



Integrale effectenanalyse

380 kV-hoogspanningsverbinding
Viervelaten - Ens

De teksten in de integrale effectenanalyse zijn geschreven met het oog op het moment dat het rapport samen met de ontwerp-voorkeursbeslissing ter inzage wordt gelegd (voorzien in kwartaal 1 van 2026).

Dit betekent dat teksten in de verleden tijd zijn geschreven als het gaat over de periode tot kwartaal 1 van 2026, ook als een activiteit nog niet heeft plaatsgevonden op het moment van schrijven van deze versie van het rapport.

De IEA is opgedeeld in een deel A en deel B.

Deel A bevat de essentie van de IEA en sluit af met de conclusies.

Deel B bevat meer achtergrondinformatie en uitleg per thema en kan gezien worden als samenvatting van de deelrapporten

Sweco Nederland B.V.

Onderwerp:

Projectnummer:

Klant:

Datum:

Auteur:

Handelsregister 30129769

Integrale effectenanalyse 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten - Ens

51014831

TenneT TSO B.V.

20-06-2025

Sweco projectteam

Deel A	5
1. Introductie integrale effectenanalyse.....	6
1.1 Aanleiding en doel.....	6
1.1.1 Een nieuwe hoogspanningsverbinding Volverlaten-Ens	6
1.1.2 Projectprocedure	6
1.2 Doel voorliggend rapport.....	6
1.3 Leeswijzer	7
2. Introductie 380 kV-hoogspanningsverbinding	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Het huidige elektriciteitsnet	9
2.3 Waarom is deze 380 kV-hoogspanningsverbinding nodig?.....	10
2.4 Wat gaat TenneT realiseren?.....	12
2.5 Stappen van integrale effectenanalyse naar voorkeursalternatief.....	13
3. Introductie tracéalternatieven en varianten	15
4. Conclusie relevante effecten	18
4.1 Inleiding	18
4.2 Effecten met risico voor de uitvoerbaarheid of vergunbaarheid	18
4.3 Wezenlijke effecten voor keuze voorkeursalternatief.....	21
Deel B	29
5. Thema milieu	30
5.1 Inleiding	30
5.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven.....	30
5.3 Bodem en water	34
5.4 Natuur.....	34
5.5 Landschap en cultuurhistorie	35
5.6 Archeologie en aardkundige waarden	36
5.7 Veiligheid.....	36
5.8 Leefomgeving en gezondheid	37
5.9 Gebruiksfuncties	37
5.10 Duurzaamheid	38
5.11 Effectbeoordeling varianten	38
6. Thema omgeving.....	41
6.1 Inleiding	41
6.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven.....	41
6.3 Participatieproces.....	44
6.4 Beschrijving zorgen en aandachtspunten	46
6.5 Raakvlakken zachte ontwikkelingen	48
6.6 Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken	53
7. Thema techniek	54
7.1 Inleiding	54
7.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven.....	54
7.3 Leveringszekerheid	58
7.4 Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid	59
7.5 Technische maakbaarheid	60
7.6 Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur.....	62

7.7	Doorlooptijd	63
7.8	Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken	64
8.	Thema toekomstvastheid	67
8.1	Inleiding	67
8.2	Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven	67
8.3	Geografische spreiding in relatie tot de ringstructuur	69
8.4	Robuustheid	70
9.	Thema kosten	72
9.1	Inleiding	72
9.2	Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven	72
9.3	Stichtingskosten	74
9.4	Additionele kosten ten behoeve van levensduurkosten	76
9.5	Congestiekosten	77
9.6	Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken	78
10.	Raakvlak verzwarende 220 kV-hoogspanningsverbinding	79
10.1	Aanpak 79	
10.2	Overzicht effecten	79
10.2.1	Conclusie	79
10.2.2	Effecten milieu	80
10.2.3	Effecten omgeving	80
10.2.4	Effecten techniek	80
10.2.5	Effecten toekomstvastheid	80
10.2.6	Effecten kosten	81
11.	Raakvlak Lelylijn en NOVEX-gebiedsontwikkelingen	82
11.1	Aanpak 82	
11.2	Overzicht effecten	82
12.	Raakvlak nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen-Lelystad-Ens	87
12.1	Aanpak 87	
12.2	Overzicht effecten	87
12.2.1	Conclusie	87
12.2.2	Effecten milieu	88
12.2.3	Effecten techniek	89
12.2.4	Effecten omgeving	89
12.2.5	Effecten toekomstvastheid en kosten	89

Deel A

1. Introductie integrale effectenanalyse

1.1 Aanleiding en doel

1.1.1 Een nieuwe hoogspanningsverbinding Vierverlaten-Ens

Het gebruik en transport van elektriciteit in Nederland neemt al decennialang toe. Het hoogspanningsnet in Nederland wordt zwaarder belast en door de energietransitie zet deze ontwikkeling de komende jaren sterk door. Noord-Nederland neemt hierbij een belangrijke plaats in door:

- de aanlanding van (nieuwe) windparken op de Noordzee;
- de verdergaande ontwikkeling van een grootindustriële cluster met de doelstelling om te elektrificeren;
- de toename van het aantal verbindingen met het Europese elektriciteitsnet.

Om de energietransitie te kunnen faciliteren en knelpunten in het elektriciteitsnet te voorkomen is een 380 kV-hoogspanningsverbinding nodig tussen de hoogspanningsstations Vierverlaten in de gemeente Groningen en Ens in de gemeente Noordoostpolder. Deze nieuwe hoogspanningsverbinding lost knelpunten op die ontstaan door meer aanbod van duurzame opwek enerzijds en meer vraag naar elektriciteit van huishoudens en bedrijven anderzijds. Ook is de hoogspanningsverbinding nodig om het internationale stroomtransport van en naar Duitsland en de rest van Europa beter te faciliteren. Ten slotte maakt de nieuwe hoogspanningsverbinding ruimte vrij op het onderliggende hoogspanningsnet (het hoogspanningsnet met een spanningsniveau van 220 kV en lager).

TenneT is de initiatiefnemer voor de aanleg van de nieuwe hoogspanningsverbinding. De minister van Klimaat en Groene Groei is samen met de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening het bevoegd gezag voor de besluitvorming over de ruimtelijke inpassing van de nieuwe hoogspanningsverbinding. Hiervoor wordt de projectprocedure uit de Omgevingswet gevolgd. De minister van Klimaat en Groene Groei coördineert tevens de vergunningverlening.

1.1.2 Projectprocedure

De projectprocedure bestaat uit een verkennings- en een planuitwerkingsfase. In de verkenningsfase wordt getrechterd naar één voorkeursalternatief in de voorkeursbeslissing. Na de voorkeursbeslissing start de planuitwerkingsfase. In deze fase wordt het voorkeursalternatief uitgewerkt tot een definitief tracé dat wordt vastgelegd in het projectbesluit.

1.2 Doel voorliggend rapport

In voorliggende integrale effectenanalyse worden de effecten van vijf tracéalternatieven met elkaar vergeleken. Daarbij wordt gekeken naar effecten op milieu (plan-MER), omgeving, techniek, kosten en toekomstvastheid. Naar de raakvlakken met de Lelylijn (inclusief daaraan gekoppelde NOVEX-gebiedsontwikkelingen), de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen-Lelystad-Ens en de opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding zijn daarnaast aparte analyses uitgevoerd.

Het doel van de integrale effectenanalyse is om relevante beslisinformatie te bieden en daarmee het proces van de keuze voor een voorkeursalternatief door het bevoegd gezag te faciliteren. De integrale effectenanalyse geeft een feitelijke weergave van de wezenlijke en onderscheidende effecten en belangen rondom de keuze van een voorkeursalternatief. Het

document beschrijft objectief de omvang van de effecten van de tracéalternatieven en varianten voor de tracés, maar bevat geen (belangen)afweging of voorkeur voor een specifiek tracé. Uit de integrale effectenanalyse volgt dus geen voorkeursalternatief.

De minister van Klimaat en Groene Groei (KGG) kiest samen met de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO) een voorkeursalternatief en legt deze vast in de voorkeursbeslissing. Deze keuze is gebaseerd op de integrale effectenanalyse met de onderliggende onderzoeken, maar houdt ook rekening met het advies vanuit de regio, het advies van de Commissie voor de milieueffectrapportage, de zienswijzen op de ontwerp-voorkeursbeslissing en afstemming met andere betrokken ministeries.

1.3 Leeswijzer

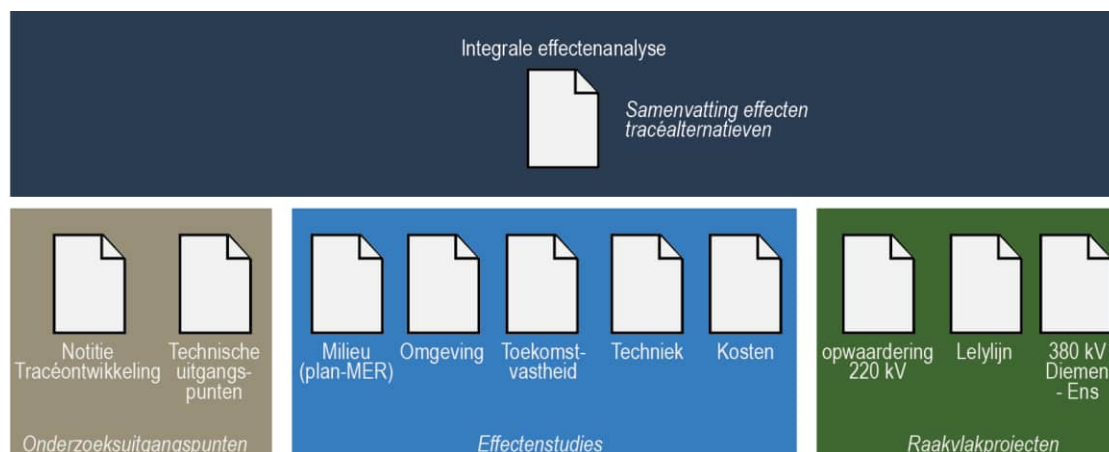
De integrale effectenanalyse gaat in op de volgende vijf thema's:

- milieu;
- omgeving;
- techniek;
- kosten;
- toekomstvastheid.

De vijf thema's zijn uitgewerkt in achtergrondrapporten, die als bijlagen beschikbaar zijn bij de integrale effectenanalyse. Daarnaast wordt ingegaan op raakvlakken met drie andere projecten in de nabijheid van de nieuwe hoogspanningsverbinding:

- Opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding;
- Lelylijn en NOVEX-gebiedsontwikkelingen;
- Nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen-Lelystad-Ens.

Figuur 1.1 geeft inzicht in de rapporten die ten grondslag liggen aan de integrale effectenanalyse.



Figuur 1.1 | Integrale effectenanalyse inclusief achtergrondrapporten

De integrale effectenanalyse is in twee delen te onderscheiden. Deel A (hoofdstukken 1 tot en met 4) bevat de essentiële informatie van de integrale effectenanalyse. Deze hoofdstukken beschrijven de aanleiding en het doel van de integrale effectenanalyse (hoofdstuk 1), het project (hoofdstuk 2), de tracéalternatieven en varianten (hoofdstuk 3) en de effecten die relevant zijn voor de afweging omtrent het voorkeursalternatief (hoofdstuk 4). Hoofdstuk 4 bevat daarmee de essentiële informatie van de integrale effectenanalyse en kan gezien worden als de **conclusie** van de integrale effectenanalyse.

Deel B van de integrale effectenanalyse (hoofdstukken 5 tot en met 12) bevat meer detailinformatie over de onderzochte aspecten. Deze hoofdstukken kunnen gezien worden als een **samenvatting** van de effecten zoals die zijn onderzocht in de effectenstudies.

Tabel 1.1 geeft een overzicht van de informatie per hoofdstuk in deze integrale effectenanalyse.

Tabel 1.1 | Leeswijzer voor de integrale effectenanalyse

	Wat leest u per hoofdstuk?	Achtergrondrapport
Deel A	1. Introductie integrale effectenanalyse - aanleiding voor de nieuwe hoogspanningsverbinding - doel van de integrale effectenanalyse - opbouw van de integrale effectenanalyse	
	2. Introductie 380 kV-hoogspanningsverbinding - toelichting op het project en waarom het nodig is - uitleg over de procedure naar een voorkeursbeslissing	Bijlage 1: Technische uitgangspunten
	3. Introductie tracéalternatieven en varianten - toelichting op onderzochte tracéalternatieven - toelichting op onderzochte varianten bij enkele tracéalternatieven	Bijlage 2: Notitie tracéontwikkeling
	4. Conclusie - selectie onderscheidende aspecten - samenvatting effecten relevante aspecten	
Deel B	5. Beoordeling thema milieu - methode effectenbeoordeling milieu - samenvatting resultaten effectenbeoordeling milieu	Bijlage 3: Plan-MER (deelrapport milieu) met onderliggende onderzoeken
	6. Beoordeling thema omgeving - methode effectenbeoordeling omgeving - samenvatting resultaten effectenbeoordeling omgeving	Bijlage 4: Deelrapport omgeving
	7. Beoordeling thema techniek - methode effectenbeoordeling techniek - samenvatting resultaten effectenbeoordeling techniek	Bijlage 5: Deelrapport techniek
	8. Beoordeling thema toekomstvastheid - methode effectenbeoordeling toekomstvastheid - samenvatting resultaten effectenbeoordeling toekomstvastheid	Bijlage 6: Deelrapport toekomstvastheid
	9. Beoordeling thema kosten - methode effectenbeoordeling kosten - samenvatting resultaten effectenbeoordeling kosten	Bijlage 7: Deelrapport kosten
	10. Raakvlak opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding - methode effectenbeoordeling - samenvatting effectenbeoordeling	Bijlage 8: Raakvlakkenonderzoek opwaardering 220 kV
	11. Raakvlak Lelylijn en NOVEX-gebiedsontwikkelingen - methode effectenbeoordeling - analyse raakvlakken met Lelylijn en NOVEX - 380 kV-varianten ten behoeve van de Lelylijn - samenvatting effectenbeoordeling voor de 380 kV-varianten ten behoeve van de Lelylijn	Bijlage 9: Raakvlakkenonderzoek Lelylijn
	12. Raakvlak 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen-Ens - methode effectenbeoordeling - samenvatting effectenbeoordeling	Bijlage 10: Raakvlakkenonderzoek 380 kV Diemen-Ens

2. Introductie 380 kV-hoogspanningsverbinding

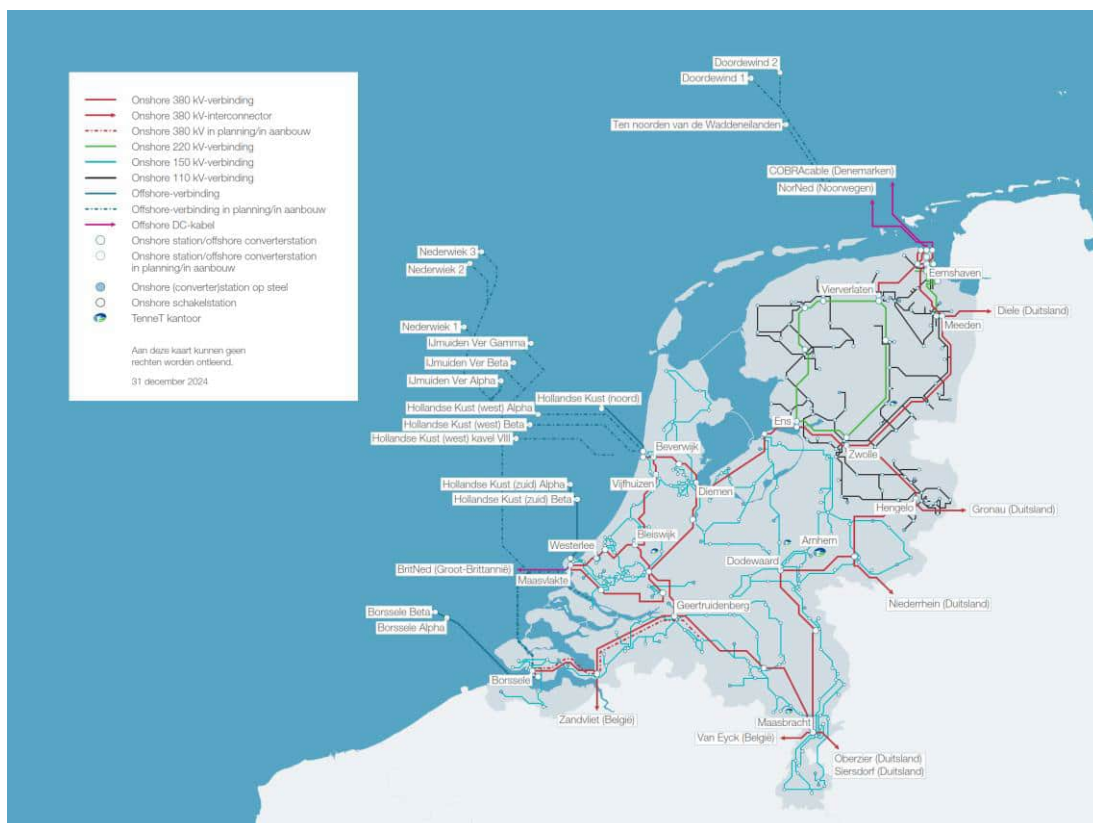
2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de voorgenomen activiteit van initiatiefnemer TenneT en waarom een nieuwe hoogspanningsverbinding nodig is. Na een toelichting op het functioneren van het huidige elektriciteitsnet in Nederland, beschrijft paragraaf 2.3 de geconstateerde knelpunten in het elektriciteitsnet die aanleiding zijn voor het project. Paragraaf 2.4 beschrijft de verschillende onderdelen van de nieuwe hoogspanningsverbinding tussen de hoogspanningsstations in Ververlaten en Ens. In paragraaf 2.5 wordt de projectprocedure beschreven, met name de stappen naar een voorkeursbeslissing.

2.2 Het huidige elektriciteitsnet

Het elektriciteitsnet in Nederland transporteert stroom van de producenten naar de gebruikers. TenneT, als landelijk netbeheerder, is verantwoordelijk voor het landelijke hoogspanningsnet, dat bestaat uit verbindingen van 380 kV, 220 kV, 150 kV en 110 kV (zie figuur 2.1). De 380 kV-hoogspanningsstations zijn de knooppunten in het landelijke netwerk voor de verdeling van elektriciteit. De meeste hoogspanningsstations transformeren elektriciteit naar een ander spanningsniveau en brengen deze naar het regionale netwerk via 110 kV- en 150 kV-hoogspanningsverbindingen, voor verdere verspreiding door Nederland.

Het 380 kV-hoogspanningsnet speelt een cruciale rol in het transport van grootschalig opgewekt vermogen door heel Nederland en naar het buitenland, zoals voorgeschreven door Europese richtlijnen. Dit netwerk bestaat uit een hoofdringstructuur met enkele subringen en verbindingen. De hoofdringstructuur loopt via de plaatsen Ens, Diemen, Geertruidenberg, Maasbracht, Dodewaard, Hengelo en Zwolle. De ringen staan in verbinding met de windparken op zee, enkele grote elektriciteitscentrales en met de buurlanden zoals Groot-Brittannië, België, Duitsland, Denemarken en Noorwegen (de paarse lijnen in figuur 2.1). De ringstructuur zorgt voor de robuustheid van het hoogspanningsnet. Als een verbinding uitvalt, is het mogelijk om elektriciteit via een andere route aan te leveren. Zo kan TenneT voldoen aan de eisen op het gebied van leveringszekerheid.



Figuur 2.1 | Hoogspanningsnet kaart Nederland 2024 (TenneT, 2024) [Netkaarten \(tennet.eu\)](https://www.tennet.eu)

2.3 Waarom is deze 380 kV-hoogspanningsverbinding nodig?

Knelpunten op het hoogspanningsnet

Als landelijk netbeheerder is TenneT verantwoordelijk voor het landelijke hoogspanningsnet, de 'snelwegen' van het Nederlandse elektriciteitsnet. Dit transportnet vormt de basis voor de betrouwbaarheid en continuïteit van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening: dit hoogspanningsnet koppelt regionale netten en zorgt voor de toegang tot de Europese elektriciteitsmarkt. Uit onderzoek in 2021 blijkt dat versterking van het hoogspanningsnet noodzakelijk is, waarbij een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding essentieel is¹. Het investeringsplan van TenneT² bevestigt de verwachte knelpunten in het hoogspanningsnet. De voornaamste knelpunten zijn:

- **Toenemend vermogen van duurzame opwek en elektrificatie:** Vanaf 2025 ontstaan knelpunten in Noord-Nederland door toenemend vermogen van duurzame opwek en de elektrificatie van de energievraag. Zonder capaciteitsvergroting van het hoogspanningsnet heeft TenneT na 2030 nog meer moeite om alle producenten en gebruikers te faciliteren bij het transporteren van vermogen, wat de leveringszekerheid bedreigt.
- **Storingen en onderhoud:** storingen zijn nu al moeilijk op te vangen en onderhoud is lastig uit te voeren. Met een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding ontstaat een ringstructuur in Noord-Nederland, waardoor de leveringszekerheid ook bij storing en

¹ Nut en Noodzaak Netversterking Noord-Nederland; onderzoek naar nut en noodzaak van versterking van hoogspanningsinfrastructuur in Noord-Nederland. Berenschot, rapportnummer 63670, februari 2021.

² Investeringsplan Net op land 2022-2031, TenneT, 12 september 2022 en Investeringsplan Net op land 2024-2033, TenneT, 17 april 2024.

onderhoud gewaarborgd blijft. De nieuwe hoogspanningsverbinding versterkt de betrouwbaarheid van het hoogspanningsnet in Noord-Nederland.

- **Europese wetgeving:** Nieuwe Europese wetgeving vereist dat het hoogspanningsnet beschikbaar is voor transport van en naar het buitenland. Een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding draagt hier significant aan bij.

Aansluiting windparken op zee en Eemshaven

Eemshaven is vanwege de ligging aan de kust aangewezen als één van de belangrijke productielocaties voor elektriciteit en aanlandingslocatie van offshore windenergie. Eemshaven is daarnaast een belangrijk schakelpunt in het internationale elektriciteitsnet, vanwege een verbinding met Noorwegen (NorNed) en met Denemarken (COBRACable). In 2013 en 2015 zijn twee nieuwe elektriciteitscentrales met een gezamenlijk vermogen van 3.000 megawatt (MW) in gebruik genomen.

Er worden capaciteitsknelpunten verwacht in de afvoer van het opgewekte en geïmporteerde vermogen vanuit Eemshaven. Om deze knelpunten op te lossen, moet de transportcapaciteit tussen de Eemshaven en Diemen worden verhoogd. De transportcapaciteit wordt vergroot door een combinatie van het realiseren van nieuwe verbindingen en het opwaarderen van een deel van het bestaande hoogspanningsnet (vervangen geleiders in de bestaande verbindingen zodat de transportcapaciteit wordt vergroot).

Nieuwe hoogspanningsverbinding Vierverlaten-Ens

Tussen Eemshaven en Vierverlaten is reeds een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding gerealiseerd. De benodigde nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Diemen is gesplitst: een deel tussen Vierverlaten en Ens (voorliggend project) en een deel tussen Ens en Diemen, via Lelystad (separaat project). Hoogspanningsstation Ens vormt de schakel tussen beide nieuwe hoogspanningsverbindingen.

De nieuwe hoogspanningsverbinding heeft de volgende voordelen:

- De hoogspanningsverbinding vermindert de kwetsbaarheid van het landelijke netwerk bij geplande of ongeplande uitval, bijvoorbeeld door onderhoud, storingen of calamiteiten, door een robuuste ringstructuur te creëren.
- Duurzaam opgewekte elektriciteit kan ook na 2030 vanuit grootschalige productielocaties, zoals windparken op zee en zonneparken, worden getransporteerd naar het landelijke netwerk en grote afnemers van elektriciteit kunnen worden aangesloten.
- De nieuwe hoogspanningsverbinding ontlast het bestaande 220 kV-hoogspanningsnet, doordat een deel van de transportfunctie van het 220 kV-hoogspanningsnet overgedragen wordt naar de 380 kV-hoogspanningsverbinding. De nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding zorgt voor extra capaciteit die kan worden benut voor nieuwe koppelingen tussen het 110 kV-hoogspanningsnet en het 220/380 kV-hoogspanningsnet. Dit draagt bij aan de verbetering van de structuur van het lokale netwerk en faciliteert uitbreidingen door regionale netbeheerders zoals Liander en Enexis. De beschikbaarheid van capaciteit op het 220 kV-hoogspanningsnet zorgt overigens niet automatisch voor capaciteit op het onderliggende regionale hoogspanningsnet (110 kV en lager). Daarvoor is ook uitbreiding met transformatoren nodig.

Opgave en doelstelling

TenneT is daarom voornemens om een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding aan te leggen tussen de hoogspanningsstations Vierverlaten (gemeente Groningen) en Ens (gemeente Noordoostpolder). De beoogde hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens is geen onderdeel van de huidige centrale ring in Nederland. Er ligt wel een 380 kV-hoogspanningsverbinding die vanaf de Eemshaven via Drenthe naar het hoogspanningsstation Zwolle-Hessenweg loopt. Door de aanleg van een nieuwe 380 kV-

hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens ontstaat een ringstructuur in Noord-Nederland die op twee locaties (hoogspanningsstations Zwolle-Hessenweg en Ens) is verbonden met de landelijke ring. Deze noordelijke ring zorgt voor een robuuster hoogspanningsnet in Noord-Nederland waardoor de leveringszekerheid beter gewaarborgd kan worden.

De aansluiting op de bestaande hoogspanningsstations in Ens en Vierverlaten is planologisch al geregeld. De hoogspanningsstations zijn daardoor geen onderdeel van de opgave.

Aansluitingen op andere hoogspanningsstations of verdere opwaardering of uitbreiding van het 380 kV-hoogspanningsnet in de regio zijn niet aan de orde, daar is op dit moment geen noodzaak voor. Wel is het uit hoogspanningsnet strategisch oogpunt efficiënt om de netuitbreiding zo vorm te geven dat eventuele toekomstige uitbreidingen relatief eenvoudig zijn in te passen. Daarom wordt rekening gehouden met de geografische spreiding van het hoogspanningsnet, de nabijheid van (bestaande) hoogspanningsstations langs de route en de mogelijkheden voor een eventuele toekomstige opwaardering.

2.4 Wat gaat TenneT realiseren?

TenneT is voornemens om een 380 kV-hoogspanningsverbinding aan te leggen tussen de hoogspanningsstations Vierverlaten (gemeente Groningen) en Ens (gemeente Noordoostpolder). In bijlage 1 zijn de (technische) uitgangspunten opgenomen van de hoogspanningsverbinding. De aansluiting op de bestaande hoogspanningsstations in Vierverlaten en Ens is planologisch al geregeld. De hoogspanningsstations zijn daardoor geen onderdeel van de opgave.

De onderdelen van de hoogspanningsverbinding worden hieronder kort toegelicht.

Masten en geleiders

Voor de nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens wordt één mastfamilie toegepast, de vakwerkmast van het type Moldau. De Moldaumast heeft doorgaans een hoogte van 55 tot 60 meter. In de masten komen geleiders. Het betreft twee circuits van 380 kV.

Veldlengte

De veldlengte is de afstand tussen twee masten binnen dezelfde hoogspanningsverbinding. De standaard veldlengte van de Moldaumast bedraagt maximaal 400 meter.

Onderlinge afstand mastrijen

In tracéalternatieven 1, 2 en 3 worden dubbele mastrijen gerealiseerd. De onderlinge afstand tussen twee rijen hoogspanningsmasten dient minimaal 50 meter te bedragen (vanuit het hart van de mast). Dit is de minimale afstand om de aanleg en het onderhoud veilig te kunnen uitvoeren.

Wisselstroom

De 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens wordt als wisselstroomverbinding aangelegd. Elektriciteitsnetten op land, dus ook de 380 kV-hoogspanningsverbindingen, zijn overal ter wereld gebouwd op basis van wisselstroom, oftewel AC (alternating current).

Verkabeling 110 kV

Bij enkele tracéalternatieven en varianten wordt het tracé van de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding benut om de 380 kV-hoogspanningsverbinding te realiseren. In die

gevallen wordt de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding in beginsel verkabeld³ om ruimte te maken voor de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding.

2.5 Stappen van integrale effectenanalyse naar voorkeursalternatief

NB: Deze tekst is geschreven alsof de ontwerp voorkeursbeslissing ter inzage ligt (Q1 2026)

In het voorjaar van 2025 bespraken TenneT en het ministerie van Klimaat en Groene Groei de informatie uit de integrale effectenanalyse met de regionale overheden. Gemeenten en provincies zijn op zowel ambtelijk als bestuurlijk niveau betrokken. Het ministerie van KGG vroeg aan de regionale overheden om een advies. De adviezen en rapporten zijn vervolgens naar de ministers van KGG en VRO gegaan. De ministers gebruikten deze informatie om een afgewogen keuze te maken voor een voorkeursalternatief (VKA). Het resultaat is vastgelegd in de ontwerp-voorkeursbeslissing.

De voorkeursbeslissing vormt de derde stap in de projectprocedure onder de Omgevingswet (zie figuur 2.2). De ontwerp-voorkeursbeslissing is samen met de integrale effectenanalyse en onderliggende rapporten zoals het plan-MER ter inzage gelegd. Iedereen kan een zienswijze indienen. Tegelijkertijd beoordeelt de Commissie voor de milieueffectrapportage of het plan-MER de informatie biedt voor het kiezen van een voorkeursalternatief. Op de zienswijzen wordt gereageerd in een nota van antwoord die gepubliceerd wordt met de definitieve voorkeursbeslissing. De zienswijzen en adviezen worden betrokken bij de definitieve voorkeursbeslissing.

Wat legt de minister vast in de voorkeursbeslissing?

De voorkeursbeslissing legt het voorkeursalternatief vast en licht het toe. In deze beslissing staan de resultaten van de uitgevoerde verkenning, hoe is omgegaan met mogelijke oplossingen die tijdens het proces zijn aangedragen, en de adviezen van betrokken partijen en deskundigen. De beslissing beschrijft ook hoe de participatie is verlopen, waarbij burgers, bedrijven, maatschappelijke organisaties en bestuursorganen zijn betrokken.

Het voorkeursalternatief legt nog niet exact vast waar de nieuwe hoogspanningsverbinding komt, maar geeft wel aan welke route de nieuwe hoogspanningsverbinding volgt. Deze route kent nog beperkte schuifruimte (gemiddeld circa 100 meter aan weerszijden) voor de latere uitwerking op mastniveau. Waar nog zaken moeten worden uitgewerkt, is plaatselijk meer ruimte genomen.

Welke stappen volgen na de voorkeursbeslissing?

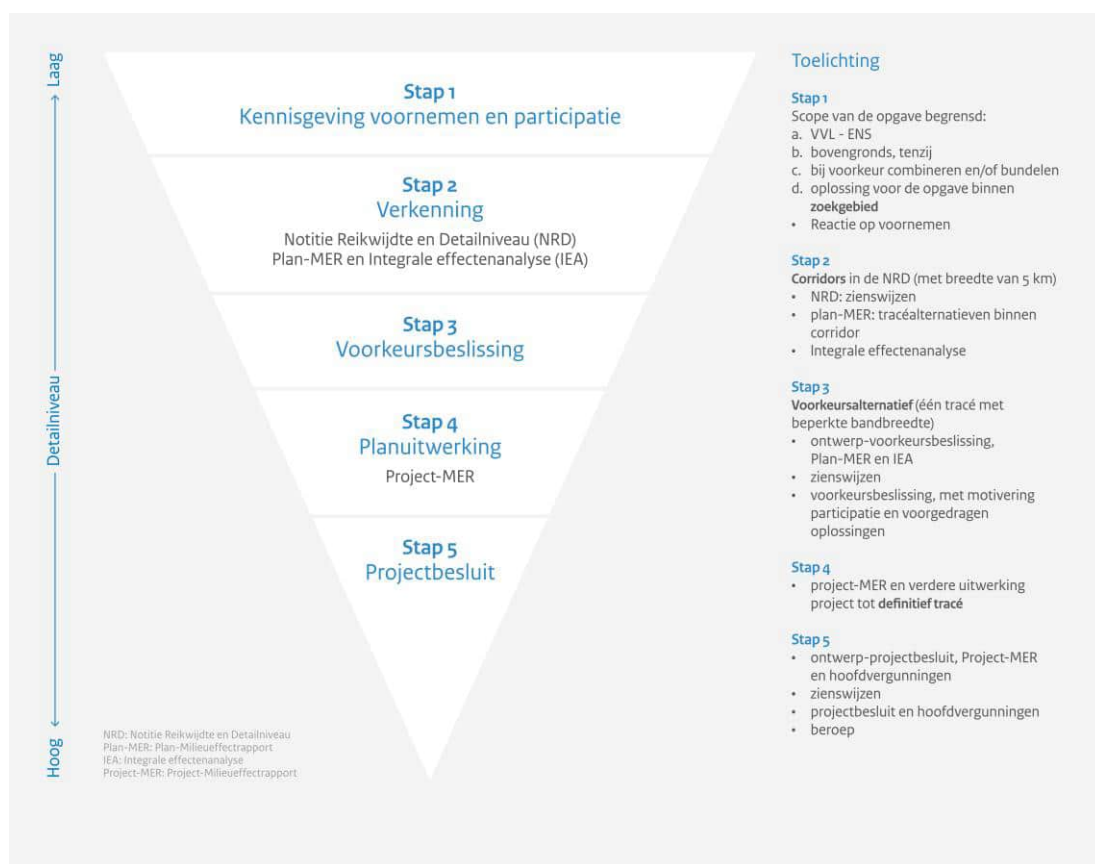
Zodra een voorkeursalternatief is vastgesteld (2026), begint de planuitwerkingsfase. Tijdens deze fase wordt het voorkeursalternatief uitgewerkt tot een concreet ontwerp voor de nieuwe hoogspanningsverbinding. Er wordt precies bepaald waar de lijn komt te lopen, waar de masten geplaatst worden en welke maatregelen nodig zijn voor bijvoorbeeld de landschappelijke inpassing en om nadelige effecten in de omgeving te voorkomen, te beperken of te compenseren.

De referentielijn en de schuifruimte voor het voorkeurstracé zijn het startpunt van de planuitwerkingsfase. Het projectteam zoekt samen met belanghebbenden naar de optimale lijn binnen de schuifruimte. Dit gebeurt op basis van nader onderzoek, ontwerp en participatie. In gesprekken met alle belanghebbenden, zoals bewoners, bedrijven en regionale overheden, worden de plannen verder uitgewerkt.

³ Uitgangspunt in deze integrale effectenanalyse is verkabeling van 110 kV als dat noodzakelijk is voor de 380 kV-hoogspanningsverbinding. Met de kennis van nu kan de 110 kV verkabeld worden. In de planuitwerkingsfase vindt nader onderzoek plaats om dit te bevestigen. Bij tracéalternatief 5 is verkabeling het meest complex, vooral vanwege de beperkte ruimte bij de aansluiting bij station Vollenhove.

Net als in de verkenningsfase worden onderzoeken uitgevoerd op de thema's: techniek, toekomstvastheid, kosten, omgeving en milieu. Om de effecten op milieu en omgeving meer locatiespecifiek in kaart te brengen en een goede landschappelijke inpassing en mitigerende en compenserende maatregelen te bepalen, wordt onder andere een milieueffectrapport (project-MER) en een landschapsplan passend bij het detailniveau van het ontwerp van de hoogspanningsverbinding opgesteld.

Aan het einde van de planuitwerkingsfase wordt het projectbesluit opgesteld. Dit gebeurt samen met de hoofdvergunningen, die nodig zijn voor de realisatie van het project. Het ontwerp-projectbesluit en de ontwerpvergunningen worden ter inzage gelegd, zodat iedereen weer de mogelijkheid krijgt om zienswijzen in te dienen. Na de publicatie van het definitieve projectbesluit kunnen belanghebbenden in beroep gaan bij de Raad van State.



Figuur 2.2 | Stappen in de projectprocedure voor de nieuwe hoogspanningsverbinding Vierverlaten-Ens

3. Introductie tracéalternatieven en varianten

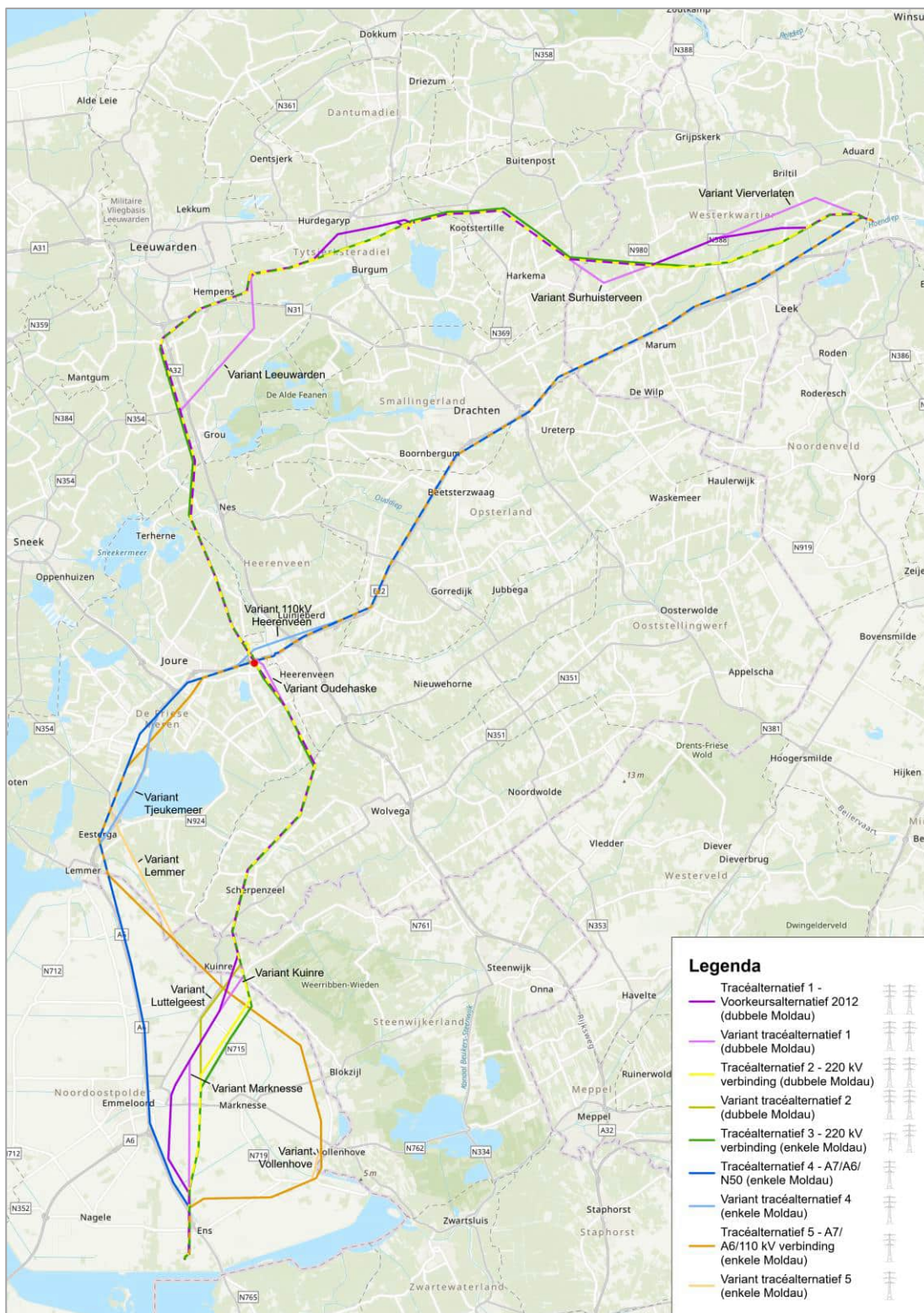
In de integrale effectenanalyse zijn vijf tracéalternatieven onderzocht. Dit zijn zelfstandige tracéalternatieven die van Vierverlaten naar Ens lopen. Voor sommige tracéalternatieven zijn daarnaast enkele varianten opgesteld. Het gaat om delen van het tracéalternatief die om verschillende redenen een net wat andere ligging hebben gekregen. Dit levert de volgende tracéalternatieven en varianten op (zie *Figuur 3.1*, de kleuren van de tracéalternatieven en varianten die op de kaart zijn weergegeven, zijn ter herkenning ook opgenomen bij de beschrijvingen):

- **Paars** | Tracéalternatief 1 – Voorkeursalternatief 2012 (dubbele Moldau⁴);
- **Paars (licht)** | Variant Vierverlaten; Variant Surhuisterveen; Variant Leeuwarden; Variant Kuinre; Variant Marknesse; Variant Oudehaske (dubbele Moldau);
- **Geel** | Tracéalternatief 2 – 220 kV-hoogspanningsverbinding (dubbele Moldau);
- **Geel (donker)** | Variant Luttelgeest; Mitigerende maatregel variant Kleeftocht; Mitigerende maatregel variant Enumatil (dubbele Moldau);
- **Groen** | Tracéalternatief 3 – 220 kV-hoogspanningsverbinding (enkele Moldau);
- **Blauw** | Tracéalternatief 4 – A7/A6/N50 (enkele Moldau);
- **Blauw (licht)** | Variant 110 kV Heerenveen; Variant Tjeukemeer (enkele Moldau);
- **Oranje** | Tracéalternatief 5 – A7/A6/110 kV-hoogspanningsverbinding (enkele Moldau);
- **Oranje (licht)** | Variant Lemmer; Variant Vollenhove (enkele Moldau).

De tracéalternatieven zijn uitgebreid beschreven in de notitie tracéontwikkeling 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens (bijlage 2). Zoals in *Figuur 3.1* te zien is, kan het tracé van een tracéalternatief in een noordelijk en een zuidelijk deel worden opgeknipt: het traject van Vierverlaten naar Oudehaske en vervolgens van Oudehaske naar Ens. Naast de beoordeling voor het gehele tracéalternatief, krijgen deze twee delen van een tracéalternatief ieder een eigen effectbeoordeling. Op die manier is alle informatie aanwezig om een goede afweging te kunnen maken, waarbij de combinatie van een noordelijk en een zuidelijk tracédeel mogelijk is.

Naast de vijf tracéalternatieven zijn er voor vier tracéalternatieven varianten samengesteld. Dit zijn relatief korte stukjes met een andere ligging dan het tracéalternatief. Voor de varianten wordt gekeken of deze leiden tot onderscheidende effecten ten opzichte van het betreffende tracéalternatief. Daarbij is elke keer de vraag: verandert de beoordeling van het betreffende tracéalternatief wanneer de onderscheidende onderdelen van de varianten worden toegepast voor dat deeltracé. Enkele varianten zijn toepasbaar bij meerdere tracéalternatieven, omdat de tracéalternatieven ter plaatse van de variant hetzelfde tracé volgen. Het betreft varianten Leeuwarden en Oudehaske die zowel bij tracéalternatief 1 als bij tracéalternatief 2 toepasbaar zijn en variant 110 kV Heerenveen die bij tracéalternatieven 4 en 5 toepasbaar is.

⁴ De Moldaumast is het type mast dat wordt gebruikt voor een 380 kV-hoogspanningsverbinding. Een dubbele Moldau betekent twee mastenrijen naast elkaar. In één mastenrij komt de huidige 220 kV-hoogspanningsverbinding, in de andere mastenrij komt de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding.

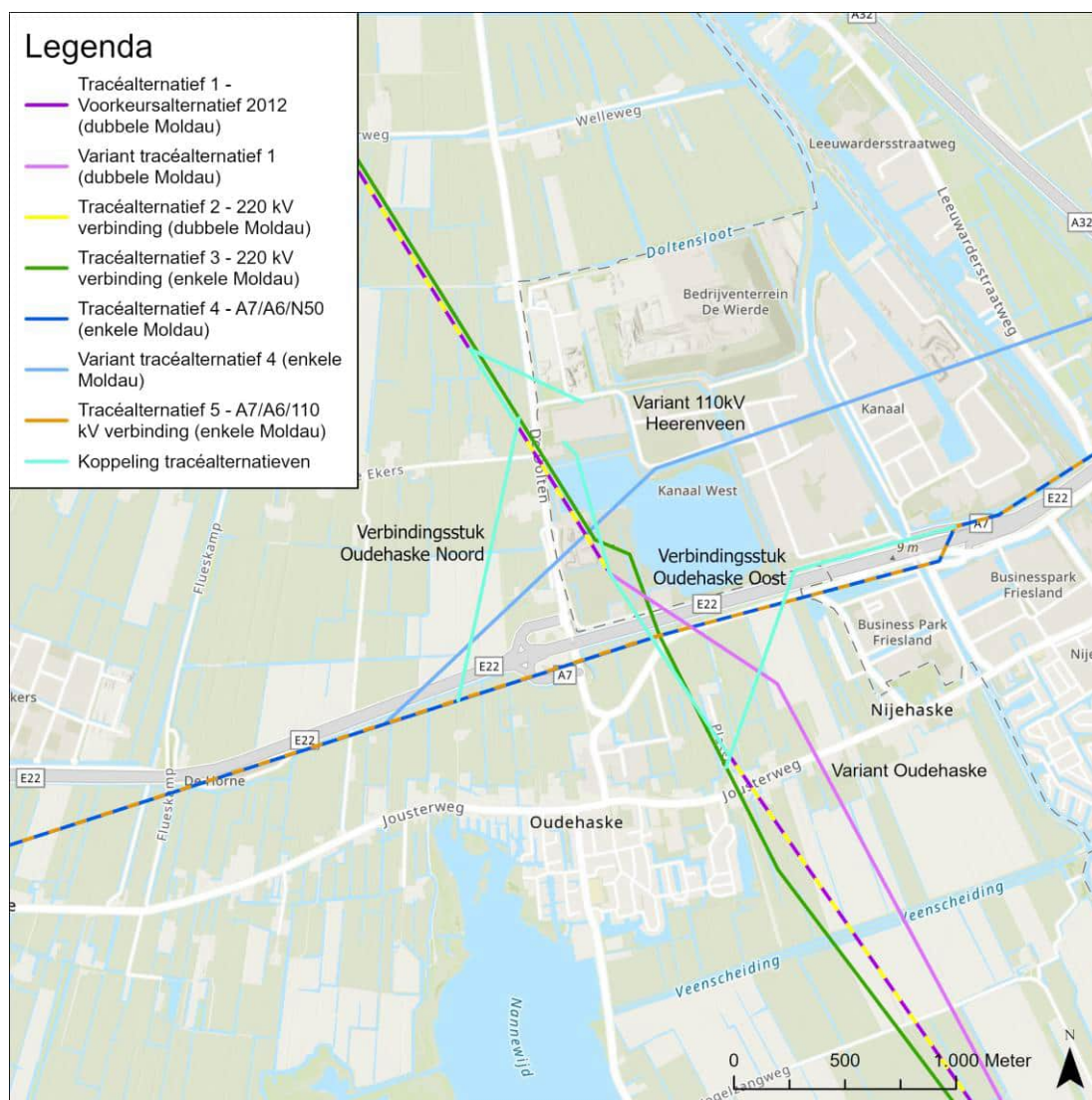


Figuur 3.1 | Tracéalternatieven en varianten hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens. De rode stip is het punt waar de tracéalternatieven elkaar ter hoogte van Oudehaske kruisen.

Tussen de tracéalternatieven ten noorden van Oudehaske en ten zuiden van Oudehaske zijn meerdere combinaties mogelijk. De vijf tracéalternatieven geven niet al deze combinaties weer. Bij de keuze van het voorkeursalternatief is het mogelijk om alle tracéalternatieven met elkaar te combineren. Voor de volgende combinaties zijn verbindingsstukken noodzakelijk:

- combinatie tracéalternatief 3 (enkele Moldau) met tracéalternatief 4 of 5 (enkele Moldau);
- combinatie tracéalternatief 1 of 2 (dubbele Moldau) met tracéalternatief 4 of 5 (enkele Moldau).

In *Figuur 3.2* zijn deze verbindingsstukken weergegeven.



Figuur 3.2 | Verbindingsstuk Oudehaske Noord en Oudehaske Oost

4. Conclusie relevante effecten

4.1 Inleiding

Alle tracéalternatieven en varianten zijn onderzocht op effecten op de thema's milieu, omgeving, techniek, toekomstvastheid en kosten. De samenvattingen van die effecten zijn in deel B per thema opgenomen. In dit hoofdstuk worden in samenhang de belangrijkste conclusies uit de effectenbeoordelingen gepresenteerd. Daarbij zijn de effecten ingedeeld naar de impact voor de keuze van een voorkeursalternatief.

De effecten zijn hierbij ondergebracht in drie categorieën:

1. uitvoerbaarheid;

De effecten waarvoor is gebleken dat deze een risico kunnen zijn voor de vergunbaarheid en daarmee de uitvoerbaarheid van het project of dat deze dwingend kunnen zijn voor de keuze van een voorkeursalternatief. Deze categorie effecten wordt in paragraaf 4.2 beschreven.

2. wezenlijke effecten;

De effecten die belangrijk worden geacht bij de tracékeuze, maar niet direct de uitvoerbaarheid in de weg staan. Het gaat bijvoorbeeld om effecten waarvoor in het vervolg vergunningen nodig zijn, waar compensatie voor nodig is of waar zorgen over zijn bij omwonenden. Deze categorie effecten wordt in paragraaf 4.3 beschreven.

3. overige effecten.

Alle overgebleven effecten zijn minder cruciaal in de afweging van het voorkeursalternatief. Deze effecten geven aan waar mogelijke knelpunten kunnen optreden, waar in de planuitwerkingsfase rekening mee moet worden gehouden. Omdat deze aspecten niet doorslaggevend zijn voor de keuze van een voorkeursalternatief, wordt deze categorie effecten niet in dit hoofdstuk behandeld.

Effecten opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding

Naast het realiseren van een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding, is opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding noodzakelijk. Het betreft de gehele noordelijke ring, inclusief het gedeelte tussen Vierverlaten en Ens. Als het voorkeursalternatief van de 380 kV-hoogspanningsverbinding niet uitgaat van de bouw van een dubbele mastenrij, dan zal de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens worden opgewaardeerd. Hoewel dit een zelfstandig project zal zijn, zal bij een keuze voor tracéalternatief 3, 4 of 5 sprake zijn van aanvullende effecten als gevolg van de opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding. Het verdient aanbeveling om bij de afweging van een voorkeursalternatief rekening te houden met deze aanvullende effecten. Voor de aspecten waarbij sprake is van (wezenlijke) aanvullende effecten als gevolg van de opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding, wordt dat in dit hoofdstuk bij die aspecten ook benoemd in een tekstkader.

4.2 Effecten met risico voor de uitvoerbaarheid of vergunbaarheid

Vanuit de thema's omgeving, techniek, toekomstvastheid en kosten zijn er geen effecten die leiden tot een risico voor de uitvoerbaarheid of vergunbaarheid. Vanuit het thema milieu zijn er wel aspecten met een risico voor de uitvoerbaarheid en vergunbaarheid.

Het betreft de volgende aspecten:

- UNESCO-Werelderfgoed, in het bijzonder de effecten op het UNESCO-Werelderfgoed 'Schokland en omgeving' nabij hoogspanningsstation Ens;
- Natura 2000, in het bijzonder draadslachtoffers en stikstofdepositie;
- waterveiligheid, in het bijzonder de vergunbaarheid van de bouw van masten in de kernzone of binnen een beschermingszone van een waterkering nabij Vollenhove.

In tabel 4.1 zijn de effecten benoemd, na de tabel volgt de beschrijving.

Tabel 4.1 | Effecten met risico voor de uitvoerbaarheid of vergunbaarheid

Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
- Natura 2000: 7 soort-gebied combinaties boven 1% (netto) - Natura 2000: Hoogste stikstofdepositie (0,52 mol/ha/jr) - Unesco Werelderfgoed Schokland: uitwijken naar variant Marknesse	- Natura 2000: 5 soort-gebied combinaties boven 1% (netto) - Natura 2000: Hoge stikstofdepositie (0,51 mol/ha/jr)	- Natura 2000: 5 soort-gebied combinaties boven 1% (netto, incl maatregelen aan bestaande 220 kV) - Natura 2000: Laagste stikstofdepositie (0,11 mol/ha/jr, excl opwaardering 220 kV⁵)	- Natura 2000: 17 soort-gebied combinaties boven 1% (netto) - Natura 2000: Lage stikstofdepositie (0,10 mol/ha/jr, excl opwaardering 220 kV) - Unesco Werelderfgoed Schokland: zuidelijk tracé mogelijk niet vergunbaar	- Natura 2000: 13 soort-gebied combinaties boven 1% (netto) - Natura 2000: Laagste stikstofdepositie (0,10 mol/ha/jr, excl opwaardering 220 kV) - Waterveiligheid: variant Vollenhove (dijk bij Vollenhove) mogelijk niet vergunbaar

Natura 2000: draadslachtoffers en stikstofdepositie

Alle tracéalternatieven zijn sterk negatief beoordeeld voor het criterium Natura 2000, zowel het noordelijk als het zuidelijk deel. Dit is met name het gevolg van draadslachtoffers en stikstofdepositie. Deze twee subcriteria kunnen de vergunbaarheid bij alle tracéalternatieven in de weg staan. Naarmate de effecten groter zijn, zal de vergunbaarheid eerder in het geding komen. Ook kan het er toe leiden dat vanuit natuurwetgeving gekozen moet worden voor het tracéalternatief waarbij de minste effecten optreden.

Voor draadslachtoffers is het aantal soort-gebied combinaties beoordeeld waar de 1%-mortaliteitsnorm (ORNIS-criterium) wordt overschreden. Een soort-gebied combinatie betreft een vogelsoort met een instandhoudingsdoelstelling in een bepaald Natura 2000-gebied; een zelfde soort met instandhoudingsdoelen in meerdere gebieden telt hierbij meerdere malen mee. Als het aantal slachtoffers onder de 1%-norm blijft, wordt er van uitgegaan dat de extra sterfte door draadslachtoffers geen significante effecten heeft op de populatieomvang, waarmee de natuurlijke kenmerken van het betrokken gebied niet worden aangetast. Uitgangspunt bij deze analyse is dat een hoger aantal 'soort-gebied-combinaties' een hoger risico heeft op significante effecten die niet kunnen worden gemitigeerd.

Het effect van draadslachtoffers is bij alle tracéalternatieven zeer negatief. Tracéalternatieven 4 en 5 scoren daarbij slechter dan de tracéalternatieven 1, 2 en 3 (indien bij tracéalternatief 3 ook in de bestaande hoogspanningsverbinding, die zal blijven staan naast de nieuwe mastenrij, varkenskrullen worden aangebracht). Als wordt ingezoomd op de tracéalternatieven 1, 2 en 3 scoren tracéalternatieven 2 en 3 het minst negatief. Op het tracé van tracéalternatief 4 en 5 is in de huidige situatie geen hoogspanningsverbinding aanwezig, waardoor het effect van een nieuwe hoogspanningsverbinding groot is.

Ook is het aantal draadslachtoffers⁶ >1% norm onderzocht. Daarbij is gekeken naar het netto aantal draadslachtoffers bij soorten waarvan bij de nieuwe mastenrij(en) de 1% norm wordt overschreden. Dit heeft te maken met de aanwezigheid van een bestaande

⁵ Als de stikstofdepositie van de opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding wordt opgeteld bij de effecten van de tracéalternatieven 3, 4 en 5 is er nauwelijks onderscheid meer tussen de tracéalternatieven.

⁶ De in deze alinea genoemde aantallen draadslachtoffers zijn indicatief en hebben een ruime onzekerheidsmarge.

hoogspanningsverbinding op de locatie waar tracéalternatieven 1 en 2 beoogd zijn. Wanneer deze bestaande mastenrijen worden verwijderd of verkabeld, kan het oorspronkelijke aantal slachtoffers die deze mastenrijen veroorzaakte in mindering worden gebracht. Het netto aantal draadslachtoffers van soorten >1%-norm is het laagste bij tracéalternatieven 1 en 2. Wanneer er varkenskrullen als mitigerende maatregel worden toegepast op de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding die behouden blijft bij tracéalternatief 3, is het netto aantal draadslachtoffers van soorten >1%-norm het kleinste bij dit tracéalternatief (30 draadslachtoffers per jaar). Netto telt tracéalternatief 4 de meeste potentiële draadslachtoffers van soorten >1%-norm, namelijk 66 draadslachtoffers per jaar.

Bij stikstofdepositie gaat het om tijdelijke effecten gedurende de aanlegfase. De maximale relevante stikstofdepositie is bij tracéalternatief 1 en 2 het grootste (respectievelijk 0,52 of 0,51 mol/ha/jaar) en is bij de andere drie tracéalternatieven aanzienlijk kleiner (0,1 mol/ha/jaar bij tracéalternatieven 4 en 5). Deposities boven 0,1 mol N/ha/jaar⁷ zijn aan de orde bij Natura 2000 gebieden Rottige Meenthe & Brandemeer (tracéalternatieven 1, 2 en 3) en Van Oordt's Mersken (tracéalternatieven 4 en 5). Significant negatieve effecten op Van Oordt's Mersken kunnen worden uitgesloten. Dat betekent dat stikstofdepositie de vergunbaarheid van tracéalternatieven 4 en 5 (noordelijk deel) niet in de weg staat. Significant negatieve effecten op Natura 2000-gebied Rottige Meenthe en Brandemeer kunnen vooralsnog niet worden uitgesloten. De stikstofdeposities kunnen met mitigerende maatregelen nog verder verlaagd worden. Zo wordt momenteel onderzocht of met inzet van extra elektrisch materieel of andere maatregelen deposities omlaag kunnen worden gebracht.

Aanvullende effecten opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatief 3, 4 en 5

De werkzaamheden leiden tot extra stikstofdeposities in de aanlegfase. Als de stikstofdepositie van de opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding wordt opgeteld bij de effecten van de tracéalternatieven 3, 4 en 5 is er nauwelijks onderscheid meer tussen de tracéalternatieven. Dit leidt (mogelijk) tot een meer negatieve beoordeling van het criterium 'effecten op instandhoudingsdoelstellingen (Natura 2000)' voor tracéalternatieven 3, 4 en 5.

UNESCO-Werelderfgoed

De zuidelijke delen van tracéalternatief 1 en 4 (ten zuiden van Emmeloord tot aan Ens) lopen dicht langs de noordoostelijke grens van UNESCO-Werelderfgoed Schokland en omgeving. In de Heritage Impact Assessment (HIA) die voor Schokland is uitgevoerd, is geconcludeerd dat er impact van deze tracéalternatieven is. De resultaten van de HIA zijn overgenomen in het MER. Het zuidelijk deel van tracéalternatief 1 is in het MER beoordeeld als negatief en het zuidelijk deel van tracéalternatief 4 sterk negatief. Deze impact staat de vergunbaarheid van deze twee tracéalternatieven mogelijk in de weg. De variant Marknesse maakt dat het tracé van tracéalternatief 1 iets verder van Schokland komt te liggen, met een beperktere impact tot gevolg. Voor de andere tracéalternatieven is de impact eveneens minder groot, doordat deze verder van Schokland vandaan liggen.

Waterveiligheid

In het zuidelijk deel van tracéalternatief 5 loopt variant Vollenhove deels parallel met een regionale waterkering ten westen van het Vollenhoverkanaal. Bij deze variant is het naar verwachting nodig om masten in de kernzone of beschermingszone van het beperkingengebied van de waterkering worden geplaatst. Het plaatsen van masten in de kernzone of beschermingszone vindt het waterschap uit oogpunt van dijkveiligheid zeer ongewenst en is mogelijk niet vergunbaar.

⁷ Van deposities <0,1 mol N/ha/jaar is de verwachting dat effecten kunnen worden uitgesloten. De beoordeling van deze lage tijdelijke deposities wordt nog nader uitgewerkt.

4.3 Wezenlijke effecten voor keuze voorkeursalternatief

4.3.1 Algemeen

In deze paragraaf worden de criteria geselecteerd met wezenlijke effecten voor de keuze van het voorkeursalternatief. Dit zijn de criteria die belangrijk worden geacht bij de tracé-keuze, maar niet direct de uitvoerbaarheid in de weg staan.

In tabel 4.2 zijn de effecten benoemd, na de tabel volgt de beschrijving.

Tabel 4.2 | Wezenlijke effecten voor keuze voorkeursalternatief

Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
- Landschap: beperkte impact 93 gevoelige gebouwen binnen magneetveldzone, 69 minder dan in de referentiesituatie - Grootste ruimtebeslag in NNN (177,42 ha) - Geen moeilijk te compenseren bos - Grootste areaal weidevogel-/ ganzenfoerageergebied (293,6 ha) - Cultuurhistorie: doorsnijding 'Noardlike Fryske Wâlden' in noord 9,7 ha houtopstand	- Landschap: minste impact 143 gevoelige gebouwen binnen magneetveldzone, 17 minder dan in de referentiesituatie 143,92 ha ruimtebeslag in NNN 0,14 ha moeilijk te compenseren bos 247,8 ha weidevogel-/ ganzenfoerageergebied - Cultuurhistorie: doorsnijding 'Noardlike Fryske Wâlden' in noord 10,2 ha houtopstand	- Landschap: gemiddelde impact 191 gevoelige gebouwen binnen magneetveldzone, 31 meer dan in de referentiesituatie - Kleinste ruimtebeslag in NNN (80,82 ha) 0,12 ha moeilijk te compenseren bos - Minste areaal weidevogel-/ ganzenfoerageergebied (168,6 ha) - Cultuurhistorie: doorsnijding 'Noardlike Fryske Wâlden' in noord - Kleinste areaal houtopstand (5,9 ha)	- Landschap: nieuw verticaal element zorgt voor meer impact 66 gevoelige gebouwen binnen magneetveldzone, 62 meer dan in de referentiesituatie 87,74 ha ruimtebeslag in NNN - Relatief veel moeilijk te compenseren bos (14,7 ha) 246,5 ha weidevogel-/ ganzenfoerageergebied - Cultuurhistorie: minste effecten 46,1 ha houtopstand	- Landschap: meeste impact door nieuw verticaal element en niet volgen structuur in zuid 62 gevoelige gebouwen binnen magneetveldzone, 54 meer dan in de referentiesituatie 99,38 ha ruimtebeslag in NNN - Relatief veel moeilijk te compenseren bos (13,9 ha) 246,5 ha weidevogel-/ ganzenfoerageergebied - Cultuurhistorie: meeste effecten in zuid (beschermde stads- en dorpsgezichten Vollenhove en Blokzijl en nabijheid havenhoofd Kuinre) - Grootste areaal houtopstand (48,3 ha)
Aanzienlijke impact op drie zachte ontwikkelingen (kersenkas Verhage, Pantropica en camping Tusken de Marren)	Aanzienlijke impact op twee zachte ontwikkelingen (camping Tusken de Marren en glastuinbouw Luttelgeest)	Aanzienlijke impact op twee zachte ontwikkelingen (camping Tusken de Marren en glastuinbouw Luttelgeest)	- Aanzienlijke impact op Lelylijn en NOVEX - Aanzienlijke impact op zachte ontwikkeling bedrijventerrein Marum	- Aanzienlijke impact op Lelylijn en NOVEX - Kruist dronecorridor defensie - Aanzienlijke impact op twee zachte ontwikkelingen (bedrijventerrein Marum, woningbouw Kraggenburg)
Hoogste technisch risicoprofiel door langere lengte, dubbele mastenrij, complexe kruisingen en parallelloop met buisleiding en spoor	Hoogste technisch risicoprofiel door langere lengte, dubbele mastenrij, complexe kruisingen en parallelloop met buisleiding en spoor	Gemiddeld technisch risicoprofiel, enkele mastenrij, langere lengte en parallelloop met bestaande 220 kV, buisleiding en spoor	Laagste technisch risicoprofiel door korte lengte, enkele mastenrij en beperkte complexiteit	Enkele mastenrij, in zuid een hoger technisch risicoprofiel door lange verkabeling 110 kV en complexiteit rondom Vollenhove

Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
• Volledig toekomstvast • Langste technische levensduur 220 kV •	• Volledig toekomstvast • Langste technische levensduur 220 kV •	• Volledig toekomstvast •	• Volledig toekomstvast •	• Volledig toekomstvast • Door verkabeling 110 kV minder robuust
• Hoogste levensduurkosten (1,39 keer duurder dan tracéalternatief 4 incl opwaardering 220 kV)	• Levensduurkosten 1,36 keer duurder dan tracéalternatief 4 incl opwaardering 220 kV	• Levensduurkosten (incl opwaardering 220 kV) 1,22 keer duurder dan tracéalternatief 4	• Laagste levensduurkosten (incl opwaardering 220 kV)	• Levensduurkosten (incl opwaardering) 1,13 keer duurder dan tracéalternatief 4

4.3.2 Milieu

Vanuit milieu is een aantal effecten van belang voor de keuze van het voorkeursalternatief. Deze worden hieronder behandeld. De meest onderscheidende effecten worden eerst behandeld.

Landschap (gebiedskarakteristiek)

Tracéalternatieven 1 en 2 hebben een minder negatief effect op de gebiedskarakteristiek van het landschap dan tracéalternatieven 3, 4 en 5, omdat zij (grotendeels) het bestaande tracé van de 220 kV-hoogspanningsverbinding volgen en de bestaande masten van de 220 kV-hoogspanningsverbinding vervangen worden. Van deze twee tracéalternatieven heeft tracéalternatief 2 de minste impact.

Ook tracéalternatief 3 volgt het bestaande tracé van de 220 kV-hoogspanningsverbinding. Het landschappelijk beeld is minder rustig dan bij tracéalternatieven 1 en 2. Doordat de bestaande masten niet worden vervangen door nieuwe masten, is er sprake van twee soorten masten die parallel aan elkaar lopen.

Tracéalternatieven 4 en 5 voorzien in een nieuwe verticale dimensie in het veelal open landschap, wat de beleving van de gebiedskarakteristiek en elementen en hun samenhang sterk beïnvloedt. Ten opzichte van tracéalternatief 5 is tracéalternatief 4 in het zuidelijk deel minder negatief, aangezien het beplante assenkruis, dat onderdeel uitmaakt van het ontwerp van de Noordoostpolder, grotendeels wordt gevolgd.

Advies college van Rijksbouwmeester en Rijksadviseurs

Het College van Rijksbouwmeester en Rijksadviseurs (CRa) heeft in maart 2025 advies uitgebracht over de borging van ruimtelijke kwaliteit bij uitbreiding van het hoogspanningsnetwerk⁸. Het advies richt zich op nieuwe projecten waarvan de verkenning nog niet is gestart, maar roept daarbij ook op om waar mogelijk aanbevelingen toe te passen in lopende projecten.

Het CRa erkent dat het bundelingsprincipe technische en ruimtelijke voordelen kan hebben, zoals het combineren van hindercontouren. Tegelijkertijd geeft het college aan dat toepassing van dit principe niet altijd bijdraagt aan het ontwikkelen van ruimtelijke kwaliteit. Het college trekt deze conclusie omdat (optimale) rechtstand bij het volgen van bestaande infrastructuur niet altijd is gewaarborgd en omdat bij niet-energetische infrastructuur zoals autosnelwegen de verticale dimensie ontbreekt. Dit laatste punt komt tot uitdrukking in de effectbeoordeling van tracéalternatieven 4 en 5. Beide tracéalternatieven scoren om die reden negatiever op het thema landschap. Daarentegen is de rechtstand van beide

⁸ Landschap onder hoogspanning. Borging van ruimtelijke kwaliteit bij uitbreiding van het hoogspanningsnetwerk, College van Rijksbouwmeester en Rijksadviseurs, maart 2025

tracéalternatieven goed te noemen. Dit komt omdat de A7 een relatief rechte snelweg is en goed aansluit op het landschappelijk hoofdpatroon.

De traceringsuitgangspunten voor dit project zijn in 2022 opgesteld onder andere op basis van het rijksbeleid (NOVI en PEH). In het rijksbeleid speelt combineren/bundelen een belangrijke rol. Op basis hiervan zijn in 2023 corridors vastgelegd in de notitie reikwijdte en detailniveau. Het CRA-advies geeft geen aanleiding om terug te komen op deze keuzes en deze tracés niet meer op te nemen in de IEA. Wel zijn de onderliggende argumenten voor het loslaten van de bundeling met o.a. snelwegen dus onderdeel van de beoordeling in de IEA en scoren ze op deze onderwerpen negatiever dan de tracéalternatieven die bundelen met bovenregionale hoogspanning.

Gevoelige gebouwen binnen magneetveldzone

Met name in het noordelijk deel van de tracéalternatieven liggen woningen binnen de magneetveldzone, wat resulteert in (sterk) negatieve beoordelingen. Tracéalternatieven 4 en 5 tellen in het noordelijk deel het minste gevoelige gebouwen binnen de magneetveldzone, gevolgd door tracéalternatief 1. In het zuidelijk deel telt tracéalternatief 5 het minste gevoelige gebouwen binnen de magneetveldzone, gevolgd door tracéalternatief 4.

Het aantal vrijgespeelde gevoelige gebouwen, dus gebouwen die in de referentiesituatie binnen een magneetveldzone staan maar als gevolg van het voornemen straks niet meer, is het grootste bij tracéalternatief 1, gevolgd door tracéalternatief 2. Bij tracéalternatieven 3, 4 en 5 zijn er (bijna) geen vrijgespeelde gevoelige gebouwen.

Dit resulteert bij tracéalternatieven 1 en 2 netto in een afname van het aantal gevoelige gebouwen binnen de magneetveldzone ten opzichte van de referentiesituatie (respectievelijk 69 en 17 gevoelige gebouwen minder). Bij tracéalternatieven 3, 4 en 5 is sprake van een toename van respectievelijk 31, 62 en 54.

Natuurnetwerk Nederland (NNN)

Alle tracéalternatieven zijn sterk negatief beoordeeld voor het criterium NNN, zowel het noordelijk als het zuidelijk deel. Het areaal aan NNN binnen de ZRO-strook is het kleinste bij tracéalternatief 3, gevolgd door tracéalternatief 4. Het ruimtebeslag is het grootste bij tracéalternatief 1. Bij tracéalternatieven 4 en 5 liggen relatief grote arealen NNN-bos binnen de ZRO-strook. Hierbij bestaat de kans dat deze (deels) gekapt dienen te worden ten behoeve van de ZRO-strook. Bij tracéalternatieven 1, 2 en 3 is bos aanzienlijk minder aanwezig.

Bij het projectbesluit zal eventueel verlies aan NNN-gebied wettelijk gecompenseerd moeten worden. De mogelijkheden voor compensatie zijn in deze fase nog niet onderzocht, dit volgt in de planuitwerkingsfase. Naarmate de effecten groter zijn, zal meer wettelijke compensatie nodig zijn dan wel zal deze compensatie complexer zijn (moeilijker realiseerbaar).

Aanvullende effecten opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatief 3, 4 en 5

Van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding staan 60 masten binnen of zeer nabij NNN. De werkzaamheden voor de opwaardering kunnen leiden tot aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden. Dit leidt niet tot een meer negatieve beoordeling van de tracéalternatieven 3, 4 en 5 omdat deze al zeer negatief is.

Weidevogel- en ganzenfoerageergebied

Alle tracéalternatieven leiden tot ruimtebeslag op weidevogel- en ganzenfoerageergebieden. Dit kan betekenen dat er kwantitatief of kwalitatief gecompenseerd moet worden. De vereiste compensatie verschilt per provincie.

Het areaal weidevogelgebied binnen de ZRO-strook is het kleinste bij tracéalternatief 3 en het grootste bij tracéalternatief 1. Het areaal ganzenfoerageergebied binnen de ZRO-strook is eveneens het kleinste bij tracéalternatief 3, maar het grootste bij tracéalternatieven 4 en 5.

Aanvullende effecten opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatief 3, 4 en 5

De werkzaamheden voor de opwaardering kunnen leiden tot een tijdelijke verstoring tijdens de aanlegfase van de opwaardering. Mogelijk kunnen deze effecten voorkomen worden met een fasering van de werkzaamheden.

Cultuurhistorie (historische (steden)bouw / geografie)

Door de nabije ligging van de beschermde stads- en dorpsgezichten Vollenhove en Blokzijl en de nabijheid van het havenhoofd van Kuinre is tracéalternatief 5 op het vlak van historische stedenbouw het minst gunstige tracéalternatief. Deze waarden worden hier visueel beïnvloed in een open gebied. Tracéalternatieven 1, 2, 3 en 4 zijn positiever en gelijkwaardig beoordeeld.

Voor historische geografie zijn tracéalternatieven 1, 2 en 3 voor het noordelijk deel negatiever beoordeeld dan 4 en 5, omdat zij nationaal landschap 'Noardlike Fryske Wâlden' doorsnijden.

Houtopstanden

Het areaal aan houtopstanden binnen de ZRO-strook is in het noordelijk deel het kleinste bij tracéalternatief 3 en het grootste bij tracéalternatief 4 en 5. In het zuidelijk deel is het areaal aan houtopstanden binnen de ZRO-strook eveneens het kleinste bij tracéalternatief 3 en het grootste bij tracéalternatief 5.

Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

De varianten Leeuwarden, Kuinre en Marknesse voor tracéalternatief 1 zijn overwegend positiever beoordeeld dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief, ook voor de criteria voor natuur⁹ (met uitzondering van weidevogel-/ganzenfoerageergebied) en in het geval van Marknesse voor UNESCO-Werelderfgoed. De beoordeling van de andere varianten voor de tracéalternatieven zijn meer in evenwicht of zorgen juist voor relatief veel negatievere beoordelingen.

Bij slechts twee criteria leidt de positievere of negatievere beoordeling van de variant tot een andere beoordeling van het tracéalternatief. Dit betreft de criteria 'landschappelijk hoofdpatroon' en 'waterveiligheid'. Bij het criterium 'landschappelijk hoofdpatroon' leidt het meenemen van variant Volverlaten tot een positievere beoordeling van tracéalternatief 1. Deze variant heeft echter wel een negatievere beoordeling voor verschillende andere criteria, bijvoorbeeld rond gebruiksfuncties of leefomgeving en gezondheid. De variant Vollenhove voor tracéalternatief 5 loopt deze deels parallel aan een regionale waterkering ten westen van het Vollenhoverkanaal. Het is daardoor naar verwachting nodig om masten in de kernzone van het beperkingengebied van de waterkering te plaatsen. Het oprichten van masten in de kernzone is zeer ongewenst en mogelijk niet vergunbaar. Variant Vollenhove is daarom per saldo negatiever beoordeeld dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

4.3.3 Omgeving

Met partijen uit de omgeving heeft een uitgebreid participatieproces plaatsgevonden. Dit heeft informatie opgeleverd met zorgen en aandachtspunten per tracéalternatief. De wezenlijke aspecten vanuit omgeving zijn hieronder opgenomen.

⁹ Draadslachtoffers zijn niet apart bepaald voor de varianten.

Zachte ontwikkelingen

In het projectgebied is een groot aantal plannen en ontwikkelingen voorzien waarover nog geen (concrete) besluitvorming heeft plaatsgevonden. De omgeving wil graag inzicht in de gevolgen van de 380 kV-hoogspanningsverbinding voor deze plannen en ziet bij voorkeur geen c.q. zo min mogelijk beperkingen.

Van de door de omgeving aangeleverde zachte ontwikkelingen wordt het merendeel niet gehinderd door de tracéalternatieven van de 380 kV-hoogspanningsverbinding. Vooral bij gebiedsontwikkelingen met woningbouw en bedrijvigheid kan er wel een relatie met de 380 kV-hoogspanningsverbinding zijn, als het tracéalternatief in of direct naast deze ontwikkeling ligt. Deze gebiedsontwikkelingen liggen voornamelijk rondom de bestaande kernen (zowel woningbouw als bedrijventerrein) en langs de rijksweg A6/A7 (voornamelijk bedrijventerrein). Alle tracéalternatieven hebben invloed op meerdere van dergelijke zachte ontwikkelingen. De meeste ontwikkelingen worden geraakt bij tracéalternatieven 4 en 5. Dat betreft voornamelijk bedrijventerreinen, waar de impact van de hoogspanningsverbinding beperkter is.

Inpassing van een hoogspanningsverbinding in het stedenbouwkundig ontwerp is bij veel van de gebiedsontwikkelingen goed mogelijk, waardoor de impact wordt verzacht. De grotere gebiedsontwikkelingen hebben namelijk ook functies in zich die te combineren zijn met de hoogspanningsverbinding, zoals groen, water en verkeersfuncties. De ontwerpogave is eenvoudiger naarmate de planvorming minder ver gevorderd is en het gebied c.q. de menging van functies groter is. Er zijn bij alle tracéalternatieven echter ook enkele zachte ontwikkelingen waar de impact groter is. Dit zijn voornamelijk plannen die al behoorlijk concreet zijn uitgewerkt en die meestal beperkt van omvang zijn. Het gaat dan bijvoorbeeld om uitbreiding van een bestaande bedrijfsfunctie, een camping of een concrete woningbouwlocatie. Op veel van deze plekken is in het traceringsproces gekeken of het mogelijk is om het tracé aan te passen of een variant toe te voegen om de zachte ontwikkeling te ontzien. Deze afwegingen zijn in de notitie tracéontwikkeling opgenomen.

Tracéalternatieven 4 en 5 hebben ook impact op de ontwikkelmogelijkheden voor de Lelylijn en de daaraan gekoppelde NOVEX-gebiedsontwikkelingen. Bundeling van de Lelylijn en de 380 kV-hoogspanningsverbinding nabij de A6/A7 is niet zonder meer mogelijk. Er zijn technische en ruimtelijke knelpunten en aandachtspunten. Zo is er negatieve impact bij de bundeling bij de beoogde intercity stationslocaties in combinatie met de ambities van de Lelylijn. Als voor tracéalternatief 4 of 5 wordt gekozen, blijft afstemming met de Lelylijn en NOVEX-gebiedsontwikkelingen noodzakelijk. De hoogspanningsverbinding is eerder voorzien dan de Lelylijn. Door dit verschil in planstadium is het niet mogelijk om beide tracés tegelijk en gezamenlijk uit te werken. Daarmee is de 380 kV-hoogspanningsverbinding voor de Lelylijn een vaststaand gegeven en brengt dat bijkomende risico's, beperkte flexibiliteit en meerkosten met zich mee voor de Lelylijn. Om faalkosten te voorkomen, zou bij een keuze voor bundeling van beide lijnen gezamenlijk traceren op enigerlei wijze uitkomst kunnen bieden, met name op de tracédelen tussen de stations.

Bouw toekomstvast

De omgeving ziet graag dat een toekomstvastе hoogspanningsverbinding wordt gebouwd, waarbij de minste kans is op nieuwe projecten en nieuwe hinder in de toekomst. Dit komt aan de orde bij het thema 'toekomstvastheid'.

Milieuaspecten

De omgeving vraagt aandacht voor zo min mogelijk impact op diverse milieuaspecten:

- landschap;
- gevoelige gebouwen magneetvelden;
- natuur.

Deze aspecten komen aan de orde bij het thema 'milieu'.

Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

Veel varianten zijn ingebracht door de omgeving en kunnen daarom mogelijk de voorkeur hebben vanuit de omgeving omdat ze een bestaand belang of een voorziene ontwikkeling ontzien.

4.3.4 Techniek

Alle tracéalternatieven hebben te maken met technische uitdagingen en knelpunten die risico's met zich meebrengen. Uit het 'deelrapport techniek' blijkt dat alle tracéalternatieven en varianten technisch uitvoerbaar zijn. Wel zijn er wezenlijke verschillen tussen de tracéalternatieven.

Uniforme verbindingen met zo min mogelijk wisselingen, zijn uit oogpunt van beheer en de onderhoudbaarheid eenvoudiger. Daarom zijn verbindingen die in het noordelijke en het zuidelijke deel eenzelfde uitvoeringswijze kennen gunstiger. Dat wil zeggen bij voorkeur òf van Volverlaten tot Ens een dubbele mastenrij òf van Volverlaten tot Ens een enkele mastenrij.

Tracéalternatieven 1 en 2 zijn complexer om aan te leggen en ook is de bouwtijd het langst. Tracéalternatief 4 is het eenvoudigste om aan te leggen en kent de kortste bouwtijd. Wel kruist tracéalternatief 4 veel rijkswegen in het zuiden, maar dit is technisch goed op te lossen. Tracéalternatief 5 is in het noordelijk deel eveneens relatief eenvoudig aan te leggen en kent in het zuidelijk deel een vergelijkbare aantal kruisingen als bij tracéalternatief 4. De aanleg van tracéalternatief 5 is complexer door de verkabeling van de 110 kV-hoogspanningsverbinding en de situatie rondom Vollenhove. Tracéalternatief 3 bevindt zich qua complexiteit en bouwtijd in het midden van de vijf tracéalternatieven.

Bij de tracéalternatieven 1, 2 en 3 is de technische complexiteit in het noordelijke deel het grootst. Bij tracéalternatief 5 is de complexiteit juist in het zuidelijke deel het grootst.

Aanvullende effecten opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatief 3, 4 en 5

Bij de tracéalternatieven 4 en 5 vinden de werkzaamheden voor de opwaardering in een ander gebied plaats, waardoor eenvoudiger veilig gewerkt kan worden. Wel kunnen werkzaamheden en (tijdelijke) voorzieningen minder goed gecombineerd worden.

Tracéalternatief 3 vereist meer aandacht om veilig te kunnen werken, omdat er meerdere werkzaamheden in dezelfde omgeving plaatsvinden..

Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

Ook de varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken zijn technisch uitvoerbaar. Voor veel aspecten is het onderscheid tussen de variant en het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief beperkt. Een uitzondering vormt variant Enumatil bij tracéalternatief 2 die aanzienlijk negatiever scoort. Deze variant leidt tot een zeer hoog risicoprofiel voor tracéalternatief 2 vanwege onder meer twee extra kruisingen met de 220 kV-hoogspanningsverbinding.

4.3.5 Toekomstvastheid

De omgeving hecht waarde aan een hoogspanningsverbinding die toekomstvast is en ook op langere termijn voldoet aan de energievraag. Met een toekomstvaste hoogspanningsverbinding is de kans kleiner dat in de toekomst opnieuw een ingrijpende aanpassing aan het hoogspanningsnet nodig is.

Uit de effectbeoordeling blijkt dat alle tracéalternatieven voldoende transportcapaciteit bieden en de geïdentificeerde knelpunten oplossen. Ook maken alle tracéalternatieven de toekomstige energiestatusscenario's mogelijk waar nu mee gerekend wordt. Zelfs het scenario voor

2050 waarbij sprake is van maximale elektrificatie en de meeste transportcapaciteit nodig is, kan worden opgevangen met alle tracéalternatieven. Daarmee zijn alle tracéalternatieven toekomstvast.

Aanvullend is nog gekeken naar de mogelijkheden van de verschillende tracéalternatieven voor verdere uitbreiding in de toekomst. Het gaat dan om fictieve uitbreidingen die verder gaan dan nu is voorzien in de toekomstscenario's voor het hoogspanningsnet. In een (theoretisch) scenario waarbij de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding zou worden opgevoerd naar een 380 kV-hoogspanningsverbinding, ontstaat er een verschil. Deze uitbreiding kan eenvoudiger plaatsvinden bij tracéalternatieven 1 en 2 dan bij tracéalternatieven 3, 4 en 5. Bij alle tracéalternatieven blijft het dan echter noodzakelijk om de hoogspanningsstations aan te passen. Tracéalternatief 5 is het minst robuust, ook door de verkabeling van de 110 kV-hoogspanningsverbinding.

Aanvullende effecten opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatief 3, 4 en 5

Na opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding is ook op het 220 kV-hoogspanningsnet sprake van een toekomstvaste hoogspanningsverbinding. Het verschil in (theoretische) uitbreidingsmogelijkheden met tracéalternatieven 1 en 2 blijft ook na opwaardering bestaan.

Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

De varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken zijn uit oogpunt van toekomstvastheid niet onderscheidend voor de keuze van een voorkeursalternatief.

4.3.6 Kosten

Voor de beoordeling van de kosten is gewerkt met een indexcijfer, waarbij het goedkoopste tracéalternatief telkens op 1,00 is gesteld. De kentallen kunnen daardoor alleen per rij met elkaar worden vergeleken. Bij tracéalternatief 4 zijn de kosten het laagst, zowel als alleen naar de stichtingskosten wordt gekeken als naar alle kosten gedurende de levensduur. De stichtingskosten van tracéalternatieven 1 en 2 zijn ruim 2,2 keer hoger dan van tracéalternatief 4, zoals in tabel 4.3 te zien is. Het relatieve verschil in kosten wordt kleiner als naar de levensduurkosten wordt gekeken. Dan bedragen de kosten van tracéalternatieven 1 en 2 een factor van ruim 1,5 keer de kosten van tracéalternatief 4. Aangezien het gaat om investeringen van enkele miljarden, zijn de verschillen in absolute zin alsnog aanzienlijk (honderden miljoenen tot een miljard verschil in kosten).

Tabel 4.3 | Kentallen kosten exclusief opwaardering 220 kV bij tracéalternatieven 3, 4 en 5

	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Stichtingskosten	2,27	2,24	1,38	1,00	1,23
Levensduurkosten zonder congestiekosten	1,58	1,55	1,25	1,00	1,15

De stichtings- en levensduurkosten van tracéalternatieven 3 en 5 zijn hoger dan tracéalternatief 4. Dat heeft voornamelijk te maken met de langere lengte.

Aanvullende effecten opwaardering 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatief 3, 4 en 5

Als rekening wordt gehouden met de extra kosten van opwaardering bij tracéalternatieven 3, 4 en 5, nemen de kosten bij tracéalternatief 3, 4 en 5 toe. Tracéalternatief 4 is dan nog altijd het goedkoopst. In tabel 4.4 zijn de indexen opgenomen voor de situatie inclusief opwaardering waarbij wederom het goedkoopste tracéalternatief op 1,00 is gezet.

Tabel 4.4 | Kentallen kosten inclusief opwaardering 220 kV bij tracéalternatieven 3, 4 en 5

	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Stichtingskosten	1,85	1,82	1,31	1,00	1,19
Levensduurkosten zonder congestiekosten	1,39	1,36	1,22	1,00	1,13

Uit de tabel blijkt dat het relatieve verschil met de kosten van tracéalternatieven 1 en 2 minder groot wordt. De levensduurkosten van het duurste tracéalternatief zijn dan nog ruim 1,3 keer hoger dan van het goedkoopste tracéalternatief.

Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

De kosten van de varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken zijn niet onderscheidend voor de keuze van een voorkeursalternatief

Deel B

5. Thema milieu

5.1 Inleiding

Het thema milieu heeft als doel de effecten van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding op de fysieke leefomgeving in beeld te krijgen. Het detailniveau van het onderzoek naar effecten in het plan-MER brengt deze effecten op de fysieke leefomgeving in beeld en biedt, samen met de overige deelrapporten, de informatie die nodig is om een voorkeursbeslissing te kunnen nemen. In dit hoofdstuk is een toelichting gegeven over welke thema's en criteria zijn onderzocht en welke uitgangspunten daarbij zijn gehanteerd. In de verschillende deelrapporten die bij het plan-MER zitten, zijn uitgangspunten beschreven die specifiek voor het betreffende onderzoeksthema gelden.

De effecten van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding binnen het thema milieu kunnen zowel optreden bij de aanleg van de hoogspanningsverbinding als in de gebruiksfase. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen permanente effecten en tijdelijke effecten. Effecten in de aanlegfase kunnen zowel permanent als tijdelijk zijn. Van permanente effecten is sprake in het geval van vernietiging of aantasting van waarden die daarna niet hersteld kunnen worden. In de meeste gevallen zal in de aanlegfase echter sprake zijn van tijdelijke effecten. Deze effecten stoppen na afronding van de aanlegwerkzaamheden of zijn daarna weer te herstellen. Effecten die in de gebruiksfase optreden zijn permanent van aard. Deze effecten treden op zolang de hoogspanningsverbinding er staat en in werking is. In de effectbeschrijving en -beoordeling wordt ingegaan op zowel de tijdelijke als de permanente effecten in de aanlegfase en gebruiksfase.

Het hoofdstuk is als volgt ingedeeld: in paragraaf 5.2 wordt een samenvatting gegeven van de belangrijkste onderscheidende milieueffecten tussen de tracéalternatieven. Deze onderscheidende punten bevatten beslisinformatie voor de afweging van een voorkeursalternatief. Vervolgens worden in paragraaf 5.3 tot en met 5.10 de criteria die zijn beoordeeld onder het thema milieu in meer detail beschreven en wordt uitgebreider ingegaan op hoe de tracéalternatieven zijn beoordeeld en waarop deze van elkaar verschillen. Tot slot gaat paragraaf 5.11 in op de effecten van de varianten die bij diverse tracéalternatieven aanwezig zijn en worden de effecten op de verbindingstukken besproken.

5.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven

Deze paragraaf betreft een samenvatting van de wezenlijke effecten tussen de tracéalternatieven die relevant zijn voor de selectie van het voorkeursalternatief. In tabel 5.1 is eerst de zevenpuntschaal weergegeven waarmee de effecten in beeld worden gebracht. In de deelrapporten bij het plan-MER is per criterium toegelicht hoe deze zevenpuntschaal is gebruikt bij de effectbeoordeling. Vervolgens is in tabel 5.2 de effectbeoordeling van de milieuthema's weergegeven. Dit is enkel gedaan voor de thema's die relevant zijn voor de keuze van het voorkeursalternatief.

Tabel 5.1 | Beoordelingsschaal milieu

++	Sterk positief effect
+	Positief effect
0/+	Beperkt positief effect
0	Geen effect
0/-	Beperkt negatief effect
-	Negatief effect
--	Sterk negatief effect

Tabel 5.2 | Beoordeling onderscheidende milieueffecten

	Natura 2000	Habitatrichtlijnsoorten	Andere beschermde soorten	Natuurnetwerk Nederland	Weidevogel-/ganzenoeragegebied	Houtopstanden	Landschap: Gebiedskarakteristiek	Historische (steden)bouw	Historische geografie	UNESCO-Werelderfgoed/	Archeologische monumenten / terreinen	Gevoelige gebouwen magnetveldzone	Vrijgespeelde gevoelige gebouwen
Tracéalternatief 1	--	--	--	--	--	-	-	0/-	--	0/-	--	--	++
Noord	--	--	--	--	--	-	-	0/-	--	0	--	--	++
Zuid	--	-	-	--	-	-	-	0/-	-	-	--	--	++
Tracéalternatief 2	--	--	--	--	--	-	-	0/-	--	0/-	-	--	+
Noord	--	--	--	--	--	-	-	0/-	--	0	--	--	++
Zuid	--	-	-	--	-	-	0/-	0/-	-	0/-	0	--	+
Tracéalternatief 3	--	-	-	--	--	-	--	0/-	-	0/-	-	--	0
Noord	--	--	-	--	--	-	--	0/-	--	0	--	--	0
Zuid	--	0/-	0/-	--	-	-	--	0/-	0/-	0/-	0	--	0
Tracéalternatief 4	--	--	-	--	--	--	--	0/-	--	-	0/-	-	0
Noord	--	--	-	--	--	--	--	0/-	-	0	0	-	0
Zuid	--	-	0/-	--	-	--	--	0/-	--	--	0/-	0/-	0
Tracéalternatief 5	--	--	-	--	--	--	--	-	--	0/-	0/-	-	0
Noord	--	--	-	--	--	--	--	0/-	-	0	0	-	0
Zuid	--	--	-	--	-	--	--	-	--	0/-	0/-	0/-	0/+

De beoordelingen worden hierna kort toegelicht. Daarbij wordt eerst ingegaan op criteria die een risico kunnen zijn voor de vergunbaarheid en daarmee de uitvoerbaarheid van het project of dwingend voor de keuze van een voorkeursalternatief (tabel 5.3). Vervolgens worden ook de wezenlijke criteria behandeld die belangrijk worden geacht bij de tracékeuze, maar niet direct de uitvoerbaarheid in de weg staan (tabel 5.4).

De overige criteria zijn minder cruciaal in de afweging. Deze komen wel in het vervolg van het hoofdstuk terug, waarin een samenvatting opgenomen van de effecten voor alle milieuaspecten.

Tabel 5.3 Overzicht beslisinformatie voor het thema milieu: mogelijke consequenties voor uitvoerbaarheid / vergunbaarheid

Criteria	Toelichting
Natura 2000: draadslachtoffers en stikstofdepositie	- Draadslachtoffers en stikstofdepositie kunnen de vergunbaarheid van alle tracéalternatieven in zowel het noordelijk als het zuidelijk deel in de weg staan. - Het bruto aantal <u>draadslachtoffers</u> >1% norm is het grootst bij tracéalternatief 1 en het kleinst bij tracéalternatief 4. Wanneer gekeken wordt naar netto aantallen, dan is het aantal draadslachtoffers het kleinste bij tracéalternatief 1 en 2. Dit heeft te maken met het de aanwezigheid van een bestaande hoogspanningsverbinding op de locatie waar tracéalternatieven 1 en 2 beoogd zijn. Wanneer er varkenskrullen als mitigerende maatregel worden toegepast op de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding die behouden blijft bij tracéalternatief 3, is het netto aantal draadslachtoffers van soorten >1%-norm het kleinste bij tracéalternatief 3. De resultaten worden nog nader onderzocht t.b.v. de ontwerp voorkeursbeslissing. - Potentiële effecten van <u>stikstofdepositie</u> zijn het grootst bij tracéalternatieven 1 en 2. Bij deze tracéalternatieven is de maximale relevante depositie relatief veel hoger dan bij de andere tracéalternatieven en is het areaal met relevante deposities op habitattypen het grootst. Bij tracéalternatieven 3 en 4 is de maximale relevante depositie laag en eveneens het areaal met relevante deposities op habitattypen. - Significant negatieve gevolgen voor de instandhoudingsdoelstellingen van H7140B Overgangs- en trilvenen (veenmoerasrietlanden) en H1060 Grote vuurvinder in Rottige Meenthe & Brandemeer kunnen niet worden uitgesloten. De resultaten worden nog nader onderzocht t.b.v. de ontwerp voorkeursbeslissing.
UNESCO-Werelderfgoed	- De zuidelijke delen van tracéalternatief 1 en 4 zijn mogelijk niet vergunbaar vanwege de effecten op het UNESCO-Werelderfgoed Schokland en omgeving. - Als bij tracéalternatief 1 gekozen wordt voor de variant Marknesse is de impact minder groot en is het tracéalternatief met deze variant naar verwachting vergunbaar.
Waterveiligheid	De variant Vollenhove voor tracéalternatief 5 loopt deels parallel aan een regionale waterkering ten westen van het Vollenhoverkanaal. Het is daardoor naar verwachting nodig om masten in de kernzone van het beperkingengebied van de waterkering te plaatsen. Dit staat de vergunbaarheid van deze variant in de weg. Dit speelt niet bij de tracéalternatieven en andere varianten.

Tabel 5.4 Overzicht beslisinformatie voor het thema milieu: wezenlijke criteria

Criteria	Toelichting
Natura 2000: verstoring en ruimtebeslag	- Bij geen van de tracéalternatieven worden op voorhand al wezenlijke effecten verwacht als gevolg van verstoring in de aanlegfase. - Het potentieel <u>verstoord gebied in de gebruiksfase</u> of gebied waar potentieel <u>ruimtebeslag</u> plaatsvindt is het kleinste bij tracéalternatief 3. Tracéalternatief 4 en 5 leiden tot het grootste ruimtebeslag op Natura 2000-gebied (volledig in het zuidelijk deel in Natura 2000-gebied Van Oordt's Mersken) en tracéalternatief 1 en 4 verstoren in de gebruiksfase het grootste areaal aan grasland (grotendeels in het noordelijk deel). - Tracéalternatieven 1, 2 en 3 doorsnijden enkele meters van het Sneekermeergebied (vogelrichtlijngebied). De broedvogels waarvoor een instandhoudingsdoelstelling geldt, zitten hier naar verwachting niet. - Tracéalternatieven 1, 2 en 3 doorsnijden het habitatchtlijngebied Rottige Meenthe & Brandemeer. Hier loopt reeds de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding doorheen en de (nieuwe) ZRO-strook heeft naar verwachting geen ruimtebeslag of relevante aantasting op beschermde habitattypen. - Tracéalternatieven 4 en 5 doorsnijden het gebied Van Oordt's Mersken over een lengte van circa 2 km, direct langs de A7. Op voorhand zijn hier geen wezenlijke effecten te verwachten.
Natuurnetwerk Nederland	- Het areaal aan NNN binnen de ZRO-strook is het kleinste bij tracéalternatief 3 (overwegend in het noordelijk deel), gevolgd door tracéalternatief 4. Het ruimtebeslag is het grootst bij tracéalternatief 1 (overwegend in het noordelijk deel). - Bij tracéalternatieven 4 en 5 liggen relatief grote arealen NNN-bos binnen de ZRO-strook. Bij tracéalternatieven 1, 2 en 3 is aanzienlijk minder bos aanwezig binnen de ZRO-strook. - Moeilijk te compenseren bostypen met lange ontwikkeltijd (100+ jaar) zijn in tracéalternatief 1 niet aanwezig, bij tracéalternatieven 2 en 3 in beperkte mate en bij tracéalternatieven 4 en 5 is het areaal veel groter.

Criteria	Toelichting
Weidevogel- en ganzenfoerageergebied	- Alle tracéalternatieven leiden tot ruimtebeslag op weidevogel- en ganzenfoerageergebieden. - Het areaal <u>weidevogelgebied</u> binnen de ZRO-strook is het kleinste bij tracéalternatief 3 (overwegend in het noordelijk deel) en het grootste bij tracéalternatief 1 (overwegend in het noordelijk deel). - Het areaal <u>ganzenfoerageergebied</u> binnen de ZRO-strook is eveneens het kleinste bij tracéalternatief 3 (overwegend in het noordelijk deel), maar het grootste bij tracéalternatieven 4 en 5 (volledig in het noordelijke deel).
Houtopstanden	- Het areaal aan houtopstanden binnen de ZRO-strook is in het noordelijk deel het kleinste bij tracéalternatief 3 en het grootste bij tracéalternatief 4 en 5. - In het zuidelijk deel is het areaal aan houtopstanden binnen de ZRO-strook eveneens het kleinste bij tracéalternatief 3 en het grootste bij tracéalternatief 5.
Beschermde soorten	- Tracéalternatief 3 telt het kleinste areaal bezet leefgebied van <u>habitatrichtlijnsoorten</u>, zowel in het noordelijk als het zuidelijk deel. Het areaal is het grootste bij tracéalternatieven 1 en 2 (noord) en 5 (zuid). Ook de soortfactor – die de soortenrijkdom weergeeft – is het minst negatief bij tracéalternatief 3. - Voor <u>andere soorten</u> is het areaal bezet leefgebied het kleinste bij tracéalternatieven 4 en 5 (noord) en tracéalternatief 3 (zuid). De soortfactor – die de soortenrijkdom weergeeft – laat een zelfde beeld zien. Bij tracéalternatief 1 en 2 is het areaal verreweg het grootste, zowel in het noordelijk als het zuidelijk deel. De soortfactor is bij tracéalternatief 1 het hoogst, bij tracéalternatief 2 zijn de getallen iets kleiner.
Gevoelige gebouwen binnen de magneetveldzone	- Met name in het noordelijk deel liggen er woningen binnen de magneetveldzone, in het zuidelijk deel zijn er meer verschillen tussen de tracéalternatieven waarneembaar. Tracéalternatieven 4 en 5 tellen in het noordelijk deel het minste gevoelige gebouwen binnen de magneetveldzone, gevolgd door tracéalternatief 1. - In het zuidelijk deel telt tracéalternatief 5 het minste gevoelige gebouwen binnen de magneetveldzone, gevolgd door tracéalternatief 4. Er is hierbij geen rekening gehouden met de bestaande woningen binnen de magneetveldzone van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding. - Er dient te worden opgemerkt dat de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatieven 3, 4 en 5 autonoom wordt opgewaardeerd. Uitgangspunt voor de opwaardering is dat de magneetveldzone niet breder wordt dan de huidige breedte. Het aantal gevoelige gebouwen wijzigt daardoor dus niet. Tracéalternatief 1 kent het grootste aantal vrijgespeelde gevoelige gebouwen, gevolgd door tracéalternatief 2. Bij tracéalternatieven 3 en 4 worden geen gevoelige gebouwen vrijgespeeld en bij tracéalternatief 5 wordt er één gevoelig gebouw in het zuidelijk deel vrijgespeeld.
Landschap (gebiedskarakteristiek)	- De impact van tracéalternatieven 1 en 2 (waarbij een dubbele nieuwe hoogspanningsverbinding wordt gerealiseerd) is beperkter dan tracéalternatieven 3, 4 en 5. Tracéalternatief 2 scoort zowel in het noordelijk als het zuidelijk deel iets beter dan tracéalternatief 1. - Doordat bij tracéalternatief 3 de bestaande masten niet worden vervangen door nieuwe masten, zoals bij tracéalternatieven 1 en 2 het geval is, ontstaat hier minder rustig beeld, waardoor deze minder gunstig scoort dan tracéalternatieven 1 en 2. - Tracéalternatieven 4 en 5 hebben de meeste impact op de gebiedskarakteristiek, zij voegen een volledig nieuw verticaal element toe in het landschap. Ten opzichte van tracéalternatief 5 is tracéalternatief 4 in het zuidelijk deel iets minder negatief.
Cultuurhistorie (historische (steden)bouw / geografie)	- Op het vlak van <u>historische stedenbouw</u> scoort tracéalternatieven 5 beduidend slechter dan de tracéalternatieven 1, 2, 3 en 4. Dit komt door de nabije ligging van de beschermde stads- en dorpsgezichten Vollenhove en Blokzijl en de nabijheid van het havenhoofd van Kuinre. - Aangaande <u>historische geografie</u> zijn tracéalternatieven 4 en 5 minder negatief beoordeeld voor het noordelijk deel, doordat de andere drie tracéalternatieven nationaal landschap 'Noardlike Fryske Wâlden' doorsnijden. In het zuidelijk deel zorgt tracéalternatief 3 voor de minste verstoring van historische geografische elementen, ensembles of kernkwaliteiten.
Archeologie (monumenten / terreinen)	- Geen van de tracéalternatieven doorsnijdt een archeologisch monument. - De tracéalternatieven doorsnijden wel terreinen die zijn aangeduid op de archeologische monumentenkaart (AMK-terreinen). De totale oppervlakte van de doorsnijdingen is het kleinste bij tracéalternatief 4 (uitsluitend in het zuidelijk deel), gevolgd door tracéalternatief 5 (uitsluitend in het zuidelijk deel). - Alle doorsnijdingen van AMK-terreinen zijn aanzienlijk korter dan 350 meter, waardoor de masten in theorie buiten deze gebieden geplaatst kunnen worden en er dus als het ware overheen gestapt kan worden.

5.3 Bodem en water

De tracéalternatieven zijn voor vijf verschillende criteria beoordeeld met betrekking tot het thema bodem en water. Alleen voor de criteria 'zettingen' en 'grondwaterkwaliteit' zijn de tracéalternatieven onderscheidend. Voor de criteria 'chemische bodemkwaliteit', 'verzilting' en 'oppervlaktewater' zijn alle tracéalternatieven neutraal beoordeeld en daardoor niet onderscheidend.

Op basis van alle beoordelingen scoort tracéalternatief 4 het minst negatief. Voor het criterium 'zettingen' wordt tracéalternatief 4 negatief beoordeeld vanwege de doorkruising van 85 hectare aan zettingsgevoelige gronden. Voor het criterium 'grondwaterkwaliteit' krijgt dit tracéalternatief net als tracéalternatief 5 een neutrale beoordeling, omdat er geen doorsnijding van een grondwaterbeschermingsgebied plaatsvindt.

Tracéalternatieven 1 en 2 worden het meest negatief beoordeeld. Beide tracéalternatieven krijgen een sterk negatieve beoordeling voor het criterium 'zettingen', omdat tracéalternatief 1 en tracéalternatief 2 respectievelijk 336 hectare en 306 hectare aan zettingsgevoelige gronden doorkruist. Voor het criterium 'grondwaterkwaliteit' krijgen deze tracéalternatieven een beperkt negatieve beoordeling, omdat tracéalternatief 1 en tracéalternatief 2 respectievelijk 21 hectare en 18 hectare aan grondwaterbeschermingsgebied doorsnijden.

5.4 Natuur

De vijf tracéalternatieven hebben allemaal negatieve tot zeer negatieve effecten op de criteria voor natuur. Zowel in het noordelijke als zuidelijke deel van elk tracéalternatief zijn er sterk negatieve effecten op 'Natura 2000-gebieden' en het 'Natuurnetwerk Nederland (NNN)'. Tracéalternatief 1 heeft het grootste areaal aan NNN binnen de ZRO-strook (177,42 hectare), en tracéalternatief 3 het kleinste (80,82 hectare).

De effecten op Natura 2000 zijn beoordeeld aan de hand van vier subcriteria:

- Het grootste ruimtebeslag treedt op bij tracéalternatieven 4 en 5 door doorsnijding van 14,46 hectare Natura 2000-gebied Van Oordt's Mersken.
- De grootste verstoring van grasland treedt op bij tracéalternatieven 1 en 4 (respectievelijk 608 en 610 hectare); de kleinste verstoring bij tracéalternatief 3 (270 hectare).
- De meeste stikstofdepositie treedt op bij tracéalternatieven 1 en 2 (areaal habitattypen met een relevante depositie is respectievelijk 1.558 en 1.472 hectare); de minste bij tracéalternatief 4 (47 hectare).
- Het laagste netto aantal draadslachtoffers treedt op bij tracéalternatieven 1 en 2. Bij beide tracéalternatieven wordt een bestaande hoogspanningsverbinding vervangen door een dubbele mastenrij met varkenskrullen in de bliksemdraden. Tracéalternatief 3 heeft het laagste aantal draadslachtoffers indien ook in de bestaande hoogspanningsverbinding varkenskrullen worden aangebracht. Tracéalternatieven 4 en 5 kennen het hoogste netto aantal draadslachtoffers en het hoogste aantal soort/gebied-combinaties waarbij de 1%-norm wordt overschreden. Met het aantal soort/gebied-combinaties heeft tracéalternatief 2, samen met tracéalternatief 3, het laagste effect: er zijn 5 soort/gebied-combinaties waar de norm wordt overschreden.

Alle tracéalternatieven zijn negatief beoordeeld voor het criterium 'rode lijst-soorten'. Tracéalternatief 2 heeft het grootste aantal rode lijst-soorten (79 soorten, 11 soortengroepen); tracéalternatief 4 het kleinste aantal (55 soorten, 7 soortengroepen).

Het grootste verschil in de beoordelingen tussen de tracéalternatieven zit bij de criteria 'andere beschermde soorten' en 'houtopstanden':

- Tracéalternatieven 1 en 2 scoren sterk negatief voor 'andere beschermde soorten', de soortfactor waarmee het effect op andere beschermde soorten wordt aangeduid is bij deze tracéalternatieven met name groot in het noordelijk deel; in het noordelijk deel is de soortfactor het kleinste bij tracéalternatief 4 en in het zuidelijk deel bij tracéalternatief 3. Naast tracéalternatief 3 en 4 scoort ook tracéalternatief 5 negatief.
- Bij het criterium 'houtopstanden' is het min of meer omgedraaid, tracéalternatieven 1, 2 en 3 zijn voor dat criterium negatief beoordeeld en tracéalternatieven 4 en 5 sterk negatief (in totaal 48,3 hectare houtopstanden bij tracéalternatief 5 en in totaal 5,9 hectare bij tracéalternatief 3).

Voor het 'weidevogel-/ganzenfoeragegebied' zijn alle noordelijke delen sterk negatief en alle zuidelijke delen negatief beoordeeld. Het grootste verstoorde areaal treedt op bij tracéalternatief 1 (381,3 hectare) en het kleinste verstoorde areaal bij tracéalternatief 3 (223,3 hectare).

5.5 Landschap en cultuurhistorie

Doordat tracéalternatieven 4 en 5 een nieuwe doorsnijding van het landschap creëren, zijn deze twee tracéalternatieven negatiever beoordeeld voor het criterium 'landschappelijk hoofdpatroon' dan tracéalternatieven 1, 2 en 3. Tracéalternatief 3 heeft de laagste 'kwaliteit van het tracé' door extra afwijkingen en verminderde rechtstand, wat de herkenbaarheid van de bovenregionale structuur aantast. Ook tracéalternatief 5 is als geheel sterk negatief beoordeeld voor het criterium 'kwaliteit van het tracé'. Dit komt met name door de vele korte rechtstanden, met richtingveranderingen in het zuidelijk deel.

Voor 'gebiedskarakteristiek en elementen en hun samenhang' zijn tracéalternatieven 3, 4 en 5 sterk negatief beoordeeld. Dit komt bij tracéalternatief 3 doordat er twee typen hoogspanningsverbindingen naast elkaar komen te staan in het landschap, en bij tracéalternatieven 4 en 5 door de volledig nieuwe doorsnijding van het landschap. Het effect van tracéalternatieven 1 en 2 is minder groot en deze twee tracéalternatieven krijgen daardoor een negatieve beoordeling voor dit criterium.

De effecten op 'historische (steden)bouw' en 'historische geografie' zijn minder onderscheidend:

- Tracéalternatieven 1, 2, 3 en 4 hebben beperkte impact op 'historische (steden)bouw'. Tracéalternatief 5 wordt negatief beoordeeld vanwege de ligging van het zuidelijke deel nabij beschermde stads- en dorpsgezichten langs de voormalige Zuiderzeekust.
- Tracéalternatieven 1, 2 en 3 beïnvloeden vooral historische geografische structuren in het noordelijk deel, en minder in het zuidelijk deel. Dit heeft te maken met de doorsnijding van nationaal landschap 'Noardlike Fryske Wâlden'. Deze tracéalternatieven zijn daarom als geheel ook (sterk) negatief beoordeeld voor het criterium 'historische geografie'. Tracéalternatieven 4 en 5 doorsnijden in het zuidelijk deel nationaal landschap 'Súdwest Fryslân', wat net als bij tracéalternatief 1 en 2 leidt tot een sterk negatieve beoordeling voor 'historische geografie'.

Voor UNESCO-Werelderfgoed treden er geen effecten op in het noordelijk deel. Het zuidelijk deel van tracéalternatief 4 ligt dicht bij 'Schokland en omgeving', wat de visuele integriteit kan aantasten, waardoor het sterk negatief beoordeeld is. Tracéalternatief 1 krijgt een negatieve beoordeling vanwege de nabijheid tot dezelfde site.

5.6 Archeologie en aardkundige waarden

De effecten op 'archeologische monumenten' zijn vooral groot in de noordelijke delen van tracéalternatieven 1, 2 en 3, en het zuidelijke deel van tracéalternatief 1. Deze delen zijn sterk negatief beoordeeld. Geen van de tracéalternatieven doorsnijdt een archeologisch monument. Wel doorsnijden de tracéalternatieven terreinen die zijn aangeduid op de archeologische monumentenkaart (AMK-terreinen). Tracéalternatief 1 heeft de grootste totale doorsnijding van AMK-terreinen (twee keer 463 meter), terwijl tracéalternatief 4 de kleinste doorsnijding heeft (35 meter). In de noordelijke delen van tracéalternatieven 4 en 5 en de zuidelijke delen van tracéalternatieven 2 en 3 zijn geen AMK-terreinen aanwezig nabij het tracé.

Het zuidelijke deel van tracéalternatief 5 is sterk negatief beoordeeld voor het criterium 'hoge en middelhoge archeologische verwachtingswaarde' vanwege de grote aanwezigheid van gronden met een hoge of middelhoge verwachting van archeologische waarden. De effecten zijn vooral groot door de verkabeling van de 110 kV-hoogspanningsverbinding. Alle tracéalternatieven krijgen als geheel een negatieve beoordeling voor dit criterium.

Het noordelijke deel van tracéalternatief 1 en het zuidelijke deel van tracéalternatief 5 zijn sterk negatief beoordeeld voor het criterium 'aardkundige waarden' door respectievelijk de 380 kV-hoogspanningsverbinding (41,7 hectare) en verkabeling van de 110 kV-hoogspanningsverbinding (84,6 hectare bij tracéalternatief 5, en 31,3 hectare bij tracéalternatief 1). Tracéalternatief 4 is het minst negatief beoordeeld, met een beperkte negatieve beoordeling en een potentiële aantasting van 14,3 hectare door de 380 kV-hoogspanningsverbinding en 8,7 hectare door verkabeling.

5.7 Veiligheid

De tracéalternatieven zijn voor de veiligheidscriteria 'externe veiligheid', 'waterveiligheid' en 'windturbines' voornamelijk neutraal of beperkt negatief beoordeeld.

Tracéalternatieven 4 en 5 zijn beperkt negatief beoordeeld voor het criterium 'externe veiligheid', omdat zij nieuwe kruisingen met buisleidingen voorzien, respectievelijk 19 en 18 kruisingen. Tracéalternatieven 1, 2 en 3 zijn neutraal beoordeeld, omdat het aantal kruisingen gelijk blijft ten opzichte van de huidige situatie.

Tracéalternatieven 1 en 2 krijgen een beperkt positieve beoordeling voor het criterium 'waterveiligheid'. In het noordelijk deel kruisen zij respectievelijk twee en drie bijkomende waterkeringen, terwijl in het zuidelijk deel juist twee waterkeringen minder worden gekruist. Tracéalternatief 3 kruist in het noordelijk deel twee waterkeringen minder dan de referentiesituatie en is daardoor beperkt positief beoordeeld. Tracéalternatieven 4 en 5 kruisen in het noordelijk deel respectievelijk 16 en 14 waterkeringen en in het zuidelijk deel respectievelijk 14 en 22 waterkeringen. Aangezien het gaat om nieuwe kruisingen met waterkeringen zijn deze twee tracéalternatieven beperkt negatief beoordeeld.

De beoordeling voor het criterium 'windturbines' is minder onderscheidend tussen de tracéalternatieven. Tracéalternatief 3 ligt in de nabijheid van evenveel windturbines als de referentiesituatie. In het noordelijk deel staan er rond tracéalternatief 1 de meeste windturbines (drie windturbines), terwijl er in het zuidelijk deel bij tracéalternatieven 4 en 5 één windturbine staat en bij de andere tracéalternatieven geen.

Er is ook gekeken naar de beperkingenzones rond luchthavens en wat de potentiële effecten van de tracéalternatieven zijn op de nabijgelegen luchthavens. Uit de 'aeronautical study' die is uitgevoerd voor Luchthaven Drachten (waar tracéalternatieven 4 en 5 in de buurt lopen),

blijkt dat het overschrijden van de hoogtebeperking van de Inner Horizontal Surface en de Conical Surface niet leidt tot onacceptabele risico's, mits er voldoende mitigerende maatregelen getroffen worden. De benodigde mitigerende maatregelen zijn: het aanpassen van het Aeronautical Information Publication (AIP), het afgeven van een Notice to Airmen (NOTAM), het zichtbaar maken van de masten en de kabels met markeringen conform ICAO Annex 14 en het aanbrengen van vogelwerend materiaal op de masten gelegen binnen 1000 meter van het circuitgebied. Wat betreft de Luchthaven bij Warstiens geldt dat gebruik van de luchthaven en de variant Leeuwarden van tracéalternatief 1 niet samengaan.

5.8 Leefomgeving en gezondheid

Bij het thema leefomgeving en gezondheid zijn de tracéalternatieven beoordeeld op drie criteria: 'gevoelige gebouwen in magneetveldzones', 'vrijgespeelde gevoelige gebouwen' en 'geluidgevoelige gebouwen'. Dit laatste criterium is relevant tijdens de realisatie van het project, maar niet in de gebruiksfase.

Tracéalternatieven 1, 2 en 3 scoren sterk negatief voor het criterium 'gevoelige gebouwen in magneetveldzones'. Tracéalternatieven 4 en 5 scoren hier negatief in het noordelijk deel en beperkt negatief in het zuidelijk deel. Tracéalternatief 3 heeft het grootste aantal gevoelige gebouwen binnen de magneetveldzone, namelijk 191. Tracéalternatief 5 heeft het kleinste aantal, namelijk 62 gevoelige gebouwen.

Tracéalternatieven 1 en 2 scoren sterk positief voor het criterium 'vrijgespeelde gevoelige gebouwen'. Dit komt doordat bij deze tracéalternatieven een dubbele nieuwe hoogspanningsverbinding wordt gerealiseerd naast de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding. Nadat de nieuwe verbindingen in gebruik zijn genomen, wordt de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding verwijderd. De beoordeling van tracéalternatieven 3, 4 en 5 is neutraal. Bij tracéalternatieven 3 en 4 worden er geen gevoelige gebouwen vrijgespeeld. Tracéalternatief 1 heeft het grootste aantal vrijgespeelde gevoelige gebouwen, namelijk 129.

Tracéalternatieven 4 en 5 zijn beperkt negatief beoordeeld voor het criterium 'geluidgevoelige gebouwen'. Tracéalternatieven 1, 2 en 3 zijn voor dit criterium juist negatief tot sterk negatief beoordeeld. Tracéalternatief 2 heeft het grootste aantal geluidgevoelige gebouwen, namelijk 567. Tracéalternatief 4 heeft het kleinste aantal, namelijk 209.

5.9 Gebruiksfuncties

Bij het thema gebruiksfuncties zijn de tracéalternatieven beoordeeld op zes criteria: 'recreatie', 'werkfuncties', oppervlakteverlies landbouwareaal', 'doorsnijding landbouwgrond', 'zon- en parken', en 'wonen'.

Tracéalternatieven 1, 2, 3 en 5 zijn beperkt negatief beoordeeld voor het criterium 'recreatie'. Tracéalternatief 4 is negatief beoordeeld vanwege de nabijheid van relatief veel recreatieve functies in het zuidelijke deel.

Tracéalternatieven 1 en 3 zijn beperkt negatief beoordeeld voor het criterium 'werkfuncties'. Tracéalternatieven 2, 4 en 5 zijn negatief beoordeeld voor dit criterium. Tracéalternatief 3 telt het kleinste areaal aan bedrijventerreinen binnen de ZRO-strook liggen (15 hectare), terwijl tracéalternatief 4 het grootste areaal telt (27,9 hectare).

Tracéalternatieven 1 en 2 zijn negatief beoordeeld voor het criterium (tijdelijk) 'oppervlakteverlies landbouwareaal' tijdens de realisatiefase (respectievelijk 585,1 hectare en 573

hectare tijdelijk oppervlakteverlies). Tracéalternatief 4 heeft het kleinste oppervlakteverlies (188,8 hectare) en is, samen met tracéalternatieven 3 en 5, beperkt negatief beoordeeld. De effecten in de gebruiksfase zijn beoordeeld in het criterium 'doorsnijding landbouwgrond' (ZRO-strook). Daarbij zijn tracéalternatieven 1 en 2 sterk negatief beoordeeld en tracéalternatieven 3, 4 en 5 negatief. Tracéalternatief 1 heeft de grootste doorsnijding (1.033,4 hectare) en tracéalternatief 4 de kleinste (404,6 hectare).

Alle tracéalternatieven zijn beperkt negatief beoordeeld voor het criterium 'zonneparken'. Bij alle tracéalternatieven liggen er in het noordelijke deel zonneparken binnen de ZRO-strook. Tracéalternatieven 1, 2 en 3 doorsnijden geen zonneparken in het zuidelijke deel, terwijl tracéalternatieven 4 en 5 dit wel doen. Tracéalternatief 5 heeft in totaal de grootste doorsnijding (21 hectare) en tracéalternatief 3 de kleinste (7,1 hectare).

Tracéalternatieven 1, 2 en 3 zijn negatief beoordeeld voor het criterium 'wonen'. Tracéalternatieven 4 en 5 zijn beperkt negatief beoordeeld. Tracéalternatief 2 heeft het grootste aantal woningen onder de geleiders staan (66 panden), tracéalternatieven 4 en 5 het kleinste aantal (10 panden).

5.10 Duurzaamheid

Bij het thema duurzaamheid zijn de tracéalternatieven beoordeeld op drie criteria: 'circulariteit als gevolg van materiaalgebruik', 'klimaat (CO₂-uitstoot) materieelinzet', en 'klimaat (CO₂-uitstoot) netverliezen'.

Tracéalternatieven 1 en 2 zijn sterk negatief beoordeeld voor het criterium 'circulariteit als gevolg van materiaalgebruik'. Tracéalternatieven 3 en 5 zijn negatief beoordeeld, terwijl tracéalternatief 4 beperkt negatief is beoordeeld. Tracéalternatief 1 heeft de grootste impact in het noordelijk deel (187% meer dan het zuidelijke deel van tracéalternatief 4, dat de minste impact heeft). Tracéalternatief 5 heeft de grootste impact in het zuidelijke deel (125% meer dan het zuidelijke deel van tracéalternatief 4).

Tracéalternatieven 1, 2 en 3 zijn sterk negatief beoordeeld voor het criterium 'klimaat (CO₂-uitstoot) materieelinzet' vanwege de hoge CO₂-uitstoot door de dubbele mastenrij bij tracéalternatieven 1 en 2, en grote CO₂-uitstoot bij tracéalternatief 3. Tracéalternatief 1 heeft de grootste impact in het noordelijk deel (268% meer CO₂-uitstoot dan het noordelijke deel van tracéalternatief 5). Tracéalternatief 5 heeft, vanwege de grote lengte aan verkabeling van de 110 kV-hoogspanningsverbinding, de grootste impact in het zuidelijke deel (736% meer CO₂-uitstoot dan het noordelijke deel van tracéalternatief 5).

Tracéalternatieven 1 en 2 zijn negatief beoordeeld voor het criterium 'klimaat (CO₂-uitstoot) netverliezen', terwijl tracéalternatieven 3, 4 en 5 sterk negatief zijn beoordeeld. Bij tracéalternatieven 3, 4 en 5 blijft de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding behouden. Tracéalternatief 3 heeft de grootste impact in het noordelijk deel (89% meer CO₂-uitstoot dan het zuidelijke deel van tracéalternatief 2). Tracéalternatief 5 heeft de grootste impact in het zuidelijke deel (39% meer CO₂-uitstoot dan het zuidelijke deel van tracéalternatief 2).

5.11 Effectbeoordeling varianten

Er zijn verschillende varianten onderzocht voor de verschillende tracéalternatieven. Het gaat om delen van een tracéalternatief die om verschillende redenen een net wat andere ligging hebben gekregen. Wanneer een tracéalternatief gekozen wordt als voorkeursalternatief, kan worden beoordeeld of een variant de voorkeur heeft boven het vergelijkbare deel van het

tracéalternatief. Uit de effectenanalyse blijkt dat de varianten voor veel beoordelingscriteria leiden tot positievere of negatievere effecten. In tabel 5.3 is de beoordeling opgenomen.

Tabel 5.3 | Samenvatting effectbeoordeling varianten

	V1 = Variant Volverlaten	V2 = Variant Surhuisterveen	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	V1 = Variant Luttelgeest	M2 = Variant Enumatil	M3 = Variant Kleefocht	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
Variant bij tracéalternatief	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4	4	5	5
Milieu													
Natura 2000	~	~	~	~	~	~	~	V	V	~	~	~	~
Habitatrichtlijnsoorten	~	~	~	~	~	~	~	V	V	~	V	~	~
Andere beschermde soorten	~	V	~	~	~	~	V	~	~	~	~	~	~
Houtopstanden	~	V	~	~	~	V	~	~	~	V	~	~	V
Natuurnetwerk Nederland	~	~	~	~	~	V	~	V	~	V	V	~	V
Weidevogel-/ganzenfoerageergebied	V	V	V	~	~	V	V	V	~	~	~	~	~
Gebiedskarakteristiek	~	V	~	~	~	~	~	~	~	~	V	V	V
Historische (steden)bouw	V	~	~	~	~	~	V	~	~	~	V	V	V
Historische geografie	~	~	~	~	~	~	V	~	~	~	~	~	~
UNESCO-Werelderfgoed	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
Archeologische monumenten / -terreinen	~	~	~	~	~	~	V	~	~	~	~	~	~
Gevoelige gebouwen magneetveldzone	V	V	~	V	V	~	~	V	~	V	~	~	~

Legenda bij variantbeoordeling

- ~ Effect positiever dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
- ~ Effect wijkt niet af van het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
- V Effect negatiever dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief

Er zijn maar een paar varianten die overwegend positiever zijn dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. De varianten Leeuwarden, Kuinre en Marknesse voor tracéalternatief 1 zijn overwegend positiever beoordeeld dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief, ook voor de criteria voor natuur (met uitzondering van weidevogel-/ganzenfoerageergebied) en in het geval van Marknesse voor UNESCO-Werelderfgoed. De beoordeling van de andere varianten voor de tracéalternatieven zijn meer in evenwicht of zorgen juist voor relatief veel negatievere beoordelingen.

Bij slechts twee criteria leidt de positievere of negatievere beoordeling van de variant tot een andere beoordeling van een tracéalternatief. Dit betreft de criteria 'landschappelijk hoofdpatroon' en 'waterveiligheid'. Bij het criterium 'landschappelijk hoofdpatroon' leidt het meenemen van variant Volverlaten tot een positievere beoordeling van tracéalternatief 1. De beoordeling wijzigt daar van beperkt negatief (effectbeoordeling: 0/-) naar geen of nauwelijks effect (effectbeoordeling: 0). Deze variant heeft echter wel een negatievere beoordeling voor verschillende andere criteria, bijvoorbeeld rond gebruiksfuncties of leefomgeving en gezondheid. Ondanks het beperktere aantal kruisingen dat de variant Vollenhove voor

tracéalternatief 5 heeft met waterkeringen, loopt deze deels parallel aan een regionale waterkering ten westen van het Vollenhoverkanaal. Het is daardoor naar verwachting nodig om masten in de kernzone van het beperkingengebied van de waterkering te plaatsen. Het oprichten van masten in de kernzone is zeer ongewenst en mogelijk niet vergunbaar. Variant Vollenhove is daarom per saldo negatiever beoordeeld dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Als vergunbaarheid mee wordt genomen in de beoordeling dan zal het opnemen van variant Vollenhove binnen tracéalternatief 5 leiden tot een negatievere beoordeling van zowel het zuidelijk deel als het gehele tracéalternatief. De beoordeling van tracéalternatief 5 wijzigt hierdoor van beperkt negatief (effectbeoordeling: 0/-) naar negatief (effectbeoordeling: -).

Uit de effectanalyse blijkt dat de mitigerende maatregelen Enumatil en Kleeftocht leiden tot positievere of negatieve effecten voor de wezenlijke thema's landschap, archeologie en, leefomgeving en gezondheid. Voor beide mitigerende maatregelen geldt echter dat de andere effecten niet leiden tot een andere effectbeoordeling van het tracéalternatief.

Voor de verbindingstukken gaat het niet om een afweging ten opzichte van een tracéalternatief, maar is gekeken naar wezenlijke knelpunten. Uit de effectanalyse van de verbindingstukken komen geen wezenlijke knelpunten naar voren die een dergelijke verbinding in de weg staan. Wel kennen beide verbindingstukken enkele aandachtspunten, deze zijn in MER deel B nader toegelicht.

6. Thema omgeving

6.1 Inleiding

Om tot de verschillende tracéalternatieven en varianten te komen zijn meerdere omgevingspartijen betrokken bij het traceringsproces. Onder andere gemeenten, provincies, waterschappen en belangenorganisaties die een raakvlak hebben met het project zijn betrokken. Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende omgevingspartijen en geeft weer hoe het participatieproces met de omgeving is verlopen. De informatie die is opgehaald tijdens dit proces met de verschillende omgevingspartijen heeft geleid tot het 'deelrapport omgeving' (zie ook bijlage 4 bij de integrale effectenanalyse). Daarin wordt een onderscheid gemaakt tussen de zorgen en aandachtspunten die spelen en een analyse van het raakvlak tussen de tracéalternatieven van dit project en de zachte ontwikkelingen die zijn ingebracht door de omgeving. Dat zijn mogelijke toekomstige ontwikkelingen waar nog geen (ontwerp) ruimtelijk besluit voor is genomen, zoals een wijziging van het omgevingsplan of omgevingsvergunning.

Het hoofdstuk is als volgt ingedeeld: in paragraaf 6.2 worden de belangrijkste onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven weergegeven met betrekking tot het thema omgeving. Deze onderscheidende punten zijn beslisinformatie voor de afweging naar een voorkeursalternatief. Vervolgens worden in paragraaf 6.3 tot en met 6.5 de criteria in meer detail beschreven die zijn beoordeeld onder het thema omgeving en wordt uitgebreider ingegaan op hoe de tracéalternatieven zijn beoordeeld en waarop deze van elkaar verschillen. Tot slot gaat paragraaf 6.6 in op de effecten van de varianten die bij diverse tracéalternatieven aanwezig zijn en worden de effecten op de verbindingstukken besproken.

6.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven

Deze paragraaf geeft een overzicht van de onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven en geeft zo informatie voor de selectie van het voorkeursalternatief. Binnen het thema omgeving worden drie subthema's behandeld. Dit betreffen het participatieproces, aandachtspunten vanuit de omgeving en het raakvlak van de tracéalternatieven met de zachte ontwikkelingen. In tabel 6.1 worden de zorgen en aandachtspunten en de raakvlakken met zachte ontwikkelingen per tracéalternatief toegelicht. Deze punten zijn aangedragen door verschillende omgevingspartijen. Deze zijn beschreven in paragraaf 6.3.

Tabel 6.1 | Overzicht beslisinformatie voor het thema omgeving

Tracéalternatief	Criteria	Aandachtspunten
Tracéalternatief 1	Zorgen en aandachtspunten	- Ligt binnen obstakelbeheergebied van vliegbasis Leeuwarden. - Het project dient rekening te houden met een toekomstige woningbouwuitbreiding bij Burgum. - Kruist het Natura 2000-gebied Rottige Meenthe & Brandemeer en Groote Veenpolder. Zorgen over het behoud van dit Natura 2000-gebied. - Geplande uitbreiding aan de westkant van Heerenveen mag niet worden verhinderd door de komst van de hoogspanningsverbinding. - Uitbreidingsgebied van Pantropica mag niet worden belemmerd.
	Raakvlakken met zachte ontwikkelingen	- Kruist de 'Uitbreiding kersenkas Verhage' en de 'Uitbreiding Pantropica'. Door overlap met ZRO-strook en de magneetveldzone wordt inpassing van de hoogspanningsverbinding lastig. - ZRO-strook kruist 'Eerste en tweede wijzigingsplan Camping Tusken de Marren'. De uitbreiding van deze camping is hierdoor beperkt inpasbaar.
Tracéalternatief 2	Zorgen en aandachtspunten	- Ligt binnen obstakelbeheergebied van vliegbasis Leeuwarden. - Het project dient rekening te houden met een toekomstige woningbouwuitbreiding bij Burgum. - Kruist het Natura 2000-gebied Rottige Meenthe & Brandemeer en Groote Veenpolder. Zorgen over het behoud van dit Natura 2000-gebied. - Geplande uitbreiding aan de westkant van Heerenveen mag niet worden verhinderd door de komst van de hoogspanningsverbinding.
	Raakvlakken met zachte ontwikkelingen	- ZRO-strook kruist 'Eerste en tweede wijzigingsplan Camping Tusken de Marren'. De ontwikkeling van deze camping is hierdoor beperkt inpasbaar. - ZRO-strook doorkruist het gebied dat is aangewezen voor de uitbreiding van 'Glastuinbouw Luttelgeest'.
Tracéalternatief 3	Zorgen en aandachtspunten	- Ligt binnen obstakelbeheergebied van vliegbasis Leeuwarden. - Kruist het Natura 2000-gebied Rottige Meenthe & Brandemeer en Groote Veenpolder. Zorgen over het behoud van dit Natura 2000-gebied. - Geplande uitbreiding aan de westkant van Heerenveen mag niet worden verhinderd door de komst van de hoogspanningsverbinding.
	Raakvlakken met zachte ontwikkelingen	- ZRO-strook kruist 'Eerste en tweede wijzigingsplan Camping Tusken de Marren'. De ontwikkeling van deze camping is hierdoor beperkt inpasbaar. - ZRO-strook doorkruist het gebied dat is aangewezen voor de uitbreiding van 'Glastuinbouw Luttelgeest'.
Tracéalternatief 4	Zorgen en aandachtspunten	- Heeft raakvlak met mogelijke tracéalternatieven van de Lelylijn. Vanuit de regio is uitgesproken dat het project de Lelylijn niet mag belemmeren. - Het project mag niet belemmerend zijn voor een eventuele toekomstige stijging van het (grondwater)peil in gebieden waar vernatting plaatsvindt. - Rekening houden met nieuw ziekenhuis ter hoogte van Joure. - Het knooppunt bij Joure mag niet aangetast worden.

Tracéalternatief	Criteria	Aandachtspunten
		- Een aandachtspunt is de valafstand (afstand van de masten tot de snelweg) en ruimte die behouden moet blijven voor een mogelijke uitbreiding van de snelweg A6/A7. - Het cultuurhistorisch landschap rondom het Tjeukemeer dient behouden te blijven. - Het moet mogelijk blijven om het bedrijventerrein bij Emmeloord uit te breiden. - Het is van belang dat de cultuurhistorische waarde van Schokland (UNESCO werelderfgoed) intact blijft.
	Raakvlakken met zachte ontwikkelingen	Het tracéalternatief kruist de 'Herstructurering bedrijventerrein Marum' Hierdoor kan een derde van het ontwikkelgebied niet langer gebruikt worden.
Tracéalternatief 5	Zorgen en aandachtspunten	- Heeft raakvlak met mogelijke tracéalternatieven van de Lelylijn. Vanuit de regio is uitgesproken dat het project de Lelylijn niet mag belemmeren. - Het project mag niet belemmerend zijn voor een eventuele toekomstige stijging van het (grondwater)peil in gebieden waar vernatting plaatsvindt. - Een aandachtspunt is de valafstand (afstand van de masten tot de snelweg) en ruimte die behouden moet blijven voor een mogelijke uitbreiding van de snelweg A6/A7. - Het cultuurhistorisch landschap rondom het Tjeukemeer dient behouden te blijven. - Het beschermd stadsgezicht van Vollenhove mag niet aangetast worden. - De route voor cargodrones in de gemeente Noordoostpolder heeft een raakvlak met dit tracéalternatief.
	Raakvlakken met zachte ontwikkelingen	- Tracéalternatief 5 kruist de dronecorridor van defensie haaks. - Het tracéalternatief kruist de 'Herstructurering bedrijventerrein Marum' Hierdoor kan een gedeelte van het ontwikkelgebied niet langer gebruikt worden. - Tracéalternatief 5 kruist de ontwikkeling 'Woningbouw Kraggenburg' aan de zuidelijke rand, waardoor een aanzienlijk deel van de ontwikkeling niet langer geschikt is voor woningbouw.

6.3 Participatieproces

In het participatieproces van het project zijn verschillende stappen doorlopen die aansluiten bij de projectprocedure. In het participatieproces zijn verschillende omgevingspartijen betrokken. Deze partijen hebben deelgenomen aan het participatieproces en hun belangen, zorgen en aandachtspunten ingebracht. De omgevingspartijen zijn hieronder beschreven:

- Overheden: Provincies, gemeenten en waterschappen die op ambtelijk en bestuurlijk niveau betrokken zijn bij het project. Daarnaast zijn ook het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, het ministerie van Defensie, de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE), het Rijksvastgoedbedrijf en het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) betrokken bij het project.
- Inwoners en bedrijven: Dorpsbelangen, bewoners en bedrijven in het zoekgebied voor de hoogspanningsverbinding tussen Viervlatten en Ens.
- Uitvoeringsorganisaties: Rijkswaterstaat (Midden-Nederland, Noord-Nederland en Oost-Nederland) en ProRail.
- Natuur, milieu- en landschapsorganisaties: Belangenorganisaties die zich richten op natuur en milieu zoals Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en Natuur- en Milieufederaties.
- Agrarische (natuur)organisaties: Belangenorganisaties die gericht zijn op de belangen van de agrarische sector en de samenhang met de natuur, zoals Kollektiven Beried Fryslân en BoerenNatuur.
- Nutsbedrijven: Bedrijven die in het openbaar nut voorzien, zoals regionale netbeheerders en Vitens.
- Projectorganisatie Lelylijn.

Met de strategie van het participatieproces is het streven om een gemeenschappelijk gedragen en navolgbare voorkeursbeslissing te bereiken. Het doel is om oog te hebben voor de belangen van alle omgevingspartijen, hen de aandacht te geven die zij verdienen en eventuele tegenstellingen te overbruggen. Hier is invulling aan gegeven door een intensieve samenwerking met de regio en het betrekken van overheden en maatschappelijke belangenorganisaties bij het proces richting een (ontwerp)voorkeursbeslissing.

Het participatieproces bestaat tot nu toe uit verschillende stappen:

- Stap 1: Kennisgeving voornemen en voorstel participatie;
- Stap 2: Verkenning t/m publicatie (ontwerp)voorkeursbeslissing, waarin onder meer de volgende rapporten zijn gepubliceerd:
 - o Notitie reikwijdte en detailniveau inclusief notitie kansrijke alternatieven, Nota van Antwoord en het Advies over reikwijdte en detailniveau van het milieueffectrapport van de Commissie voor de milieueffectrapportage;
 - o Integrale effectenanalyse met bijbehorend plan-MER en deelrapportages techniek, kosten, toekomstvastheid en omgeving.

In figuur 6.1 is een tijdlijn opgenomen van de participatie zoals die heeft plaatsgevonden.

Informatiebijeenkomsten voor de omgeving	Juni t/m juli 2023
Regio overleg	Juni 2023
Einde ter inzage legging Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau	Juli 2023
Interviews met Ministerie I&W, Waterschap Noorderzijlvest, Wetterskip Fryslân, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Waterschap Zuiderzeeland	Augustus 2023
Regio overleg	September 2023
Eerste ronde externe werksessies met de regio: N2, N3, Z2 en Z3/Z4	September 2023
Regio overleg	November 2023
Tweede ronde externe werksessies met de regio: N2/N3 en Z2/Z3/Z4	November 2023
Bestuurslijk overleg	December 2023
Regio overleg	Januari 2024
Verdiepende gesprekken met de regio waar nodig	Januari t/m mei 2024
Bestuurslijk overleg	Maart 2024
Werkgroep landschap	Maart 2024
Derde ronde werksessies met overheden en organisaties: ruimtelijke vraagstukken	Maart/april 2024
Werkgroep landschap: werkbezoek en werksessie	April 2024
Regio overleg	April 2024
Provinciaal overleg	Juni 2024
Regio overleg	Juni 2024
Provinciaal overleg	Juli 2024
Bestuurslijk overleg	Juli 2024
Provinciaal overleg	Juli 2024
Begeleidingscommissie Lelystad	September 2024
Provinciaal overleg	September 2024
Bestuurslijk overleg	September 2024
Begeleidingscommissie Lelystad	November 2024
Masterclasses hoogspanning	November 2024
Provinciaal overleg	December 2024
Regio overleg	December 2024
Begeleidingscommissie Lelystad	Januari 2025
Hoogspanningsverbindingdagen	Januari t/m februari 2025
IEA informatiesessies	Maart 2025
Provinciaal overleg	Maart 2025
Regio overleg	April 2025
Begeleidingscommissie Lelystad	Mei 2025

Legenda

- Informeel / informatief, georganiseerd door Tennet
- Formeel / bestuurlijk, georganiseerd door KGG

Figuur 6.1 | Tijdslijn participatieproces mei 2023-mei 2025

Tijdens de verkenningfase zijn werksessies gehouden om gebiedskennis in te brengen en tracéalternatieven aan te dragen. Er zijn ook verdiepende sessies en een technische informatiemarkt georganiseerd om meer informatie te verschaffen over de onderbouwing van de kansrijke tracéalternatieven. Daarnaast zijn er in deze fase interviews gehouden met experts op het gebied van bodem en water om te onderzoeken hoe het principe 'Water en bodem sturend' meegenomen moest worden in het traceringsproces. Verder zijn op verschillende momenten informatiebijeenkomsten georganiseerd voor belangstellenden en was het mogelijk om op de concept notitie reikwijdte en detailniveau te reageren door middel van het indienen van een zienswijze.

In de fase van het plan-MER en de integrale effectenanalyse zijn ontwerpessies georganiseerd met de regio om tot onderscheidende tracéalternatieven te komen. Dit heeft geleid tot een eerste voorstel voor de te onderzoeken concept tracéalternatieven en varianten tussen Vierverlaten en Ens. Als vervolg op de ontwerpessies hebben er verdiepende gesprekken met enkele omgevingspartijen plaatsgevonden.

Op een aantal locaties was nadere afstemming en/of onderzoek nodig om een onderscheidend tracé in te tekenen. Deze locaties zijn aangewezen als ruimtelijk vraagstuk. Bij de ruimtelijke vraagstukken is extra verdieping en afstemming gezocht met de betrokken omgevingspartijen in nadere ontwerpessies. Er is gezocht naar mogelijkheden tot een aanpassing van het bovengrondse tracé ter plaatse (een optimalisatie) of het toevoegen van een te onderzoeken variant. Dit participatieproces heeft geleid tot onderscheidende tracéalternatieven die in het plan-MER en de integrale effectenanalyse zijn onderzocht.

Naast de werksessies en informatiebijeenkomsten werden ook reguliere overleggen en participatiemomenten georganiseerd voornamelijk met andere overheden, zoals regio-overleg, bestuurlijk overleg, provinciaal overleg en overleggen met de communicatiewerkgroep. Deze overleggen waren bedoeld om informatie te delen, afstemming te zoeken en de betrokken partijen te informeren over de voortgang van het project.

Op basis van de informatie die met dit participatieproces is opgehaald, zijn in paragraaf 6.4 zorgen en aandachtspunten geformuleerd voor de 380 kV-hoogspanningsverbinding.

6.4 Beschrijving zorgen en aandachtspunten

Rondom het project spelen in de omgeving verschillende zorgen en aandachtspunten. In het 'deelrapport omgeving' staan deze algemeen en uitgebreid per omgevingspartij beschreven. In onderstaande paragraaf worden de algemene aandachtspunten die opgehaald zijn nogmaals benadrukt.

Voorgeschiedenis

In 2008 is door TeneT de nut en noodzaak onderzocht voor een nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Eemshaven en Diemen (projectnaam: Noord-West 380 kV). In 2014 is besloten het project op te splitsen en alleen een nieuwe hoogspanningsverbinding aan te leggen tussen Eemshaven en Vierverlaten. Deze eerdere verkenning van het project heeft destijds veel impact gehad op de omgeving. De wijze van omgang in het vorige traject werkt door op het huidige project.

Een zorgvuldig proces onder tijdsdruk

Er is een spanningsveld tussen de behoefte aan snelheid vanwege netcongestie en de noodzaak van een zorgvuldig proces waarin alle belangen goed worden afgewogen. Dit thema speelt vooral bij de provincies en gemeenten in het projectgebied.

Toekomstvastheid

De nieuwe hoogspanningsverbinding moet robuust zijn en op lange termijn de energievraag kunnen dragen om toekomstige uitbreidingen en overlast te minimaliseren.

Ondergrondse 380 kV–hoogspanningsverbinding

Er is een voorkeur om de hoogspanningsverbinding zoveel mogelijk ondergronds te realiseren om de impact op het landschap te minimaliseren.

Magneetvelden in relatie tot effect op de gezondheid

Er zijn zorgen over de effecten van magneetvelden op de gezondheid. Deze zorgen spelen bij gemeenten voor hun inwoners, maar ook bij bewoners en perceeleeigenaren zelf.

Impact op flora en fauna

Er zijn zorgen over de impact van de hoogspanningsverbinding op flora en fauna, wanneer natuurgebieden doorkruist worden. Er is aangegeven door omgevingspartijen dat de natuur beschermd moet worden.

Impact op het landschap

Een zorg die bij veel omgevingspartijen speelt is de impact van een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding op het landschap. Het uitgangspunt is daarom om de nieuwe hoogspanningsverbinding zoveel mogelijk te bundelen met bestaande infrastructuur. Een verschil in hoogte tussen de 380 kV- en 220 kV-hoogspanningsverbinding wordt daarbij door veel omgevingspartijen niet wenselijk gevonden.

Samenhang project Lelylijn

De nieuwe hoogspanningsverbinding mag de komst van de Lelylijn niet onmogelijk maken.

Impact op woningwaarde en bedrijfsvoering

Er zijn zorgen over de mogelijke waardevermindering van woningen en over mogelijke hinder van bedrijfsvoering.

Werkzaamheden in de regio

In het gebied zijn er verschillende energie-ontwikkelingen aan de gang, zoals de realisatie van een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding en de opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding, met de intentie om deze elektriciteitsontwikkelingen te bundelen.

Impact op water en bodem

Er dient rekening gehouden te worden met de waterkwaliteit, waterbergingsgebieden en de bouw van masten in of naast dijklichamen en overstromingsgebieden.

Onder bovenstaande algemene aandachtspunten vallen veel van de opgehaalde zorgen en aandachtspunten die zijn beschreven in hoofdstuk 6.

Specifieke aandachtspunten

Naast de algemene aandachtspunten gelden voor een aantal tracéalternatieven ook specifieke aandachtspunten, die niet van toepassing zijn voor alle tracéalternatieven. Voor tracéalternatieven 1, 2 en 3 geldt dat deze binnen het obstakelbeheergebied van vliegbasis Leeuwarden liggen. Omwille van de veiligheid van het stijgen en landen van vliegverkeer zijn verschillende hoogtebeperkingen in het plangebied van toepassing.

Voor tracéalternatief 4 geldt dat het onlangs vernieuwde knooppunt bij Joure (gelegen bij de kruising van de A6/A7) niet aangetast mag worden door het project. Voor alle

tracéalternatieven geldt ten slotte dat Unesco Werelderfgoed Schokland intact blijft. Voor tracéalternatieven 4 en 5 geldt als belangrijke aandachtspunt dat het cultuurhistorisch landschap rondom het Tjeukemeer behouden blijft. Daarnaast is een aandachtspunt voor deze twee tracéalternatieven de valafstand (afstand van de masten tot de snelweg) en de ruimte die behouden moet blijven voor een mogelijke uitbreiding van de snelweg A6/A7.

Voor tracéalternatief 5 geldt ten slotte als aandachtspunt dat de beschermde stadsgezichten van Vollenhove en Blokzijl en de plaats Kuinre niet aangetast mogen worden. Voor Kuinre is 'Variant Kuinre' ontwikkeld om de plaats te ontzien. Variant Kuinre houdt meer afstand tot Kuinre en heeft meer rechtstand ten opzichte van tracéalternatief 1. Hetzelfde geldt voor de variant Luttelgeest ten opzichte van tracéalternatief 2.

6.5 Raakvlakken zachte ontwikkelingen

De tracéalternatieven hebben raakvlakken met zachte ruimtelijke ontwikkelingen. Met zachte ontwikkelingen wordt het volgende bedoeld:

Een zachte ontwikkeling is een mogelijke toekomstige ontwikkeling waar nog geen (onherroepelijk) omgevingsplan of ontwerpbesluit voor bestaat of vergunningen voor zijn verleend.

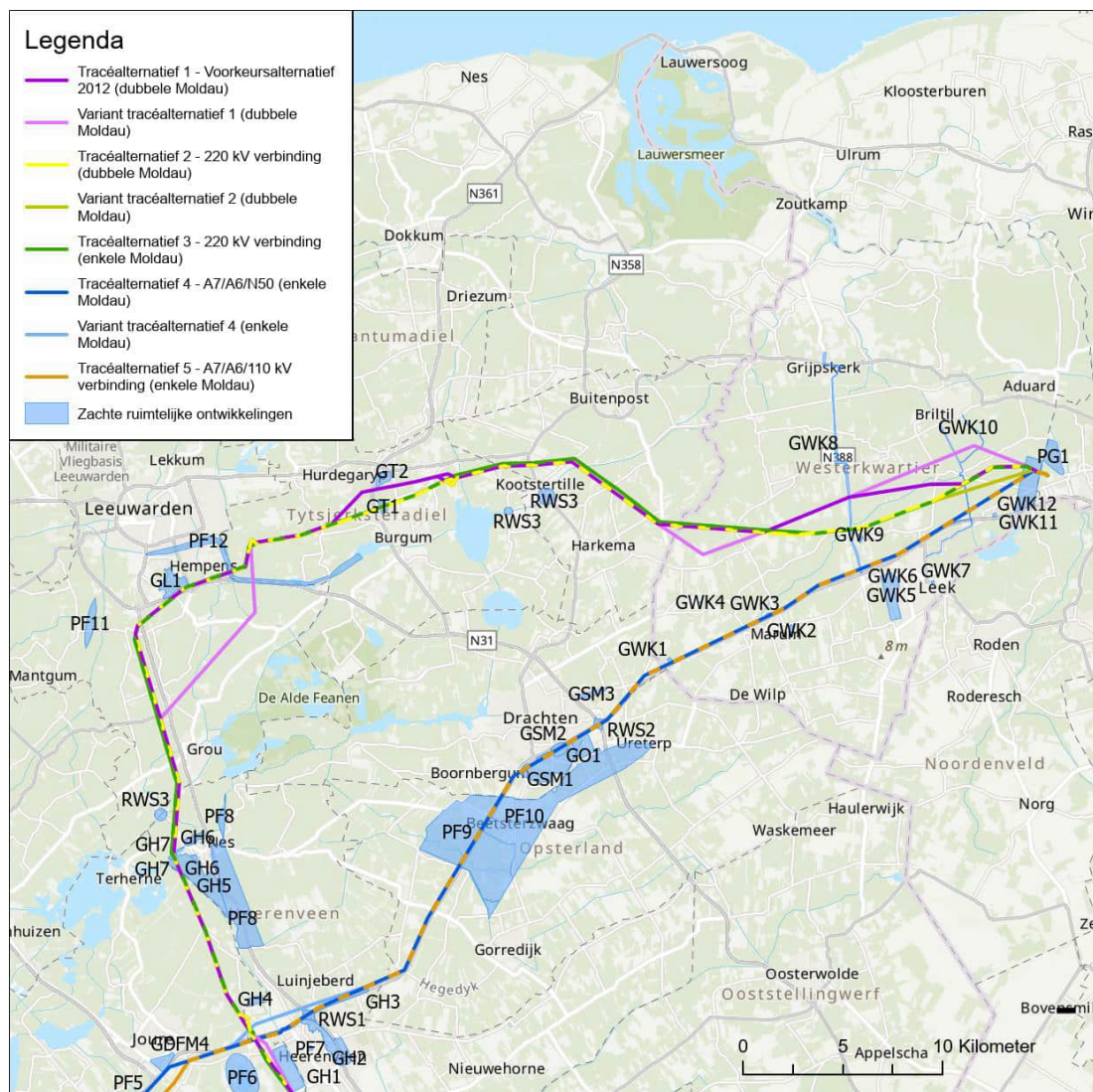
Zachte ontwikkelingen maken geen onderdeel uit van de referentiesituatie (huidige situatie en autonome ontwikkelingen) die in het plan-MER is gebruikt om de effecten van de hoogspanningsverbinding mee te beoordelen. De methode waarop het raakvlak van de tracéalternatieven met de zachte ruimtelijke ontwikkelingen is beschouwd wordt hieronder toegelicht.

Om inzicht te krijgen in de impact van het 380 kV-project op de zachte ontwikkelingen is gekeken naar drie criteria:

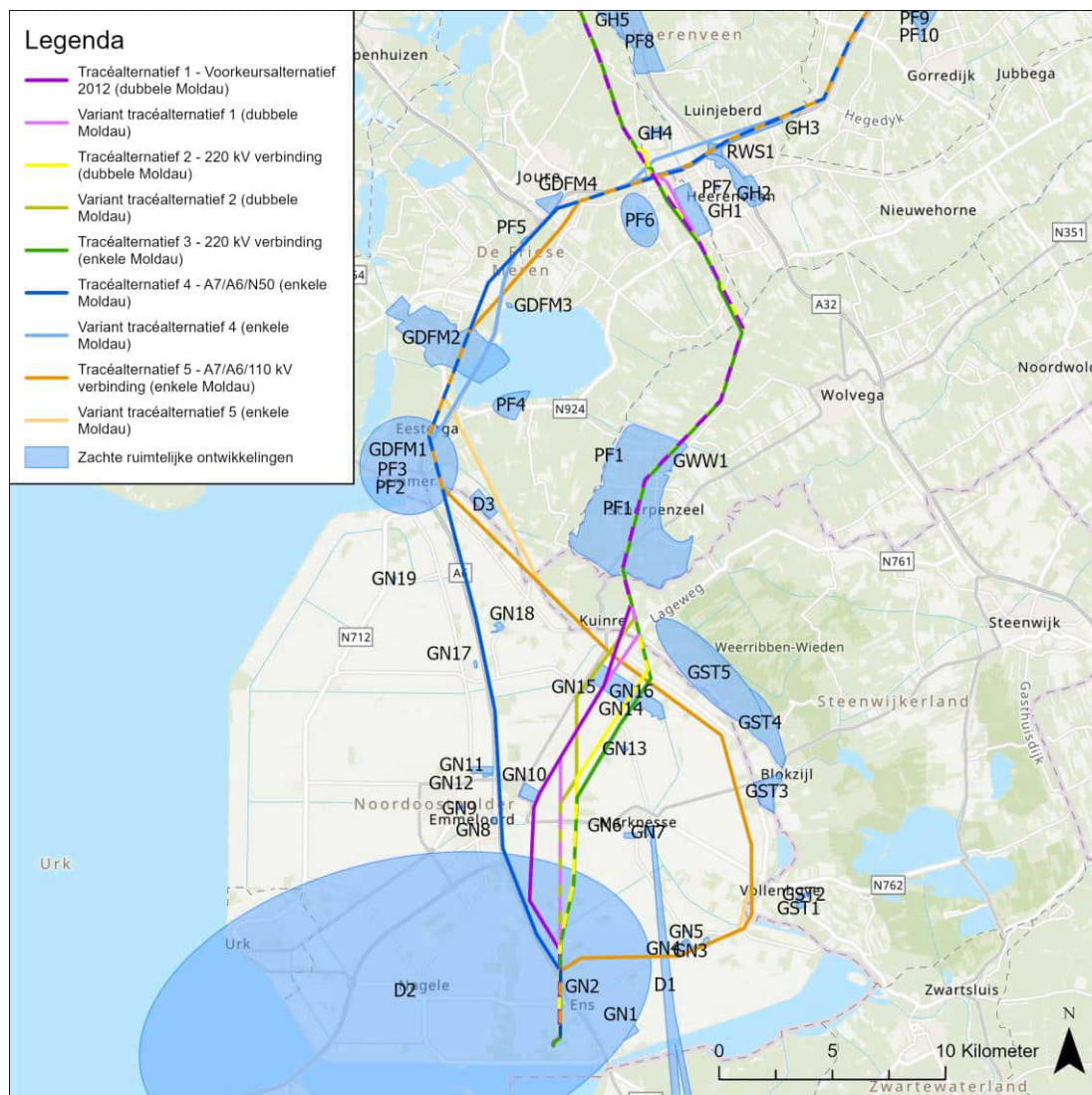
1. Het ruimtebeslag van de ZRO-strook op de zachte ontwikkeling;
2. Het ruimtebeslag van de magneetveldzone¹⁰ op de zachte ontwikkeling;
3. De inpassingsmogelijkheden. De inpassingsmogelijkheden worden bekeken aan de hand van vier subcriteria:
 - a. De ligging van de 380 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van de gebiedsontwikkeling.
 - b. In hoeverre wordt de zachte ontwikkeling ruimtelijk beïnvloed door de hoogspanningsverbinding? Hierbij wordt bekeken hoeveel % van de ontwikkeling binnen de ZRO-strook ligt en hoeveel binnen de magneetveldzone.
 - c. Hoe ver is het planvormingsproces van de zachte ontwikkeling gevorderd?
 - d. In hoeverre is sprake van een gemengd programma waarbinnen ook functies beoogd zijn die binnen een ZRO-strook en/of een magneetveldzone inpassbaar zijn (denk aan groen, water, infrastructuur en niet gevoelige functies)?

In totaal zijn er 75 zachte ontwikkelingen ingediend door verschillende omgevingspartijen. Deze zachte ontwikkelingen zijn gedurende het traceringsproces verzameld bij de regio. In figuren 6.2 en 6.3 is de ligging van deze ontwikkelingen in relatie tot de tracéalternatieven opgenomen.

¹⁰ Overall waar elektriciteit doorheen gaat, ontstaat een magneetveld. Bij een hoogspanningsverbinding is de magneetveldzone de strook waarbinnen de jaargemiddelde sterkte van het magneetveld groter is dan 0,4 microTesla. Deze waarde van 0,4 microTesla is relevant, omdat dit in het voorzorgbeleid is opgenomen dat Nederland hanteert. Zie de volgende link naar de website van het RIVM voor meer informatie over het herijkt voorzorgbeleid: <https://www.rivm.nl/hoogspanningslijnen/herijkt-voorzorgbeleid>



Figuur 6.2 | Zachte ontwikkelingen in tracédeel noord



Figuur 6.3 | Zachte ontwikkelingen in tracédeel zuid

Niet alle 75 ontwikkelingen die zijn ingebracht hebben een raakvlak met het project. Daarom is een eerste 'zeef' gehanteerd om de zachte ontwikkelingen te selecteren die een raakvlak hebben met één of meerdere tracéalternatieven. Om te bepalen of er sprake is van een raakvlak zijn de volgende criteria gehanteerd:

1. Een tracéalternatief of variant doorkruist een zachte ontwikkeling;
2. De ZRO-strook van het tracéalternatief overlapt met de zachte ontwikkeling; of
3. De magneetveldzone van het tracéalternatief overlapt met de zachte ontwikkeling.

Op basis van deze criteria zijn 32 zachte ontwikkelingen verder onderzocht. Op deze 32 ontwikkelingen is vervolgens een tweede 'zeef' gehanteerd. Een aantal ontwikkelingen zijn niet beoordeeld op de wijze zoals hiervoor toegelicht. Dit zijn voornamelijk natuur-, landschap- en waterontwikkelingen, die in het algemeen goed verenigbaar zijn met een hoogspanningsverbinding. Deze ontwikkelingen zijn wel kwalitatief beschreven in het 'deelrapport omgeving'. Naar aanleiding van deze selectie zijn 15 zachte ontwikkelingen overgebleven voor onderzoek op basis van de beoordelingscriteria. In tabel 6.1 is deze weergegeven. Bij elk raakvlak heeft de 380 kV-hoogspanningsverbinding (negatieve) impact op de ontwikkeling. In de

beoordelingsmethode lopen de scores daarom van neutraal (0) tot sterk negatief (- -). Een uitgebreide beschrijving van de beoordelingsschaal is te vinden in het 'deelrapport omgeving'. Vervolgens zijn in tabel 6.2 de scores weergegeven van de zachte ontwikkelingen die mogelijk (negatieve) gevolgen ondervinden door de aanleg van de nieuwe hoogspanningsverbinding. In totaal zijn 34 ontwikkelingen onderzocht, waarvan er zestien geschikt zijn om kwantitatief te beoordelen (zie ook paragraaf 6.5). Dit zijn de ontwikkelingen die weergegeven zijn in tabel 6.2. Ten slotte zijn in tabel 6.3 de belangrijkste aandachtspunten en verschillen tussen de tracéalternatieven weergegeven op het gebied van het ruimtebeslag van de ZRO-strook, de magneetveldzone en de aanpassingsmogelijkheden. In tabel 6.3 zijn ook de aandachtspunten uit de omgeving meegenomen.

Tabel 6.2 Beoordelingsschaal raakvlakken met zachte ontwikkelingen

++	N.v.t.
+	N.v.t.
0/+	N.v.t.
0	Geen effect
0/-	Beperkt negatief effect
-	Negatief effect
--	Sterk negatief effect

Tabel 6.3 | Samenvatting effectbeoordeling raakvlakken met zachte ontwikkelingen

Ontwikkeling	Tracéalternatief	1 Ruimtebeslag ZRO-strook	2 Ruimtebeslag magneetveldzone	3a Inpassing: ligging	3b Inpassing: ZRO-strook	3b Inpassing: magneetveldzone	3c Inpassing: realisatietermijn	3d Inpassing: gemengd programma
Herinrichting klaverblad Heerenveen	Tracéalternatief 4	–	0	–	–	0	0	0/-
Herinrichting klaverblad Heerenveen	Tracéalternatief 5	–	0	–	–	0	0	0/-
Herinrichting knooppunt Drachten	Tracéalternatief 4	–	0	–	–	0	0	0/-
Herinrichting knooppunt Drachten	Tracéalternatief 5	–	0	–	–	0	0	0/-
Opwaarderen Van Harinxmakanaal	Tracéalternatief 1	0/-	0	0/-	0/-	0	0	0/-
Opwaarderen Van Harinxmakanaal	Tracéalternatief 2	0/-	0	0/-	0/-	0	0	0/-
Opwaarderen Van Harinxmakanaal	Tracéalternatief 3	0/-	0	0/-	0/-	0	0	0/-
Uitbreidingsmogelijkheden wonen en recreatie Lemmer	Tracéalternatief 4	–	–	–	0/-	0/-	0	0/-
Uitbreidingsmogelijkheden wonen en recreatie Lemmer	Tracéalternatief 5	–	–	–	0/-	0/-	0	0/-
Recreatiezone Akkrum - Tusken de Marren (2014)	Tracéalternatief 1	–	0	–	–	0	0/-	0/-
Recreatiezone Akkrum -Tusken de Marren (2014)	Tracéalternatief 2	–	0	–	–	0	0/-	0/-
Recreatiezone Akkrum -Tusken de Marren (2014)	Tracéalternatief 3	0/-	0	–	–	0	0/-	0/-
Heerenveen West	Tracéalternatief 1	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Heerenveen West	Tracéalternatief 2	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Zoekgebieden voor woningbouw Akkrum	Tracéalternatief 1	–	–	–	–	–	0/-	0/-
Zoekgebieden voor woningbouw Akkrum	Tracéalternatief 2	–	–	–	–	–	0/-	0/-
Zoekgebieden voor woningbouw Akkrum	Tracéalternatief 3	–	–	–	–	–	0/-	0/-
Structuurvisie De Zuidlanden woningbouw	Tracéalternatief 1	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0
Structuurvisie De Zuidlanden woningbouw	Tracéalternatief 2	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0
Structuurvisie De Zuidlanden woningbouw	Tracéalternatief 3	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0
Herinrichting NAM-terrein	Tracéalternatief 4	0/-	0	0	–	0	0	0
Herinrichting NAM-terrein	Tracéalternatief 5	0/-	0	0	–	0	0	0
Herstructurering bedrijventerrein Marum	Tracéalternatief 4	0/-	0	–	–	0	0	–
Herstructurering bedrijventerrein Marum	Tracéalternatief 5	0/-	0	–	–	0	0	–
Glastuinbouwgebied Luttelgeest uit Structuurvisie Noordoostpolder 2025	Tracéalternatief 1	–	0	–	–	0	0/-	0/-
Glastuinbouwgebied Luttelgeest uit Structuurvisie Noordoostpolder 2025	Tracéalternatief 2	–	0	–	–	0	0/-	0/-
Glastuinbouwgebied Luttelgeest uit Structuurvisie Noordoostpolder 2025	Tracéalternatief 3	–	0	–	0/-	0	0/-	0/-
Mogelijke woningbouw Kraggenburg	Tracéalternatief 5	–	–	–	–	–	0	–
Uitbreiding bedrijventerrein bij Emmeloord	Tracéalternatief 1	0/-	0	0	–	0	0	0/-
Uitbreiding kersenkas Verhage	Tracéalternatief 1	0/-	0	–	–	0	0	–
Uitbreiding Pantropica	Tracéalternatief 1	0/-	0	–	–	0	–	–

Uit de kwantitatieve beoordeling volgt dat tracéalternatief 1 de meeste onderzochte zachte ontwikkelingen doorkruist (9 zachte ontwikkelingen).. 4 van de ontwikkelingen met een totale gezamenlijk lengte van 3 km liggen in het noordelijk deel; 5 ontwikkelingen liggen in het zuidelijk deel van het projectgebied. De overige tracéalternatieven doorkruisen minder zachte ontwikkelingen, maar de totale lengte van de doorkruising is gelijk of hoger. Zo doorkruist tracéalternatief 5 zes zachte ontwikkelingen over een lengte van 6 km. Tracéalternatieven 1, 2 en 3 hebben met name sterk negatieve effecten op de recreatiezone Akkrum – Tusken de Marren en de uitbreiding van het glastuinbouwgebied Luttelgeest. Tracéalternatieven 4 en 5 hebben

sterk negatieve effecten op herinrichting van knooppunt Drachten en klaverblad Heerenveen, de herstructurering van bedrijventerrein Marum en de uitbreidingsmogelijkheden wonen en recreatie in Lemmer.

6.6 Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

Binnen de tracéalternatieven zijn ook enkele varianten ontwikkeld, inclusief twee varianten die als mitigerende maatregel zijn ingebracht. Een deel van deze varianten is toegevoegd vanuit een zorg vanuit de omgeving. Zo houdt variant Kuinre meer afstand tot het beschermd stads- en dorpsgezicht van Kuinre en variant Luttelgeest mijdt de zachte ontwikkeling 'uitbreiding Pantropica'.

Enkele varianten doorkruisen zachte ontwikkelingen. Het betreft drie varianten bij tracéalternatief 1, één variant bij tracéalternatief 2 en twee varianten bij tracéalternatief 4. In tabel 6.4 is het overzicht van de beoordeling opgenomen. De belangrijkste effecten worden daaronder toegelicht.

Tabel 6.4 | Overzicht van beoordelingen van criteria varianten per zachte ontwikkeling

Ontwikkeling	Variant	1 Ruimtebeslag ZRO-strook	2 Ruimtebeslag magneetveldzone	3a Inpassing: ligging	3b Inpassing: ZRO-strook	3b Inpassing: magneetveldzone	3c Inpassing: realisatietermijn	3d Inpassing: gemengd programma
Opwaarderen Van Harinxmakanaal	Variant Leeuwarden (tracéalternatief 1)	0/-	0	0/-	0/-	0	0	0/-
Heerenveen West	Variant Oudehaske (tracéalternatief 1)	--	--	-	--	-	0/-	0/-
Glastuinbouwgebied Luttelgeest uit Structuurvisie Noordoostpolder 2025	Variant Kuinre (tracéalternatief 1)	-	0	-	-	0	0/-	0/-
Glastuinbouwgebied Luttelgeest uit Structuurvisie Noordoostpolder 2025	Variant Luttelgeest (tracéalternatief 2)	--	0	0/-	-	0	0/-	0/-
Herinrichting klaverblad Heerenveen	Variant 110 kV Heerenveen (tracéalternatief 4)	0	0	0	0/-	0	0	0/-
Uitbreidingsmogelijkheden wonen en recreatie Lemmer	Variant Tjeukemeer (tracéalternatief 4)	-	-	-	0/-	0/-	0	0/-

Variant Oudehaske raakt de geplande uitbreiding met woningbouw aan de westkant van Heerenveen. Bij deze variant is sprake van aanzienlijke beperkingen als gevolg van de ZRO-strook en magneetveldzone.

Varianten Kuinre en Luttelgeest kruisen de zachte ontwikkeling 'Glastuinbouw Luttelgeest' middendoor. Het criterium voor de absolute overlap met de ZRO-stroken is in deze gevallen als negatief of zeer negatief beoordeeld. De keuze voor één van deze varianten kan de inpassingsmogelijkheden van deze zachte ontwikkeling beperken.

7. Thema techniek

7.1 Inleiding

Het doel van het thema techniek is de technische haalbaarheid te beoordelen van de vijf tracéalternatieven en de bijbehorende varianten. Dit is gedaan in het 'deelrapport techniek' (zie bijlage 5 bij de integrale effectenanalyse) door de technische risico's in beeld te brengen aan de hand van de volgende vijf criteria:

- Leveringszekerheid; de mate waarin elk tracéalternatief een constante en betrouwbare energievoorziening waarborgt;
- Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid; de mogelijkheden voor effectief beheer en onderhoud op lange termijn;
- Technische maak- en haalbaarheid; de uitvoerbaarheid van elk tracéalternatief vanuit technisch oogpunt;
- Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur; de impact van elk tracéalternatief op omliggende infrastructuur en objecten;
- Doorlooptijd; de verwachte tijdsduur voor de uitvoering van elk tracéalternatief.

Door elk tracéalternatief aan deze criteria te toetsen, biedt het rapport een beeld van de technische risico's van elk tracéalternatief. In paragraaf 7.2 worden de belangrijkste onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven weergegeven met betrekking tot het thema techniek. Deze onderscheidende punten zijn beslisinformatie voor de afweging naar een voorkeursalternatief. Vervolgens worden in paragraaf 7.3 tot en met 7.7 de criteria in meer detail beschreven die zijn beoordeeld onder het thema techniek. In die paragrafen wordt uitgebreider ingegaan op hoe de tracéalternatieven zijn beoordeeld en waarop deze van elkaar verschillen. Tot slot gaat paragraaf 7.8 in op de effecten van de varianten en mitigerende maatregelen die bij diverse tracéalternatieven aanwezig zijn en worden de effecten op de verbindingstukken besproken.

7.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven

Deze paragraaf geeft een overzicht van de onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven en geeft zo informatie voor de selectie van het voorkeursalternatief. In tabel 7.1 is eerst de beoordelingsschaal weergegeven. De beoordeling vindt plaats ten opzichte van een gemiddeld risicoprofiel. Een uitgebreide beschrijving van deze beoordelingsschaal is te vinden in het 'deelrapport techniek'. Vervolgens zijn in tabel 7.2 de scores weergegeven. Ten slotte zijn in tabel 7.3 belangrijkste aandachtspunten en verschillen tussen de tracéalternatieven weergegeven.

Tabel 7.1 | Beoordelingsschaaltechniek

++	Verwaarloosbaar risicoprofiel
+	Zeer laag risicoprofiel
0/+	Laag risicoprofiel
0	Gemiddeld risicoprofiel
0/-	Hoog risicoprofiel
-	Zeer hoog risico profiel
--	Kritiek risicoprofiel / onbeheersbaar risicoprofiel

Tabel 7.2 | Samenvatting effectbeoordeling techniek

Thema: Techniek	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5

Leveringszekerheid

Noord	0	0	0	+	+
Zuid	+	+	0/+	+	0
Totaal	0/+	0/+	0	+	0/+

Beheer en onderhoudbaarheid

Noord	0/-	0/-	0	+	+
Zuid	+	+	+	++	++
Totaal	0	0	0/+	++	++

Technische maak- en haalbaarheid

Noord	0/-	0/-	0/+	+	+
Zuid	+	+	++	++	+
Totaal	0	0	+	+	+

Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur

Noord	0	0	0	+	+
Zuid	++	++	++	+	+
Totaal	0/+	0/+	0/+	+	+

Doorlooptijd

Noord	0/-	0/-	0/+	+	+
Zuid	0/+	0/+	+	+	0/+
Totaal	0/-	0/-	+	+	+

Uit de beoordeling van de verschillende criteria binnen het thema techniek volgt dat er tussen de tracéalternatieven grote verschillen aanwezig zijn. De totaalscore van elk tracéalternatief is uitgewerkt in tabel 7.3. Tracéalternatieven 1 en 2 hebben een hoger risicoprofiel door de langere tracélengte, de dubbele mastenrij en complexe kruisingen met 110 kV- en 220 kV-hoogspanningsverbindingen en vaarwegen. Dit is met name terug te zien in de thema's beheer en onderhoudbaarheid, technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd. Tracéalternatief 4 heeft het laagste risicoprofiel door de lengte en de enkele mastenrij. Daarnaast zijn in het zuidelijke gedeelte weinig kruisingen benodigd met infrastructuur. Tracéalternatief 5 kent in het noordelijk deel een vergelijkbaar laag risicoprofiel als tracéalternatief 4, maar in het zuidelijk deel een hoger risicoprofiel. Hier is sprake van een langer tracé, verkabeling van de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding over grote lengte en is sprake van een complexe situatie rondom Vollenhove. Tracéalternatief 3 bevindt zich qua risicoprofiel in het midden van de vijf tracéalternatieven. Dit komt voornamelijk doordat dit een lang tracéalternatief betreft dat parallel loopt met een bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding. Ook ligt tracéalternatief 3 in het noordelijke gedeelte over de gehele lengte parallel langs buisleidingen en voor een deel langs het spoor. Hieronder worden deze conclusies verder uitgelicht.

Tabel 7.3 | Overzicht beslisinformatie voor het thema techniek

Tracéalternatief	Criterium	Beoordeling	Onderscheidende punten
Tracéalternatief 1	Leveringszekerheid	0/+	- In het noordelijke gedeelte twee permanente kruisingen met de 220 kV-hoogspanningsverbinding. - Langste tracéalternatief.
	Beheer en onderhoudbaarheid	0	- Hoog risicoprofiel in het noordelijke gedeelte door de dubbele mastenrij, kruisingen met vaarwegen en kruisingen met andere bovengrondse hoogspanningsverbindingen. - Beperkte ruimte bij aquaduct Langdeel in het noordelijk deel. - Zeër laag risicoprofiel in het zuiden.
	Technische maak- en haalbaarheid	0	- In het noordelijke gedeelte veel verschillende risico's zoals veel kruisingen met vaarwegen en andere 110 kV- of 220 kV-hoogspanningsverbindingen. - Beperkte ruimte beschikbaar bij aquaduct Langdeel. - In het zuidelijke gedeelte zijn de risico's beperkt.
	Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	0/+	- De dubbele mastenrij verhoogt deze beïnvloedingsrisico's. - Parallelloop aan het spoor en aan buisleidingen tussen Heerenveen en Leeuwarden. - Parallelloop met buisleidingen rond Surhuisterveen. - In het zuidelijke deel zijn de risico's verwaarloosbaar.
	Doorlooptijd	0	Door de dubbele mastenrij en de lengte moet er meer gebouwd worden en heeft dit tracéalternatief de langste doorlooptijd.
Tracéalternatief 2	Leveringszekerheid	0/+	- In het noordelijke gedeelte twee bovengrondse kruisingen met de 220 kV-hoogspanningsverbinding. - Langste tracéalternatief, daardoor hogere risico's op het gebied van leveringszekerheid.
	Beheer en onderhoudbaarheid	0	- Hoog risicoprofiel in het noordelijke gedeelte door de dubbele mastenrij, kruisingen met vaarwegen en kruisingen met andere bovengrondse hoogspanningsverbindingen. - Zeër laag risicoprofiel in het zuiden.
	Technische maak- en haalbaarheid	0	- In het noordelijke gedeelte veel verschillende risico's zoals veel kruisingen met vaarwegen en andere 110 kV- of 220 kV-hoogspanningsverbindingen. - Beperkte ruimte beschikbaar bij aquaduct Langdeel. - In het zuidelijke gedeelte zijn de risico's beperkt.
	Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	0/+	- De dubbele mastenrij verhoogt beïnvloedingsrisico's. - Parallelloop aan het spoor en aan buisleidingen tussen Heerenveen en Leeuwarden. - In het zuidelijke deel zijn de risico's verwaarloosbaar.
	Doorlooptijd	0	Door de dubbele mastenrij en de lengte moet er veel meer gebouwd worden en heeft dit tracéalternatief een lange doorlooptijd.
Tracéalternatief 3	Leveringszekerheid	0	Tracéalternatief 3 kruist op verschillende locaties een 110 kV- of een 220 kV-hoogspanningsverbinding, waaronder drie permante kruisingen met een 220 kV-hoogspanningsverbinding in het noordelijke gedeelte.
	Beheer en onderhoudbaarheid	0/+	Relatief lang tracéalternatief in het noordelijke gedeelte, waardoor meer onderhoud nodig is.

Tracéalternatief	Criterium	Beoordeling	Onderscheidende punten
			- Loopt deels door weidevogelgebied, waardoor beheer en onderhoud complexer is. - Een 110 kV-hoogspanningsverbinding wordt zesmaal gekruist, wat beheer en onderhoud complexer maakt.
	Technische maak- en haalbaarheid	+	- Om in het noordelijke deel in de pas te lopen met de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding, moeten meer masten gebouwd worden. - Lang tracé. - Verwaarloosbare risico's in het zuidelijke deel.
	Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	0/+	- Paralleloopt in noordelijk deel aan buisleidingen. - Paralleloopt met spoor tussen Heerenveen en Leeuwarden. - In het zuidelijke deel zijn de risico's verwaarloosbaar.
	Doorlooptijd	+	Korte doorlooptijd door de enkele mastenrij en de korte lengte in het zuidelijke deel.
Tracéalternatief 4	Leveringszekerheid	+	Korte tracéalternatief met weinig risico's ten aanzien van leveringszekerheid.
	Beheer en onderhoudbaarheid	++	- Korte lengte van het tracéalternatief en beperkt aantal kruisingen met andere hoogspanningsverbindingen. - Verwaarloosbaar risicoprofiel in het zuidelijke gedeelte. - Zeer laag risicoprofiel in het noordelijke deel.
	Technische maak- en haalbaarheid	+	- De kruisingen ter hoogte van de klaverbladen bij Drachten en Heereveen kunnen voor extra complexiteit tijdens de uitvoering zorgen. - Zeer laag risicoprofiel omdat er verder weinig risico's zijn op het gebied van technische maak- en haalbaarheid.
	Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	+	- Zeer laag risicoprofiel, beperkte risico's. - Binnen 50 meter van kabels of leidingen zijn 12 knikpunten. - Paralleloopt aan buisleidingen tussen Heerenveen en Lemmer.
	Doorlooptijd	+	Korte doorlooptijd door de enkele mastenrij en de lengte van het tracéalternatief.
Tracéalternatief 5	Leveringszekerheid	0/+	- Verkabeling van 37 km 110 kV-hoogspanningsverbinding in het zuidelijke gedeelte. - Kruisen van een 220 kV-hoogspanningsverbinding.
	Beheer en onderhoudbaarheid	++	- Korte lengte van het tracéalternatief en beperkt aantal kruisingen met andere hoogspanningsverbindingen. - Verwaarloosbaar risicoprofiel in het zuidelijke deel. - Zeer laag risicoprofiel in het noordelijke deel.
	Technische maak- en haalbaarheid	+	- Zeer laag risicoprofiel, beperkte risico's. - In het zuidelijke deel zorgt de verkabeling van de 110 kV-hoogspanningsverbinding voor risico's in de uitvoering.
	Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	+	- Zeer laag risicoprofiel, beperkte risico's. - Binnen 50 meter van kabels of leidingen zijn 13 knikpunten. - Paralleloopt aan buisleidingen tussen Heerenveen en Lemmer parallel aan buisleidingen.
	Doorlooptijd	+	- Relatief korte doorlooptijd, zeer laag risicoprofiel. - Door de nieuwe hoogspanningsverbinding dient 37 km van de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding in het zuidelijke gedeelte verkabeld te worden.

7.3 Leveringszekerheid

Het is de wettelijke plicht van TenneT om te zorgen voor een veilige en betrouwbare energievoorziening. Om de leveringszekerheid te kunnen waarborgen, is naast voldoende elektriciteitsproductie ook een betrouwbaar transportnet met voldoende capaciteit nodig. Om de leveringszekerheid te beoordelen is gebruik gemaakt van de volgende subcriteria:

Tabel 7.4 | Subcriteria leveringszekerheid

Subcriteria	Toelichting	Onderzoek op basis van
Lengte tracéalternatief	Een langere hoogspanningsverbinding vereist meer masten, geleiders en componenten, wat het risico op storingen vergroot.	Kilometers
Geografische spreiding t.o.v. bestaande 380 kV-hoogspanningsverbindingen	De spreiding van hoogspanningsverbindingen zorgt voor een robuust netwerk met ringstructuren die beter bestand zijn tegen storingen en calamiteiten.	Kwalitatieve beoordeling
4-circuit 380 kV/(220 kV)	Het bundelen van circuits binnen 50 meter brengt risico's met zich mee: bij mastfalen kunnen meerdere circuits tegelijk uitvallen. Dit kan grote gevolgen hebben voor de leveringszekerheid.	Kilometers
Barrières in relatie tot exceptioneel transport	Indien hoogspanningsverbindingen een vaar- of rijweg kruisen, kan dit beperkingen opleveren voor exceptioneel transport. Bij een ringvormig hoogspanningsnet blijft de impact echter beperkt.	Aantal
Effecten op functionaliteit 110 kV-hoogspanningsnet	De impact van de nieuwe hoogspanningsverbinding op het 110 kV-hoogspanningsnet, zoals kruisingen en verkabeling, wordt beoordeeld.	Aantal kruisingen met 110 kV en lengte van verkabeling 110 kV
Kruisingen met 220 kV	Het vermijden van kruisingen minimaliseert het risico op meervoudige storingen.	Aantal

Alle tracéalternatieven hebben een gemiddeld tot zeer laag risicoprofiel op het gebied van leveringszekerheid in de noordelijke delen. De noordelijke delen van tracéalternatieven 1 en 2 volgen vrijwel hetzelfde tracé en kruisen (met een dubbele mastenrij) de 220 kV-hoogspanningsverbinding ter plaatste van station Louwsmeer. Dergelijke permanente kruisingen zijn technisch realiseerbaar, maar brengen wel risico's met zich mee. Ook de lengte en uitvoering (een dubbele mastenrij) van deze tracéalternatieven heeft invloed op de risico's. Dit leidt tot een gemiddeld risicoprofiel voor het noordelijk deel van tracéalternatieven 1 en 2 (effectbeoordeling: 0). De overige tracéalternatieven worden gerealiseerd door middel van een enkele mastenrij. Wel is het noordelijk deel van tracéalternatief 3 qua lengte vergelijkbaar met het noordelijk deel van de tracéalternatieven 1 en 2 en wordt deze naast de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding gerealiseerd. Hierdoor zijn alle kruisingen met deze hoogspanningsverbinding permanent. Dit resulteert in een gemiddeld risicoprofiel voor het noordelijk deel (effectbeoordeling: 0). De noordelijke delen van tracéalternatief 4 en 5 zijn met het kortst en hebben in combinatie met het beperkte aantal kruisingen met de 110 kV- en de 220 kV-hoogspanningsverbinding een zeer laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +).

In de zuidelijke delen van de tracéalternatieven ligt het risicoprofiel over het algemeen lager. Zo hebben de zuidelijke delen van tracéalternatieven 1, 2 en 4 een zeer laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +), doordat enkel een 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld dient te worden. Tracéalternatief 5 heeft in het zuiden een gemiddeld risicoprofiel (effectbeoordeling: 0). Dit is het langste zuidelijke tracéalternatief. Daarnaast moet 37 kilometer van de 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld worden om dit tracéalternatief mogelijk te maken en is sprake van twee kruisingen met een 220 kV-hoogspanningsverbinding. Als laatste loopt tracéalternatief 5 in de nabijheid van 110 kV-station Vollenhove, wat risico's met zich meebrengt

voor het onderliggende 110 kV-hoogspanningsnet. Voor het zuidelijk deel van tracéalternatief 3 geldt dat naast de verkabeling ook een 110 kV- en een 220 kV-hoogspanningsverbinding worden gekruist. Dit leidt tot een laag risicoprofiel (effectbeoordeling: 0/+).

Tabel 7.5 | Beoordeling criterium leveringszekerheid

Criterium: Leveringszekerheid	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	0	0	0	+	+
Zuid	+	+	0/+	+	0
Totaal	0/+	0/+	0	+	0/+

7.4 Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid

Bij dit criterium is de technische complexiteit van de tracéalternatieven in beeld gebracht bij storing- of onderhoudssituaties. Voor de beoordeling van dit criterium is een inschatting gemaakt van hoe complex het beheer en onderhoud van ieder tracéalternatief zal zijn. Daarbij is gekeken naar de volgende subcriteria:

Tabel 7.6 | Subcriteria beheersbaarheid en onderhoudbaarheid

Subcriteria	Toelichting	Onderzoek op basis van
Bereikbaarheid verbindingen	De bereikbaarheid tijdens gebruik wordt beïnvloed door de lengte van de hoogspanningsverbinding, het aantal en type kruisingen en de toegankelijkheid van speciale gebieden zoals Natura 2000- en NNN-gebieden.	O.a. aantal kruising met infra, aantal km lijn
Veiligheid tijdens beheer en onderhoud	Bij beheer- en onderhoudswerkzaamheden verhogen kruisingen de veiligheidsrisico's. Ook brengt onderhoud in zettingsgevoelige gebieden en waterbergingsgebieden extra risico's met zich mee vanwege instabiele ondergrond.	O.a. aantal kruising met infra, aantal km lijn, nabijheid gebouwde omgeving
Nabijheid van/afstand tot andere hoogspanningsverbindingen	Werkzaamheden, terwijl de naastgelegen lijn nog onder spanning staat. Dit brengt meer veiligheidsrisico's met zich mee.	Kilometers

Ten aanzien van beheer en onderhoudbaarheid kennen tracéalternatieven 1 en 2 hetzelfde risicoprofiel in het noordelijke deel. Door de lengte van het tracé, de uitvoering als dubbele verbinding en kruisingen met vaarwegen, 110 kV- en 220 kV-hoogspanningsverbindingen en

zettingsgevoelig gebied is het risicoprofiel hoog (effectbeoordeling: 0/-). Daarnaast is ter hoogte van Leeuwarden bij het aquaduct Langdeel beperkte ruimte beschikbaar, wat voor risico's kan zorgen bij beheer en onderhoud van de 380 kV-hoogspanningsverbinding. Het noordelijke deel van tracéalternatief 3 heeft een gemiddeld risicoprofiel (effectbeoordeling: 0) door een hoge mate van parallelloop met een bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding en kruisingen met vaarwegen en een 110 kV-hoogspanningsverbinding. De noordelijke delen van tracéalternatief 4 en 5 hebben een zeer laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +). Dit komt met name doordat deze met 51 kilometer de kortste tracéalternatieven zijn. Een kortere lengte zorgt voor minder risico's voor beheer en onderhoud.

In het zuidelijke deel van de tracéalternatieven zijn bij alle tracéalternatieven weinig problemen te voorzien ten aanzien van beheer en onderhoud. Daarbij scoren tracéalternatief 4 en 5 net beter (verwaarloosbaar risicoprofiel, effectbeoordeling: ++), met name doordat tracéalternatieven 1 en 2 als dubbele verbinding worden uitgevoerd en dit meer risico's met zich meebrengt (risicoprofiel laag, effectbeoordeling: +).

Tabel 7.7 | Beoordeling criterium beheer en onderhoudbaarheid

Criterium: Beheer en onderhoudbaarheid	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	0/-	0/-	0	+	+
Zuid	+	+	+	++	++
Totaal	0	0	0/+	++	++

7.5 Technische maakbaarheid

Bij dit criterium is gekeken naar de risico's en technische complexiteiten die zich kunnen voordoen tijdens de realisatiefase van de tracéalternatieven en varianten. Een inschatting is gemaakt van hoe complex de realisatie van ieder tracéalternatief zal zijn en of er bijzondere werkwijzen toegepast dienen te worden. De technische maak- en haalbaarheid in de realisatiefase is cruciaal voor het kunnen bouwen en realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding. Om de technische maakbaarheid te beoordelen is gekeken naar de volgende subcriteria:

Tabel 7.8 | Subcriteria technische maakbaarheid

Subcriteria	Toelichting	Onderzoek op basis van
Bereikbaarheid verbindingen	De bereikbaarheid tijdens de bouwphase wordt bv. beïnvloed door kruisingen of doorgang door natuurgebieden en zettingsgevoelige gebieden.	O.a. aantal kruising met infra, aantal km lijn door natuurgebieden
Beschikbare ruimte voor werkterreinen en toegangswegen op mastlocaties	De ruimte voor werkterreinen en toegangswegen op mastlocaties wordt beperkt door kruisingen, nabijheid van rijks- en spoorwegen en gebouwde omgeving.	O.a. aantal kruising met infra, aantal km lijn door natuurgebied, km parallel met infra
Niet-standaard masttypes benodigd	Het gebruik van niet-standaard masttypes brengt meer complexiteit en hogere kosten met zich mee.	Aantal

Subcriteria	Toelichting	Onderzoek op basis van
Tijdelijke voorzieningen en kruisingen	De bouwcomplexiteit neemt toe door tijdelijke voorzieningen die nodig zijn bij kruisingen met hoogspanningslijnen, infrastructuur en bij ondergrondse aanleg van 110 kV-lijnen.	Aantal kruisingen met infra, lengte 110 kV-verkabeling
Voorziene niet beschikbaarheid (VNB)	Het tijdelijk buiten bedrijf stellen van verbindingen (VNB) is soms nodig bij kruisingen en kan de leveringszekerheid of doorlooptijd negatief beïnvloeden.	Aantal (tijdelijke) kruisingen met 110 kV en 220 kV
Veiligheid bij realisatie	Werken in de nabijheid van kruisingen, de gebouwde omgeving, rijkswegen en spoorwegen brengt ook risico's met zich mee voor de omgeving, zoals het gevaar van omvallende kranen of constructies.	O.a. aantal kruising met infra, aantal km lijn, nabijheid gebouwde omgeving, km parallel met infra

De noordelijke delen van tracéalternatieven 1 en 2 hebben een hoog risicoprofiel (effectbeoordeling: 0/-) door de lange lengte van het tracé, doorkruising van verschillende (tijdelijke en permanente) 110 kV- en 220 kV-hoogspanningsverbindingen en de doorkruising van zettingsgevoelig- en weidevogelgebied. Deze zijn minder goed toegankelijk voor uitvoering van de werkzaamheden. Bij tracéalternatief 3 wordt rekening gehouden met het in de pas lopen met de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding, waardoor meer masten gebouwd moeten worden. In het zuiden doorkruist het tracéalternatief verschillende 110 kV- en 220 kV-hoogspanningsverbindingen en weidevogelgebied. Dit leidt hier tot een laag risicoprofiel (0/+). Voor het noordelijke deel van tracéalternatieven 4 en 5 geldt dat vooral sprake is van risico's vanwege raakvlakken met rijkswegen. Met name de kruisingen ter hoogte van de klaverbladen bij Drachten en Heereveen kunnen voor extra complexiteit tijdens de uitvoering zorgen. Omdat er verder weinig risico's zijn op het gebied van technische maakbaarheid, wordt het risicoprofiel als zeer laag beoordeeld (effectbeoordeling: +).

Het risicoprofiel van de zuidelijke delen van de tracéalternatieven varieert tussen zeer laag en verwaarloosbaar. De zuidelijke delen van tracéalternatieven 3 en 4 hebben een verwaarloosbaar risicoprofiel (effectbeoordeling: ++), doordat de risico's die aanwezig zijn (zoals kruisingen met vaar- en rijkswegen) geen groot risico met zich meebrengen. De zuidelijke delen van tracéalternatieven 1 en 2 hebben een laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +) doordat een dubbele verbinding moet worden gebouwd. Dit brengt extra technische risico's met zich mee. Het zuidelijk deel van tracéalternatief 5 heeft ook een laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +) doordat 37 kilometer van de 110 kV-hoogspanningsverbinding worden verkabeld. Het grootste risico van het verkabelen van de 110 kV-hoogspanningsverbinding doet zich voor bij Vollenhove. Dit vanwege het feit dat de 110 kV kabel onder het water door moet en dat deze kabel bij het hoogspanningsstation Vollenhove weer boven moet komen met een opstijgpunt. Twee andere aandachtspunten bij deze locatie zijn de verhoogde masten die nodig zijn om hier de waterweg te kruisen en de positionering van de masten in relatie tot de beschermingszones van de dijk.

Tabel 7.9 | Beoordeling criterium technische maakbaarheid

Criterium: Technische maakbaarheid	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5

Noord	0/-	0/-	0/+	+	+
Zuid	+	+	++	++	+
Totaal	0	0	+	+	+

7.6 Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur

Dit criterium richt zich op een eerste inschatting van risico's en het bepalen of potentiële beïnvloeding eenvoudig op te lossen is, of dat er misschien maatregelen nodig zijn om de negatieve effecten weg te nemen. Hiervoor is gekeken naar de volgende subcriteria:

Tabel 7.4 | Subcriteria beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur

Subcriteria	Toelichting	Onderzoek op basis van
Spoorwegen	Spoorwegen kunnen gevoelig zijn voor elektromagnetische beïnvloeding (hierna EM-beïnvloeding).	Kwalitatieve beoordeling
Paralleloop kabels en leidingen	De nabijheid van kabels en leidingen ten opzichte van een hoogspanningslijn kan leiden tot EM-beïnvloeding. Ook risico's door omvallende masten spelen een rol.	Kwalitatieve beoordeling
Hoekmasten	Bij knikpunten in het tracé zijn hoekmasten nodig, die een minimale afstand van 50 meter tot kabels en leidingen vereisen om ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding te voorkomen.	Kwalitatieve beoordeling
Aantal hoogspanningsmasten	Een dubbele verbinding heeft meer kans op versterkte elektromagnetische beïnvloeding dan een enkele verbinding.	Kwalitatieve beoordeling

De noordelijke delen van tracéalternatieven 1 en 2 hebben respectievelijk elf en dertien knikpunten waar een toekomstige (hoek)mast binnen 50 meter van kabels of leidingen komt te liggen. Door de realisatie van deze tracéalternatieven als een dubbele mastenrij bestaat er daarnaast een verhoogd risico op EM-beïnvloeding. Ook zijn de noordelijke delen van deze tracéalternatieven vrijwel over de hele lengte parallel gelegen aan buisleidingen. Hierdoor is sprake van een gemiddeld risicoprofiel (effectbeoordeling: 0). Ook voor tracéalternatief 3 gelden deze uitgangspunten voor het noordelijke deel. Dit tracéalternatief betreft echter een enkele mastenrij en heeft 14 knikpunten. Dit tracéalternatief heeft daarmee ook een gemiddeld risicoprofiel (effectbeoordeling: 0). Voor de noordelijke delen van tracéalternatieven 4 en 5 geldt dat deze het spoor bij Heerenveen kruisen, maar deze kruisingen weinig EM-beïnvloeding veroorzaken. Daarnaast hebben de noordelijke delen van deze tracéalternatieven tien knikpunten waar masten binnen 50 meter van kabels of leidingen komen te staan. Deze punten vereisen weinig aandacht, waardoor een laag risicoprofiel geldt (effectbeoordeling: +).

De zuidelijke delen van tracéalternatieven 1, 2 en 3 hebben een verwaarloosbaar risicoprofiel (effectbeoordeling: ++). Deze zuidelijke delen van de tracéalternatieven hebben weinig knikpunten en hebben vrijwel geen paralleloop met buisleidingen. Voor de zuidelijke delen van de tracéalternatieven 4 en 5 geldt dat deze respectievelijk paralleloop hebben met buisleidingen tussen Heerenveen en Lemmer en tussen Lemmer en Emmeloord. Daarmee is sprake van een zeer laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +).

Tabel 7.10 | Beoordeling criterium beïnvloeding

Criterium: Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	0	0	0	+	+
Zuid	++	++	++	+	+
Totaal	0/+	0/+	0/+	+	+

7.7 Doorlooptijd

Om een beeld te vormen wanneer de 380 kV-hoogspanningsverbinding in gebruik genomen kan worden, is een analyse uitgevoerd van de te verwachten doorlooptijden van de bouwwerkzaamheden van de tracéalternatieven. Technische factoren die invloed hebben op de doorlooptijd zijn onder andere de aanleg van werkwegen, werkterreinen, funderingen, masten en geleiders en het verkabelen van de 110 kV-lijn. Ook de gekozen werkwijze en planologische procedures spelen een rol in de doorlooptijd.

Bij tracéalternatief 1 en 2 moet de 220 kV-hoogspanningsverbinding worden geamoveerd na de voltooiing van de dubbele mastenrij (een beperkt deel al eerder vanwege de fasering). Het amoveren van de 220 kV-hoogspanningsverbinding kan starten na ingebruikname van de hoogspanningsverbinding. Dit amoveren is echter niet meegenomen in het bepalen van de doorlooptijd. Bij de beoordeling van de doorlooptijd is puur gekeken naar de bouwtijd van de hoogspanningsverbinding.

De noordelijke delen van tracéalternatieven 1 en 2 hebben een hoog risicoprofiel (effectbeoordeling 0/-) voor doorlooptijd vanwege hun lengte en de bouw van een dubbele verbinding. Ook het noordelijke deel van tracéalternatief 3 heeft een hoger risicoprofiel door de lengte van het tracéalternatief (effectbeoordeling: 0/+). De noordelijke delen van tracéalternatieven 4 en 5 zijn het kortst en hebben daarmee een zeer laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +).

Ook in het zuiden hebben tracéalternatieven 1 en 2 een hoger risicoprofiel dan de overige tracéalternatieven, doordat deze worden uitgevoerd als dubbele mastenrij (effectbeoordeling: 0/+). Het risicoprofiel van de zuidelijke delen van tracéalternatieven 3 en 4 wordt als zeer laag (+) beoordeeld door de relatief korte afstand van het tracé. Tracéalternatief 5 heeft in het zuidelijke deel een laag risicoprofiel (effectbeoordeling: +), doordat 37 kilometer 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld dient te worden.

Tabel 7.11 | Beoordeling criterium doorlooptijd

Criterium: Doorlooptijd					
	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	0/-	0/-	0/+	+	+
Zuid	0/+	0/+	+	+	0/+
Totaal	0	0	+	+	+

7.8 Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

Varianten

Voor de varianten en de mitigerende maatregelen is bepaald of de variant gunstiger scoort of minder gunstig scoort dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief. In tabel 7.12 is de beoordeling opgenomen.

Tabel 7.12 | Samenvatting effectbeoordeling varianten

Thema: Techniek	V1 = Variant Volverlaten	V2 = Variant Surhuisterveen	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	V1 = Variant Luttelgeest	M2 = MM Enumatil	M3 = MM Kleeftocht	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
Variant bij tracéalternatief	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4	4	5	5
Leveringszekerheid	~	V	^	~	^	V	~	~	~	V	^	V	^
Beheer en onderhoudbaarheid	^	V	V	V	V	~	V	V	~	V	V	^	^
Technische maak- en haalbaarheid	^	~	^	V	V	V	V	V*	~	V	V	^	^
Beïnvloeding externe objecten/infrastructuur	~	V	^	V	~	~	~	~	~	^	~	^	

Legenda bij variantbeoordeling

- ^ Effect positiever dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
- ~ Effect wijkt niet af van het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
- V Effect negatiever dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
- V* De variant scoort dermate negatiever dat de totale score van het tracéalternatief verandert van een hoog risicoprofiel naar een zeer hoog risicoprofiel

Voor veel aspecten is het onderscheid tussen de variant en het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief beperkt. De varianten zijn ten opzichte van het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief net korter of langer wat respectievelijk leidt tot een neutrale, of net positievere / negatievere beoordeling voor leveringszekerheid. In algemeen scoren de varianten slechter dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief op het gebied van beheer- en onderhoudbaarheid en technische maak- en haalbaarheid. Dit komt met name doordat ze dicht bij de gebouwde omgeving komen, extra kruisingen nodig zijn bijvoorbeeld met hoogspanningsverbindingen of rijkswegen of het tracé langer wordt.

Variant Enumatil scoort zodanig slechter dat als de variant wordt meegenomen, de beoordeling van het noordelijk deel van tracéalternatief 2 wijzigt van een hoog risicoprofiel naar een zeer hoog risicoprofiel. Bij deze variant is namelijk sprake van twee tijdelijke kruisingen met een 220 kV-hoogspanningsverbinding, er wordt 2,5 kilometer zettingsgevoelig gebied gekruist en de gebouwde omgeving wordt gekruist.

Ook de varianten Surhuisterveen en Kuinre krijgen een slechtere beoordeling, vanwege een extra knik in het tracé binnen 50 meter van een buisleiding. Bij deze varianten leidt dit niet tot een aanpassing van de totale beoordeling van het tracéalternatief.

Een aantal varianten scoort positiever. Bij de varianten Tjeukemeer en Vollenhove wordt een kruising met een 110 kV-hoogspanningsverbinding vermeden. Daarnaast wordt met variant Vollenhove de verkabeling van een 110 kV-hoogspanningsverbinding, een kruising met een vaarweg voorkomen en loopt deze niet meer in de nabijheid van het 110 kV-station Vollenhove.

Bij variant Lemmer hoeft minder 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld te worden dan bij het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Variant Volverlaten wordt positiever beoordeeld door minder doorkruising van een moeilijker bereikbaar (NNN)gebied. Variant Lemmer

wordt positiever beoordeeld dankzij een kortere lengte ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Verbindingsstukken

Verbindingsstuk Noord; tracéalternatief 1,2 of 3 met tracéalternatief 4 of 5

Bij verbindingsstuk Noord zijn er geen onderscheidende aandachtspunten. Het verbindingsstuk Noord loopt bijna volledig door een weidevogelgebied. Dit brengt risico's met zich mee voor de criteria technische maakbaarheid en beheerbaarheid en onderhoudbaarheid. Er zijn geen kruisingen met hoogspanningsverbindingen, alleen één kruising met de rijksweg A7.

Verbindingsstuk Oost; tracéalternatief 3 met tracéalternatief 4 of 5

Bij dit verbindingsstuk zijn er geen noemenswaardige aandachtspunten.

Verbindingsstuk Oost; tracéalternatief 1 of 2 met tracéalternatief 4 of 5

Als er gekozen wordt voor dit verbindingsstuk is er sprake van een permanente kruising met een 220 kV-hoogspanningsverbinding, dit brengt aanzienlijke risico's met zich mee. Het is echter technisch wel realiseerbaar. Daarnaast zorgt het aansluiten op het hoogspanningsstation ook voor complexiteit vanwege de tijdelijke kruising met een 220 kV-hoogspanningsverbinding.

8. Thema toekomstvastheid

8.1 Inleiding

Het 'deelrapport toekomstvastheid' (zie bijlage 6 bij de integrale effectenanalyse) geeft inzicht in de verschillen in toekomstvastheid tussen de tracéalternatieven. De definitie van toekomstvastheid voor dit project luidt daarbij als volgt:

“Toekomstvastheid houdt in dat met de nieuwe hoogspanningsverbinding de toekomstige energiescenario's en capaciteitsuitbreidingen gefaciliteerd kunnen worden, zonder dat op termijn significante aanpassingen aan de nieuwe hoogspanningsverbinding nodig zijn.”

Door inzicht te verkrijgen in de toekomstvastheid van de tracéalternatieven kan worden gegarandeerd dat de hoogspanningsverbinding ook op lange termijn toekomstige energiescenario's en groeiende energievraag kan dragen en daarmee regionale ontwikkelingen kan faciliteren.

Het hoofdstuk gaat verder met paragraaf 8.2, waarin de belangrijkste onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven worden weergegeven met betrekking tot het thema toekomstvastheid. Deze onderscheidende punten zijn beslisinformatie voor de afweging naar een voorkeursalternatief. Vervolgens worden in paragraaf 8.3 en 8.4 de criteria in meer detail beschreven die zijn beoordeeld onder het thema toekomstvastheid (geografische spreiding en robuustheid) en wordt uitgebreider ingegaan op hoe de tracéalternatieven zijn beoordeeld en waarop deze van elkaar verschillen.

Voor de varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken geldt dat de uitvoeringswijze overeenkomt met die van het tracéalternatief waarvan ze deel uitmaken. Hierdoor wijken de effecten niet af van die van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Omdat de varianten geen onderscheidende invloed hebben op de beoordeling, worden ze niet apart besproken.

8.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven

Deze paragraaf geeft een overzicht van de onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven en geeft zo informatie voor de selectie van het voorkeursalternatief. In tabel 8.1 is eerst de beoordelingsschaal weergegeven. Een uitgebreide beschrijving van deze beoordelingsschaal is te vinden in het 'deelrapport toekomstvastheid'. Vervolgens zijn in tabel 8.2 de scores weergegeven. Ten slotte zijn in tabel 8.3 belangrijkste aandachtspunten en verschillen tussen de tracéalternatieven weergegeven.

Tabel 8.1 | Beoordelingskader toekomstvastheid

++	Sterk positief effect
+	Positief effect
0/+	Beperkt positief effect
0	Geen effect
0/-	Beperkt negatief effect
-	Negatief effect
--	Sterk negatief effect

Tabel 8.2 | Samenvatting effectbeoordeling toekomstvastheid

Thema: Toekomstvastheid	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5

Robuustheid

Noord	++	++	0/+	0/+	0/+
Zuid	++	++	0/+	0/+	0
Totaal	++	++	0/+	0/+	0

Alle tracéalternatieven bieden voldoende transportcapaciteit en lossen daarmee de geïdentificeerde knelpunten op, zoals omschreven in het Investeringsplan Net op Land 2024-2033 van TenneT. Hiermee maken alle tracéalternatieven toekomstige energiescenario's mogelijk waar nu mee gerekend wordt, inclusief het scenario waarbij de meeste transportcapaciteit nodig is. Dit wordt ondersteund door zowel de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 waarin gerekend is met energiescenario's met maximale elektrificatie, als Target Grid waarvan de nieuwe hoogspanningsverbinding onderdeel is.

Een verschil is zichtbaar kijkend naar de 220 kV-hoogspanningsverbinding die bij tracéalternatieven 1 en 2 nieuw wordt gebouwd. De bouw van nieuwe masten waarin de 220 kV-hoogspanningsverbinding wordt bedreven, biedt meer transportcapaciteit en uitbreidingsmogelijkheden in de toekomst. Daarnaast vergroot het de technische levensduur van die hoogspanningsverbinding, omdat direct wordt voldaan aan de nieuwste normen. Tracéalternatieven 3, 4 en 5 bieden beperkte uitbreidingsmogelijkheden en vereisen bij capaciteitsvergroting ingrijpende maatregelen. Bij tracéalternatief 5 wordt de 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld, waardoor de robuustheid van deze hoogspanningsverbinding afneemt. Dit tracéalternatief kent dan ook de laagste score voor toekomstvastheid.

Tabel 8.3 | Overzicht beslisinformatie voor het thema toekomstvastheid

Tracéalternatief	Beoordeling	Onderscheidende punten
Tracéalternatief 1	++	- Alle toekomstige energiescenario's kunnen opgevangen worden. - Lost knelpunten op. - Grote technische levensduur volgens huidige normen door compleet vernieuwen van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding.
Tracéalternatief 2	++	- Alle toekomstige energiescenario's kunnen opgevangen worden. - Lost knelpunten op. - Grote technische levensduur volgens huidige normen door compleet vernieuwen van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding.
Tracéalternatief 3	0/+	- Alle toekomstige energiescenario's kunnen opgevangen worden. - Lost knelpunten op. - De nieuwe hoogspanningsverbinding zorgt voor aanvullende ruimte op de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding, maar verdere capaciteitsuitbreiding vergt ingrijpende maatregelen.
Tracéalternatief 4	0/+	- Alle toekomstige energiescenario's kunnen opgevangen worden. - Lost knelpunten op. - De nieuwe hoogspanningsverbinding zorgt voor aanvullende ruimte op de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding, maar verdere capaciteitsuitbreiding vergt ingrijpende maatregelen.
Tracéalternatief 5	0	- Alle toekomstige energiescenario's kunnen opgevangen worden. - Lost knelpunten op. - De nieuwe hoogspanningsverbinding zorgt voor aanvullende ruimte op de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding, maar verdere capaciteitsuitbreiding vergt ingrijpende maatregelen. - Ondergrondse verbinding (door verkabeling van bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding) is minder robuust dan een bovengrondse hoogspanningsverbinding.

8.3 Geografische spreiding in relatie tot de ringstructuur

Een goede geografische spreiding van hoogspanningsverbindingen binnen het 220/380 kV-hoogspanningsnet is essentieel voor de betrouwbaarheid van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening, en daarmee relevant voor toekomstvastheid. Deze spreiding zorgt voor ringstructuren die de voorziening bestendiger maken tegen extreme klimaatinvloeden, grote storingen en calamiteiten.

De geografische spreiding in relatie tot de betrouwbaarheid van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening is in 2023 beschouwd in het kader van de notitie kansrijke alternatieven, bijlage van de notitie reikwijdte en detailniveau 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens.

Vanuit nettechniek is daarbij gekeken naar geografische spreiding. Uit de analyse bleek dat de tracéalternatieven aan de oostzijde van het zoekgebied slechts beperkt bijdragen aan een toekomstvast hoogspanningsnet. Dit komt doordat er al een 380 kV-hoogspanningsverbinding door Drenthe en Overijssel loopt. Bij deze beoordeling is specifiek gekeken naar de ligging van de tracés en niet naar de uitvoeringswijze. Door het traceren in het westelijk deel van het toenmalig zoekgebied, via Friesland, ontstaat een 380 kV-ring in het noorden; als aanvulling op het noordelijke 380 kV-hoogspanningsnetwerk vanaf Eemshaven door Groningen, Drenthe en Overijssel –. In de notitie kansrijke alternatieven zijn de tracéalternatieven door Friesland dan ook positief beoordeeld op het thema geografische spreiding. Omdat de vijf

tracéalternatieven aan dit criterium voldoen (allen zouden positief scoren), wordt hier niet meer op beoordeeld.

8.4 Robuustheid

Het criterium robuustheid richt zich op de mate waarin de tracéalternatieven zijn voorbereid op mogelijke toekomstige ontwikkelingen binnen het energiesysteem. Alle vijf de tracéalternatieven bieden voldoende transportcapaciteit en lossen daarmee de geïdentificeerde knelpunten op. Er wordt gekeken in hoeverre er ruimte is om in te spelen op veranderingen in energieopwekking, -transport en -gebruik. Daarbij wordt meegenomen of eventuele capaciteitsuitbreidingen in de toekomst op een relatief eenvoudige manier kunnen worden gerealiseerd, zonder significante aanpassingen aan de constructie of de omgeving. Een robuuste verbinding lost de knelpunten op en zorgt ervoor dat eventuele toekomstige aanpassingen ten behoeve van het vergroten van de transportcapaciteit veelal efficiënt kunnen worden doorgevoerd, met minimale impact op de omgeving en relatief eenvoudige planologische procedures.

Een verschil is zichtbaar kijkend naar de 220 kV-hoogspanningsverbinding. Tracéalternatieven 1 en 2 worden beiden uitgevoerd met een dubbele rij Moldaumasten met elk twee circuits. Daarnaast ontstaat meer ruimte op de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding, doordat de 380 kV-hoogspanningsverbinding de transportfunctie van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding gedeeltelijk overneemt. Dit brengt met zich mee dat in de toekomst capaciteitsuitbreidingen (bijvoorbeeld opwaarderen naar 380 kV) mogelijk zijn zonder ingrijpende maatregelen met bijvoorbeeld significante impact op de omgeving. Omdat het een nieuwe hoogspanningsverbinding betreft die volgens de nieuwste normen gebouwd wordt, hebben tracéalternatieven 1 en 2 een grote technische levensduur. Daarmee worden tracéalternatieven 1 en 2 in het geheel als sterk positief (effectbeoordeling: ++) beoordeeld.

Tracéalternatieven 3 en 4 worden uitgevoerd met een enkele rij Moldaumasten met twee circuits. Ook tracéalternatieven 3 en 4 nemen de transportfunctie van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding gedeeltelijk over, waardoor meer ruimte ontstaat op de 220 kV-hoogspanningsverbinding. Voor het realiseren van een aanvullende capaciteitsuitbreiding is opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding nodig (bijvoorbeeld nieuwe geleiders van 4 kA, zie ook hoofdstuk 11, of eventueel volledige nieuwbouw als opwaardering naar 380 kV aan de orde zou zijn). Dit is niet mogelijk zonder ingrijpende maatregelen, planologische procedures en impact op de omgeving. Vanwege de beperkte mogelijkheid om zonder ingrijpende maatregelen de capaciteit te vergroten zijn tracéalternatieven 3 en 4 in het geheel als beperkt positief beoordeeld (effectbeoordeling: 0/+).

Voor tracéalternatief 5 gelden dezelfde uitgangspunten als voor tracéalternatieven 3 en 4. Voor tracéalternatief 5 geldt aanvullend dat in het zuidelijke deel een bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding op dat tracégedeelte verkabeld wordt. Verkabeling heeft invloed op de functionaliteit van het 110 kV-hoogspanningsnet, bijvoorbeeld langere reparatietijden en hogere maatschappelijke kosten. Daarnaast is na verkabeling van een tracédeel een verdere vergroting van de transportcapaciteit alleen mogelijk door ingrijpende maatregelen. Daarom is tracéalternatief 5 in het geheel als neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

Tabel 8.4 | Beoordeling criterium robuustheid

Criterium: Robuustheid					
	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	++	++	0/+	0/+	0/+
Zuid	++	++	0/+	0/+	0
Totaal	++	++	0/+	0/+	0

9. Thema kosten

9.1 Inleiding

Binnen het thema kosten worden de stichtingskosten en de totale levensduurkosten van de tracéalternatieven en varianten in beeld gebracht. Onder de stichtingskosten vallen de kosten die gemaakt dienen te worden om het tracéalternatief te realiseren vanaf de start van het project tot aan de oplevering. De levensduurkosten zijn de kosten die gemaakt worden vanaf de start van het project. Dit betreft de stichtingskosten inclusief exploitatiekosten en uiteindelijke sloop (wanneer de levensduur van de hoogspanningsverbinding verstreken is). Per tracéalternatief kunnen de kosten aanzienlijk variëren door verschillen in benodigde hoeveelheden.. Bij tracéalternatieven 1 en 2 wordt er een bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding geamoveerd en wordt er een dubbele mastenrij geplaatst over een grotere afstand ten opzichte van de kortere tracéalternatieven 3, 4 en 5 waar de 220 kV lijn niet geamoveerd wordt. Dit leidt tot hogere kosten dan de bouw van een enkele mastenrij. Bij tracéalternatief 5 is sprake van het verkabelen van een bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding over een grote lengte.

Het hoofdstuk is als volgt ingedeeld. In paragraaf 9.2 worden de belangrijkste onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven weergegeven met betrekking tot het thema kosten. Deze onderscheidende punten zijn beslisinformatie voor de afweging naar een voorkeursalternatief. Vervolgens worden in paragraaf 9.3, 9.4 en 9.5 de criteria in meer detail beschreven die zijn beoordeeld onder het thema kosten en wordt uitgebreider ingegaan op hoe de tracéalternatieven zijn beoordeeld en waarop deze van elkaar verschillen. Tot slot gaat paragraaf 9.6 in op de effecten van de varianten en mitigerende maatregelen die bij diverse tracéalternatieven aanwezig zijn en worden de effecten op de verbindingstukken besproken.

9.2 Conclusie: beoordeling en vergelijking tracéalternatieven

Deze paragraaf geeft een overzicht van de onderscheidende punten tussen de tracéalternatieven en geeft zo informatie voor de selectie van het voorkeursalternatief. De beoordelingssysteem voor het thema kosten verschilt van de overige thema's. Omdat in deze fase van het project nog geen exacte mastposities worden vastgelegd en gedetailleerde ontwerpen worden gemaakt, zijn de kosten bepaald op kengetallenniveau op basis van globale hoeveelheden. Deze kengetallen zijn gebaseerd op gerealiseerde en in uitvoering zijnde projecten van een vergelijkbare omvang en/of met vergelijkbare werkzaamheden. Voor de presentatie van de kosten wordt een index gebruikt ten opzichte van het tracéalternatief met de laagste kosten. Het tracéalternatief met de laagste kosten wordt gekenmerkt als 1,00. Indien een tracéalternatief de score 1,82 krijgt, betekent dit dat dit tracéalternatief 1,82 maal duurder is dan het tracéalternatief met de laagste score. Zo kunnen de tracéalternatieven goed met elkaar vergeleken worden.

Tabel 9.1 geeft de scores weer van de verschillende criteria binnen het thema kosten. Het betreft de stichtingskosten en de levensduurkosten met en zonder congestiekosten. De congestiekosten nemen toe naarmate de bouwtijd langer is. Ten slotte zijn in tabel 9.2 de belangrijkste aandachtspunten en verschillen tussen de tracéalternatieven weergegeven.

Tabel 9.1 | Samenvatting effectbeoordeling kosten

Thema: Kosten	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5

Stichtingskosten

Noord	2,79	2,74	1,71	1,00	1,00
Zuid	1,70	1,70	1,02	1,00	1,47
Totaal	2,27	2,24	1,38	1,00	1,23

Levensduurkosten zonder congestiekosten

Noord	1,84	1,80	1,45	1,00	1,00
Zuid	1,26	1,25	1,01	1,00	1,34
Totaal	1,58	1,55	1,25	1,00	1,15

Levensduurkosten met congestiekosten

Noord	2,02	1,98	1,47	1,00	1,01
Zuid	1,38	1,38	1,03	1,00	1,35
Totaal	1,73	1,71	1,27	1,00	1,16

Uit de beoordeling van de kosten volgt dat tracéalternatief 4 de laagste kosten heeft, doordat het tracéalternatief het kortst is en uitgevoerd wordt door middel van een enkele mastenrij. Daarentegen hebben tracéalternatieven 1 en 2 de hoogste kosten door de uitvoering van een dubbele mastenrij en de lengte van het tracéalternatief. Tracéalternatief 5 heeft relatief lage levensduurkosten, maar hogere stichtingskosten door het verkabelen van de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding in het zuidelijke gedeelte. Hieronder worden de onderscheidende punten breder uitgelicht.

Tabel 9.2 | Overzicht beslisinformatie voor het thema kosten

Tracéalternatief	Beoordeling	Onderscheidende punten
Tracéalternatief 1	Stichtingskosten	Hoogste stichtingskosten door de dubbele mastenrij, de lengte van het tracé en de kosten voor het amoveren van de 220 kV-hoogspanningsverbinding en een groot deel van de 110 kV-hoogspanningsverbinding.
	Levensduurkosten zonder congestiekosten	Hoogste levensduurkosten door de dubbele mastenrij en de lengte van het tracé.
	Levensduurkosten met congestiekosten	Langste bouwtijd, waardoor sprake is van hoogste congestiekosten.
Tracéalternatief 2	Stichtingskosten	Hoge stichtingskosten door de dubbele mastenrij, de lengte van het tracé en de kosten voor het amoveren van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding en een groot deel van de 110 kV-hoogspanningsverbinding.
	Levensduurkosten zonder congestiekosten	Hoge levensduurkosten door de dubbele mastenrij en de lengte van het tracé zijn de levensduurkosten.
	Levensduurkosten met congestiekosten	Lange bouwtijd (het tracéalternatief kan als een-na-laatste in gebruik worden genomen) leidt tot hoge congestiekosten.
Tracéalternatief 3	Stichtingskosten	- Tracéalternatief 3 is relatief lang, maar betreft een enkele mastenrij, waardoor de stichtingskosten lager uitvallen. - Hogere kosten door het aantal kruisingen met water met een staande mastenroute.
	Levensduurkosten zonder congestiekosten	Gemiddelde levensduurkosten, door de enkele mast lager dan tracéalternatieven 1 en 2, maar door de lengte hoger dan tracéalternatieven 3 en 4.
	Levensduurkosten met congestiekosten	Gemiddelde bouwtijd en daarmee congestiekosten, door de enkele mast lager dan tracéalternatieven 1 en 2, maar hoger dan de kortere tracéalternatieven 3 en 4.
Tracéalternatief 4	Stichtingskosten	- Laagste stichtingskosten doordat het een enkele mastenrij betreft en de lengte van het tracé het kortst is. - Minste kruisingen met water met een staande mastenroute.
	Levensduurkosten zonder congestiekosten	Laagste levensduurkosten, vanwege korte lengte en minste netverliezen.
	Levensduurkosten met congestiekosten	Kortste bouwtijd, waardoor de congestiekosten het laagste zijn.
Tracéalternatief 5	Stichtingskosten	- Lage stichtingskosten door korte lengte van het tracé. - In het zuidelijke deel hogere kosten dan tracéalternatief 4 vanwege het (gedeeltelijk) slopen en ondergronds brengen van de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding en grotere lengte.
	Levensduurkosten zonder congestiekosten	Lage levensduurkosten door een relatief korte lengte.
	Levensduurkosten met congestiekosten	Lage congestiekosten door relatief korte bouwtijd.

9.3 Stichtingskosten

Onder de stichtingskosten vallen de kosten die gemaakt dienen te worden om het tracéalternatief te realiseren vanaf de start van het project tot aan de oplevering. In onderstaande tabel staan de verschillende onderwerpen die zijn meegenomen bij het bepalen van de stichtingskosten. Aangegeven is op basis van welke eenheid de betreffende kosten per onderwerp bepaald worden. In het 'deelrapport kosten' worden deze verschillende stichtingskosten uitgebreid beschreven.

Tabel 9.3 | Soorten stichtingskosten en eenheid van de prijs

Onderwerp	Post	Eenheid van de prijs
Grondkosten	Grondzaken, bouwrijp maken, ontplofbare oorlogsresten en ZRO/vergoedingen	Per km
Bijkomende kosten	Projectbegeleiding door opdrachtgever, engineering (lijn), vergunningen/verklaringen, planologie	Per km
Bouwkosten 'standaardlijnen'	Werkterrein lijn, fundament, funderingspalen lijn, afwatering en bemaling lijn, masten, geleiders, bliksemdraden, armaturen, isolatoren en uitvoering	Per km
Additionele kosten kruising met hoogspanningsverbinding bij 110 kV	Kosten zoals verkabeling of verhoogde masten bij kruising	Per stuk
Additionele kosten kruising met hoogspanningsverbinding 220 kV	Kosten kruising met 220 kV-hoogspanningsverbinding	Per stuk
Additionele kosten kruisingen met water met staande mastenroute	380 kV-hoogspanningsverbinding kruist water. Kosten voor verhoogde masten	Per kruising
Kosten verkabelen 110 kV geboord	Kosten ondergronds brengen bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding d.m.v. boringen	Per km
Kosten verkabelen 110 kV open ontgraving	Kosten ondergronds brengen bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding d.m.v. ontgraving	Per km
Kosten amoveren 110 kV	Sloopkosten bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding	Per km
Kosten amoveren 220 kV	Sloopkosten bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatief 1 en 2	Per km
Kosten per nieuw gevoelig gebouw	Kosten van de nieuwe gevoelige gebouwen als gevolg van het gekozen tracéalternatief	Per stuk

Tracéalternatieven 1 en 2 worden beiden uitgevoerd door middel van de bouw van een dubbele rij Moldaumasten. Bij een dubbele mastenrij liggen de stichtingskosten hoger dan bij een enkele rij. Daarnaast zijn deze tracéalternatieven de langste van de vijf. Dit resulteert in hogere bouw- en grondkosten voor deze tracéalternatieven, omdat deze kosten per kilometer berekend worden. Een andere hoge kostenpost is het aantal kruisingen met water met een staande mastenroute. Omdat het aantal kruisingen bij deze tracéalternatieven het hoogst ligt, vormen deze kosten een hoog percentage van de totale stichtingskosten van deze tracéalternatieven, namelijk 9%. Als laatste onderscheiden deze tracéalternatieven zich doordat de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding geamoveerd dient te worden. Ook dit brengt aanvullende stichtingskosten (kosten voor slopen masten) met zich mee.

Tracéalternatieven 3, 4 en 5 worden uitgevoerd door middel van een enkele rij masten, waardoor de stichtingskosten voor deze tracéalternatieven lager uitvallen. Wel verschillen deze tracéalternatieven op een aantal kostenposten onderling. Zo heeft tracéalternatief 3 de hoogste stichtingskosten door de lengte van het tracéalternatief, die vergelijkbaar is met tracéalternatief 1 en 2. Daarnaast heeft dit tracéalternatief twaalf kruisingen met water met een staande mastenroute. Voor tracéalternatieven 4 en 5 geldt dat dit een korter tracé betreft dan de andere tracéalternatieven, met minder kruisingen met water met een staande mastenroute (beide 4 kruisingen). Deze tracéalternatieven hebben dan ook de laagste stichtingskosten. Het verschil tussen tracéalternatieven 4 en 5 zit met name in het amoveren en verkabelen van de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding door middel van o.a. open ontgraving bij tracéalternatief 5. Daarnaast is tracéalternatief 5 in het zuidelijke gedeelte langer dan tracéalternatief 4.

Tabel 9.4 Beoordeling criterium stichtingskosten

Criterium: Stichtingskosten	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	2,79	2,74	1,71	1,00	1,00
Zuid	1,70	1,70	1,02	1,00	1,47
Totaal	2,27	2,24	1,38	1,00	1,23

9.4 Additionele kosten ten behoeve van levensduurkosten

De levensduurkosten zijn de kosten die gemaakt worden vanaf de start van het project. Dit betreft de stichtingskosten inclusief exploitatiekosten en uiteindelijke sloop (wanneer de levensduur van de hoogspanningsverbinding verstreken is). In onderstaande tabel zijn de soorten additionele kosten weergegeven die naast de stichtingskosten zijn meegenomen in de levensduurkosten.

Tabel 9.5 | Kengetallen additionele kosten t.b.v. levensduurkosten

Onderwerp	Post	Eenheid van de prijs
Netverliezen¹¹ 380 kV	Kosten netverliezen nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding	Per km
Netverliezen 220 kV	Kosten netverliezen bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding	Per km
Netverliezen geleiders bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding	Kosten netverliezen door bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding	Per km
Kosten mastvergoedingen aan landeigenaren voor Moldaumast 50 jaar	Vergoeding landeigenaren levensduur mast van 3 maal per km (3 masten per km)	Per km
Kosten mastvergoedingen aan landeigenaren voor Donaumast	Vergoeding landeigenaren levensduur mast van 3 maal per km (3 masten per km)	Per km
Onderhoudskosten	Kosten onderhoud gedurende levensduur (0,8% van bouwkosten per jaar voor 50 jaar)	Per post
Kosten amoveren	Kosten amoveren masten na einde levensduur	Per post

Door de dubbele mastenrij en de lengte van het tracé liggen ook de levensduurkosten het hoogst bij de tracéalternatieven 1 en 2. Tracéalternatief 3 betreft een enkele rij masten, maar is qua lengte in het noordelijke deel vergelijkbaar met tracéalternatieven 1 en 2, waardoor hier de levensduurkosten hoger liggen. Tracéalternatieven 3 en 4 hebben de laagste levensduurkosten doordat dit de tracéalternatieven zijn met de kortste lengte. Wel is tracéalternatief 5 in het zuidelijke gedeelte langer dan tracéalternatief 4, waardoor de levensduurkosten hier hoger uitvallen. Bij tracéalternatieven 3, 4 en 5 moet daarnaast nog rekening worden gehouden met netverliezen door ligging naast de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding.

¹¹ Als gevolg van het verschil tussen de invoeding en afname van energie doen zich bij elektriciteitstransport altijd netverliezen voor. Netverliezen zijn onder meer afhankelijk van de stroom maar ook van de afstand die bij het transport van de elektriciteit moet worden afgelegd.

Tabel 9.6 | Beoordeling criterium levensduurkosten zonder congestiekosten

Criterium: Levensduurkosten	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	1,84	1,80	1,45	1,00	1,00
Zuid	1,26	1,25	1,01	1,00	1,34
Totaal	1,58	1,55	1,25	1,00	1,15

9.5 Congestiekosten

Congestiekosten zijn kosten die TenneT maakt voor het oplossen van transportbeperkingen van elektriciteit. Bij het inschatten van de congestiekosten wordt gekeken naar de verwachte ingebruikname van de lijn en wordt een schatting gemaakt van het negatieve effect van een latere voltooiing van de lijn. Latere ingebruikname t.o.v. het tracéalternatief dat het snelste gerealiseerd zal zijn resulteert in hogere te verwachten congestiekosten.

Ook voor de congestiekosten geldt dat de lengte en de uitvoering (enkele of dubbele mastenrij) de grootste invloed heeft op de totale kosten. Een langere bouwtijd (door dubbele bouw of langere lengte) leidt namelijk tot meer congestiekosten. Tracéalternatieven 1 en 2 hebben daarmee de hoogste congestiekosten en kunnen als laatste in gebruik worden genomen. Daartegenover staat dat tracéalternatief 4 de kortste lengte heeft en daarmee de laagste congestiekosten heeft.

Tabel 9.7 | Beoordeling criterium levensduurkosten met congestiekosten

Criterium: Congestiekosten	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Noord	2,02	1,98	1,47	1,00	1,01
Zuid	1,38	1,38	1,03	1,00	1,35
Totaal	1,73	1,71	1,27	1,00	1,16

9.6 Varianten, mitigerende maatregelen en verbindingstukken

Voor de varianten (inclusief de varianten die als mitigerende maatregel zijn ingebracht) is bepaald of de variant gunstiger scoort (lagere kosten) of minder gunstig scoort (hogere kosten) dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief. In tabel 9.6 zijn de effecten opgenomen.

Tabel 9.6 | Samenvatting effectbeoordeling varianten

Thema: Kosten		V1 = Variant Volverlaten	V2 = Variant Surhuisterveen	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	V1 = Variant Luttelgeest	M2 = MM Enumatil	M3 = MM Kleeflocht	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
	Variant bij tracéalternatief	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4	4	5	5
	Stichtingskosten	V	V	^	V	^	V	^	^	V	V	V ¹²	^	^
	Levensduurkosten (excl. congestie)	V	V	^	V	^	V	^	^	V	V	V ¹¹	^	^

Legenda bij variantbeoordeling

- ^ Effect positiever dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
- V Effect negatiever dan het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief

Bij alle varianten verschillen de kosten ten opzichte van het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief. Omdat het om relatief kleine delen van het totale tracéalternatief gaat, zijn de verschillen in het algemeen beperkt en zijn ze niet of nauwelijks van invloed op de kosten voor de tracéalternatieven. Bij twee varianten is sprake van meer wezenlijke verschillen. Variant Heerenveen heeft hogere kosten door het verkabelen van de bestaande 110 kV-hoogspanningsverbinding. Variant Lemmer heeft lagere kosten doordat er bij deze variant juist minder 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld hoeft te worden.

De verbindingstukken zijn niet op kosten beoordeeld. Achtergrond is dat deze kosten niet onderscheidend zijn.

¹² In het rekenmodel zijn de kosten voor de aanleg (en o.a. het onderhoud) van de schiereilanden – noodzakelijk voor het plaatsen van de masten bij variant Tjeukemeer – niet meegenomen. Hierdoor lijken de kosten voor deze variant lager uit te vallen. In werkelijkheid zullen deze kosten echter wel gemaakt moeten worden, en naar verwachting zijn ze hoger dan de kosten die uit de berekening naar voren komen. Om die reden is er toch een rood pijltje geplaatst, waarmee wordt aangegeven dat deze variant uiteindelijk slechter scoort dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief op het criterium 'kosten'.

10. Raakvlak verzwaring 220 kV-hoogspanningsverbinding

10.1 Aanpak

In het Investeringsplan Net op Land 2024-2033 (IP 24-33) van TenneT is voorzien dat de noordelijke 220 kV-hoogspanningsverbindingen opgewaardeerd dienen te worden. Tracéalternatief 1, 2 en 3 van het project Vierverlaten – Ens lopen (deels) parallel aan de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens. Dit betekent dat de 220 kV opwaardering een raakvlakproject is voor de 380 kV-hoogspanningsverbinding. De keuze voor een enkele of dubbele rij Moldaumasten voor de 380 kV-hoogspanningsverbinding bepaalt ook of de opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding in de bestaande Donaumasten tussen Vierverlaten en Ens noodzakelijk is of dat deze vervangen wordt door een nieuwe rij Moldaumasten (in bedrijf op 220 kV). Als voor de 380 kV-hoogspanningsverbinding gekozen wordt voor tracéalternatief 1 of 2, is opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens niet meer nodig. Als gekozen wordt voor tracéalternatief 3, 4 of 5 zal aanvullend ook de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding worden opgewaardeerd als een zelfstandig project.

De wijze waarop de opwaardering van de 220 kV-ring zal plaatsvinden is nog niet bekend. In het raakvlakkenonderzoek zijn daarom uitgangspunten geformuleerd op basis van de best beschikbare informatie. Aan de hand van deze uitgangspunten zijn de effecten van de opwaardering in beeld gebracht op basis van de beoordelingscriteria van de vijf thema's van de integrale effectenanalyse: milieu, techniek, kosten, omgeving en toekomstvastheid. Op basis van een getrapte beoordeling is beoordeeld of de effectbeoordeling van de tracéalternatieven 3, 4 en 5, inclusief opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding, wijzigt. Vervolgens is een vergelijking gemaakt met tracéalternatieven 1 en 2.

In dit raakvlakkenonderzoek is geen onderscheid gemaakt tussen noord en zuid. Vanuit techniek heeft het namelijk sterk de voorkeur dat een uniforme uitvoeringswijze wordt aangehouden met zo min mogelijk wisselingen. Dat wil zeggen of van Vierverlaten tot Ens een dubbele mastenrij of van Vierverlaten tot Ens een enkele mastenrij. Indien opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding aan de orde is, zal dat in principe voor het gehele tracé van Vierverlaten naar Ens gelden.

10.2 Overzicht effecten

10.2.1 Conclusie

Voor een 'eerlijke' vergelijking van effecten zouden de effecten van tracéalternatieven 1 en 2 moeten worden vergeleken met de effecten van tracéalternatieven 3, 4 en 5, aangevuld met de effecten van de opwaardering. Als bij tracéalternatieven 3, 4 en 5 rekening wordt gehouden met de aanvullende effecten van de opwaardering, liggen voor de meeste thema's de effecten dicht bij de effecten van tracéalternatieven 1 en 2. Tracéalternatieven 1 en 2 scoren op de thema's milieu, techniek en kosten over het algemeen nog steeds negatiever dan tracéalternatief 3, 4 en 5 (inclusief opwaardering).

Tracéalternatieven 1 en 2 scoren op het thema toekomstvastheid nog steeds positiever dan tracéalternatief 3, 4 en 5 (inclusief opwaardering). De belangrijkste aandachtspunten worden onderstaand toegelicht.

Wanneer tracéalternatief 3, 4 of 5 wordt gekozen als voorkeursalternatief dient de opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding als apart project uitgevoerd te worden.

10.2.2 Effecten milieu

Doordat de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding bij tracéalternatieven 3, 4 en 5 blijft staan, zijn de milieueffecten van de opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding vooral tijdelijk van aard. De meeste milieueffecten worden veroorzaakt door de voorbereidende en uitvoerende werkzaamheden. Door de opwaardering mee te nemen in de effectbeoordeling van tracéalternatieven 3, 4 en 5, worden een aantal beoordelingscriteria binnen het thema milieu negatiever beoordeeld. Het betreft de aspecten risico op zetting, effecten op beschermde soorten en Rode lijst-soorten, effect op aardkundig waardevolle gebieden (alleen tracéalternatief 5), effect op geluidgevoelige gebouwen (realisatiefase), oppervlakteverlies landbouwareaal, effecten circulariteit als gevolg van materiaalgebruik, effect op het klimaat als gevolg van uitstoot van broeikasgassen (CO₂ eq.) door materieel in de realisatiefase. Er is sprake van een positievere beoordeling voor het aspect effect op het klimaat als gevolg van uitstoot van broeikasgassen (CO₂ eq.) door netverliezen in de gebruiksfase,

Ook zijn er een aantal beoordelingscriteria waarbij er door de opwaardering geen onderscheid meer is in de beoordeling van de vijf tracéalternatieven. Het betreft de criteria risico op zetting, effecten op beschermde soorten en Rode lijst-soorten, oppervlakteverlies landbouwareaal en het effect op het klimaat als gevolg van uitstoot van broeikasgassen (CO₂ eq.) door materieel in de realisatiefase.

10.2.3 Effecten omgeving

Voor de opwaardering van de 220 kV-hoogspanningsverbinding zijn nieuwe toegangswegen en werkterreinen nodig, wat mogelijk overlast voor de omgeving met zich meebrengt. Bij tracéalternatief 3 wordt een rij Moldaumasten naast de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding gebouwd. Dat kan leiden tot meer overlast, zelfs als de werkzaamheden voor de bouw van de nieuwe hoogspanningsverbinding en de opwaardering van de bestaande hoogspanningsverbinding gelijktijdig plaatsvinden. Bij tracéalternatieven 4 en 5 is de hinder verspreid over een groter gebied omdat de nieuwe Moldauverbinding langs de A6/A7 wordt gerealiseerd en niet bij de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding.

10.2.4 Effecten techniek

Aangezien de locatie van de 220 kV-hoogspanningsverbinding hetzelfde blijft, heeft de opwaardering geen impact op de leveringszekerheid en beheer- en onderhoudbaarheid van de hoogspanningsverbinding. Binnen het thema techniek heeft de opwaardering vooral effecten op de technische maakbaarheid. Een belangrijk aandachtspunt bij de opwaardering zijn de benodigde 'voorzienende niet beschikbaarheid' (VNB's). Om veilig te kunnen werken zijn er veiligheidsmaatregelen nodig. Een VNB is een periode dat één circuit uit bedrijf is en er gewerkt kan worden. Doorgaans blijft het andere circuit in bedrijf bij opwaarderingswerkzaamheden. Het verkrijgen van een VNB is zeer lastig. Het stroomnet is zwaar belast en VNB's kunnen niet altijd gegeven worden omdat er minder stroom over het ene circuit getransporteerd kan worden tijdens de VNB. De VNB's die nodig zijn voor het opwaarderen zorgen voor grotere risico's.

10.2.5 Effecten toekomstvastheid

De opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding biedt samen met tracéalternatieven 3, 4 of 5 voldoende capaciteit om de huidige knelpunten op te lossen. Toekomstige uitbreidingsmogelijkheden, zoals een aanpassing van de 220 kV-hoogspanningsverbinding naar 380 kV-hoogspanningsverbinding, zijn bij deze tracéalternatieven alleen beperkter in vergelijking met tracéalternatieven 1 en 2.

10.2.6 Effecten kosten

Tracéalternatief 3, 4 en 5 worden duurder als daar de kosten van de opwaardering aan worden toegevoegd. De kosten van tracéalternatief 1 en 2 zijn nog steeds het hoogst, maar de verschillen met de andere tracéalternatieven zijn door de opwaardering minder groot geworden.

11. Raakvlak Lelylijn en NOVEX-gebiedsontwikkelingen

11.1 Aanpak

De verkenning 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten - Ens en het MIRT-onderzoek Lelylijn in samenhang met het NOVEX Ontwikkelperspectief Lelylijn zijn zogeheten raakvlak-projecten van elkaar vanwege de mogelijke samenloop van beide projecten. Voor beide projecten zijn nog verschillende alternatieve tracés in beeld, waarbij beide projecten kijken naar een mogelijk tracé langs de rijksweg A6 en A7. Het risico bestaat dat beide projecten elkaar hinderen bij bundeling. Daarnaast zijn bredere gebiedsontwikkelingen gekoppeld aan de stationsontwikkelingen, zoals de aanleg van nieuwe woonwijken. Deze functies en voorzieningen vormen hierdoor een hechte en onlosmakelijke relatie met de beoogde treinstations en worden daarom ook beschouwd als essentieel onderdeel van de Lelylijn.

Er is onderzoek verricht naar de raakvlakken en mogelijke oplossingsrichtingen, uitgaande van het bundelingsalternatief langs de A6/A7. In het najaar van 2023 is een eerste quick-scan uitgevoerd. De quick-scan geeft een indicatie van de minimale afstanden die bij parallelloop aangehouden moeten worden en de belangrijkste technische aspecten die hiervoor bepalend zijn. Vervolgens is het raakvlakkenonderzoek Lelylijn en 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten-Ens uitgevoerd waarmee de knelpunten en mogelijkheden voor bundeling van beide projecten in beeld zijn gebracht. Er is onder andere onderzoek gedaan naar de mogelijke technische knelpunten en aandachtspunten, zoals de elektromagnetische beïnvloeding, benodigde kruisingen, aandachtspunten tijdens realisatie en impact op de beoogde stationslocaties. Daarnaast is de impact op de NOVEX-gebiedsontwikkelingen uit het NOVEX ontwikkelperspectief Lelylijn in beeld gebracht.

11.2 Overzicht effecten

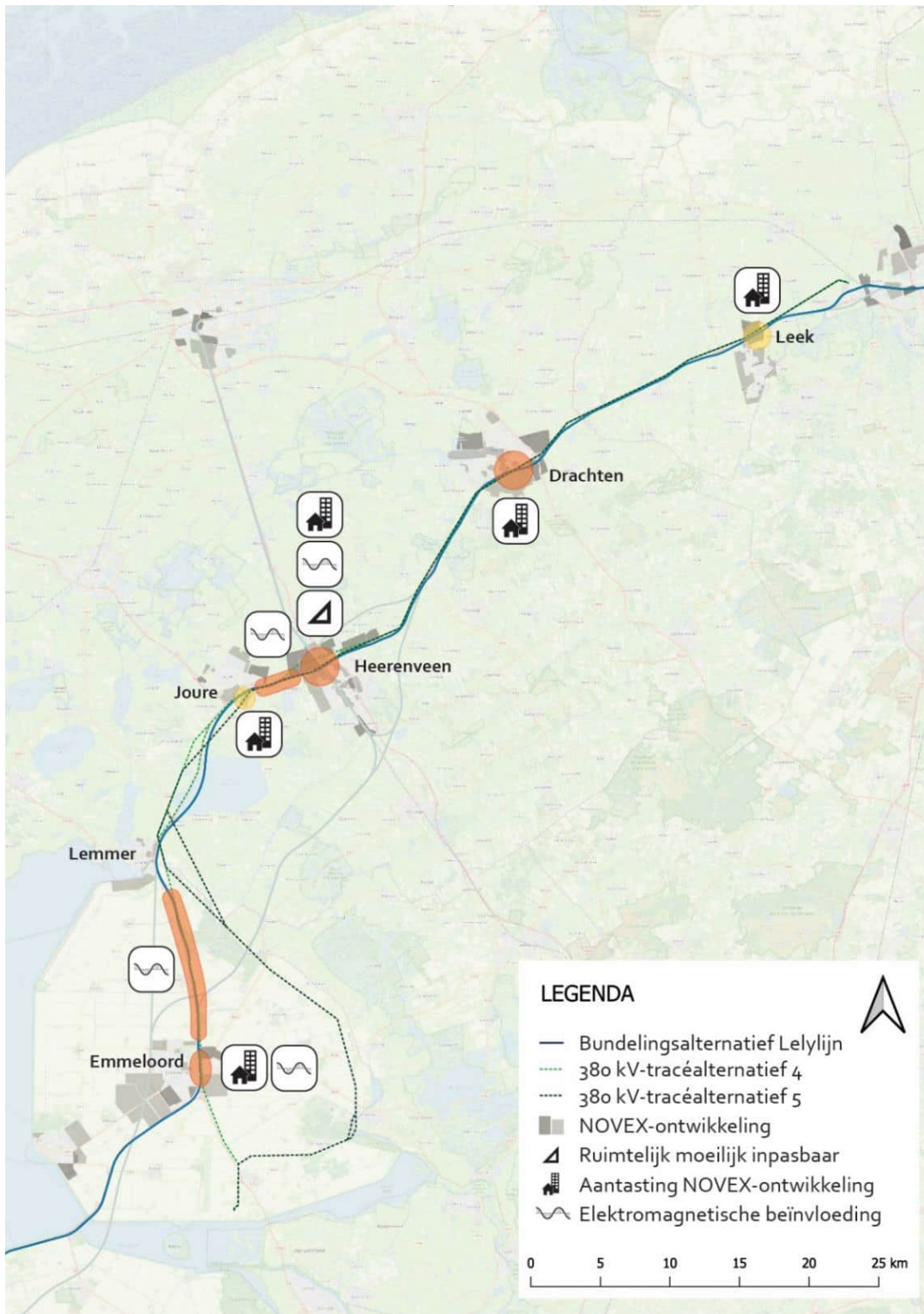
Technische en ruimtelijke raakvlakken

Het raakvlakkenonderzoek toont aan dat de bundeling van de Lelylijn en de 380 kV-hoogspanningsverbinding nabij de A6/A7 niet zonder meer mogelijk is. Bij alle combinaties van de onderzochte tracéalternatieven is sprake van aandachtspunten en knelpunten op bepaalde plekken. Er is sprake van een knelpunt als een oplossing noodzakelijk is om de inpassing van de Lelylijn niet onmogelijk te maken. Dat vergt een afweging en keuze. Er is sprake van een aandachtspunt als er negatieve effecten op de Lelylijn en/of de NOVEX-gebiedsontwikkelingen zijn, maar deze de Lelylijn niet onmogelijk maken. Bij de aandachtspunten kan het gaan om mitigeerbare effecten waar nadere afspraken over gemaakt kunnen worden hoe hier mee wordt omgegaan. De knelpunten en de aandachtspunten zijn in tabel 11.1 (van noord naar zuid) toegelicht.

Tabel 11.1 | Knelpunten en aandachtspunten Lelylijn en 380 kV

Locatie	Knelpunt	Aandachtspunt
Kruisingen tracés Lelylijn en 380 kV (diverse locaties)	Veel kruisingen van tracés Lelylijn en 380 kV, veelal ook onder flauwe hoek, vragen om (kleine) tracéaanpassingen.	-
Leek	-	Impact 380 kV op NOVEX-gebiedsontwikkeling.
Drachten	Technisch niet haalbaar omdat lijnen liggen te dicht bij elkaar liggen. 380 kV op zeer korte afstand van beoogde station belemmert ambitie schaalsprong in stedelijkheid.	Elektromagnetische beïnvloeding vraagt om technische maatregelen. Kruisingen vragen om (kleine) tracéaanpassingen. Impact 380 kV op NOVEX-gebiedsontwikkeling.
Joure	380 kV raakt stationslocatie. Zeer grote impact 380 kV op NOVEX-gebiedsontwikkeling.	-
Heerenveen	Technisch niet haalbaar omdat lijnen liggen te dicht bij elkaar liggen. Zeer beperkte ruimte voor inpassing. 380 kV op zeer korte afstand van beoogde station belemmert ambitie schaalsprong in stedelijkheid.	Elektromagnetische beïnvloeding vraagt om technische maatregelen. Kruisingen vragen om (kleine) tracéaanpassingen. Impact 380 kV op NOVEX-gebiedsontwikkeling. Beperkte ruimte voor inpassing.
Lemmer	-	-
Tussen Lemmer en Emmeloord	Technisch niet haalbaar omdat lijnen liggen te dicht bij elkaar liggen.	Elektromagnetische beïnvloeding vraagt om technische maatregelen. Kruisingen vragen om (kleine) tracéaanpassingen.
Emmeloord	380 kV-alternatief 4 en Lelylijn variant oostzijde Emmeloord technisch niet haalbaar omdat lijnen te dicht bij elkaar liggen/ zelfde tracé volgen.	Beperkte ruimte voor inpassing. Impact op NOVEX-gebiedsontwikkeling.

Bij het in beeld brengen van de raakvlakken bij volledige bundeling langs de A6/A7 is op hoofdlijnen een onderscheid gemaakt tussen de techniek / elektromagnetische beïnvloeding, aantasting NOVEX-ontwikkelgebied en de ruimtelijke inpasbaarheid. Figuur 11.1 geeft de knelpunten per stationslocatie of tracédeel weer.



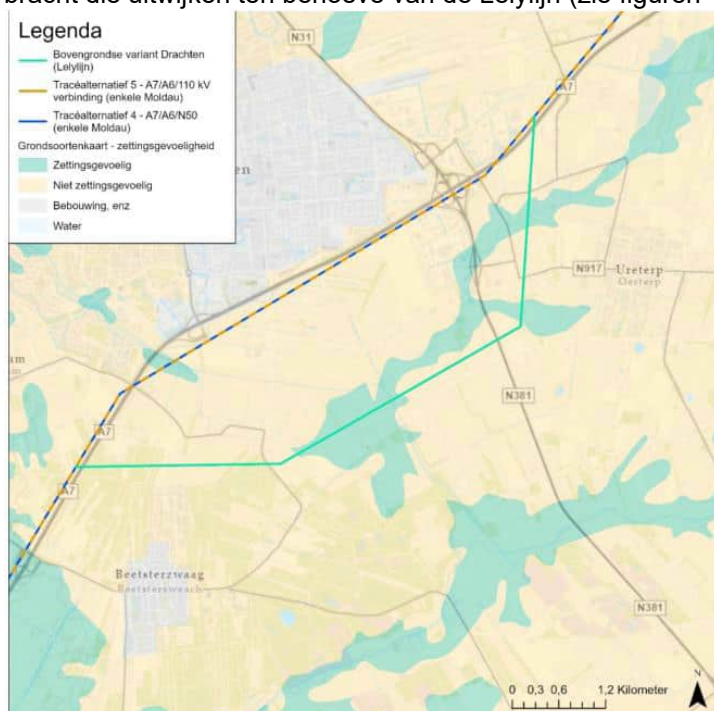
Figuur 11.1 | Knelpunten Lelylijn en 380 kV

Varianten 380 kV-hoogspanningsverbinding die uitwijken ten behoeve van de Lelylijn

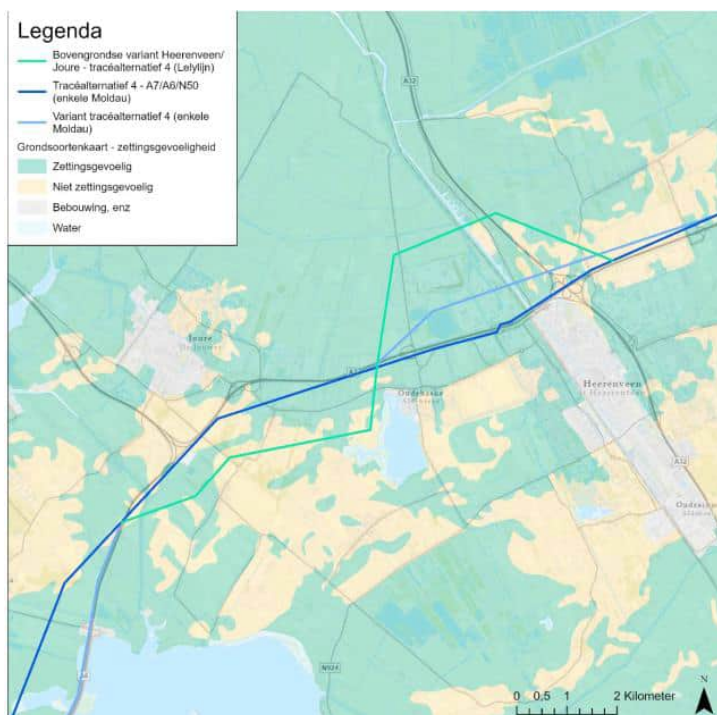
Uit de resultaten van het raakvlakkenonderzoek blijkt dat, als beide projecten langs de A6/A7 worden gerealiseerd, bij Drachten, Heerenveen, Joure en Emmeloord de grootste ruimtelijke en technische knelpunten kunnen ontstaan.

Om de technische en ruimtelijke knelpunten tussen de nieuwe hoogspanningsverbinding en Lelylijn op te lossen of te verminderen is het, afhankelijk van de keuzes die de Lelylijn maakt, mogelijk noodzakelijk om het tracé van de 380 kV-hoogspanningsverbinding aan te passen. Wegens de complexiteit en grootschalige ontwikkelingen bij Drachten en Heerenveen langs de A7 zijn op deze twee locaties ondergrondse 380 kV-varianten in beeld gebracht. Een ondergrondse verbinding biedt mogelijkheden om de raakvlakken met de Lelylijn te beperken en zorgt ervoor dat de hoogspanningsverbinding visueel uit het landschap verdwijnt. Een belangrijke voorwaarde is dat een ondergrondse verbinding aan elektrische belastbaarheidseisen moet voldoen. Dit is sterk afhankelijk van de bodemgesteldheid in verband met de beperkte afvoer van warmte. Door de verscheidenheid aan bodemsoorten bij Heerenveen en Drachten blijkt uit onderzoek dat niet aan de vereiste belastbaarheidseisen kan worden voldaan. Het ondergronds brengen van de hoogspanningsverbinding is daarmee geen haalbare oplossing voor de geïdentificeerde knelpunten bij Heerenveen en Drachten.

Bij Drachten, Heerenveen en Joure zijn aanvullende bovengrondse varianten in beeld gebracht die uitwijken ten behoeve van de Lelylijn (zie figuren 11.2 en 11.3).



Figuur 11.2 | Variant Drachten



Figuur 11.3 | Varianten Heerenveen/Joure

Bij Emmeloord is geen aanvullende variant in beeld gebracht, aangezien ten oosten van Emmeloord al meerdere tracéalternatieven in beeld zijn. De 380 kV-varianten bij Drachten, Heerenveen en Joure lossen de knelpunten met de Lelylijn grotendeels op, maar kunnen leiden tot andere effecten. Om een beeld te hebben van de effecten, zijn deze voor de vijf thema's van de integrale effectenanalyse (milieu, omgeving, techniek, toekomstvastheid en kosten) in beeld gebracht. De nadruk lag daarbij op het in beeld brengen van de wezenlijke effecten en of die effecten leiden tot een ander (eind)oordeel van tracéalternatief 4 of 5.

De varianten leiden niet tot dermate zwaarwegende effecten dat deze niet maakbaar of vergunbaar zijn. De varianten scoren in het algemeen negatiever voor landschap, natuur en kosten en positiever op gevoelige gebouwen of werkfuncties. De varianten hebben vooral een negatievere impact op het landschap. Er is geen aansluiting op de 'basis' van het landschappelijk hoofdpatroon. De varianten reageren daarnaast op lokale verschijnselen. De noodzakelijke richtingsveranderingen in de varianten staan niet op plekken die herleidbaar zijn vanuit het landschap of landschappelijk hoofdpatroon. Door de grotere lengte nemen de stichtingskosten en levensduurkosten toe ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. De varianten hebben een positief effect op het aantal gevoelige gebouwen binnen indicatieve magneetveldzone en/of er is sprake van minder doorkruising van werkfuncties.

Als gekozen wordt voor tracéalternatief 4 of 5 en daarbij gekozen wordt voor de varianten die uitwijken ten behoeve van de Lelylijn, leidt dat niet tot een andere beoordeling van het gehele tracéalternatief. Dit komt omdat het verschil in effecten te klein is om in een andere beoordelingsklasse te vallen. Er zijn ook criteria waar de bovengrondse varianten negatiever scoren dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief, maar waar dit niet leidt tot een andere effectbeoordeling omdat die al zeer negatief is. Dit geldt bijvoorbeeld op enkele criteria vanuit het thema natuur (effecten op instandhoudingsdoelstellingen, houtopstanden, NNN-gebied, weidevogelgebieden en/of ganzenfoerageergebieden).

12. Raakvlak nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen-Lelystad-Ens

12.1 Aanpak

TenneT gaat (aansluitend op de 380 kV-hoogspanningsverbinding Volverlaten – Ens) een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding realiseren tussen de hoogspanningsstations Diemen, Lelystad en Ens. Het concept-MER en de integrale effectenanalyse van project Diemen-Ens laten zien dat er voor elk van de daar onderzochte tracéalternatieven in het noordelijk deel tussen Lelystad en Ens, grote risico's zijn. Deze risico's betreffen o.a. Natura 2000 gebied Ketelmeer en Unesco werelderfgoed Schokland naast technische risico's. Daarom is gezocht naar een tracé buiten de tot dan toe beschouwde tracéalternatieven. Er is daarom voor het project 380 kV Diemen – Ens onderzoek gedaan naar het onderzoeksalternatief Grijs (1 of 2 verbindingen) ten noorden van Schokland.. Onderzoeksalternatief Grijs van Diemen-Ens en de tracéalternatieven van Volverlaten – Ens bevinden zich in hetzelfde zoekgebied. Aangezien beide verbindingen aangesloten dienen te worden op hoogspanningsstation Ens en bundeling van infrastructuur een belangrijk traceringsuitgangspunt is, wordt in dat geval parallelloop van de 380 kV-hoogspanningsverbindingen voorzien. Daarmee ontstaat een raakvlak tussen beide projecten, aangezien de parallelloop van drie of vier 380 kV-hoogspanningsverbindingen mogelijk kan leiden tot technische of ruimtelijke knelpunten en/of versterkende (milieu)effecten. De effecten van de 1 of 2 verbindingen van het onderzoeksalternatief Grijs van Diemen-Ens zijn beschreven in de IEA en onderliggende rapporten van het project Diemen-Ens. Deze resultaten zijn vervolgens bekeken in samenhang met de effecten van tracéalternatief 1 (dubbele Moldau) van Volverlaten – Ens. Op basis van expert judgement is geconcludeerd dat de samenloop van onderzoeksalternatief Grijs met tracéalternatief 2, 3, 4 of 5 of variant Marknesse van Volverlaten – Ens voor bijna alle thema's niet leidt tot wezenlijk andere uitkomsten. Alleen voor de effecten op het werelderfgoed Schokland is de samenloop met alle tracéalternatieven van Volverlaten - Ens beoordeeld.

In dit raakvlakonderzoek is een oordeel gevormd of samenhang zorgt voor aanvullende of versterkende effecten (cumulatieve effecten), die de keuze van het voorkeursalternatief van Volverlaten – Ens kan beïnvloeden. Voor het project Volverlaten – Ens is het daarnaast van belang om te weten of de tracéalternatieven niet maakbaar of onvergunbaar worden door de mogelijk versterkende effecten van parallelloop met het onderzoeksalternatief Grijs (1 of 2 verbindingen) van Diemen-Ens.

12.2 Overzicht effecten

12.2.1 Conclusie

Uit het onderzoek naar de cumulatieve effecten blijkt dat milieueffecten van beide projecten samen in dit gebied toenemen, maar bij veel thema's niet leiden tot versterkende effecten of een wezenlijk andere beoordeling van onderzoeksalternatief Grijs van Diemen-Ens.

De effecten op landschap, werelderfgoed Schokland, historische geografie, historische stedenbouw en gevoelige gebouwen binnen indicatieve magneetveldzone (gebruiksfase), oppervlakteverlies landbouwareaal en lengte doorsnijding landbouwgrond nemen echter versterkend toe.

Zo geldt voor werelderfgoed Schokland dat bij het realiseren van 3 of meer hoogspanningsverbindingen over hetzelfde tracé ten oosten van het werelderfgoed de beleving van het open polderlandschap wordt belemmerd door de toename van objecten in het horizonsbeeld. Marginalisatie van het werelderfgoed treedt op en het landschap krijgt door de technologische overbelasting deels een industrieel karakter. De cumulatie tussen onderzoeksalternatief Grijs en tracéalternatief 1 van Vierverlaten-Ens heeft daarnaast een negatief effect op de integriteit of authenticiteit van een van de kernkwaliteiten van Schokland en omgeving. Het effect op de integriteit of authenticiteit van een van de kernkwaliteiten van Schokland en omgeving neemt af naarmate de afstand tot het werelderfgoed toeneemt. De parallelloop van onderzoeksalternatief Grijs en tracéalternatieven 2, 3, 5 of variant Marknesse van Vierverlaten-Ens heeft daardoor een minder groot negatief effect op de integriteit of authenticiteit van één van de kernkwaliteiten van Schokland en omgeving.

Daarnaast wordt het landschap door de interferentie van 3 of 4 lijnen sterk geïndustrialiseerd, waardoor het zicht op het open agrarische landschap van de Noordoostpolder (wederopbouwgebied) een stuk onrustiger wordt.

Vanuit de omgeving zijn er ook grote zorgen over de impact van onderzoeksalternatief Grijs op het open landschap en Werelderfgoed Schokland.

De parallelloop van 3 of 4 verbindingen zorgt op het gebied van techniek niet voor aanvullende grote risico's, zolang het omvalcriterium wordt gehanteerd en de verbinding(-en) van Diemen – Ens aan de westzijde van de 380 kV-hoogspanningsverbindingen van Vierverlaten-Ens blijven, zodat geen onderlinge kruisingen noodzakelijk zijn. Ten aanzien van kosten en toekomstvastheid is geen sprake van versterkende effecten.

Project 380 kV Diemen-Ens heeft een brede corridor opgenomen in de aanvulling op de Notitie reikwijdte en detailniveau voor onderzoeksalternatief Grijs. Op deze manier worden de mogelijkheden opgehouden om onderzoeksalternatief Grijs aan te laten sluiten bij alle tracéalternatieven of variant die worden onderzocht voor het project Vierverlaten-Ens. Als onderzoeksalternatief Grijs onderdeel wordt van het voorkeursalternatief van project Diemen-Ens wordt de bundeling van 3 of 4 hoogspanningsverbindingen in de planuitwerkingsfase van beide projecten nader gezamenlijk uitgewerkt.

12.2.2 Effecten milieu

Uit de deelonderzoeken over de verschillende milieuthema's is gebleken dat effecten van beide projecten samen in dit gebied toenemen, maar bij veel thema's niet leiden tot een wezenlijk andere beoordeling of versterkende effecten. Op een aantal thema's is echter sprake van versterkende effecten.

Bij de samenloop van één of twee mastenrijen van Diemen-Ens met twee mastrijen van Vierverlaten-Ens worden door cumulatie de effecten versterkt bij de thema's landschap en cultuurhistorie (effecten op werelderfgoed Schokland en historische geografie). Het landschap wordt door de interferentie van 3 of 4 lijnen sterk geïndustrialiseerd, waardoor het zicht op het open agrarische landschap van de Noordoostpolder (wederopbouwgebied) een stuk onrustiger wordt. De parallelloop van 3 of 4 verbindingen zorgt daarnaast voor een negatief effect op de integriteit of authenticiteit van een van de kernkwaliteiten van Schokland en omgeving. Bij het realiseren van 3 of meer hoogspanningsverbindingen over hetzelfde tracé ten oosten van Schokland geldt dat de mate van visuele dominantie en technologische overbelasting aanzienlijk toeneemt. De parallelloop van onderzoeksalternatief Grijs en tracéalternatief 1 van Vierverlaten-Ens heeft daardoor een negatief effect op de integriteit of authenticiteit van één van de kernkwaliteiten van Schokland en omgeving. Het verwijderen van de bestaande hoogspanningsverbinding ten zuiden van Schokland heeft een positieve impact. De parallelloop van onderzoeksalternatief Grijs en tracéalternatief 2, 3, 5 of variant Marknesse

van Vierverlaten-Ens heeft wegens de grotere afstand tot het werelderfgoed een minder groot negatief effect op de integriteit of authenticiteit van een van de kernkwaliteiten.

De parallelloop van 3 of 4 verbindingen leidt verder niet tot een versterkende toename van oppervlakteverlies aan landbouwgrond of lengte doorsnijding landbouwgrond. Des te meer parallel lopende verbindingen, hoe groter de belasting voor grondeigenaren zal zijn. Met name vier parallel lopende verbindingen leiden tot een aanzienlijk oppervlakteverlies aan landbouwgrond en doorsnijding landbouwgrond, met forse impact op de bedrijfsvoering van grondeigenaren.

Effecten op de (water)bodemkwaliteit zijn positief in cumulatie. De doorsnijding van verontreinigd gebied neemt toe, waardoor er sprake zal zijn van verbetering van de bodemkwaliteit door sanering.

12.2.3 Effecten techniek

Om de elektriciteit goed over het hoogspanningsnet te verdelen is het nodig dat de weerstand van de nieuwe en bestaande hoogspanningsverbinding (in het algemeen: de lengte van de verbindingen) vergelijkbaar is. Omdat het nieuwe onderzoeksalternatief Grijs significant langer is dan de bestaande 380 kV-hoogspanningsverbinding ten zuiden van Schokland zijn er maatregelen nodig om deze weerstand gelijk te maken. Vanwege het grote weerstandsverschil kan dit met een dwarsregeltransformator op een hoogspanningsstation of met het verplaatsen van de bestaande 380 kV-hoogspanningsverbinding ten zuiden van Schokland langs de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding (reconstructie). De verschillende maatregelen hebben wel verschillende nettechnische risico's en effecten op technische maak- en haalbaarheid, doorlooptijd, kosten, planologie en omgeving.

De parallelloop van 3 of 4 verbindingen zorgt op het gebied van techniek niet voor aanvullende grote risico's, zolang het omvalcriterium wordt gehanteerd en de hoogspanningsverbinding van Diemen – Ens aan de westzijde van de 380 kV-hoogspanningsverbindingen van Vierverlaten-Ens blijven, zodat geen onderlinge kruisingen noodzakelijk zijn.

12.2.4 Effecten omgeving

Vanuit de omgeving zijn zorgen geuit over onderzoeksalternatief Grijs. Het tracé loopt over relatief grote afstand door de Noordoostpolder, om werelderfgoed Schokland heen en door landschappen aangewezen als 'Wederopbouwgebied'. Er zijn grote zorgen in het gebied over de impact op dit open landschap en werelderfgoed. Daarnaast betekent dit dat een deel van de perceeleigenaren en bewoners drie of respectievelijk vier hoogspanningsverbindingen over of langs hun gronden en woningen krijgen. Dat heeft een forse impact op de bedrijfsvoering en leefomgeving.

Daarnaast heeft het onderzoeksalternatief raakvlakken met een aantal andere ruimtelijke ontwikkelingen, zoals potentiële laagvlieggebieden voor Defensie, de hoogspanningsverbinding Vierverlaten-Ens en de Lelylijn.

12.2.5 Effecten toekomstvastheid en kosten

Bij de thema's toekomstvastheid en kosten leidt de samenloop van 4 gebundelde hoogspanningslijnen niet tot versterkende effecten.