect van investering in Zeeland		Multiplier
		Economisch effect (mln. €)	Werkgelegenheid (FTE)	
Offshore elektrische route	0	0,4	0	-
Onshore elektrische route	4,9	6,6 - 7,2	20 - 30	1,34 - 1,50
Elektrolyser	32	43	100 - 140	1,34

Bron: CE Delft en NEO Observatory

4.5.4 Impact op regionaal vestigingsklimaat

Er zijn verschillende factoren die (in potentie) invloed kunnen hebben op het regionale vestigingsklimaat in Zeeland. Hieronder bespreken we factoren die (in meer of minder mate) een rol spelen:

- **Grootschalige elektriciteitsafname.** Aanlanding van wind op zee biedt kansen voor realisatie van nieuwe grootschalige afname, zonder dat het netwerk hier fors verzaamd voor dient te worden. Dit komt doordat er in de aanlandregio's forse overschotten aan elektriciteit zullen zijn, en het netwerk hierop aangepast wordt. Dit kan een voordeel zijn voor het lokale vestigingsklimaat, aangezien bedrijven in deze regio's zich sneller kunnen vestigen, terwijl momenteel in veel andere gebieden waar geen aanlanding plaatsvindt problemen met netcongestie (kunnen blijven) spelen. Voorwaarde is – gezien de aansluitkosten op het net – dan wel dat de bedrijven zich nabij de aansluitlocaties van wind op zee vestigen.

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 – Definitief

- **Regionale netcongestie.** Wat betreft netcongestie geldt dat er met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 al voldoende aanbod is om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen – de additionele aangelande windenergie zal deels worden doorgevoerd naar elders in het land.⁶⁶ Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen.
- **Energie- en netkosten.** In algemene zin leidt wind op zee tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten voor *heel Nederland*. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt). In de aanlandingsregio kunnen eenmalige aansluitkosten op het net wel lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen.
- **Duurzaam imago regio.** Aanlanding van en toegang tot duurzame energie in de regio kan bijdragen aan het duurzame imago en daarmee het vestigingsklimaat van de regio; dit geldt in principe generiek voor alle potentiële aanlandregio's. Dit effect is sterker als bijvoorbeeld de beschikbaarheid van groene elektronen (groene stroom) of groene moleculen (groene waterstof) voor sommige industriële bedrijfsprocessen een cruciale driver is voor vergroening (bijvoorbeeld omdat andere opties niet beschikbaar zijn). Alhoewel dit een effect is dat moeilijk te meten is, kan een regio hierop inspelen door deze randvoorwaarden goed in te vullen en zich hierop te profileren. Verder kunnen elektrolyzers – mits onder de juiste marktomstandigheden voor groene waterstof – in algemene zin positieve effecten hebben en de aantrekkelijkheid van de regio's voor (potentiële) afnemers van waterstof verhogen.

4.5.5 Maatschappelijke kosten

De ruimtelijke impact van energie-infrastructuur kan leiden tot een verstoring van landschap en natuurgebieden en hinder voor omwonenden en recreanten. In deze paragraaf bespreken we de maatschappelijke kosten die gepaard gaan met de realisatie van de infrastructuur in Zeeland. We bespreken achtereenvolgens:

- Hinder voor omwonenden door netuitbreiding;
- Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers;
- Biodiversiteitsverlies door landgebruik;
- Overige externe effecten.

Hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Door extra aanlandingen vanuit pVAWOZ zal het op verschillende plekken nodig zijn het (bovengrondse) hoogspanningsnet te verzwaren. Dit heeft impact op mens en natuur. Waar netverzwaring exact nodig is en hoe deze routes zouden lopen, is echter nog niet bekend. Voor de provincie Zeeland illustreren we in onderstaand tekstkader daarom het mogelijke effect van netuitbreiding op omwonenden aan de hand van een voorbeeld. Merk verder op dat onshore kabels (als onderdeel van de aanlandroutes) ondergronds worden aangelegd en daarmee – in vergelijking met bovengrondse netverzwaringen – relatief weinig hinder veroorzaken.

⁶⁶ Daarbij komt dat - zonder de juiste configuratie van het energiesysteem - extra aanlanding de huidige problemen rond invoedingscongestie mogelijk juist (tijdelijk) kan versterken; grootschalige elektrolyse of opslag in de regio kunnen hier bijvoorbeeld bij helpen.

Illustratie hinder voor omwonenden door netuitbreiding

Voor het effect van bovengrondse hoogspanningstracés op omwonenden kijken we naar het woningwaardeverlies binnen verschillende afstanden (tot 300 meter) van de hoogspanningsmasten: hoe dichterbij het hoogspanningstracé, hoe hoger de waardedaling van een woning. In termen van welvaartseffecten kan deze waardedaling als een afspiegeling gezien worden van het werkelijke welvaartsverlies voor omwonenden. In paragraaf 2.1.3 gaan we uitgebreid in op de methodiek.

Stel dat er een nieuw hoogspanningstracé gebouwd moet worden van 40 km. Over het gehele tracé bevinden zich 1.000 tot 2.000 woningen binnen een afstand van 300 meter. Als we dan uitgaan gemiddelde woningwaarde van €400.000 en rekening houden met de verschillende waardedalingen (bijvoorbeeld 20% binnen 40 meter, 6% binnen 100 meter, etc.), kunnen we bijvoorbeeld uitkomen op een totaal welvaartsverlies (totale waardedaling van woningen) van: € 15 miljoen tot € 80 miljoen.

Geluidhinder voor omwonenden door stations en elektrolyzers

Het plaatsen van een converterstation, elektrolyser of aanlandstation kan leiden tot (permanente) geluidhinder voor omwonenden. Deze geluidhinder kunnen we vertalen naar welvaartsverlies voor omwonenden, de ervaren overlast en gezondheidsschade in euro's (zie methodiek in paragraaf 2.1.1). Voor elk type infrastructuur zijn er verschillende zoekgebieden waarbinnen de stations en elektrolyzers mogelijk geplaatst kunnen worden. Aan de hand van deze zoekgebieden hebben we voor elk type infrastructuur het gemiddelde welvaartsverlies bepaald (de zoekgebieden waarin we de meeste geluidhinder verwachten). De belangrijkste bevindingen voor Zeeland staan in Tabel 4-38.

Tabel 4-38 – Welvaartsverlies door geluidhinder voor omwonenden o.b.v. zoekgebieden Zeeland

	Gemiddelde welvaartsverlies* door geluidhinder	Zoekgebieden met hoogste welvaartsverlies door geluidhinder
Converterstation	€0,1 mln	TNZ-C4 en SLG-C2
Elektrolyser	€0,1 mln	SLG-E2

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Biodiversiteitsverlies door landgebruik

Voor het plaatsen van infrastructuur is ruimte nodig. Dit ruimtegebruik leidt tot maatschappelijke kosten in de vorm van verlies aan habitat, doorkruising en hinder van natuur, en kan zo negatief uitpakken voor de kwaliteit van natuurgebied en soortenrijkdom. De methodiek voor het beoordelen van het verlies aan ruimtegebruik is opgenomen in paragraaf 2.1.1.

De maatschappelijke kosten (welvaartsverlies) door landgebruik varieert enkel tussen het type infrastructuur (converterstations, aanlandstations en elektrolyzers) en hoeveel van deze infrastructuur er geplaatst wordt. In de regio Zeeland wordt er gekeken naar zowel de aanlanding van elektrische kabels via converterstations en de plaatsing van elektrolyzers. Aangezien het nog onzeker is hoeveel stations er per regio geplaatst zullen worden, presenteren we in Tabel 4-39 de bandbreedte van het welvaartsverlies door landgebruik van één converterstation en één elektrolyser (verdisconteerd over 40 jaar).

Tabel 4-39 – Welvaartsverlies door biodiversiteitsverlies door landgebruik

	Ruimtegebruik per station	Welvaartsverlies* door biodiversiteitsverlies
Converterstation	5,5 ha	€ 0,13 - 0,24 mln
Elektrolyser	20,0 ha	€ 0,48 - 0,87 mln

* welvaartsverlies per station/elektrolyser; bedragen verdisconteerd over 40 jaar

Overige externe effecten

Naast permanente effecten (landgebruik, geluidhinder en hinder door netverzwaring) kan de aanleg van de benodigde infrastructuur voor pVAWOZ ook tijdelijke externe effecten veroorzaken. Deze externe effecten kunnen bijvoorbeeld bestaan uit tijdelijke geluidhinder, (tijdelijke) beperking van economische activiteiten (zoals recreatie) of tijdelijke negatieve effecten op de natuur.

In deze paragraaf geven we met behulp van de gebiedsdoorkruisingen een indicatie van de mogelijke externe effecten als gevolg van de aanleg van routes in Zeeland. De mogelijke welvaartseffecten van offshore routes nemen we niet mee in de regio-analyse, aangezien het onduidelijk is of deze externe effecten daadwerkelijk impact hebben op één specifieke regio.⁶⁷

Methodiek en uitgangspunten

Wegens de onzekerheden rondom de aanlegfase en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *een route die langer door een gebied loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor gebiedsgebruikers, zij het beperkt*. Merk hierbij op dat deze (vanuit maatschappelijk oogpunt, met een langetermijnperspectief) 'beperkte impact' op individueel niveau natuurlijk wel (ernstige) hinder kan betekenen. De methodiek voor het bepalen van de externe effecten hebben we opgenomen in paragraaf 2.1.1.

Een belangrijk uitgangspunt voor de tijdelijke externe effecten van de configuraties is dat de onshore routes in één keer aangelegd worden, waardoor er slechts eenmaal externe effecten optreden per route. Voor de offshore routes geldt dat deze juist niet tegelijk worden aangelegd (*dit wordt verder toegelicht in Bijlage C Hoofdstuk 10: Cumulatie*). Daarnaast hebben we varianten van routes in de analyse buiten beschouwing gelaten.

Onshore routes Zeeland

De gebiedsdoorkruisingen van de onshore routes hebben we weergegeven in Tabel 4-40. Deze gebiedsdoorkruisingen bieden een indicatie van de mogelijke tijdelijke hinder en negatieve effect op natuur als gevolg van de aanleg van de kabels. Verdere toelichting van de externe effecten hebben we opgenomen in de bijlage D.⁶⁸

⁶⁷ De beoordeling van het ruimtegebruik op zee is opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 8: ruimtegebruik op zee en grote wateren. De beoordeling van natuur op zee is opgenomen in Hoofdstuk 4 van de plan-MER: Natuur op zee en grotere wateren.

⁶⁸ De beoordeling van het ruimtegebruik op land is opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 9: land- en ruimtegebruik op land. Daarnaast is de beoordeling van natuur op land opgenomen in de plan-MER hoofdstuk 5: Natuur op land.

Tabel 4-40 – Gebiedsdoorkruisingen onshore routes, Zeeland

Type doorkruising	bandbreedte doorkruising één elektrische verbinding	Impact hogere doorkruising
Bebouwd gebied	0,1 – 1,3 kilometer	Meer geluidhinder voor omwonenden gedurende de aanlegfase.
Natuurlijk gebied	0,1 – 5,6 kilometer	Meer ecologische effecten zoals habitatverlies, habitatsverstoring en stikstofdepositie, en daarmee mogelijk meer negatieve welvaartseffecten.
Landbouwgebied	7,5 – 26,4 kilometer	Mogelijke (tijdelijke) negatieve effecten zoals de schade aan gewassen en gederfde inkomsten van landbouw door de graaf- en aanlegwerkzaamheden.
Recreatief gebied	0 – 2,9 kilometer	Tijdelijke vermindering van belevingswaarde voor recreanten en mogelijk verminderde inkomsten van toeristische of recreatieve ondernemingen.

*In de tabel lichten we enkel de gebiedsdoorkruising toe waarvan we verwachten dat deze een mogelijk welvaartseffect hebben.

Veerse Meer en Westerschelde

Enkele routes richting Zeeland doorkruisen het Veerse meer. De aanleg van kabels en/of leidingen kan in dit gebied leiden tot hinder voor recreanten en toerisme, aangezien er wegens de smalle doorgang geen uitwijkmogelijkheden zijn. Daarnaast is er mogelijk tijdelijke hinder voor beroepsvissers bij zowel de aanleg van routes door het Veerse Meer als door de Westerschelde. Beide effecten leiden mogelijk tot (beperkt) welvaartsverlies.

4.5.6 Belangrijkste bevindingen

- De bouw en aanleg van elektrische routes en elektrolyzers brengen **grote investeringen** met zich mee. Per offshore route en elektrolyser gaat dit om (ordegrootte) enkele miljarden euro's en voor de onshore gedeeltes om enkele honderden miljoenen. Daarnaast kunnen extra aanlandingen ook impact hebben op het net op land, waardoor er – wanneer dat mogelijk is – additionele netinvesteringen gedaan moeten worden.⁶⁹
- Voor deze investeringen in Zeeland verwachten we dat de (directe) **inzet van leveranciers uit de provincie** bij *elektrolyzers* en *onshore elektrische routes* het hoogst is. Dit betreffen voor een groot deel civiele werkzaamheden, maar ook werknemers voor elektrolyzers (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, etc.) en overige diensten (zoals engineering, inkoop en vergunningen). De aanleg van en onderhoud aan *offshore routes* leidt naar verwachting tot beperkte *directe* economische effecten in Zeeland. Hiervoor is het aannemelijk dat specialistische leveranciers (kabelleveranciers, waterbouwbedrijven) worden ingezet die zich niet in Zeeland bevinden.
- Daarnaast ontstaan er in de provincie substantiële **indirecte bruto economische effecten** bij toeleveranciers van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Denk hierbij aan bestedingen bij toeleverende diensten zoals lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening (financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). Tabel 4-41 geeft een overzicht van de economische effecten. Elektrolyzers hebben het grootste effect (eenmalig meer dan € 600 miljoen en jaarlijks ruim € 40 miljoen), maar ook onshore elektrische routes zorgen voor een substantiële regionale spin-off (eenmalig zo'n € 150 miljoen en jaarlijks ongeveer € 7 miljoen). Bij de investeringen zien we dat bij een gelijke besteding in de regio Terneuzen en het Sloegebied, een investering in het Sloegebied voor de hoogste regionale spin-off zorgt (minste weglek). Merk op dat er ook bij routes en elektrolyzers naar/in andere aanlandregio's (zeer)

⁶⁹ Merk op dat aanlandingen niet uitsluitend tot extra netimpact op land leiden, maar in sommige gevallen ook netinvesteringen kunnen besparen.

bepaalde directe en/of indirecte economische effecten in Zeeland zullen ontstaan. Ten slotte is het goed te vermelden dat investeringen die bij buitenlandse partijen terechtkomen ook indirecte effecten kunnen hebben voor de provincie (buitenlandse partijen die lokale partijen inschakelen). Deze effecten hebben we in onze methodiek niet kunnen meenemen, waardoor het economische effect voor de provincie in werkelijkheid groter kan zijn (bijvoorbeeld bij investeringen in offshore routes, die grotendeels bij buitenlandse partijen terechtkomen).

Tabel 4-41 Directe en indirecte bruto economische effecten in Zeeland, effecten per type route en elektrolyser naar/in regio Zeeland

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	8	0,4	0	0
Onshore elektrische route	146 - 163	6,6 – 7,2	420 - 750	20 - 30
Elektrolyser	599 - 666	43	1.300 – 2.200	100 - 140

Bron: CE Delft en NEO Observatory

- Er zijn verschillende factoren die impact kunnen hebben op het **regionale vestigingsklimaat** in Zeeland. Zo kunnen er kansen ontstaan voor grootschalige afname door overschotten op het elektriciteitsnet (wat mogelijk ook weer andere bedrijvigheid of nevendiensten aantrekt). Een groot deel van de aangelande elektriciteit zal echter ook doorgevoerd worden naar elders in het land. Met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 is in Zeeland immers al voldoende aanbod om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag in 2040 te voldoen. Op de korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio daarom niet per se nieuwe kansen. Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de regio echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen. Verder kunnen in de aanlandingsregio eenmalige aansluitkosten op het net lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen. In algemene zin leidt wind op zee voor *heel Nederland* echter tot hogere netkosten (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), maar lagere energiekosten. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt).
- De investeringen in de infrastructuur hebben ook **impact op mens en natuur**. Mogelijke netverzwaringen die nodig zijn bij extra aanlandingen zullen de grootste impact hebben op omwonenden in de vorm van visuele hinder. Ook kan er geluidhinder ontstaan voor omwonenden, met name bij converterstations. De mate van overlast verschilt tussen en binnen de zoekgebieden, maar zal in welvaartermen hoe dan ook kleiner zijn dan de visuele hinder. Tevens zal er door landgebruik biodiversiteitsverlies optreden: zowel in absolute als relatieve zin gaat het om bescheiden welvaartseffecten.

5 Conclusies

5.1 Landelijk beeld

Tabel 5-1 geeft een overzicht van de resultaten van de analyse van nationale welvaart voor de aanlandconfiguraties. We kijken hier specifiek naar een deel van de totale kosten en baten van het energiesysteem, namelijk die van de routes en onshore elektrolyse. Hiermee kan men een afweging maken tussen locaties voor aanlanding (het doel van pVAWOZ), maar bijvoorbeeld niet tussen de verhouding aanlanding van elektriciteit en waterstof. Het uitgangspunt van de analyses is realisatie van de onderzoeksopgave van pVAWOZ: 50 GW wind op zee waarvan 41 GW elektrische aanlanding en 9 GW offshore elektrolyse.

Tabel 5-1 Resultaten welvaartsverkenning aanlandconfiguraties 29 GW wind op zee, bedragen in mln. € en verdisconteerd over een looptijd van 40 jaar

Regio	Ruimtelijke optimalisatie	Energiecorridors	Geen aanlanding Kop van Noord-Holland	Geen diepe aanlanding	Spreiding zonder Eemshaven
Directe effecten					
Elektrische routes					
Eemshaven	-8.400	-28.700	-22.800	-16.900	0
Kop van Noord-Holland	-11.800	-17.600	0	-11.800	-5.900
Noordzeekanaalgebied	-4.300	0	-10.100	-10.100	-4.300
Rotterdam	-6.300	0	-6.300	-12.600	-18.900
Zeeland	-6.800	0	0	-6.800	-13.600
Moerdijk	-12.300	0	-6.200	-6.200	-6.200
Tilburg	0	0	-7.400	0	0
Limburg	-20.200	-30.300	-20.200	0	-20.200
Subtotaal	-70.100	-76.600	-73.000	-64.400	-69.100
Netimpact land ^{ab}					
Redispatch ^c	Δ 0	Δ -29.900	Δ -12.000	Δ -21.100	Δ -5.100
Netverzwaring ^d	Δ -1.300	Δ -1.900	Δ -1.200	Δ -2.600	Δ 0
Subtotaal	-1.300	-31.800	-13.200	-23.700	-5.100
Waterstofroutes	-8.250	-8.250	-8.250	-8.250	-8.250
Totaal directe effecten	-79.650	-116.650	-94.450	-96.350	-82.450
Indirecte effecten					
Directe werkgelegenheid	190	190	190	190	190
Vestigingsklimaat	Kwalitatief	Kwalitatief	Kwalitatief	Kwalitatief	Kwalitatief
Externe effecten					
Geluidhinder	-5	-10	-5	-5	-10
Landgebruik	-10	-10	-10	-10	-10
Tijdelijke externe effecten ^e	Kwalitatief	Kwalitatief	Kwalitatief	Kwalitatief	Kwalitatief
Hinder door netverzwaring	-1.050	-1.200	-1.050	-1.300	-850
Totaal externe effecten	-1.065	-1.200	-1.065	-1.315	-870
Totaal^f	-80.525 +/- PM	-117.660 +/- PM	-95.325 +/- PM	-97.475 +/- PM	-83.130 +/- PM

^a De directe kosten voor netimpact op land hebben we gepresenteerd als delta's (aangegeven met een Δ), waarbij we de kosten voor de configuratie met de laagste kosten gelijk hebben gesteld aan 0. Hiervoor hebben we gekozen omdat het niet mogelijk is exact te bepalen welk deel van de benodigde redispatch is toe te schrijven aan de aanlandingen vanuit pVAWOZ.

^b Uitbreiding van bestaande en aanleg van nieuwe 380kV-stations is hierbij niet meegenomen. Er is op de bestaande en geplande stations namelijk in principe voldoende capaciteit om de benodigde elektrische aanlandingen aan te sluiten. Daarom is dit niet meegenomen.

^c De inschatting voor de redispatchkosten is opgebouwd uit: *huidige* redispatchkosten (à € 200/MWh) + de *externe kosten* voor CO₂-uitstoot door de inzet van aardgas in regelbare elektriciteitscentrales + de directe meerkosten voor de inzet van groene waterstof in regelbare elektriciteitscentrales (wanneer deze niet meer op aardgas draaien). De weergegeven waarden zijn delta's; de referentiewaarde (Δ 0) is € -42,5 miljard, maar dit is niet volledig toe te schrijven aan pVAWOZ (zie Figuur 3-1 voor de totale redispatchkosten).

^d In de analyse hebben we – in overleg met TenneT – aangenomen dat de extra netverzwaringen op land die nodig zijn door de aanlandingen de eerste 10 jaar nog niet gerealiseerd kunnen worden. In die periode zal op grote schaal redispatch moeten worden toegepast (voor meer toelichting zie paragraaf 2.1.1). Deelrapport Systeemintegratie gaat dieper in op de knelpunten waar

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 – Definitief

netverzwaringen nodig zijn. De weergegeven waarden zijn delta's; de referentiewaarde ($\Delta 0$) is € -4,4 miljard, maar dit is niet volledig toe te schrijven aan pVAWOZ (zie Figuur 3-1 voor de totale netverzwaringkosten).

^e De tijdelijke externe effecten zijn beschreven in paragraaf 2.1.3.

^f Kwalitatief beoordeelde effecten zijn als PM-post weergegeven in het totaalsaldo.

Hoge maatschappelijke kosten door redispatch

Er kunnen hoge maatschappelijke kosten voor redispatch ontstaan wanneer de uitrol van elektrische aanlandingen van wind op zee sneller gaat dan het tempo van netverzwaringen op land én de ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit. De geschatte totale jaarlijkse redispatchkosten bedragen € 2 tot 3,7 miljard zonder de netverzwaringen die nodig zijn bij de aanlandingen en € 20 tot 80 miljoen na de netverzwaringen.⁷⁰ Door de grote hoeveelheden wind op zee kunnen er immers overschotten op het hoogspanningsnet op land ontstaan, waardoor niet alle stroom getransporteerd kan worden. Dit kan worden opgevangen door redispatch: het tijdelijk uitschakelen van windturbines en gelijktijdig op een andere locatie extra inschakelen van elektriciteitscentrales of het betalen van bedrijven om hun afname van elektriciteit aan te passen.

Redispatchkosten kunnen grotendeels worden vermeden door een goede timing van het aansluiten van windenergie, waarbij men rekening houdt met hoe de (regionale) elektriciteitsvraag zich ontwikkelt en wanneer de benodigde netverzwaringen gerealiseerd kunnen worden. Voor de bestudeerde aanlandingen in pVAWOZ betekent dit dat de maatschappelijke kosten voor redispatch afnemen als de aanlandingen later (dan nu in de huidige modelberekeningen is verondersteld) in de tijd worden gerealiseerd en/of als de benodigde netverzwaringen wél eerder gerealiseerd zouden kunnen worden. Ook het (regionaal) inzetten op vraagontwikkeling kan bijdragen aan het verlagen van redispatchkosten. Bij het plannen van de aanlandingen moet – rekening houdend met deze factoren – verder worden bestudeerd in welke volgorde de aanlandingen het best kunnen worden gerealiseerd zodat de maatschappelijke kosten het laagst zijn.

De kosten voor redispatch spelen een belangrijke rol in de vergelijking tussen de configuraties. De redispatchkosten bestaan enerzijds uit **directe kosten** (windparkenexploitanten betalen voor uitzetten turbines, centrales laten draaien, bedrijven betalen voor extra of minder afname), maar ook uit **externe kosten door CO₂-emissies** van de extra inzet van centrales die draaien op aardgas. Op den duur kunnen de elektriciteitscentrales op groene waterstof draaien. Hiermee vervallen de externe kosten voor CO₂-emissies, maar stijgen de (directe) redispatchkosten door de duurdere groene waterstof.

Netverzwaringen zijn kosteneffectiever dan redispatch, maar kunnen niet meteen na de realisatie van de aanlandingen uitgevoerd worden Door de omvang van de bestaande plannen voor netverzwaringen van TenneT, kunnen ze de extra benodigde netuitbreidingen op land als gevolg van de aanlandingen naar verwachting pas later realiseren. We hebben in overleg met TenneT in de analyse aangenomen dat dit 10 jaar duurt. In die eerste 10 jaar zal dan op grote schaal redispatch moeten worden toegepast. Een belangrijke toevoeging daarbij is dat we in deze analyses uitgaan van de realisatie van alle geplande netuitbreidingen van TenneT, en van een forse ontwikkeling van de elektriciteitsvraag. Als deze ontwikkelingen vertraging oplopen of achterblijven zal nog aanzienlijk meer redispatch nodig zijn en liggen die maatschappelijke kosten nog hoger.

⁷⁰ Dit betreffen de *totale* jaarlijkse redispatchkosten (zonder rekening te houden met het aandeel dat is toe te schrijven aan pVAWOZ); Tabel 5-1 presenteert de *delta's* en verdisconteert over 40 jaar.

Naast de hoeveelheid wind op zee, is ook de verhouding tussen elektrische- en waterstofaanlandingen (met offshore elektrolyse⁷¹) een knop om aan te draaien om de netimpact op land te verminderen. De grote hoeveelheden elektriciteit van windparken op zee leiden tot knelpunten op de hoogspanningsverbindingen. Een lager vermogen aan wind op zee in totaal of een groter deel van de geproduceerde elektriciteit op zee omzetten naar waterstof en in die vorm naar land brengen zijn oplossingsrichtingen voor het verminderen van het aantal transportknelpunten op land en daarmee de maatschappelijke kosten van de betreffende netimpact op land.

Spreiding elektrische aanlandingen maatschappelijk gezien gunstig, clustering ongunstig

De configuraties die uitgaan van spreiding van de elektrische aanlandingen het meest gunstige maatschappelijke saldo. Dit kunnen we voornamelijk toeschrijven aan relatief lage directe kosten voor de elektrische routes (circa € 70 miljard) en de lagere netimpact op land (tot € 30 miljard lager). De redispatchkosten, die een aanzienlijk deel van deze netimpactkosten op land uitmaken, zijn voor een groot deel te vermijden bij een goede timing van het realiseren van de elektrische aanlandingen. Dat de twee configuraties die uitgaan van spreiding ('Ruimtelijke optimalisatie' en 'Spreiding zonder Eemshaven') maatschappelijk gezien het best scoren, is **in lijn met de beoordeling van systeemintegratie**. Daarin wordt gekeken naar welke configuraties de minste (net)impact op land hebben.

De spreiding van aanlandingen hoeft vanuit maatschappelijk oogpunt niet per definitie altijd het meest gunstig te zijn. Voor *netverzwaringen op land* is dit in principe wel het geval (meer spreiding leidt immers tot minder benodigde netverzwaring). Voor de *directe kosten van de aanlandingsroutes* hoeft spreiding echter niet per se het meest gunstig te zijn; de kosten van aanlandroutes kunnen immers sterk verschillen (diepe aanlanding is relatief duur en ook offshore routes kunnen sterk in lengte en dus kosten verschillen). Daarnaast is ook de energievraag niet altijd verspreid in lijn met de aanlandingen, waardoor er hoge kosten voor redispatch kunnen ontstaan.

Lage kosten voor elektrische aanlandingen en lage kosten voor netimpact op land kunnen wel hand in hand gaan. We zien namelijk dat – met uitzondering van de configuratie zonder diepe aanlanding - de configuraties met lage kosten voor infra op zee ('Ruimtelijke optimalisatie' en 'Spreiding zonder Eemshaven') ook relatief lage kosten hebben voor netimpact op land.

Clustering van elektrische aanlanding leidt tot minst gunstige maatschappelijke saldo. Geclusterde aanlanding in Noord-Nederland, de Kop van Noord-Holland en diepe aanlanding in Limburg zorgt in de onderzochte configuratie ('Energiecorridors') voor hoge directe kosten voor elektrische routes (€ 77 miljard) en netimpact op land (€ 8 tot 30 miljard hoger dan de andere configuraties).

Zonder diepe aanlanding hoge maatschappelijke kosten voor netimpact op land

Er kunnen hoge maatschappelijke kosten ontstaan wanneer diepe aanlanding niet (tijdig) wordt gerealiseerd, vooral wanneer het niet mogelijk is om tijdig het net op land te verzwaren. Als we de configuratie 'Geen diepe aanlanding' vergelijken met 'Ruimtelijke optimalisatie' en 'Spreiding zonder

⁷¹ Hierbij is wel belangrijk om te benoemen dat het nog onzeker is op welke termijn offshore elektrolyse gerealiseerd kan worden, hier gaan we in bijlage G *Toekomstvastheid* op in. Daarnaast is meer elektriciteit op zee omzetten naar waterstof alleen een optie als er voldoende vraag is naar (binnenlands geproduceerde) groene waterstof.

Eemshaven' – de configuraties die het meest vergelijkbaar zijn, maar wel diepe aanlanding bevatten – zien we dat de totale maatschappelijke kosten zonder diepe aanlanding substantieel hoger uitvallen (respectievelijk € 17 en 14,5 miljard). Ondanks dat diepe aanlanding zelf duur is, betekent dit dus dat de totale maatschappelijke kosten hoger zijn als diepe aanlanding níet gerealiseerd kan worden. Dit komt met name door de hoge kosten voor redispatch. Als de netverzwaringen op land wél op tijd gereed zouden kunnen zijn, dan heeft de configuratie zonder diepe aanlanding de laagste maatschappelijke kosten van de vijf aanlandconfiguraties (circa € 77 miljard ten opzichte van € 84 tot 90 miljard). Diepe aanlanding heeft in deze analyse dus vooral maatschappelijke waarde doordat het niet mogelijk is om tijdig bovengrondse HS-infra op land te bouwen.

Externe kosten door hinder voor omwonenden geen doorslaggevende factor in kostenafweging tussen de configuraties

De externe kosten (met name in de vorm van visuele hinder en geluidhinder voor omwonenden) zijn slechts 1% van het totale maatschappelijke saldo. Dat deze externe kosten relatief laag zijn, heeft onder andere te maken met het feit dat de kabels en leidingen ondergronds (of op de bodem van de zee) worden aangelegd en daarmee relatief weinig hinder veroorzaken. Als we specifiek de externe kosten door hinder van (bovengrondse) netverzwaring kijken (€ 0,8 tot 1,3 miljard), zien we dat dit 20-25% van de directe kosten voor netverzwaring bedraagt (€ 4,4 tot 7 miljard). Voor externe kosten van converterstations en aanlandstations is dit maximaal 1% en voor kabels en leidingen nihil. Daarnaast zijn er tijdelijke effecten of effecten met een zeer geringe impact, die we kwalitatief hebben beoordeeld. Deze zijn in Tabel 5-1 opgenomen als PM-post in het totaalsaldo. Tussen de configuraties zien we verschil in tijdelijke effecten als gevolg van de onshore aanleg (bijvoorbeeld doorkruising van natuur- of landbouwgebieden) en offshore aanleg (bijvoorbeeld doorkruising van zandwingebieden). Configuraties met meer clustering van aanlandingen kunnen tevens tot lagere tijdelijke effecten leiden dan configuraties waarin de aanlandingen meer verspreid worden. Bij clustering zijn er immers meer kansen voor het (gelijktijdig) aanleggen van kabels in dezelfde routes. Merk verder op dat de externe kosten van CO₂-emissies door redispatch in Tabel 5-1 onder de directe kosten voor redispatch vallen.

Vanuit regionaal perspectief (waar hinder door de infrastructuur worden ondervonden) zien we wel verschillen tussen de aanlandconfiguraties. **De configuratie 'Spreiding zonder Eemshaven' heeft de laagste externe kosten, 'Geen diepe aanlanding' de hoogste.** De voornaamste maatschappelijke kosten ontstaan door de benodigde netverzwaring; geluidhinder en biodiversiteitsverlies door landgebruik hebben een beperkter effect wanneer uitgedrukt in economische waarde.

5.2 Overkoepelend beeld regionale analyses

Investerings en effecten voor de regionale economie

De bouw en aanleg van elektrische- en waterstofroutes en elektrolyzers brengen grote investeringen met zich mee. Per offshore route of elektrolyser gaat dit om ordegrrootte enkele miljarden euro's en voor de onshore gedeeltes om enkele honderden miljoenen (elektrisch) of enkele tientallen miljoenen (waterstof). Daarnaast hebben de aanlandingen ook impact op het net op land, waarvoor er netinvesteringen gedaan moeten worden.

Voor deze investeringen worden allerlei leveranciers ingeschakeld: uit de regio zelf, uit Nederland of uit het buitenland. Het aandeel van de investeringen dat in Nederland blijft, verschilt per type

Beoordeling Brede welvaart (economie) - Bijlage F – IEA pVAWOZ- versie 5.1 – Definitief

investering. **Investerings in de exploitatie en onderhoud van de infrastructuur (structurele effecten) komen grotendeels ten goede aan de Nederlandse economie.** Deze komen voor een groot deel in de bouw- of waterbouwsector terecht. **Van de investeringen in de bouw en aanleg (eenmalige effecten) lekt een substantieel deel weg naar het buitenland.** Met name bij de investeringen in offshore elektrische routes verwachten we dat veel buitenlandse leveranciers betrokken worden in de aanbesteding. Voor onshore elektrische- en waterstofroutes komt naar verwachting meer dan de helft in de Nederland terecht, voor offshore waterstofroutes ongeveer een derde en voor elektrolyzers 20 tot 50%.

Van het deel van de investeringen dat in Nederland blijft, komt een groot deel in Zuid-Holland terecht – in deze provincie bevindt zich een groot deel van de verwachte leveranciers. Daarnaast worden er in elke aanlandingsregio ook lokale partijen ingeschakeld. Dit gaat voor een belangrijk deel om civiele werkzaamheden, maar ook om werknemers voor elektrolyzers (operatie, onderhoud, logistiek, ICT, etc.) en overige diensten (zoals engineering, inkoop en vergunningen). **Voor de meeste aanlandregio's verwachten we dat de directe inzet van leveranciers uit de regio bij elektrolyzers en onshore elektrische- en waterstofroutes het hoogst is.**

Door de investeringen (directe economische effecten) ontstaan er in de aanlandregio's ook **substantiële indirecte bruto economische effecten** bij toeleveranciers van goederen en diensten die worden ingeschakeld bij de bouw/aanleg en operationele fase van de infrastructuur. Denk hierbij aan bestedingen bij toeleverende diensten zoals lokale horeca, tankstations en allerlei typen dienstverlening (financieel, zakelijk, schoonmaak, onderhoud, ingenieurskundig, etc.). Tabel 5-2 geeft een overzicht van de economische effecten voor heel Nederland; in de regio-analyses bespreken we de resultaten per regio. **Elektrolyzers hebben het grootste effect, maar ook bij de routes ontstaan een substantiële spin-off-effecten voor Nederland en de aanlandregio's zelf.** Afhankelijk van de locatie of regio waar de infrastructuur wordt aangelegd, verschilt de omvang van de regionale spin-off (en dus de mate van weglek uit de regio).

Tabel 5-2 Directe en indirecte bruto economische effecten in Nederland, per type route en 1 GW elektrolyser

	Economisch effect (mln. €)		Werkgelegenheid (FTE)	
	Eenmalig	Jaarlijks	Eenmalig	Jaarlijks
Offshore elektrische route	340 - 400	124 - 145	680 - 800	290 - 340
Onshore elektrische route	290 - 580	9 - 20	790 - 1.980	25 - 65
Offshore waterstofroute	550 - 880	17 - 27	1.670 - 2.500	45 - 70
Onshore waterstofroute	35 - 60	2	100 - 180	5
Elektrolyser	1.500-1.800	450-460	4.200-6.200	890-1.030

Bron: CE Delft en NEO Observatory

Impact op regionale vestigingsklimaat

Er zijn verschillende factoren die impact kunnen hebben op het regionale vestigingsklimaat in de aanlandregio's. **Zo kunnen er ontstaan kansen voor grootschalige afname door overschotten op het elektriciteitsnet. Een groot deel van de aangelande elektriciteit zal echter ook doorgevoerd worden naar elders in het land.** Voor Zuid-Holland, Zeeland, Noord-Nederland en Noord-Brabant (regio Moerdijk-Geertruidenberg) geldt dat er met de reeds voorziene aanlanding tot 2031 al voldoende aanbod is om aan de verwachte lokale elektriciteitsvraag van 2040 te voldoen. In de Kop van Noord-Holland is de energievraag in vergelijking met de andere aanlandregio's relatief laag en zal het aanbod van elektriciteit (veel) hoger zijn dan wat er lokaal wordt gebruikt, en in Noord-Holland Zuid zal bij extra elektrische aanlanding het aanbod ook groter zijn dan de vraag. **Op de**

korte termijn biedt extra aanlanding in deze regio's daarom niet per se nieuwe kansen – de additionele aangelande windenergie zal (groten)deels worden doorgevoerd naar elders in het land. Op de langere termijn (na 2040) kan de extra aanlanding bij een toenemende elektriciteitsvraag in de aanlandregio's echter wel noodzakelijk zijn om aan de lokale vraag te kunnen voldoen.

Verder kunnen in de aanlandingsregio's **eenmalige aansluitkosten op het net** lager uitvallen wanneer bedrijven zich dichtbij een 380kV-station vestigen. **In algemene zin leidt wind op zee voor heel Nederland echter tot hogere netkosten** (er zijn immers grote investeringen in de infrastructuur nodig, die aan de gebruikers van het net worden doorgerekend), **maar lagere energiekosten**. Aanlanding leidt in principe niet tot additionele energiekostendalingen in de regio (er is immers een nationale markt).

Impact op mens en natuur

De investeringen in de infrastructuur hebben ook impact op mens en natuur. Netverzwaringen die nodig zijn door de aanlandingen zullen de grootste impact hebben op omwonenden (met name **visuele hinder**). Ook kan er **geluidhinder** ontstaan voor omwonenden, met name bij converterstations. De mate van hinder verschilt tussen en binnen de zoekgebieden, maar zal hoe dan ook kleiner zijn in welvaartermen dan de visuele hinder. Tevens zal er door landgebruik **biodiversiteitsverlies** optreden: zowel in absolute als relatieve zin gaat het om bescheiden welvaartseffecten.

Bronnen

- Blue economy. (2009). *Economische en milieukundige effecten van de zandwinstrategie*.
- CBS. (2023). *Huishoudens nu*. Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/woonsituatie/huishoudens-nu>
- CBS. (2024). *Statline: Arbeidskosten; structuur arbeidskosten, -duur, bedrijfstak SBI2008, 2020*. CBS. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/85291NED/table>
- CE Delft. (2023). *Handboek Milieuprijzen 2023. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impacts*. <https://ce.nl/publicaties/handboek-milieuprijzen-2023/>
- CE Delft, & Arcadis. (2018). *Werkwijzer Natuur. Maatschappelijke Kosten-Baten Analyses*.
- Decisio. (2014). *MKBA Windenergie binnen de 12-mijlszone. Maatschappelijke afweging van windenergie op zee binnen en buiten de 12-mijlszone*. <https://decisio.nl/wp-content/uploads/decisio-mkba-windenergie-binnen-de-12-mijlszone.pdf>
- FME, & TNO. (2020). *Elektrolyzers : kansen voor de Nederlandse maakindustrie*.
- LTO. (2023). *Schadetarieven Gewassen 2023 bekend*. LTO. <https://www.lto.nl/schadetarieven-gewassen-2023-bekend/>
- Ministerie van Financiën. (2020). *Advies werkgroep discontovoet 2020*. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-d985cdc5-5da7-4644-be09-4c22bfa885be/pdf>
- Ministerie van LNV. (2006). *Kentallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap : Hulpmiddel bij MKBA's*. <http://www.omgevingseconomie.nl/wp-content/uploads/2012/03/Kentallenboek-waardering-natuur-water-bodem.pdf>
- Noordzeeloket. (2023). *Bijlage 4 Reglementen voorschriften en regels voor scheepvaart*. <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/scheepvaart/>
- Rijksoverheid. (2024a). *Hoe wordt de hoogte van mijn bijstandsuitkering berekend?* Rijksoverheid. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bijstand/vraag-en-antwoord/hoe-hoog-is-mijn-bijstandsuitkering>
- Rijksoverheid. (2024b). *Militair gebruik*. <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/militair-gebruik/>
- Rijksoverheid. (2024c). *Olie- en gaswinning*. <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/olie-gaswinning/>
- Rijksoverheid. (2024d). *Scheepvaart*. <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/scheepvaart/>
- Rijksoverheid. (2024e). *Zoekgebiedenkaart zandwinning NRD Partiële Herziening PNZ 2022-2027*. <https://www.platformparticipatie.nl/programmanoordzee/concept-nrd-participatieplan-programmanoordzee/default.aspx>
- Royal Haskoning DHV. (2024). *Water voor waterstof - Onderzoek naar de relatie tussen waterbeschikbaarheid en grootschalige elektrolyse*.
- Royal HaskoningDHV. (2024). *De Families van Energy Hubs in Nederland*. https://topsectorenergie.nl/documents/1237/20240708_Eindrapport_Families_Energy_Hubs_PDF.pdf
- Sweco. (2017). *Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027*. <https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/218507/mer-winning-suppletiezand-noordzee-2018-2027-hoofdrapport-incl-bijlagen.pdf>
- TenneT. (2019). *Scheepvaartplan aanleg zeekabels*. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/01/A02%20Scheepvaartplan%20aanleg%20zeekabels.pdf>
- TenneT. (2024). *HVDC in de Delta Rhine Corridor*.

Bijlage

A Lijst met geïnterviewden

Geïnterviewde partij	Onderwerp
TenneT	Elektriciteitskabels, converterstations, platforms
Gasunie	Waterstofleidingen, aanlandingsstation
Airliquide	Elektrolyse
Shell	Elektrolyse
Yara	Elektrolyse
Ørsted	Elektrolyse

B Nationale welvaart

Tabel 0-1 Resultaten welvaartsverkenning aanlandconfiguraties, incl. onzekerheidsmarge, bedragen in mln. €

	Ruimtelijke optimalisatie		Energiecorridors		Geen aanlanding Kop van Noord-Holland		Geen diepe aanlanding		Spreiding zonder Eemshaven	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Directe effecten										
Elektrische routes										
Eemshaven	-12.500	-4.300	-40.100	-17.400	-32.600	-13.000	-25.100	-8.700	0	0
KNH	-15.200	-8.300	-22.800	-12.400	0	0	-15.200	-8.300	-7.600	-4.100
NZKG	-7.500	-1.000	0	0	-15.000	-5.300	-15.000	-5.300	-7.500	-1.000
Rotterdam	-8.200	-4.400	0	0	-8.200	-4.400	-16.400	-8.800	-24.500	-13.300
Zeeland	-8.800	-4.800	0	0	0	0	-8.800	-4.800	-17.500	-9.700
Moerdijk	-15.700	-8.900	0	0	-7.900	-4.500	-7.900	-4.500	-7.900	-4.500
Tilburg	0	0	0	0	-9.400	-5.400	0	0	0	0
Limburg	-25.700	-14.700	-38.600	-22.000	-25.700	-14.700	0	0	-25.700	-14.700
Subtotaal	-93.600	-46.400	-101.500	-51.800	-98.800	-47.300	-88.400	-40.400	-90.700	-47.300
Netimpact land										
Netverzwaring	-6.100	-6.100	-6.800	-6.800	-5.600	-5.600	-7.400	-7.400	-4.400	-4.400
Redispatch	-42.400	-42.400	-72.300	-72.300	-54.400	-54.400	-63.500	-63.500	-47.500	-47.500
Subtotaal	-48.500	-48.500	-79.100	-79.100	-60.000	-60.000	-70.900	-70.900	-51.900	-51.900
Waterstofroutes	13.900	2.600	13.900	2.600	13.900	2.600	13.900	2.600	13.900	2.600
Totaal directe effecten	-128.200	-92.300	-166.700	-128.300	-144.900	-104.700	-145.400	-108.700	-128.700	-96.600
Indirecte effecten										
Directe werkgelegenheid	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Vestigingsklimaat	Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief	
Externe effecten										
Geluidhinder	-10	-5	-10	-5	-10	-5	-10	-5	-10	-5
Landgebruik	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Hinder door netverzwaring	-2.000	-200	-2.200	-300	-1.900	-200	-2.500	-300	-1.500	-200
Tijdelijke externe effecten*	Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief		Kwalitatief	
Totaal externe effecten	-2.020	-215	-2.220	-315	-1.920	-215	-2.520	-315	-1.520	-215
Totaal**	-130.030	-92.325	-168.730	-128.425	-146.630	-104.725	-147.730	-108.825	-130.030	-96.625

A = hoge kosten, lage baten; B = lage kosten, hoge baten.

* De effecten zijn beschreven in paragraaf 2.1.3 en bijlage D.

** +/- PM

C Regionale analyses

C.1 Noord-Nederland

Tabel 0-2 Overzicht offshore routes VAWOZ en PAWOZ

		Aanlandingszone	Naam route	Lengte
VAWOZ	Elektrisch	Demarcatiepunt PAWOZ-Eemshaven	6/7-PAWOZ-E	55 km
	Waterstof	Demarcatiepunt PAWOZ-Eemshaven	6/7-PAWOZ1-H2	126 km
			6/7-PAWOZ2-H2	128 km
			6/7oost-PAWOZ1-H2	90 km
			6/7oost-PAWOZ2-H2	95 km
PAWOZ	Elektrisch	Eemshaven	Route X (tunnelvariant)	<i>Nader te bepalen</i>
			Route II (Eemsdollard)	<i>Nader te bepalen</i>
	Waterstof	Eemshaven	Route X (tunnelvariant)	<i>Nader te bepalen</i>
			Route II (Eemsdollard)	<i>Nader te bepalen</i>

Tabel 0-3 Overzicht onshore routes PAWOZ

	Aansluitlocatie	Naam route	Lengte*
Elektrisch	Eemshaven	Route II-A	9 km
		Route II-A1	14 km
Waterstof	Eemshaven	Route II-A	8 km
		Route II-A1	11 km

Tabel 0-4 Overzicht converterstations, aanlandstations en elektrolyzers Eemshaven

	Locatie
Converterstation	Zoekgebieden Eemshaven, Oostpolder en Ten Westen van Eemshaven
Aanlandstation	Zoekgebieden 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 26
Elektrolyser	Zoekgebieden nog onbekend

C.2 Noord-Holland

In de analyse voor Noord-Holland hebben we gekeken naar de mogelijke elektrische- en waterstofroutes naar/in Noord-Holland (zie Tabel 0-5 en Tabel 0-6) en de converterstations, aanlandstations en elektrolyzers binnen de zoekgebieden zoals gedefinieerd in Tabel 0-7.

Tabel 0-5 Overzicht offshore routes Noord-Holland

	Aanlandingszone	Naam route	Lengte
Elektrisch	Kop van Noord-Holland	DDW-KNH1-E	205 km
		DDW-KNH2-E	187 km
		6/7-KNH1-E	164 km
		6/7-KNH2-E	162 km
		6/7-KNH3-E	159 km
	Egmond aan Zee	6/7-EAZ1-E	187 km
		6/7-EAZ2-E	185 km
		6/7-EAZ3-E	182 km
	Castricum	6/7-CAS1-E	187 km
		6/7-CAS2-E	185 km
		6/7-CAS3-E	182 km

	Velsen-Noord Heemskerk	6/7-VNH1-E	202 km
		6/7-VNH2-E	200 km
		6/7-VNH3-E	197 km
		HKW8-VNH1	66 km
		HKW8-VNH2	64 km
	Ijmuiden	6/7-IJM1-E	208 km
		6/7-IJM2-E	206 km
		6/7-IJM3-E	203 km
Waterstof	Kop van Noord-Holland	6/7-KNH1-H2	162 km
		6/7-KNH2-H2	157 km
	Velsen-Noord Heemskerk	6/7-VNH1-H2	197 km
		6/7-VNH2-H2	195 km

Tabel 0-6 Overzicht onshore routes Noord-Holland

	Aansluitlocatie	Aanlandingszone	Naam route	Lengte*	
Elektrisch	380kV-station NNHN – Noord	Kop van Noord-Holland	KNH-NNHNn1-E	34 km	
			KNH-NNHNn2-E	34 km	
			KNH-NNHNn3-E	33 km	
			KNH-NNHNn4-E	23 km	
	380kV-station NNHN – Zuid (zoekgebieden 1, 4 en 5)	Egmond aan Zee	EAZ-NNHNz1-E	28 km	
		Castricum	CAS-NNHNz1-E	21 km	
		Velsen-Noord – Heemskerk	VNH-NNHNz-E	15 km	
	380kV-station NNHN – Zuid (zoekgebied 2)	Egmond aan Zee	EAZ-NNHNz2-E	35 km	
			Castricum	CAS-NNHNz2-E	31 km
	380kV-station NNHN – Zuid (zoekgebied 3)	Egmond aan Zee	EAZ-NNHNz3-E	46 km	
			Castricum	CAS-NNHNz3-E	42 km
	150kV-station Velsen	Velsen-Noord – Heemskerk	VNH-VLS1-E	4 km	
			VNH-VLS2-E	7 km	
	380kV-station A9 Zuid	Egmond aan Zee	EAZ-A9Z-E	29 km	
			Castricum	CAS-A9Z-E	25 km
			Velsen-Noord – Heemskerk	VNH-A9Z1-E	15 km
		Ijmuiden	VNH-A9Z2-E	VNH-A9Z2-E	19 km
				VNH-A9Z3-E	15 km
				IJM-A9Z1-E	18 km
				IJM-A9Z2-E	16 km
380kV-station Vijfhuizen	Ijmuiden	IJM-A9Z3-E	15 km		
		IJM-VHZ1-E	18 km		
		IJM-VHZ2-E	16 km		
Waterstof	Waterstofnetwerk Noord-Nederland	Kop van Noord-Holland	KNH-WNN1-H2	9 km**	
			KNH-WNN2-H2	4 km**	
	Waterstofnetwerk NZKG	Velsen-Noord – Heemskerk	VNH-WNN1-H2	2 km**	
			VNH-WNN2-H2	3 km**	

*De exacte lengte is nog niet bekend, omdat die afhankelijk is van de exacte locatie van het converter-/transformatorstation. De aangegeven lengte is ook exclusief de lengte van de ondergrondse AC-verbinding die nodig is voor de aansluiting op het hoogspanningsstation.

**De exacte lengte is nog niet bekend, omdat de exacte locatie van het inkoppelpunt op het waterstofnetwerk nog onbekend is.

Tabel 0-7 Zoeklocaties converter-, aanlandstations en elektrolyzers Noord-Holland

	Aansluitlocatie	Naam zoekgebied
Converterstation	380kV-station NNHN – Noord	NNHNn-C1
		NNHNn-C2
		NNHNn-C3
		NNHNn-C4
		NNHNn-C5a-e
		NNHNn-C6

		NNHNn-C7
	380kV-station NNHN – Zuid	NNHNz-C1a-d
		NNHNz-C2
		NNHNz-C3a-d
		NNHNz-C4
		NNHNz-C5
	150kV-station Velsen	VLS-T
		Tata-C1
		Tata-C2
	380kV-station A9 Zuid	A9Z-C1
		A9Z-C2
	380kV-station Vijfhuizen	VHZ-C
Aanlandstation	WNN nabij Den Helder	DHL-AS1
		DHL-AS2
	WNN NZKG	NZKG-AS
Elektrolyse	Zoekgebied NZKG	A9Z-E
		TATA-E
	Zoekgebied Kop van Noord-Holland	NNHNn-E1a
		NNHNn-E1b
		NNHNn-E1c
		NNHNn-E1d
		NNHNn-E1e
		NNHNz-E1

C.3 Zuid-Holland

In de analyse voor Zuid-Holland hebben we gekeken naar de mogelijke elektrische- en waterstofroutes naar/in Zuid-Holland (zie Tabel 0-8 en Tabel 0-9) en de converterstations, aanlandstations en elektrolyzers binnen de zoekgebieden zoals gedefinieerd in Tabel 0-10.

Tabel 0-8 Overzicht offshore routes Zuid-Holland

	Aanlandingszone	Naam route	Lengte
Elektrisch	Noordwijk	6/7-NW1-E	208 km
		6/7-NW2-E	206 km
		6/7-NW3-E	203 km
	Wassenaar	6/7-WS1-E	208 km
		6/7-WS2-E	206 km
	Egmond aan Zee	6/7-WS3-E	203 km
	Kijkduin	6/7-KD1-E	239 km
		6/7-KD2-E	255 km
	Hoek van Holland	6/7-HVH1-E	244 km
		6/7-HVH2-E	255 km
	Maasvlakte zuid	6/7-MVLz1-E	291 km
		6/7-MVLz2-E	289 km
		6/7-MVLz3-E	276 km
	Haringvlietmonding	6/7-HVM1-E	293 km
		6/7-HVM2-E	300 km
6/7-HVM3-E		298 km	
6/7-HVM4-E		285 km	
Elektrische varianten	Hoek van Holland/Kijkduin	6/7-HKW oost	46 km
		6/7-HKW west	58 km
	Haringvlietmonding	6/7-HVM	31 km
Waterstof	Maasvlakte Noord	6/7-MVLn-H2	244 km
	Maasvlakte Zuid	6/7-MVLz1-H2	288 km
		6/7-MVLz2-H2	279 km
Waterstof variant	Maasvlakte Zuid	Variant HKW-west H2	52 km

Tabel 0-9 Overzicht onshore routes Zuid-Holland

	Aansluitlocatie	Aanlandingszone	Naam route	Lengte*
Elektrisch	380kV Bleiswijk	Noordwijk	NW-BLW-E	36 km
			Variant NW-a	5 km
			Variant NW-b	6 km
			Variant NW-c	5 km
	380kV Wateringen	Kijkduin	WS-BLW-E	32 km
			KD-WTR-E	8 km
	380kV Europoort	Hoek van Holland	Variant WTRa	7 km
			HVH-EUP1-E	8 km
			HVH-EUP2-E	7 km
	380kV Simonshaven	Haringvlietmonding	Variant HVH-1a	1 km
HVM-EUP1-E			13 km	
HVM-SMH1-E			18 km	
HVM-SMH2-E			9 km	
Waterstof	Delta Rhine Corridor	Maasvlakte Noord	MVLn-DRC-H2	14 km**
		Maasvlakte Zuid	MVLz-DRC-H2	10 km**

*De exacte lengte is nog onbekend, omdat deze afhankelijk is van de exacte locatie van het converterstation. De aangegeven lengte is ook exclusief de lengte van de ondergrondse AC-verbinding die nodig is voor de aansluiting op het hoogspanningsstation.

**De exacte lengte is nog niet bekend, omdat de exacte locatie van het inkoopelpunt op het waterstofnetwerk nog onbekend is.

Tabel 0-10 Zoeklocaties converter-, aanlandstations en elektrolyzers Zuid-Holland

	Aansluitlocatie	Naam zoekgebied
Converterstation	380kV Bleiswijk	BLW-C1
		BLW-C2
		BLW-C3
	380kV Wateringen	WTR-C1
		WTR-C2
		WTR-C3
	380kV Europoort	EUP-C1
		EUP-C2
	380kV Simonshaven	SMH-C1
	Aanlandstation	Delta Rhine Corridor
MVL-AS2		
Elektrolyse	Zoekgebied Bleiswijk	BLW-E1
		BLW-E2
		BLW-E3
	Zoekgebied Europoort	EUP-E1
		EUP-E2

C.4 Noord-Brabant

Tabel 0-11 Overzicht routes Nederwiek 3 - Moerdijk

	Route	Type	Route totaal (km)*
Offshore en onshore	BLSa	Elektrisch	282
	BLSb	Elektrisch	278
	VHW	Elektrisch	274
	BWA	Elektrisch	271
	GOFa	Elektrisch	270
	GOFb	Elektrisch	274

Tabel 0-12 Overzicht converterstations en elektrolyzers Nederwiek 3 - Moerdijk

	Locatie
Converterstation	Haven Middenweg
	Chemieweg West
	Shell-terrein
	Vuilstort West
	Krukweg
	Vuilstort Oost
Elektrolyser	MRK -E

C.5 Zeeland

In de analyse voor Zeeland hebben we gekeken naar de mogelijke elektrische routes naar/in Zeeland (Tabel 0-13 en Tabel 0-14) en de converterstations en elektrolyzers binnen de zoekgebieden zoals gedefinieerd in Tabel 0-15.

Tabel 0-13 Overzicht offshore routes Zeeland

	Aanlandingszone	Naam route	Lengte
Elektrisch	Veerse Gatdam	6/7-VM1-E	317 km
		6/7-VM2-E	307 km
	Nieuwvliet-Bad	6/7-NVL1-E	318 km
		6/7-NVL2-E	329 km
		6/7-NVL3-E	333 km
		6/7-NVL4-E	342 km
Elektrische varianten	Veerse Meer	Variant Veerse Meer	10 km
	Nieuwvliet-Bad	Variant 6/7-NVL	38 km
	Cadzand	Variant 6/7-CAD-E	11 km
	Breskens	Variant 6/7-BRK-E	13 km
	Deltahoek	Variant 6/7-DTH-E	25 km
	Mosselbanken	Variant 6/7-MSB-E	27 km

Tabel 0-14 Overzicht onshore routes Zeeland

	Aansluitlocatie	Aanlandingszone	Naam route	Lengte*
Elektrisch	380kV-station Omgeving Sloegebied	Veerse Gatdam (via Veerse Meer)	VM-SLG1-E	5 km
			VM-SLG2-E	5 km
			VM-SLG3-E	7 km
	380kV-station Terneuzen (zoekgebieden TNZ- C1 en TNZ-C2)	Cadzand Nieuwvliet-Bad Breskens CAD/NVL/BRK Deltahoek	CAD-	11 km (deel van route)
			NVL-	8 km (deel van route)
			BRK-	4 km (deel van route)
			TNZ1 (via berm N61)	19 km (deel van route)
			TNZ2 (via polder)	18 km (deel van route)
	380kV-station Terneuzen (zoekgebieden TNZ- C3)	CAD/NVL/BRK	Variant TNZ-1a (via berm N61)	9 km (deel van route)
			Variant TNZ-1b (via berm N61)	11 km (deel van route)
	380kV-station Terneuzen (zoekgebieden TNZ- C4 en TNZ-C5)	Mosselbanken	TNZ-4	6 km

*De exacte lengte is nog onbekend, omdat deze afhankelijk is van de exacte locatie van het converterstation. De aangegeven lengte is ook exclusief de lengte van de ondergrondse AC-verbinding die nodig is voor de aansluiting op het hoogspanningsstation.

Tabel 0-15 Zoeklocaties converterstations en elektrolyzers Zeeland

	Aansluitlocatie	Naam zoekgebied
Converterstation	380kV-station Omgeving Sloegebied	SLG-C1
		SLG-C2
	380kV-station Terneuzen	TNZ-C1
		TNZ-C2
		TNZ-C3
		TNZ-C4
Elektrolyse	Zoekgebied Sloegebied	SLG-E1
		SLG-E2
	Zoekgebied Terneuzen	TNZ-E1
		TNZ-E2
		TNZ-E3
		TNZ-E4
		TNZ-E5

D Verdieping methodiek externe effecten

Tabel 0-16 geeft een overzicht van de welvaartseffecten die we hebben meegenomen in onze analyse, de aard van het effect (tijdelijk of permanent) en het type beoordeling (kwalitatief of kwantitatief). De permanente welvaartseffecten van geluidhinder en landgebruik door de plaatsing van converterstations, aanlandstations en elektrolyzers kunnen we binnen dit onderzoek in euro's uitdrukken. De andere externe effecten omschrijven en beoordelen we kwalitatief.

In volgende paragrafen beschrijven we het algemene beoordelingskader voor de geïdentificeerde externe effecten.

Tabel 0-16 Overzicht onderzochte externe effecten

Type	Extern effect	Aard van effect	Beoordeling
Zee	Scheepvaartverkeer	Tijdelijk	Kwalitatief
	Militaire activiteiten	Tijdelijk	Kwalitatief
	Visserij en Aquacultuur	Tijdelijk	Kwalitatief
	Zand- en schelpenwinning	Permanent	Kwalitatief
	Gaswinning	Permanent	Kwalitatief
Land	Geluid- en visuele hinder	Tijdelijk + permanent	Kwalitatief + kwantitatief
	Landbouw	Tijdelijk + permanent	Kwalitatief
	Ecologie	Tijdelijk + permanent	Kwalitatief
	Landgebruik	Permanent	Kwantitatief
Overig	CO ₂ -uitstoot	Permanent	Kwalitatief

Kwantitatieve beoordeling

In deze paragraaf beschrijven we de methode voor de externe effecten die we in dit onderzoek zullen moneteriseren:

- Permanente geluidhinder (land);
- Landgebruik (biodiversiteit)

Permanente geluidhinder (land)

Voor geluidhinder maken we onderscheid in tijdelijke en permanente effecten. Bewoners, recreanten en toeristen kunnen door de aanleg van kabels, leidingen of stations tijdelijke hinder ondervinden, zowel in de vorm van geluid- als visuele hinder. Naast tijdelijke hinder, kunnen omwonenden permanente geluid- en visuele hinder ondervinden indien er een converter-, aanlandstation of elektrolyser in de nabije omgeving wordt geplaatst. De negatieve externe effecten die gerelateerd zijn aan **permanente geluidhinder** door de plaatsing van infrastructuur, zoals een converter-, aanlandstation of elektrolyser worden stapsgewijs bepaald⁷². Hierbij maken we gebruik van de volgende uitgangspunten:

- *Volume effect (mate van geluidhinder)*. Eerst wordt er bepaald in welke mate er geluidhinder plaatsvindt in de gebieden rondom de infrastructuur. Dit doen we aan de hand van de contourafstand (zie Tabel 0-17). De contourafstand refereert in dit geval bijvoorbeeld naar de straal rondom een converterstation waarin men mogelijk geluidhinder kan ervaren, welke is gebaseerd op een geluidsterkte van 50dB van de bron. Voor onze inschatting van deze gebieden zal de informatie uit de plan-MER van Programma VAWOZ leidend zijn. Daarnaast schatten we de geluidhinder in deze fase in voor de plaatsing van één enkele converter- of aanlandstation. Op dit moment is er nog weinig bekend over de het volume-effect van elektrolyzers, gezien de huidige staat van ontwikkeling, waardoor de geluidhinder van elektrolyzers in dit stadium van programma VAWOZ als bandbreedte wordt meegenomen. Hierbij nemen we aan dat elektrolyzers vergelijkbare geluidhinder veroorzaken als converterstations, zoals verder toegelicht in de planMER van programma VAWOZ. In enkele zoekgebieden worden er mogelijk twee of drie converterstations geplaatst, waardoor er sprake kan zijn van cumulatie van geluid en de daaraan verbonden hinder toeneemt. Aan de andere kant kan het totaal aan externe effecten afnemen in een regio, aangezien een zoekgebied *zwaarder* wordt belast, maar daarmee wordt voorkomen dat alle zoekgebieden *gedeeltelijk* worden belast. Echter is op dit moment te weinig informatie om een grove (economische) schatting te geven van de externe effecten ten gevolge van het plaatsen van meerdere stations in één zoekgebied.
- *Aantal omwonenden dat hinder ondervindt*. Voor het gebied dat mogelijk geluidoverlast kan ervaren, zijn het aantal woningen dat mogelijk geluidhinder ondervindt, bepaald op basis van informatie uit de plan-MER van programma VAWOZ. Door het aantal woningen in het contourgebied te vermenigvuldigen met het gemiddelde aantal personen per huishoudens (2,12 in 2023), kunnen we een inschatting maken hoeveel personen hinder kunnen ervaren van de infrastructuur (CBS, 2023). Hierbij laten we de geluidoverlast die toeristen en recreanten ondervinden buiten beschouwing wegens de hoge mate van onzekerheid in het huidige stadium van programma VAWOZ.
- *Effect hinder per omwonende*. De (monetaire) waardering van geluidhinder kunnen we volgens het Handboek Milieuprijzen bepalen aan de hand van overlastkosten en gezondheidskosten, die zijn bepaald per decibel geluidoverlast per persoon per jaar, zie Tabel 0-18. Ondanks dat de specifieke geluidhinder van converterstations, aanlandstations of elektrolyzers hierin niet staat beschreven, kunnen we de waardering voor wegverkeer gebruiken als indicator voor externe effecten omdat dit (in vergelijking met de andere

⁷² Hierbij laten we de mogelijke permanente visuele hinder van de plaatsing van converter- of aanlandstations en elektrolyzers in buiten beschouwing. Deze hinder is in dit stadium van programma VAWOZ te onzeker om te moneteren; daarnaast zijn er geen kengetallen bekend specifiek voor de visuele hinder van dergelijk stations, zoals bijvoorbeeld mogelijk verlies van woningwaarde. Op het moment dat locaties specifiek zijn kan er een gerichte (kwalitatieve) schatting gemaakt worden. In deze fase gaan we ervan uit dat in gebieden waar geluidhinder hoger ligt (daardoor deze gebieden dichter bevolkt zijn), de visuele hinder ook hoger is. Echter zijn deze effecten sterk afhankelijk van de plaatsing van het converters-, aanlandstation of elektrolyser.

indicatoren) de beste proxy is. We nemen hierbij aan dat de constante ruis veroorzaakt door wegverkeer vergelijkbaar is met de constante ruis van de converter-, aanlandstations en elektrolyzers.

De negatieve externe effecten die gerelateerd zijn aan permanente geluidhinder door de plaatsing van infrastructuur wordt via het volgende stappenplan beoordeeld:

1. Bepaling van de perceelgrootte waarop men hinder kan ondervinden middels de contourafstand (i.e. de straal rondom het gebouw waarop men hinder kan ondervinden);
2. Bepaling van de verhouding van gebiedsomvang waarop hinder plaats vindt ten opzichte van de totale oppervlakte van het zoekgebied: *(perceelgrootte van contourafstand) / oppervlakte zoekgebied*;
3. Berekening van het aantal personen in het zoekgebied dat mogelijk hinder ondervindt: *aantal woningen binnen het zoekgebied x gemiddeld aantal personen per huishouden*;
4. Schatting van het gemiddelde welvaartsverlies: *verhouding gebiedsomvang (%) x totaal aantal personen die mogelijk geluidhinder ondervinden het zoekgebied x externe kosten geluidhinder*.

Tabel 0-17 Contourafstanden per type infrastructuur

Type infrastructuur	Contourafstand (50 dB (A) etmaalwaarde)
Converterstation	580 meter
Aanlandstation	50 meter
Elektrolyser	600 meter

Tabel 0-18 Waarderingen geluidhinder (Handboek Milieuprijzen), bedragen €₂₀₂₃ per persoon per jaar

Geluidwaarderingen wegverkeer (dB (A) Lden)	Onderwaarde	Centrale waarde	Bovenwaarde
40-45	€ -	€ -	€ -
45-50	€ -	€ 58,23	€ 77,64
50-55	€ 106,19	€ 229,50	€ 283,17
55-60	€ 357,38	€ 501,25	€ 590,31
50-65	€ 707,92	€ 873,48	€ 999,08
65-70	€ 1.158,93	€ 1.347,32	€ 1.510,60
70-75	€ 1.710,42	€ 1.921,65	€ 2.124,89
75-80	€ 2.362,38	€ 2.598,74	€ 2.841,94
80+	€ 2.797,41	€ 3.048,61	€ 3.318,07

Bron: (CE Delft, 2023)

Beoordelingsmethode landgebruik (biodiversiteit)

Voor het moneteriseren van het verlies aan ruimte op land maken we wederom gebruik van het Handboek Milieuprijzen van CE Delft (2023). De externe kosten voor landgebruik zijn gebaseerd op het verlies in biodiversiteit bij landgebruik en bedragen tussen de €0,09 en €0,16 (m²/jaar), prijspeil 2024. De oppervlakte van de infrastructuur is leidend in het moneteriseren van het landgebruik. Het geschatte welvaartsverlies varieert hierdoor enkel in het type infrastructuur, e.g. converterstation, landstation en elektrolyser. De benodigde oppervlaktes en bijbehorende bandbreedte aan kosten staan weergegeven in Tabel 0-19.

Tabel 0-19 benodigd (permanent) oppervlakte per type infrastructuur en bijbehorende kosten, 40 jaar

Type infrastructuur	Oppervlakte (hectare)	Lage kosten, in mln, 40 jaar	Hoge kosten, in mln, 40 jaar
Converterstation	5,5	€ 0,13	€ 0,24
Aanlandstation	2	€ 0,05	€ 0,09
Elektrolyser	20	€ 0,48	€ 0,87

*de kosten staan weergegeven in prijspeil 2024

Kwalitatieve beoordeling

In deze paragraaf beschrijven we de onderzochte externe effecten en de aanpak om tot een kwalitatieve beoordeling te komen. We lichten de volgende effecten toe:

- Scheepvaartverkeer;
- Militaire activiteiten;
- Visserij en aquacultuur;
- Zand- en schelpenwinning;
- Olie- en gaswinning;
- Geluid- en visuele effecten;
- Landbouw;
- Ecologie;
- CO2-uitstoot.

Scheepvaartverkeer

De Nederlandse havens vervullen in de internationale handel een grote economische rol. Voor het bereiken van de Nederlandse zeehavens ligt er 3.600 km² aan scheepvaartroutes, aanloopgebieden (knooppunten van vaartroutes) en clearways (zie tekstkader hieronder), welke enkel voor deze functies gebruikt mogen worden (Rijksoverheid, 2024d). Indien een elektrische- of waterstofroute door scheepvaartroutes wordt aangelegd, kan de *aanleg* van kabels en leidingen de scheepvaart op deze routes tijdelijk stremmen. Dit kan voor de scheepvaart tijdelijk leiden tot zowel additionele (om)vaarkosten (brandstof en operationeel) als mogelijk een bepaalde mate van verminderde veiligheid (meer obstakels en drukte op de routes)⁷³.

Voor het overgrote deel van de aanleg van de routes op de Noordzee schatten we de *aanleg* snelheid voor bekabeling in op 1.200 tot 6.000 meter per dag⁷⁴. Op sommige aanleglocaties is het noodzakelijk voor werkschepen om tijdelijk stil te liggen, bijvoorbeeld 7 tot 10 dagen bij locaties waar kabels aan elkaar gemaakt worden (zogenaamde ‘moflocaties’)⁷⁵. De aanleg snelheid van leidingen op zee wordt aanzienlijk lager ingeschat (200 tot 1.000 meter per dag⁷⁶), waarmee scheepvaartverkeer sterker wordt gehinderd.

Naast de tijdelijke aard van de stremming op de vaartroutes, zijn de werkzaamheden ook in sterke mate voorspelbaar. Daarom kunnen middels de bestaande informatiesystemen voor scheepvaartverkeer op de Noordzee de externe effecten gerelateerd aan veiligheid en (om)vaarkosten deels (tijdig) gemitigeerd worden. Daarnaast kan er een scheepvaartplan worden opgesteld om de scheepvaart tijdig te informeren over werkzaamheden en alternatieven. Een voorbeeld hiervan is het scheepvaartplan van TenneT voor de aanleg van zee kabels voor project ‘net op zee Hollandse Kust (zuid) (HKZ) (TenneT, 2019)⁷⁷. Hierdoor verwachten we dat de externe effecten van de aanleg van kabels en leidingen gerelateerd aan scheepvaartverkeer op zee beperkt zijn. Bovendien zijn er geen goede methoden of kengetallen beschikbaar om deze kwantitatief uit te drukken. Kwalitatief geldt over het algemeen het volgende: *i.e. een route die langer door zones voor scheepvaartverkeer loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor de scheepvaart, zij het beperkt.*

⁷³ Externe effecten op binnenvaart zijn buiten beschouwing gelaten

⁷⁴ Bron: TenneT

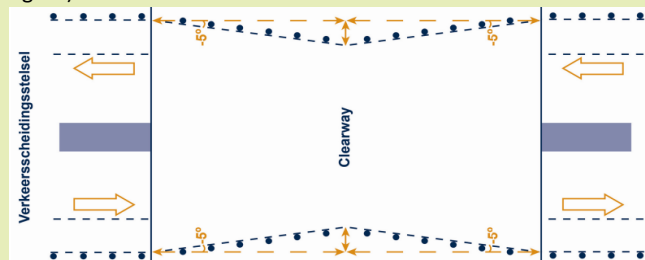
⁷⁵ Bron: TenneT

⁷⁶ Bron: Gasunie

⁷⁷ In het Scheepvaartplan worden maatregelen, communicatie en de planning doorgesproken.

Afbakening scheepvaartroutes

Binnen de welvaartsverkenning kijken we zowel naar de hinder op 'clearways' als verkeersscheidingsstelsels (VSS). Waar er op VSS routes duidelijke "vaarbanen" zijn vastgesteld, varen schepen in 'clearways' in beide richtingen (zie figuur)



Figuur 0-1 Vershil Clearway en VSS, bron: (Noordzeeloket, 2023)

Militaire activiteiten

Op de Noordzee zijn verschillende gebieden aangewezen voor militaire activiteiten. Zo is ruim 7% van de Nederlandse Noordzee beschikbaar voor militair gebruik, i.e. munitiestortplaatsen, oefengebieden mijnenruimen, vlieggebieden en schietterreinen (Rijksoverheid, 2024b). Indien een route door een militair gebied wordt aangelegd, kan de aanleg van kabels en leidingen de militaire activiteiten in dit gebied tijdelijk hinderen. Het gaat hier met name om de gebieden die gebruikt worden voor schietoefeningen, waar door veiligheidsoverwegingen geen schepen mogen varen indien een dergelijke oefening plaatsvindt. Tevens worden de elektrische- en waterstofroutes niet aangelegd door munitiestortgebieden wegens ontploffingsgevaar.

Naar verwachting is het effect van de aanleg van de bekabeling op de militaire activiteiten beperkt. Dit komt zowel door de tijdelijke aard van de aanlegwerkzaamheden als het streven naar meervoudig ruimtegebruik van militaire oefengebieden. Indien er geen militaire activiteiten plaatsvinden in het daarvoor bestemde gebied kan deze (tijdelijk) gebruikt worden voor andere activiteiten, zoals ook de aanleg van kabels en leidingen. Daarom kunnen middels scherpe afstemming van militair gebruik en aanlegwerkzaamheden kunnen de externe effecten van de aanleg beperkt blijven. Indien er geen mogelijkheid is tot voldoende afstemming van militaire activiteiten en aanlegwerkzaamheden, kunnen externe effecten optreden in de volgende vormen:

- Uitwijken van militaire activiteiten naar een ander oefengebied (vaarkosten);
- Tijdelijk verleggen van het oefengebied (organisatiekosten);
- Vertraging in aanlegwerkzaamheden (vertragingkosten).

We verwachten dat de externe effecten verbonden aan militair gebruik beperkt zijn. Daarom – en omdat er geen goede methoden of kengetallen beschikbaar zijn om deze effecten te moneteriseren – nemen we deze mogelijke effecten in de welvaartsverkenning kwalitatief mee: *i.e. een route die langer door een militair gebied loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor militaire activiteiten en/of aanlegwerkzaamheden, zij het beperkt.*

Visserij en aquacultuur

De Noordzee ontleent zich als uitvalsbasis voor de visserij en aquacultuur (zoals de teelt van schelpdieren). Indien een route door visserijgebieden wordt aangelegd, kan de aanleg van kabels en leidingen de visserij tijdelijk hinderen. Hierdoor zouden vissers tijdelijk moeten uitwijken naar andere visgebieden, met additionele vaarkosten en tijdelijke vermindering van het areaal aan visgrond als gevolg. Daarnaast kan de aanleg nabij aquacultuurprojecten (zoals het kweken van mosselen) het water tijdelijk vertroebelen en de bereikbaarheid tijdelijk verminderen. Na de aanleg

van de bekabeling zijn de effecten daarentegen nihil, gezien de kabels op een wijze worden aangelegd dat deze in principe geen onderhoud meer vereisen en men in deze gebieden weer kan vissen. In uitzonderlijke gevallen moet er onderhoud aan de kabels of leidingen gepleegd worden en kunnen er wederom tijdelijke effecten optreden.

Zoals eerder toegelicht in de paragraaf: Scheepvaartverkeer, schat men bij het overgrote deel van de aanleg van de route een aanlegssnelheid van 50 tot 250 meter per uur. Indien men op stukken vist waar een kabel aangelegd wordt, kan men hier tijdelijk niet vissen (vermoedelijk één à twee dagen). Op sommige aanlegvlakken is het noodzakelijk voor werkschepen om tijdelijk stil te liggen (bij moflocaties bijvoorbeeld 7 tot 10 dagen); vissers kunnen in dat geval in theorie een hogere mate van tijdelijke hinder ondervinden van deze werkzaamheden. Desalniettemin zijn er voldoende (nabijgelegen) uitwijkopties voor de visserij, gezien deze voor de gehele kust kunnen vissen, en zijn naar verwachting de effecten van de aanleg van bekabeling op de visserij erg beperkt. Daarom – en omdat er geen goede methoden of kengetallen beschikbaar zijn om deze effecten te moneteriseren – nemen we deze externe effecten niet verder mee. Kwalitatief geldt over het algemeen het volgende: *i.e. een route die langer door de Noordzee loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor de visserij en aquacultuur, zij het beperkt.*

Voorbeeld ordegrootte externe kosten visserij

In de MKBA 'Windenergie binnen de 12-mijlszone' zijn de externe kosten voor de visserij bepaald als gevolg van de realisatie van windmolenparken op de Noordzee (Decisio, 2014). Binnen het onderzoek wordt gekeken naar het efficiëntieverlies van 10% van de vissoort dat kan optreden indien vissers uitwijken naar andere gebieden. Als we kijken naar het gemiddelde verlies in economisch toegevoegde waarde per km², komt dit uit op ongeveer 290 euro per km² per jaar, anno 2023. Daarnaast rekenen ze hogere productiekosten wegens de additionele vaarkosten, deze zijn echter onbekend. Het gaat hierbij om de kosten gerelateerd aan de permanente verplaatsing van de visserij, de aanleg van kabels en leidingen geeft daarentegen alleen tijdelijke hinder. Deze externe kosten zijn niet één op één te vertalen naar de externe kosten als gevolg van de aanleg van de elektrische- en waterstofroutes in ons onderzoek; bij windparken op zee treedt er immers meer permanente ruimtelijke hinder op dan kabels en leidingen in zee. Desondanks geeft dit een goede indicatie van de ordegrootte (of absolute bovengrens) van de externe kosten verbonden aan de hinder voor de visserij door de elektrische- en waterstofroutes. In het hypothetische scenario dat een route door de Noordzee binnen precies één jaar wordt aangelegd - en daarbij per kilometer één vierkante kilometer aan visareaal heeft verstoord door de werkzaamheden -, zou men het gemiddelde verlies in economisch toegevoegde waarde kunnen schatten op 290 euro.

Zand- en schelpenwinning

In de Noordzee zijn er gebieden aangewezen voor de winning van zowel zand als schelpen. Zand uit de Noordzee is een belangrijke grondstof en wordt veel gebruikt als bouw materiaal, voor kustonderhoud en als ophoogzand. Een groot gedeelte van de kust is gereserveerd voor zandwinning (ruim 5.000 km²), waarvan in een meerjarenplan meerdere reserveringszones worden vergund als zandwingebieden. De huidige zandwingebieden zijn vergund voor de periode 2022-2027. Na deze periode zijn er nog geen zandwingebieden vastgelegd. Wel is er bekend, vanuit de concept-NRD van de Partiële Herziening van het Programma Noordzee, het reserveringsgebied wordt uitgebreid (Rijksoverheid, 2024e). Deze uitbreiding is echter nog niet meegenomen in de huidige analyse wegens de onzekerheid in de specifieke zandwinlocaties van de uitbreiding. Indien een route door zandwingebieden wordt aangelegd, kan de aanleg van kabels en leidingen de winning van zand *permanent* hinderen. Zandwinning mag immers niet plaatsvinden binnen 500 meter van de ligging van zeekabels en -leidingen in verband met de kans op kabelbreuk of schade aan de leiding. Indien een route door een toekomstig vergund zandwingebied wordt gelegd, moet men dus rekening houden met de veiligheidszone rondom de kabel. De volgende effecten kunnen optreden:

- Men zal verder moeten varen om zand te kunnen winnen en wordt zo geconfronteerd met additionele vaarkosten, i.e. brandstof- en operationele kosten. Deze 'uitwijkkosten' worden gecompenseerd door het Rijk (zie tekstkader hieronder). Indien er in het opvolgende meerjarenplan voor de zandwinstrategie rekening wordt gehouden met de aangelegde kabels en leidingen, kunnen de uitwijkkosten doorschuiven naar het moment dat de gebieden wel vergund worden;
- Daarnaast treedt er verlies op in de totale beschikbaarheid van het zandwinningsareaal van één km² per km² aan bekabeling en leidingen, wegens de veiligheidszone aan beide kanten van de kabel. Met de huidige zandwinstrategie is er voldoende zand tot naar schatting het einde van de 21^e eeuw, daarnaast zijn er ook mogelijkheden tot uitbreiding van het totaal aan zandwinareaal. Zeker op de lange termijn is de beschikbaarheid van zandvoorraden cruciaal, met oog op de verwachte zeespiegelstijging en toename in kustonderhoud. We schatten de impact op de totale zandwinvoorraad daarom beperkt in wegens de huidige beschikbaarheid van de zandvoorraad en de mate waarin deze af kan nemen door de aanleg van kabels en leidingen (+/- 1,6% van het totale areaal in km² voor één van de routes welke het langst het zandwingebied doorkruist).

Gezien de onzekerheden gerelateerd aan de toekomstige vergunning van zandwingebieden en de verwachte beperkte omvang van de externe effecten, nemen we de externe effecten kwalitatief mee: *i.e. een route die langer door een reserveringsgebied voor zandwinning loopt, heeft mogelijk meer impact op de (toekomstige) zandwinning, zij het beperkt.*

Voorbeeld ordegrootte externe kosten zandwinning

Blue Economy (2009) heeft onderzoek gedaan naar de economische effecten van de zandwinstrategie. Voor drie verschillende type schepen zijn de kosten per extra kilometer varen bepaald, welke gemiddeld genomen 0,12 euro per kilometer bedragen, anno 2023. Om de ordegrootte van omvaarkosten te bepalen nemen we een hypothetisch scenario, waarin we kijken naar het minst gunstige en het gunstigste scenario. In het meest gunstige scenario zijn er geen omvaarkosten (de kabel ligt buiten vergund gebied). Voor het minst gunstige scenario ligt de kabel net in een vergund zandwingebied aan de kustkant (schepen moeten de kabel elke tocht passeren). We nemen dan aan dat er met enkel de kleinste schepen (ruimte voor 3.500 m³) zand wordt gewonnen. Een ruwe schatting van de omvaarkosten wordt op de volgende wijze gemaakt:

$$\text{Omvaarkosten} = \text{zandbehoefte in een vergund zandwingebied} / \text{ruimte op schip} \times 0,13 \text{ euro} \times 2^*$$

Voor Den Helder was de totale zandbehoefte voor 2018-2027 geschat op 7 miljoen m³ (Sweco, 2017). Zandwinning enkel met de kleinste schepen leidt tot een totaal aan omvaarkosten van 520 euro voor deze periode. Daarmee is 0 euro tot 520 euro de bandbreedte voor de additionele vaarkosten van dit hypothetische scenario voor Den Helder.

** Er moet zowel op de heen- als terugweg één kilometer over de veiligheidszone van bekabeling gevaren worden.*

Schelpen worden bijvoorbeeld gebruikt als isolatiemateriaal en voor de verharding van voetpaden. Per jaar wordt er een quota uitgegeven voor de winning van schelpen, welke plaats mag vinden voor de gehele kust. In tegenstelling tot zandwinning, zijn er geen specifieke wingebieden bepaald. Door de vele uitwijkmogelijkheden en onuitputbare karakter van schelpenwinning (er mag niet meer gewonnen worden dan de natuurlijke aanwas), achten we het effect van de aanleg van bekabeling en leidingen op de schelpenwinning minimaal.

Olie- en gaswinning

Nederland boort in de Noordzee naar nieuwe olie- en gasvelden om de leveringszekerheid van gas te bevorderen. Momenteel gaat het om ongeveer 160 productielocaties (Rijksoverheid, 2024c). Om dit te bewerkstelligen verleent de overheid vergunningen aan olie- en gasondernemingen voor zowel de opsporing als de aanboring van nieuwe velden. Indien een productieveld als economisch rendabel wordt ingeschat wordt er een productieplatform geplaatst en leidingen aangelegd om de olie of gas naar de kust te transporteren. De aanleg van kabels en leidingen kan de winning van olie en gas

permanent hinderen. De bekabeling neemt ruimte in op de Noordzeebodem, waardoor deze niet meer voor andere doeleinden gebruikt kan worden. Tijdens het boorproces en het aanleggen van leidingen voor olie- en gasproductie, moet men rekening houden met de veiligheidszone rondom de kabels. In deze gebieden wordt de winning gecompliceerder (door bijvoorbeeld 'schuin boren'), met als gevolg mogelijk negatieve impact op de productiekosten. Deze impact zal echter verschillen per producerend gasveld en hangt sterk samen met de alternatieven voor boringen en de aanleg van leidingen. Indien er bijvoorbeeld voldoende gelijkwaardige uitwijkmogelijkheden voor boringen zijn, zijn de externe effecten van de aanleg van bekabeling beperkt.

De mogelijke impact van de aanleg van kabels en leidingen verschilt dus per producerend gasveld (in de huidige situatie) en er bestaat nog onzekerheid over de toekomstig verleende vergunningen voor olie- en gaswinning. Daarom – en omdat er geen goede methoden of kengetallen beschikbaar zijn om deze effecten te moneteriseren – nemen we deze externe effecten niet verder mee. Kwalitatief geldt over het algemeen het volgende: *i.e. een route die langer door een producerend olie- of gasveld loopt, heeft mogelijk meer impact op de business case van (toekomstige) olie- en gaswinning.*

Geluid- en visuele effecten⁷⁸

Voor geluidhinder maken we onderscheid in tijdelijke en permanente effecten. Bewoners, recreanten en toeristen kunnen door de aanleg van kabels, leidingen of stations **tijdelijke** hinder ondervinden, zowel in de vorm van geluid- als visuele hinder.

De aanleghinder kan in theorie bijvoorbeeld leiden tot tijdelijke vermindering van toerisme in de regio (deze is minder aantrekkelijk door de werkzaamheden) en daarmee mogelijk tot een (tijdelijk) verlies in omzet voor lokale ondernemers, zoals campings of horecagelegenheden. De impact hiervan op de toeristische branche is sterk afhankelijk van de locatie en bovendien seizoensgebonden. Zo zal dit effect bijvoorbeeld groter zijn als de aanlegwerkzaamheden in de zomer op of nabij het strand plaatsvinden aangezien de strandregio's in die perioden voornamelijk druk worden bezocht. Uit de Plan-MER van programma VAWOZ blijkt ook dat deze effecten hoogstwaarschijnlijk in grotere mate opspelen bij de directe aanlanding van de kabels en leidingen aan de kust wegens de toeristische en/of recreatieve functie van deze gebieden. Naast verminderd toerisme kunnen aanlegwerkzaamheden ook tijdelijk leiden tot een vermindering in de belevingswaarde van recreanten, zoals kitesurfers, fietsers of wandelaars. Zo zijn de kosten voor geluidhinder ruw geschat tussen de 0,026 - 0,046 euro per decibel per verstoorde dagtocht anno 2023 (Ministerie van LNV, 2006). Wegens de onzekerheden rondom de aanlegfase, het ontbreken van goede methoden om deze effecten te moneteriseren en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *i.e. een route die langer door recreatieve gebieden loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor recreanten, zij het beperkt.*

⁷⁸ We kijken hierbij enkel naar de exacte routedoorkruisingen met recreatieve en/of bewoonde gebieden. Naast de tijdelijke geluidhinder op het aanlegterrein zelf kunnen de beschreven externe effecten ook in de nabije omgeving opspelen. Deze effecten worden waar mogelijk kwalitatief beschreven op basis van de plan-MER van programma VAWOZ.

Naast hinder voor recreanten kan de aanleg van kabels en leidingen ook tijdelijke hinder geven aan bewoners indien deze door bebouwde gebieden loopt. Naast vermindering van de ervaren rust kan de bereikbaarheid van bebouwde gebieden tijdelijk in geding komen. De mate waarin deze effecten optreden is sterk afhankelijk van de duur van de aanlegwerkzaamheden en de manier waarop de bekabeling wordt aangelegd. Gezien de onzekerheden rondom de aanlegfase, het ontbreken van goede methoden om deze effecten te moneteriseren en de naar verwachting beperkte impact door de tijdelijkheid van de aanlegwerkzaamheden nemen we dit effect kwalitatief mee: *i.e. een route die langer door bebouwde gebieden loopt, geeft mogelijk meer tijdelijke hinder voor omwonenden, zij het beperkt.*

Landbouw

Een groot deel van de Nederlandse grond wordt gebruikt voor landbouwactiviteiten. De aanleg van kabels en leidingen loopt waarschijnlijk voor een groot deel door zulke gebieden. De doorkruising van landbouwgebieden kan voor agrariërs tot extra kosten leiden; deze worden zoveel als mogelijk in de directe kosten voor TenneT of Gasunie geïnternaliseerd (zie toelichting in paragraaf 2.1.1). Zo kunnen agrariërs bijvoorbeeld geconfronteerd worden met (tijdelijke) directe kosten, zoals de directe schade aan gewassen en gederfde inkomsten door de graaf- en aanlegwerkzaamheden op landbouwgrond. Van deze kosten is het uitgangspunt dat deze zelden gemaakt worden, gezien leidingbeheerders de kabels en/of leidingen met het principe *'bury and would like to forget'* aanleggen en daarmee zo min mogelijk onderhoud willen plegen. Naast directe kosten kan er op de lange termijn ook sprake zijn van indirecte kosten die verbonden zijn aan landdegradatie. Een voorbeeld hiervan is de mogelijk mindere oogst van gewassen op plekken waar een kabel/leiding ligt, gezien het water hier minder in de grond kan trekken. De mate waarin deze effecten optreden is zowel grond- als gewasafhankelijk en kan verschillen tussen agrarische gebieden.

Zoals gezegd worden de beschreven kosten doorgaans in overleg met de Land- en Tuinbouw Organisatie van Nederland door leidingbeheerders gecompenseerd. In de huidige fase van programma VAWOZ zijn deze kosten nog niet meegenomen in het directe kostenplaatje van de aanleg van kabels en leidingen. Gezien er wel differentiatie in de doorkruising van landbouwgebieden per route optreedt en deze impact kunnen hebben op de economische bedrijvigheid van agrariërs, is het van belang om de welvaartseffecten hiervan in overweging te nemen. Dit doen we in deze fase in de vorm van externe effecten. Aangezien deze kosten in een latere fase als directe kosten worden gerekend, nemen we deze nu kwalitatief mee: *i.e. een route die langer door agrarische gebieden loopt, heeft mogelijk meer impact op de economische activiteiten van agrariërs.*

Voorbeeld orde grootte externe kosten (later directe kosten) landbouw

De directe kosten, i.e. de gewasschade ten gevolge van de aanleg van kabels, worden jaarlijks per gewas bepaald door de Land- en Tuinbouw Organisatie van Nederland (LTO, 2023). We nemen een hypothetisch scenario waarbij een route 8 kilometer lang door landbouwgrond loopt, welke volledig ingezaaid is met het gewas Tarwe. We nemen hierbij aan dat men 16m² werkstrook per m aanleg van leidingen en/of kabels nodig heeft. In dit hypothetische scenario zou de agrariër mogelijk voor $8000 \times 16 = 128.000$ m² gecompenseerd kunnen worden aan directe kosten. Het gewastarief van tarwe is 0,35 euro, dit somt op tot een bedrag van 44.800 euro (exclusief eventuele verpleegkosten en manuren). Een inschatting van de (mogelijk permanente) indirecte kosten kan echter niet gegeven worden gezien deze sterk afhankelijk is per landbouwgebied en gewas.

Ecologische effecten

In Nederland liggen verschillende gebieden met hoge ecologische waarde, zoals Natura-2000 gebied. Indien een route door een gebied met hoge ecologische waarde zou worden aangelegd, kan de aanleg van kabels tijdelijke en permanente gevolgen hebben voor deze gebieden. Hier zitten externe kosten, zoals tijdelijk habitatverlies en habitatsverstoring of permanente verzuring en vermesting (stikstofdepositie), aan verbonden. In programma VAWOZ wordt er voor de aanleg van leidingen en kabels echter wel rekening gehouden met gebieden met hoge ecologische waarde. Waar mogelijk kijkt men naar opties voor rerouting of het nemen van mitigerende maatregelen, hierdoor nemen we aan dat de permanente impact op de ecologie beperkt zal zijn. Ook voor de aanleg van converter- en aanlandstations is het niet aannemelijk dat deze in een gebied met hoge ecologische waarde worden geplaatst, kunnen er wel permanente effecten met betrekking tot de biodiversiteit ontstaan.

Als we deze mogelijke (tijdelijke en permanente) impact vertalen naar welvaartseffecten gaat het voornamelijk om de culturele waarde die men hecht aan een bepaald gebied. Verlies van biodiversiteit kan resulteren in een verlies van de niet-gebruikswaarde van een gebied. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de belevingswaarde die men ervaart van een gebied, het doorgeven van (gelijkwaardige kwaliteit) natuur aan toekomstige generaties en de bereidheid tot het behoud van natuur voor de ervaring (CE Delft & Arcadis, 2018). De waardering van deze ecologische effecten is sterk casus-afhankelijk en wordt doorgaans middels de betalingsbereidheid van consumenten gemeten. In dit rapport nemen we gezien de (voor nu) onzekerheden in de aanlegfase en de waarschijnlijke beperkte economische impact, de mogelijke externe effecten omtrent ecologie kwalitatief mee, *i.e. een route die langer door natuurlijke gebieden loopt, heeft mogelijk meer impact op de biodiversiteit, zij het beperkt.*

CO₂-uitstoot

Alhoewel in algemene zin de productie en aanlanding van hernieuwbare energie CO₂-uitstoot terugdringt, hebben we twee effecten onderzocht welke kunnen leiden tot meer CO₂-emissies:

- CO₂-emissies als gevolg van de productie en aanleg van infrastructuur;
- CO₂-emissies als gevolg van redispatch.

De methodiek om de CO₂-emissies als gevolg van redispatch kwantitatief te beoordelen staat uitgebreid toegelicht in hoofdstuk 2.1.3. In deze paragraaf gaan we enkel in op de CO₂-uitstoot als gevolg van de productie en aanleg van infrastructuur. Het CO₂-effect van deze aanleg is lineair verbonden aan de lengte van de kabel of leiding. Het CO₂-effect versterkt daarmee in zekere mate de verschillen in directe kosten voor de kabels en leidingen onderling; een langere kabel heeft immers doorgaans hogere directe kosten dan een kortere kabel. Op basis van de huidige informatie zal de CO₂-uitstoot voor de aanleg van stations en/of elektrolyzers niet significant differentiëren per locatie. Het CO₂-effect versterkt in zekere mate de verschillen in directe kosten voor de kabels onderling. Een langere kabel heeft immers over het algemeen hogere directe kosten dan een kortere kabel. Al met al nemen we de CO₂-uitstoot als gevolg van de aanleg van kabels en leidingen niet verder mee in de analyse. Kwalitatief geldt over het algemeen het volgende: *i.e. een langere route leidt tot meer CO₂-uitstoot en dus hogere externe kosten dan een kortere route.*

COLOFON

Programma VAWOZ

Datum

27-06-2025

Status

Definitief

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

BRO B.V.

1018 TX Amsterdam
Rhijnspoorplein 38
+31 (0)20 506 19 99

www.bro.nl

CE Delft B.V.

Oude Delft 180
2611 HH Delft
+31 (0)15-2150150

www.ce.nl

Pondera Consult B.V.

Postbus 919
6800 AX Arnhem
Nederland
+31 (0)88 7663 372

www.ponderaconsult.com