Voorverkenning Diepe Aanlandingen

Hoofdrapportage

Datum: 17-06-2026
Versienummer: 1.0
Status: Definitief

In opdracht van:

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

1 Aanleiding, doel voorverkenning en relatie andere trajecten 5
1.1 Aanleiding 5
1.2 Doel van de voorverkenning 8
1.3 Status voorverkenning 9
1.4 Leeswijzer 10
2 Scope, beleidscontext en stappen totstandkoming 11
2.1 Scope van de voorverkenning 11
2.1.1 Inleiding 11
2.1.2 Onderdelen diepe aanlanding 11
2.1.3 Onderzoek naar HVDC-schakelstations 15
2.2 Beleidscontext 16
2.2.1 Relatie met andere projecten 16
2.2.2 Bredere beleidscontext 18
2.3 Totstandkoming voorverkenning 20
2.3.1 Inleiding 20
2.3.2 Detailniveau voorverkenning 20
2.3.3 Uitgangspunten definiëren en beoordelingskader 21
2.3.4 Opstellen alternatieven 21
2.3.5 Effectbeoordeling 23
2.3.6 Conclusies 23
3 Uitgangspunten en selectie aansluitstations en zoekgebieden converterstations 24
3.1 Inleiding 24
3.2 Criteria aansluitstations (bestaand of voorzien station) 24
3.3 Mogelijke aansluitstations (bestaand of voorzien station) 25
3.4 Criteria zoekgebieden converterstations 26
3.5 Resultaat selectie zoekgebieden converterstations 27
4 Uitgangspunten voor en selectie van kabelroutes 29
4.1 Inleiding 29
4.2 Methodiek tracering kabelroutes 29
4.3 Inventarisatie van aanlandlocaties 29
4.4 Stap 1: Bepaling uitgangspunten kabelroutes op land 30
4.5 Stap 2: Eerste selectie en optimalisatie 33
4.6 Stap 3: Optimalisatie op basis van werksessies 34
5 Uitgangspunten en selectie locaties HVDC-schakelstations 36

5.1 Inleiding 36
5.2 Methodiek bepaling mogelijke locaties HVDC-schakelstation 36
5.3 Uitgangspunten HVDC-schakelstation 37
5.4 Resultaat selectie locaties voor HVDC-schakelstation 37
5.4.1 HVDC-schakelstation Noord-Holland 37
5.4.2 HVDC-schakelstation Zuid-Holland 37
6 Effectbeoordeling energiesysteem 39
6.1 Inleiding 39
6.1.1 Het toekomstige energiesysteem: scenario's voor toekomstige ontwikkelingen 39
6.1.2 Elektriciteitsinfrastructuur en mogelijke impact diepe aanlanding 41
6.1.3 Wat bepaalt of een locatie vanuit het energiesysteem bezien geschikt is voor een diepe aanlanding? 43
6.2 Beoordelingskader energiesysteem 44
6.2.1 Aansluitcapaciteit 46
6.2.2 Impact op 380kV-verbindingen 47
6.3 Resultaten per regio 49
6.3.1 Flevoland 49
6.3.2 Overijssel 51
6.3.3 Gelderland/Noord-Brabant 53
6.3.4 Limburg en Eindhoven 56
6.4 Overkoepelende resultaten 58
7 Effectbeoordeling milieu, omgeving en kosten 60
7.1 Inleiding 60
7.2 Beoordelingsmethodiek 60
7.3 Beoordelingskaders milieu, omgeving en kosten 61
7.4 Milieubeoordeling routes 63
7.4.1 Inleiding 63
7.4.2 Resultaten aanlandlocaties 63
7.4.3 Resultaten zeeroutes 64
7.4.4 Resultaten landroutes 66
7.5 Milieubeoordeling zoekgebieden converterstations 77
7.5.1 Almelo 77
7.5.2 Hengelo 78
7.5.3 Almere 80
7.5.4 Lelystad 81
7.5.5 Rivierenland 82

7.5.6 Wijchen 84
7.5.7 Doetinchem 85
7.5.8 Boxmeer 87
7.5.9 Maasbracht 88
7.5.10 Einighausen 89
7.6 Omgeving 91
7.6.1 Werksessies 91
7.6.2 Regioadviezen pVAWOZ 92
7.7 Totaaloverzicht beoordeling routes 92
7.7.1 Almelo 94
7.7.2 Hengelo 96
7.7.3 Almere 98
7.7.4 Lelystad 99
7.7.5 Rivierenland 100
7.7.6 Wijchen 101
7.7.7 Doetinchem 102
7.7.8 Boxmeer 104
7.7.9 Eindhoven 105
7.7.10 Maasbracht 106
7.7.11 Einighausen 107
8 Conclusies en aanbevelingen voor vervolg 108
8.1 Algemene conclusies 108
8.2 Conclusies energiesysteem 109
8.3 Conclusies milieu, omgeving en kosten 111
8.3.1 Routes 111
8.3.2 Zoekgebieden converterstations 112
8.4 Aanbevelingen voor vervolg 113
8.4.1 Algemene aanbevelingen 114
8.4.2 Energiesysteem 114
8.4.3 Milieu, omgeving, kosten 115
9 Bijlagen 117
Bijlage A Begrippen en afkortingen 118
Colofon 120

1 Aanleiding, doel voorverkenning en relatie andere trajecten

1.1 Aanleiding

Nederland streeft naar energieonafhankelijkheid en wil in 2050 klimaatneutraal zijn. Daarvoor is veel hernieuwbare energie nodig, waarbij de tijdige ontwikkeling van grootschalige windenergie op zee cruciaal is als één van de belangrijkste bronnen van hernieuwbare energie die Nederland tot haar beschikking heeft. Om de opgewekte elektriciteit op zee op het Nederlandse hoogspanningsnet in te voeden, worden zogenaamde 'netten op zee' ontwikkeld. Per net op zee-project kan 2 GW aan wind op zee worden aangesloten op het hoogspanningsnet.

Het aanleggen van de offshore windparken en het aanlanden van de geproduceerde energie gebeurt stapsgewijs, in lijn met het tempo dat is vastgelegd in de Routekaart Windenergie op zee. Projecten die onderdeel zijn van deze routekaart leveren samen 23 GW aan windenergie van zee op. De aanlandingen van de windparken uit deze routekaart zijn deels gerealiseerd, deels in realisatie en deels zijn er procedures gestart.

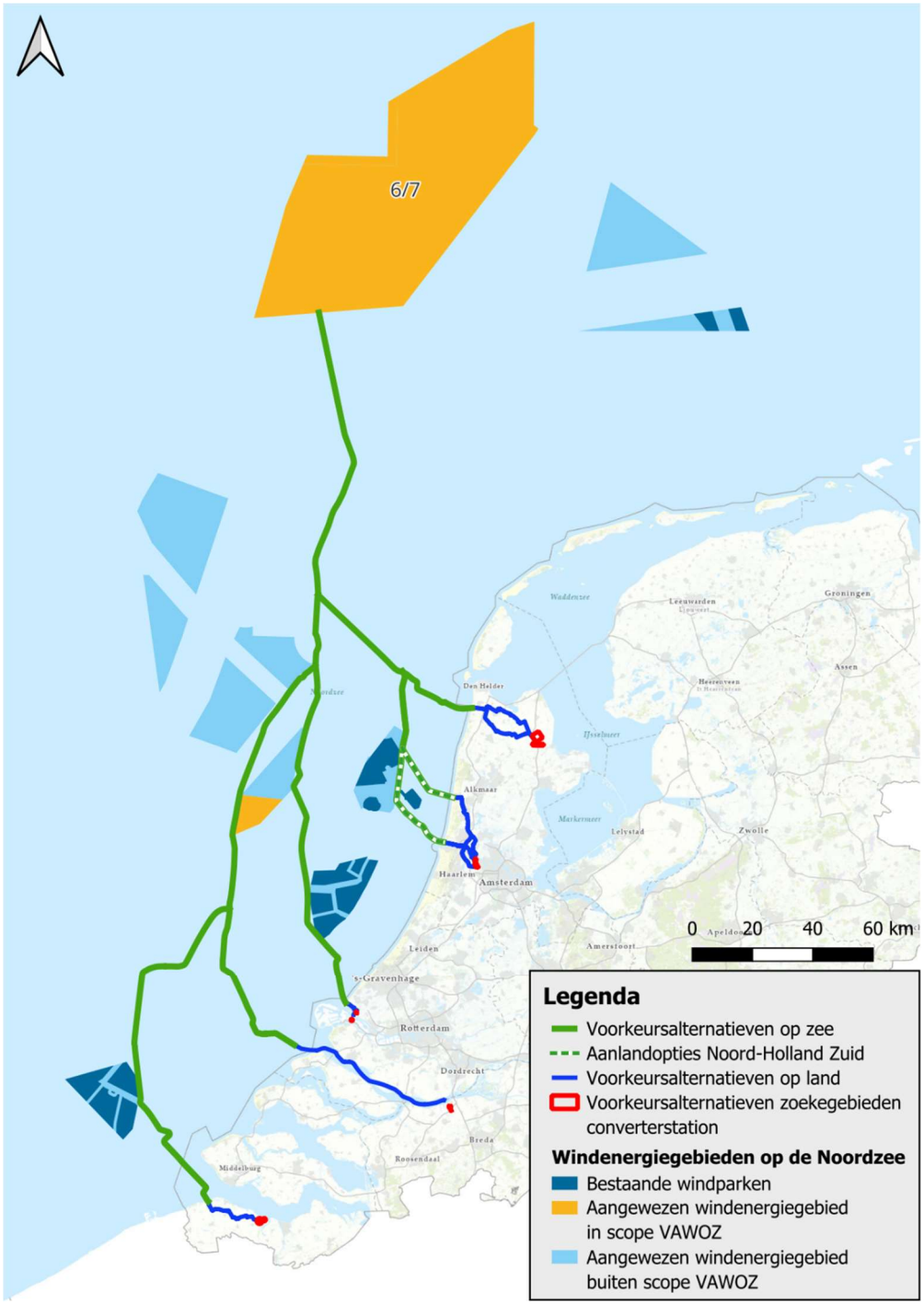
Er is op dit moment meer dan 4,7 GW aan wind op zee geïnstalleerd en met het beleid uit de Routekaart Windenergie op zee groeit dit uit tot circa 23 GW[1]. Nederland richt zich op het realisatiedoel van 30 GW wind op zee in 2040 en onderzoekt wat nodig is om de kabinetsambitie van 40 GW wind op zee te realiseren.[2] Naast de reeds in voorbereiding zijnde net op zee-projecten die bij de kust aansluiten op het hoogspanningsnet, wordt met onderhavige voorverkenning de mogelijkheid onderzocht om windenergie van zee verder landinwaarts via een diepe aanlanding aan te sluiten op het hoogspanningsnet.

Achtergrond net op zee-opgave
De aanlandingen van de windparken uit de Routekaart 23 GW zijn in procedure, worden op dit moment aangelegd of zijn al gerealiseerd en operationeel. Voor de aanlanding van de windparken die na de huidige routekaart worden gerealiseerd zijn twee programma's gestart (en deels afgerond):

- Programma Aansluiting Wind op Zee (PAWOZ-Eemshaven) heeft de mogelijkheden onderzocht voor de aanlanding van 4 GW elektriciteit uit het windenergiegebied Doordewind (DDW, waarvan 2 GW onderdeel is van de huidige, en 2 GW onderdeel is van de toekomstige routekaart) en 500 MW waterstof uit het windenergiegebied Ten Noorden van de Waddeneilanden (TNW) rond 2033. Ook heeft PAWOZ-Eemshaven de mogelijkheden onderzocht voor toekomstige aanlandingen na 2033 in Noord-Nederland. Er is een projectprocedure voor Doordewind opgestart voor de aansluiting van twee keer 2 GW. Er is nog geen besluit genomen over de keuze voor aanlanding van waterstofleidingen. In programma VAWOZ is de afweging over toekomstige verbindingen naar de Eemshaven meegenomen.
- Programma Verbindingen Aanlanding Wind op Zee (pVAWOZ) heeft de mogelijkheden voor het aanlanden van toekomstige windparken op zee onderzocht. Hierbij is zowel naar elektrische als waterstofaanlandingen gekeken nabij de kust in de provincies Noord- en Zuid-Holland, Zeeland

[1] Routekaart Windenergie op zee, versie maart 2026 (https://windopzee.nl/onderwerpen/waar-staan-komen-windparken/)
[2] Kamerbrief 16 juli 2025, kenmerk DGKE-DRE/99614154. Te vinden op: https://open.overheid.nl/documenten/c8ece805-8016-435a-bcb6-ba72fdf83ab8/file en Klimaat- en Energienota 2025 (ministerie van KGG, 2025)

en Noord-Brabant. De energie is afkomstig uit toekomstig windenergiegebied 6/7 en Hollandse Kust (west) kavel VIII. Daarnaast vindt in het pVAWOZ besluitvorming over de toekomstige aanlandingen in de Eemshaven plaats, op basis van de onderzoeksresultaten uit PAWOZ. Voor de elektrische aanlandingen zijn vijf voorkeursalternatieven (VKA's) gekozen: routes en zoekgebieden voor converterstations naar Kop van Noord-Holland, A9-Zuid, Europoort, Moerdijk en Zeeuws-Vlaanderen (zie Figuur 1-1). De productie van waterstof op zee staat op pauze voor 5 jaar omdat de vraag naar waterstof achterblijft en de techniek zich langzamer ontwikkelt dan verwacht. Daarom wijst pVAWOZ geen VKA aan voor het aan land brengen van waterstof. Het Ontwerpprogramma VAWOZ ligt ter inzage van 22 mei tot en met 2 juli 2026.



Figuur 1-1 Aangewezen voorkeursalternatieven in Programma VAWOZ

Verder landinwaarts aansluiten

De huidige en reeds in ontwikkeling zijnde windparken op zee en de voorkeursalternatieven uit pVAWOZ landen én sluiten bij de kust en in Noord-Brabant (Geertruidenberg en Moerdijk) aan. Het onderzoek in het kader van pVAWOZ laat zien dat de mogelijkheden beperkt zijn om aanvullend extra wind op zee aan te sluiten bij de kust. Bij een verdere doorgroei van wind op zee, is het noodzakelijk ook op grotere afstand van de kust aan te sluiten. Daarnaast laten de voor pVAWOZ en PEH I uitgevoerde systeemanalyses[3] m.b.t. het elektriciteitsnet zien, dat de groei van de hoeveelheid

[3] Systeemanalyses in Startanalyse VAWOZ en PEH I.

invoeding van wind op zee bij de kust leidt tot netcongestie richting het oosten en zuiden van Nederland. Daarom wordt in de Voorverkenning Diepe Aanlandingen onderzocht:

1. Of diepe aanlandingen in te passen zijn in het hoogspanningsnet.
2. Welke meerwaarde diepe aanlanding kan opleveren om knelpunten in het hoogspanningsnet te voorkomen of te beperken.

Diepe aanlandingen van wind op zee kunnen op een aantal manieren bijdragen aan een stabieler, robuuster energiesysteem gebaseerd op een zo hoog mogelijk aandeel duurzame energie.

- Op aansluitpunten verder landinwaarts is fysieke ruimte voor aansluiting van wind op zee, terwijl het onderzoek in pVAWOZ laat zien dat het aantal aansluitmogelijkheden bij de kust beperkt is. Aansluiting verder landinwaarts voorkomt/beperkt noodzakelijke uitbreiding aan het hoogspanningsnet. Uitbreidingen van het hoogspanningsnet zijn complex en niet altijd mogelijk gezien de schaarse ruimte bij de kust. Gezien de doorlooptijd van uitbreidingen bieden diepe aanlandingen tevens perspectief voor groei van wind op zee op het gewenste tempo.
- Aansluiting verder landinwaarts leidt tot beter verdeelde invoeding op het hoogspanningsnet. Invoeding verder van de kust beperkt transport van grote hoeveelheden energie over het hoogspanningsnet en voorkomt/beperkt daarmee verdere netcongestie.

Eerder onderzoek

In 2023 is gestart met het verkennen van mogelijkheden voor 1, 2 of 3 diepe aanlandingen van 2 GW voor het project Delta Rhine Corridor (DRC). Voor de diepe aanlandingen op de hoogspanningsstations Tilburg, Maasbracht en Graetheide (Einighausen) is bekeken of gelijkstroomkabels in de gereserveerde buisleidingenstroken kunnen komen. De toenmalige minister van Klimaat en Groene Groei heeft begin december 2024 echter besloten dat de aanleg van deze kabels niet langer deel uitmaakt van de scope van het DRC-project (Kamerstuk 29 826, nr. 216). Hiermee werd prioriteit gegeven aan een tijdige realisatie van waterstof- en CO_2-verbindingen via de buisleidingenstrook. Hierdoor viel een belangrijke voorwaarde voor het meenemen van de aanlandingen naar Tilburg, Maasbracht en Graetheide in pVAWOZ weg en zijn deze locaties niet verder meegenomen in het onderzoek voor pVAWOZ.

1.2 Doel van de voorverkenning

Voorverkenning Diepe Aanlandingen

Om de ontwikkeling van diepe aanlandingen voort te zetten, is het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK), in samenwerking met TenneT en met betrokkenheid van Rijkswaterstaat en de provincies, deze voorverkenning gestart. De voorverkenning brengt vanuit het energiesysteem, milieu, omgeving en kosten de (on)mogelijkheden en aandachtspunten in beeld voor het diep aanlanden van windenergie op zee vanuit het nog te ontwikkelen windenergiegebied 6/7 op de Noordzee rond het jaar 2040.

In de voorverkenning wordt ook de mogelijke ruimte voor High Voltage Direct Current (HVDC)-schakelstations onderzocht. Een HVDC-schakelstation verdeelt elektriciteit van windenergie op zee naar minimaal twee converterstations, die zich op onderling verschillende locaties bevinden, zodat tussen de converterstations geschakeld kan worden. Ook wordt het hiermee mogelijk om de gelijkstroomverbindingen in twee richtingen te gebruiken. Dit draagt bij aan het beperken van

belasting van bestaande hoogspanningsnetten en daarmee het robuuster maken van het landelijke hoogspanningsnet. In paragraaf 2.1.3 zijn HVDC-schakelstations nader toegelicht.

De voorverkenning heeft als doel te onderzoeken op welke locaties en middels welke kabelroutes windenergie van zee uit windenergiegebied 6/7, verder landinwaarts kan worden aangesloten op het landelijke hoogspanningsnet, waarbij rekening gehouden wordt met de ontwikkeling van HVDC-schakelstations aan de kust.

Met de voorverkenning wordt gekomen tot een set redelijke alternatieven van combinaties van mogelijke kabelroutes en converterstationslocaties nabij aansluitstations (380kV-hoogspanningsstation) en alternatieven waarbij HVDC-schakelstations ingezet worden. Deze combinaties zijn redelijk in de zin dat ze realistisch uitvoerbaar worden geacht, rekening houdend met de impact op het energiesysteem en de in de ruimte aanwezige functies, gebruik en kwaliteiten en de daarbij relevante kaders. Daarnaast zijn de alternatieven redelijk in relatie tot het doel van het aansluiten van windenergie van zee op dieper landinwaarts gelegen hoogspanningsstations.

Ruimtelijke functies
Alle locaties in Nederland hebben een functie, gebruik of waarde/kwaliteit. Functies zijn bijvoorbeeld gebieden met een agrarische functie, natuurgebieden of woonwijken. Gebruik kan liggen in de vorm van de gewasteelt, fruitteelt, recreatie. Waarden en kwaliteiten, maar ook de kenmerken, kunnen liggen in aanwezige archeologische kwaliteiten, verziltingsgevoeligheid of landschap.

Deze set redelijke alternatieven vormen een basis voor verdere beleidsvorming over mogelijke routes voor aansluiting van wind op zee diep landinwaarts.

1.3 Status voorverkenning

Deze voorverkenning is een informele voorbereidende stap waarin het Rijk alternatieven in beeld brengt voor aansluitstations, converterstations en kabelroutes voor het diep landinwaarts aanlanden van windenergie op zee. Ook worden ruimtelijke alternatieven met een HVDC-schakelstation onderzocht. Door deze fase ontstaat een stevig inhoudelijk fundament voor de volgende formele besluitvormingsfase (zoals een programma of projectprocedure, beide met milieueffectrapportage).

Een voorverkenning is geen programma, plan of besluit dat volgt uit een wettelijk kader zoals de Omgevingswet. Het is een vooronderzoek dat als basis dient voor het definiëren van de onderzoeksopgave voor een programma of project waarbinnen besluitvorming plaatsvindt. De voorverkenning maakt inzichtelijk hoe redelijke alternatieven voor diepe aanlandingen tot stand zijn gekomen. De voorverkenning biedt inzicht in de ruimtelijke en technische mogelijkheden voor diepe aanlandingen en de effecten en belemmeringen per route, zoekgebied voor converterstation of aansluitstation.

Participatie
Het Rijk hecht aan het betrekken van geïnteresseerden en belanghebbenden aangezien dit de kwaliteit van plan- en besluitvorming verhoogt. Participatie bij de voorverkenning vindt plaats door betrokkenheid van provincies, gemeenten bij mogelijke aansluitstations en Rijkswaterstaat. De voorverkenning is de eerste informele stap om tot een aantal redelijke alternatieven te komen. Omdat in deze fase het onderzoek op hoofdlijnen is ingestoken, is ervoor gekozen deze partijen te

betrekken. Daarnaast is voor alle geïnteresseerde gemeenten een webinar georganiseerd. In de fase volgend op de voorverkenning vindt meer uitgebreid onderzoek en participatie plaats, ongeacht of dat in de vorm van een programma is of direct met een projectbesluit. Naast de participatie bieden de wettelijke procedures inspraak, bezwaar- en beroepsmogelijkheden bij een programma of projectprocedure.

1.4 Leeswijzer

Dit document is het hoofdrapport van de voorverkenning en bestaat uit negen hoofdstukken:

- In hoofdstuk 1 is de aanleiding en het doel van de voorverkenning beschreven.
- Hoofdstuk 2 beschrijft de scope van de voorverkenning, de samenhang met andere programma's en projecten, en het proces van totstandkoming van de voorverkenning.
- Hoofdstuk 3 t/m 5 beschrijft de uitgangspunten en selectie van aansluitstations en zoekgebieden voor converterstations, locaties voor HVDC-schakelstations en kabelroutes.
- In hoofdstuk 6 zijn de methodiek en de resultaten voor het thema Energiesysteem voor elke regio beschreven.
- In hoofdstuk 7 zijn de methodiek en de resultaten voor de thema's milieu, omgeving en kosten beschreven.
- In hoofdstuk 8 zijn de conclusies en aanbevelingen voor het vervolg beschreven.

2 Scope, beleidscontext en stappen totstandkoming

2.1 Scope van de voorverkenning

2.1.1 Inleiding

De voorverkenning is gericht op het identificeren van de mogelijkheden voor aansluiting van windenergie op zee op het hoogspanningsnet op geruime afstand van de kust. Dit is ingevuld door aansluiting buiten de kustprovincies te verkennen.

Het onderzoek verkent de volgende onderdelen van een diepe aanlanding:

- mogelijke aansluitstations,
- locaties voor plaatsing van een converterstation, en
- mogelijke kabelroutes naar deze converterstations, al dan niet via een HVDC-schakelstation.

De scope van de voorverkenning is gericht op de mogelijkheden in het energiesysteem, de ruimtelijke mogelijkheden door te kijken naar de beschikbare ruimte en naar de belemmeringen van ruimtelijke functies, en op kosten en omgeving.

De mogelijkheden van het energiesysteem worden bepaald door de beschikbare ruimte op het landelijke hoogspanningsnet voor het invoeden van 2 GW aan elektriciteit per diepe aanlanding en de invloed van deze invoeding op het functioneren van het hoogspanningsnet. Het functioneren van het hoogspanningsnet kan beïnvloed worden doordat de in te voeden elektriciteit vanuit het invoedpunt getransporteerd moet worden naar waar er vraag is naar elektriciteit. Afhankelijk van zowel de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet als de locatie van de vraag kan dit leiden tot knelpunten. De voorverkenning onderzoekt of dergelijke knelpunten optreden.

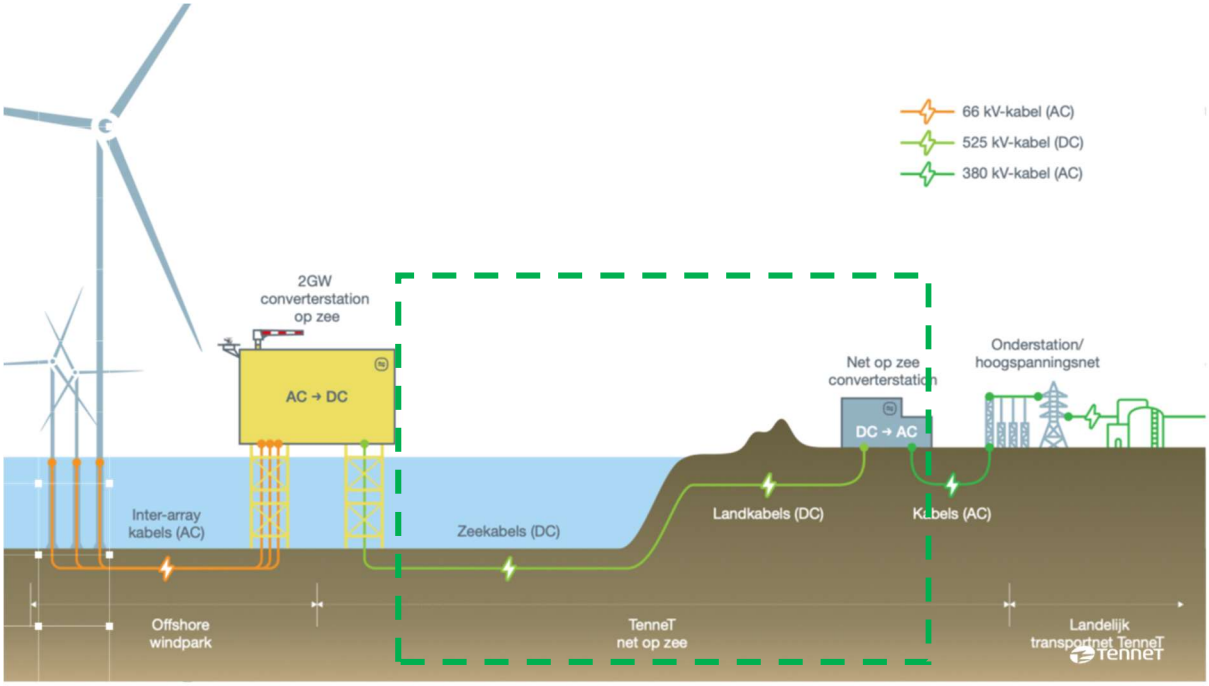
De ruimtelijke component van de voorverkenning richt zich in eerste instantie op de mogelijkheden voor inpassing van kabelroutes en converterstations, en vervolgens op effecten die een mogelijke inpassing van een diepe aanlanding kan hebben op ruimtelijke functies, kwaliteiten en ruimtelijk gebruik (samen: ruimtelijke functie).

Effecten ontstaan door de beperkte beschikbare ruimte of door de aanleg van verschillende onderdelen van een net op zee-project. Deze potentiële effecten kunnen een belemmering vormen voor de uitvoerbaarheid en/of vergunbaarheid van een alternatief. Potentiële effecten kunnen daarnaast aanleiding zijn een alternatief buiten beschouwing te laten doordat dit alternatief geen relevante milieuvoordelen of slechts -nadelen heeft.

Naast bestaande ruimtelijke functies wordt ook aandacht besteed aan voorzienbare toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen aangezien de verwachte termijn van ontwikkeling na 2030 ligt.

2.1.2 Onderdelen diepe aanlanding

Een diepe aanlanding kent een aantal onderdelen. Figuur 2-1 geeft schematisch weer hoe de verbinding van een windpark op zee tot en met de aansluiting op het landelijke hoogspanningsnet eruitziet. Dit is onderdeel van het ‘net op zee’. Het groene kader geeft de onderdelen van een diepe aanlanding aan die in de voorverkenning worden onderzocht.



Figuur 2-1 Schematisch overzicht van een 2 GW net op zee-verbinding met in het groene kader de scope van Voorverkenning Diepe Aanlandingen

Windpark en platform op zee

De windparken op zee worden door private partijen ontwikkeld. Zij sluiten aan op een platform met een converterstation dat door TenneT wordt gerealiseerd en geëxploiteerd. Op dit platform komt maximaal 2 GW aan windvermogen bij elkaar en wordt omgezet naar gelijkstroom op 525 kV. Het platform op zee wordt geplaatst bij de windzoekgebieden op zee en is geen onderdeel van de voorverkenning.

Kabelsysteem op zee (routes)

Ondergrondse kabels vormen de fysieke verbinding tussen het platform op zee en het converterstation op land. Deze kabels transporteren de opgewekte elektriciteit van de offshore windparken naar het converterstation op land. In de context van diepe aanlandingen zijn dit gelijkstroomkabels (DC-verbindingen), vanwege de grotere afstanden en hogere vermogens die moeten worden overbrugd aangezien bij wisselstroom (AC) bij deze grote afstanden grote(re) elektriciteitsverliezen optreden. De toepassing van gelijkstroomkabels maakt het daarbij mogelijk om deze over de volledige route ondergronds aan te leggen. De keuze van de kabelroute, de technische haalbaarheid, en het minimaliseren van impact op milieu en omgeving zijn hierbij belangrijke aandachtspunten.

De kabelverbinding bestaat uit een samenstelling van vier kabels:

- Twee HVDC (*High Voltage Direct Current)* hoogspanning gelijkstroomkabels. Hiervan fungeert een van de kabels als de plus (+) pool en de andere als de min (-) pool.
- Een metallic return. Deze transporteert de reststroom die ontstaat door onbalans in het spanningsniveau. Daarnaast kan de metallic return fungeren als back-up kabel in onderhoudssituaties.

- Een glasvezelkabel die wordt aangelegd voor communicatie tussen het platform en het landstation.

De kabels worden in de zeebodem gebracht waarbij verschillende ingraaftechnieken mogelijk zijn, zoals jet-trenchen, ploegen of frezen. De begraafdiepte is afhankelijk van lokale condities langs de kabels en vergunningvereisten. Het TenneT-beleid is om kabels dusdanig diep te begraven dat ze niet bloot kunnen komen te liggen tijdens de gebruiksfase (*"bury and would like to forget")*. Rondom de kabels wordt een zone aangewezen waarin andere bodemingrepen in principe ongewenst zijn om risico's voor mens en materiaal en de kans op beschadiging van de kabel te beperken. Dit is een zone van 500 m op zee en 50 m in binnenwateren aan weerszijden van de kabel. Kabelverbindingen zelf kunnen dichter op elkaar worden gelegd (en maatwerk is mogelijk).

Kabelsysteem op land (routes)
Op land wordt de stroom via gelijkstroomkabels naar een converterstation en vervolgens via wisselstroomkabels naar een hoogspanningsstation gebracht, waar de stroom op het landelijke elektriciteitsnet kan. Er zijn twee hoofdprincipes voor de aanlegtechnieken toepasbaar voor aanleg op land. Door middel van een open ontgraving of door horizontaal gestuurde boringen[4]. Het uitgangspunt is dat de kabelsystemen met een open ontgraving worden aangelegd. Dit aanlegprincipe is op dit moment de standaard en qua potentiële impact de worst-case methode. Bij deze aanlegmethode wordt een sleuf gegraven waar de kabels in worden gelegd. De sleuf is circa 7 meter breed en de tijdelijke werkstrook is circa 28 meter breed.

Bij de kruising van infrastructuur waar open ontgraving niet mogelijk is, zoals (spoor)wegen, keringen en watergangen, is boring noodzakelijk. In principe geldt als maximale afstand voor een boring indicatief 1.200 meter. Het ruimtebeslag van de tijdelijke werkterreinen bij de in- en uittredepunten van de boringen is ca. 2.500 m^2 (50m x 50m). Boringen kunnen ook worden toegepast om lokaal effecten te verminderen, bijvoorbeeld wanneer beschermde flora moet worden gekruist of wanneer de bodemkwaliteit zich niet leent voor ontgravingen.

Wanneer de kabels gelegd zijn, wordt een zone rondom de kabels aangewezen waarin andere bodemingrepen in principe ongewenst zijn om risico's voor mens en materiaal en de kans op beschadiging van de kabel te beperken. Dit is een zone van circa 6 meter aan weerszijden van de kabel.

[4] Er zijn andere technieken beschikbaar die ook door TenneT wordt toegepast. Welke techniek tijdens de aanleg toegepast gaat worden, is afhankelijk van lokale omstandigheden en voortschrijden van techniek. Omdat nu nog onbekend is waar de bodem vergraven wordt, wordt er nu uitgegaan van open ontgraving zodat elke route geschikt is voor de techniek met de meeste effecten.

Ondergrondse kabels net op zee en 380 kV bovengronds
Voor nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220-380 kV geldt in Nederland het uitgangspunt dat deze bovengronds en als wisselstroomverbinding (AC) worden gerealiseerd. Dit uitgangspunt is vastgelegd in de NOVI en nader uitgewerkt in het Programma Energiehoofdstructuur (PEH). Het Europese hoogspanningssysteem is opgebouwd als een vermaasd AC-netwerk, waarbij elektriciteitsstromen zich bij storingen automatisch over andere verbindingen verdelen. Hierdoor zijn AC-verbindingen robuust en betrouwbaar voor invoeding in het landelijke 380kV-net.

Voor wind op zee wordt vaak gebruikgemaakt van ondergrondse gelijkstroomverbindingen (DC), omdat deze geschikt zijn voor transport van grote hoeveelheden elektriciteit over langere afstanden. DC kent minder energieverlies en bij ondergrondse toepassing minder spanningsproblemen dan 380kV AC. Als onderdeel van het landelijk hoogspanningsnet wordt DC vooralsnog niet toegepast vanwege een aantal redenen. Dit betreft onder meer de converters die nodig zijn omdat het gebruik van elektriciteit op wisselstroom is ingericht. Verder moet rekening gehouden worden met een langere reparatietijd bij een ondergrondse kabel. Gezien de maatschappelijke impact van een storing geldt voor het 380kV-hoogspanningsnet dat de kans op storingen zo klein mogelijk dient te zijn en de benodigde hersteltijd bij storing zo kort mogelijk. Ondergrondse DC-uitvoering is dan ook geen alternatief voor het 380kV-net.

Converterstation op land
Aangezien de elektriciteit op het hoogspanningsnet wisselstroom is, moet de gelijkstroom van zee worden omgezet naar wisselstroom om ingevoerd te kunnen worden op het hoogspanningsnet. Daarvoor is een converterstation onderdeel van een diepe aanlanding. In het converterstation wordt de elektriciteit omgezet van 525kV-gelijkstroom naar 380kV-wisselstroom.

Een converterstation is een combinatie van schakelinstallaties en transformatoren die grotendeels inpandig zijn geplaatst in een gebouw van circa 25 meter hoog. Het totale terrein heeft een oppervlakte van circa 5,5 hectare. Er is circa 2 hectare tijdelijk werkterrein nodig tijdens de aanlegfase. Vanaf het converterstation naar het aansluitstation wordt er gebruik gemaakt van wisselstroomkabels. Als uitgangspunt geldt dat de kabels ondergronds worden aangelegd in tegenstelling tot de 380kV-wisselstroom lijnen van het hoogspanningsnet die bovengronds zijn opgehangen in masten.



Figuur 2-2 Impressie converterstation (bron: TenneT)

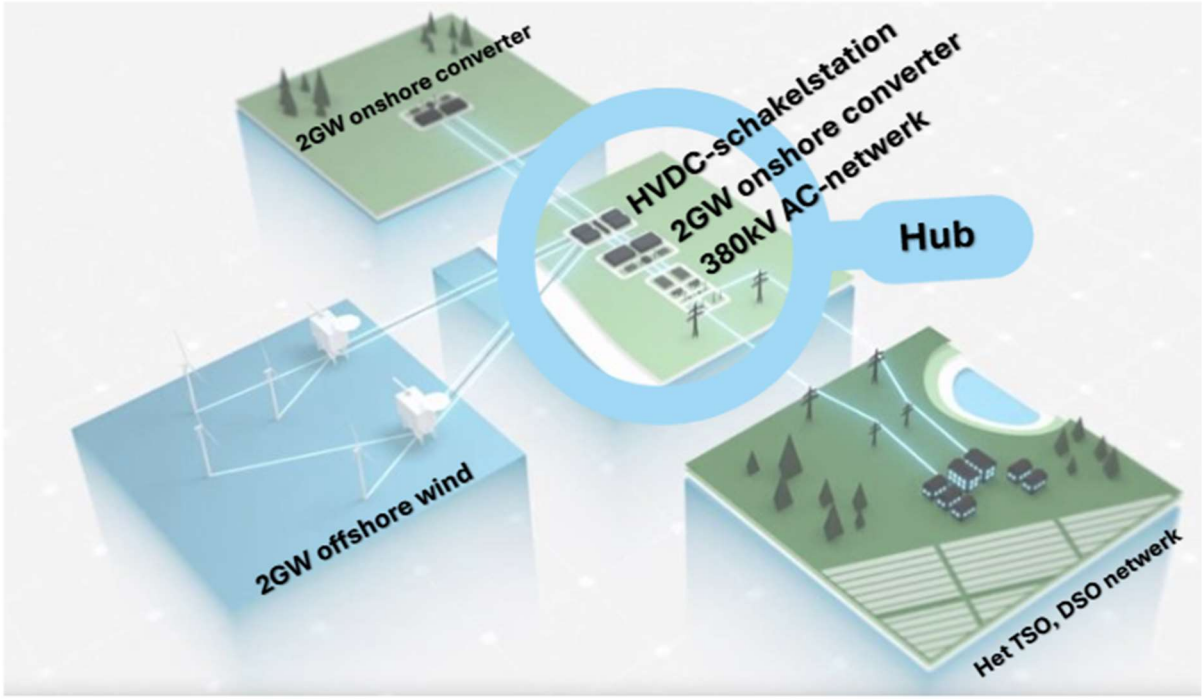
De ondergrondse wisselstroomverbinding van converterstation naar 380kV-hoogspanningsstation is niet separaat beoordeeld. Bij de locatiebepaling van gebieden met potentie voor de plaatsing van een converterstation, is op basis van *expert judgement* beoordeeld of er belangrijke belemmeringen zijn voor een ondergrondse kabelroute over de beperkte afstand.

Aansluitstations
Het aansluitstation is het punt waar de elektriciteit uiteindelijk wordt ingevoed in het landelijke hoogspanningsnet. Dit is een bestaand, uit te breiden of gepland 380kV-hoogspanningsstation. De keuze voor het aansluitstation hangt af van factoren als de aansluit- en transportcapaciteit van het (bestaande en toekomstige) net.

2.1.3 Onderzoek naar HVDC-schakelstations

Naast de kabelroutes en aansluitstations onderzoekt de voorverkenning ook de ruimtelijke mogelijkheden van High Voltage Direct Current (HVDC)-schakelstations. Een HVDC-schakelstation koppelt gelijkstroomverbindingen aan converterstations, zodat tussen de converterstations geschakeld kan worden en daarmee ook gestuurd kan worden op de belasting op aansluitstations en hoogspanningsverbindingen. Deze converterstations kunnen nabij het HVDC-schakelstation liggen, maar dit is geen vereiste. Een HVDC-schakelstation creëert ook de mogelijkheid om de gelijkstroomverbinding bi-directioneel te benutten (elektriciteit te transporteren tussen de aangesloten converterstations) en daarmee het wisselstroom-hoogspanningsnet te ontlasten of ondersteunen. De verkenning van HVDC-schakelstations komt voort uit de ervaring die inmiddels wordt opgedaan in Duitsland. In Duitsland wordt deze ontwikkeling gerealiseerd om grootschalige integratie van elektriciteit uit wind op zee mogelijk te maken. De inzet beperkt de noodzaak voor nieuwe energie-infrastructuur en wordt gezien als efficiënte wijze om grote hoeveelheden wind op zee in het energiesysteem te integreren.

HVDC-schakelstations zijn mogelijk een waardevolle toevoeging voor het toekomstbestendig elektriciteitssysteem omdat zij grote hoeveelheden duurzame energie – met name wind op zee – efficiënt en flexibel kunnen schakelen en verdelen. Door offshore 2GW-verbindingen, onshore DC-kabels en interconnectoren[5] met elkaar te verbinden, maken HVDC-schakelstations het mogelijk om elektriciteit vraaggericht te verdelen, fluctuaties in duurzame energie opwek op te vangen en de leveringszekerheid en netstabiliteit te vergroten. De positie van een schakelstation in een net op zee-verbinding is weergegeven in Figuur 2-3. Naast sturen van elektriciteit van wind op zee, kan een schakelstation ook gebruikt worden voor het aanvoeren van elektriciteit uit het landelijk hoogspanningsnet (of het buitenland). De meerwaarde van HVDC-schakelstation in het toekomstige energiesysteem wordt onderzocht in PEH II. Besluitvorming over nut en noodzaak van een schakelstation (en eventueel diens locatie) en de combinatie met een diepe aanlanding is onderdeel van de besluitvorming in het Programma Energiehoofdstructuur II (hierna: PEH II, zie ook paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).



Figuur 2-3 Ligging HVDC-schakelstation in een net op zee-project. (Bron: TenneT)[6]

2.2 Beleidscontext

2.2.1 Relatie met andere projecten

Als diepe aanlandingen worden gerealiseerd gaan deze onderdeel uitmaken van de energie-infrastructuur in Nederland. De energievoorziening maakt een transitie door naar energievoorziening op basis van hernieuwbare energiebronnen. De veranderingen en ontwikkelingen in het energiesysteem, van opwek, transport tot gebruik, worden gestuurd en

[5] Een interconnector is een kabel die uitwisseling van energie of data tussen verschillende (internationale) netwerken mogelijk maakt.
[6] TSO: Transmission Systems Operator, degene die verantwoordelijk is voor het beheer van het landelijke hoogspanningsnet. DSO: Distribution System Operators, de netbeheerders die het distributienet voor onder andere elektriciteit beheren en onderhouden.

ingekaderd door verschillende beleidskaders. Het beleidskader dat hiervoor relevant is, is in paragraaf 2.2 beschreven.

De voorverkenning heeft een directe relatie met een aantal specifieke programma's die in voorbereiding zijn, te weten programma Noordzee, pVAWOZ en PEH II. Daarnaast is er een directe relatie met de Rijksdoelstellingen voor duurzame energie, en specifiek voor wind op zee, aangezien diepe aanlandingen samenhangen met de hoeveelheid energie van zee die aangesloten moet worden.

Programma Noordzee
De ruimte benodigd voor windparken op zee wordt in het Programma Noordzee aangewezen. Het programma is het sturingsinstrument van het Rijk om de verschillende functies, gebruik en kwaliteiten op de Noordzee te bepalen en bewaken. Een actualisatie van het programma gericht op de periode 2028-2033 is in voorbereiding. In de actualisatie worden onder meer nieuwe zoekgebieden voor windenergie aangewezen (uitbreiding windenergiegebied Doordewind en windenergiegebied 6/7) voor de doorgroei van wind op zee.

Programma VAWOZ (pVAWOZ) en PAWOZ-Eemshaven
De Voorverkenning Diepe Aanlandingen bouwt voort op de resultaten uit pVAWOZ en het programma PAWOZ-Eemshaven. In deze programma's is onderzocht op welke aansluitstations in de kustregio's toekomstige windparken op zee kunnen aansluiten en de kabelroutes daarnaartoe. Op basis van PAWOZ is reeds de projectprocedure voor de net op zee-verbinding Doordewind naar de Eemshaven gestart. De overige resultaten voor toekomstige en aanvullende aansluit- en aanlandmogelijkheden in de regio Eemshaven worden afgewogen in pVAWOZ.

Als uitgangspunt geldt dat de mogelijke aanlandingen die in pVAWOZ als voorkeursalternatieven zijn benoemd, worden gerealiseerd en diepe aanlandingen hierop volgen voor extra gewenste aansluitcapaciteit voor wind op zee.

Door de bevindingen uit PAWOZ en pVAWOZ als startpunt te gebruiken, worden bestaande gebiedskennis, stakeholdernetwerken en technische inzichten meegenomen en dienen ze als basis voor verder onderzoek in deze voorverkenning. De technische analyses uit pVAWOZ en PAWOZ hebben bijgedragen aan de eerste selectie van aansluitstations en de voorbereiding van werksessies. In het onderzoek voor deze programma's zijn meerdere aanlandlocaties onderzocht, waarvan een aantal niet realistisch zijn gebleken voor een aanlanding in de kustregio.

Programma Energiehoofdstructuur II (PEH II)
De energietransitie is noodzakelijk om Nederland in de toekomst weerbaar, klimaatneutraal en energieonafhankelijk te maken. Deze transitie vraagt ingrijpende aanpassingen in de infrastructuur van ons energiesysteem, zowel boven- als ondergronds. Het doel van het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) is in deze transitie naar 2050 tijdig te zorgen voor voldoende ruimte voor de nationale energiehoofdstructuur en geeft kaders zoals het uitgangspunt om hoogspanningsverbindingen zoveel mogelijk te bundelen. In PEH II geeft het kabinet het beleidskader voor de ontwikkeling van een scala van energiemodaliteiten, naast diepe aanlandingen, bijvoorbeeld ook naar nieuw flexvermogen en kerncentrales. Op deze manier kan besluitvorming op een integrale manier plaatsvinden. PEH I en PEH II zijn opvolgers van eerdere beleidsprogramma's

voor de energie-infrastructuur (de Structuurvisie Buisleidingen en het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEVIII)). Besluitvorming over PEH II wordt verwacht in 2028.

De diepe aanlandingen en HVDC-schakelstations uit deze voorverkenning worden zo onderdeel van de brede beleidsafweging over de wijze, locatie van en randvoorwaarden rondom energietransport, -opslag en -opwekking. Het is overigens mogelijk om vooruitlopend op PEH II voorbereidingen te starten voor een of meerdere diepe aanlandingen, indien al duidelijk is dat een specifiek project noodzakelijk of wenselijk is. Op basis van zowel de voorverkenning als de eerste uitkomsten van PEH II kan vervolgens beoordeeld worden over de meest passende vervolgprocedure voor de diepe aanlandingen en HVDC-schakelstations.

Tijdens het opstellen van deze voorverkenning heeft afstemming plaatsgevonden met zowel pVAWOZ als PEH II door beschikbare resultaten van onder andere de energiesysteemstudie uit beide programma's te benutten.

2.2.2 Bredere beleidscontext

De ontwikkeling van diepe aanlandingen is onderdeel van de opgave om de doestellingen voor hernieuwbare energieopwekking, en specifiek wind op zee, te kunnen realiseren. Deze opgave maakt deel uit van een bredere beleidscontext die gericht is op de overgang naar een energiesysteem gebaseerd op hernieuwbare bronnen. Daarbij gaat het niet alleen om de opwekking van energie, maar ook om de realisatie van de benodigde infrastructuur en afname.

Naast de beleidscontext voor energie is de beleidscontext voor andere ruimtelijke ontwikkelingen relevant voor diepe aanlandingen. Nederland staat voor grote ruimtelijke opgaven op het gebied van onder meer wonen en werken. Deze opgaven zijn sturend voor ruimtelijke ontwikkelingen en kunnen daarmee invloed hebben op de mogelijkheden voor diepe aanlandingen, of juist door diepe aanlandingen worden beïnvloed. De relevante landelijke beleidskaders die richting geven aan deze opgave en de daarbij behorende uitgangspunten, zijn opgenomen in tabel 2-1.

Tabel 2-1 Relevante kaders landelijk

Beleidsdocument	Relevant voor Voorverkenning Diepe Aanlandingen
Klimaatwet (juni 2019)	• Klimaatdoel 55% CO_2-reductie in 2030 t.o.v. 1990 en in 2050 klimaatneutraal.
Programma NOVEX en ruimtelijke voorstellen (februari 2024)	• Programma NOVEX is gestart om gebiedsgericht en in samenspraak met de medeoverheden de uitvoering van de NOVI te versnellen en de ruimtelijke opgaven gezamenlijk op te pakken. Eind 2022 zijn de nationale ruimtelijke opgaven gebundeld in de 'provinciale startpakketten fysieke leefomgeving'. De startpakketten vormden de basis voor de ruimtelijke voorstellen van de provincie. • De ruimtelijke voorstellen zijn begin 2024 door de provinciebesturen aangeboden aan het Rijk. In deze ruimtelijke voorstellen zijn de nationale opgaven en decentrale opgaven opgenomen, per provincie. • De ruimtelijke voorstellen zijn een belangrijke bouwsteen voor de Nota Ruimte.
Programma Energiehoofdstructuur (PEH) (maart 2024) – vervolg in voorbereiding (PEH II, 2028)	• Beleidskader voor energie-infrastructuur voor de energietransitie, zie paragraaf 2.1.3
Ontwerp-Nota Ruimte (september 2025)	• Het ontwerp is een eerste ruimtelijke vertaling van de opgaven voor Nederland richting 2050, met een doorkijk naar 2100. Het benoemt keuzes en geeft richting voor te maken keuzes over grote opgaven die allemaal om ruimte vragen, van landbouw en natuur tot woningbouw, economie en energiezekerheid.

Beleidsdocument	Relevant voor Voorverkenning Diepe Aanlandingen
	• In de Nota Ruimte worden de ruimtelijke aspecten van grote nationale programma's verwerkt, zoals het PEH. De ruimtelijke voorstellen van de provincies zijn ook meegenomen. • Windenergie op zee en groene waterstof zijn twee voorziene ontwikkelingen van het energiesysteem. Ruimtegebrek rondom hoogspanningsstations en nabij aanlandingslocaties is benoemd als bottleneck voor tijdige realisatie van windenergie op zee en energie-infrastructuur op land. • Grootschalige elektrolyse wordt gerealiseerd bij de aanlandingen van wind op zee om uitbreiding van het hoogspanningsnet te beperken en om de kansen van zilt en brak water te benutten voor proces- en/of koelwater.
Programma Noordzee/ Partiële Herziening (PH) Programma Noordzee 2022-2027 (ontwerp april 2025)	• Programma Noordzee, onderdeel Nationaal Waterprogramma, wijst functies voor de Noordzee aan waaronder windenergiegebieden, zie paragraaf 2.1.3.
Windenergie Infrastructuurplan Noordzee (juli 2025)	• Het Windenergie Infrastructuurplan Noordzee (WIN) gaat over de aanleg van infrastructuur op zee die nodig is om de energie die door windparken geproduceerd wordt naar land te transporteren. •
Coalitieakkoord Aan de slag kabinet Jetten (januari 2026)	• Focus op eigen energie(zekerheid)voorziening en betaalbaarheid • Wind op zee speelt belangrijke rol in behalen energiedoelstelling. • Steunen van opschaling productie van hernieuwbare waterstof en groen gas. • Uitbouw energievoorziening door middel van kernenergie
Ontwikkelkader wind op zee (mei 2026)	• Het Ontwikkelkader windenergie op zee vormt het Rijkskader voor de samenhangende ontwikkeling van windparken op zee en de bijbehorende netinfrastructuur. Het kader operationaliseert de nationale klimaat- en energiedoelstellingen en positioneert windenergie op zee als een van de pijlers van het toekomstige Nederlandse energiesysteem. Daarvoor zijn op de Noordzee specifieke windenergiegebieden aangewezen. Het ontwikkelkader geeft TenneT formeel opdracht tot de realisatie van het net op zee en legt technische uitgangspunten, netconcepten en oplevermomenten vast, met als doel planning zekerheid en uitvoerbaarheid te borgen.
Routekaart windenergie op zee (maart 2026)	• Het kabinet wijst de volgorde van ontwikkeling van windgebieden aan in de routekaart en de routekaart stuurt daarmee de planning van de hieraan gekoppelde net op zee-verbindingen. De routekaart wordt periodiek geactualiseerd naar aanleiding van bijvoorbeeld het programma Noordzee/herziening of de marktcondities voor ontwikkeling van wind op zee.

Hiernaast stellen provincies en gemeenten omgevingsvisies en -plannen op die sturend zijn voor ruimtelijke ontwikkelingen. Voor Rijksprojecten zijn provinciale en gemeentelijke kaders niet kaderstellend maar wel relevant om rekening mee te houden. In bijlage 1 is een overzicht van andere relevante nationale en provinciale kaders gegeven.

Een belangrijk onderdeel van de bredere beleidscontext van de diepe aanlandingen ligt daarnaast in de beleidskaders voor de verschillende functies van de leefomgeving zoals landschap en natuur. Deze kaders bieden bescherming aan functies of reguleren de potentiële impact van activiteiten, zoals aanleg of exploitatie van de onderdelen van een diepe aanlanding. Bij de uitwerking en besluitvorming over diepe aanlandingen dient rekening te worden gehouden met deze kaders. Het onderzoek naar potentiële gevolgen en de beoordeling in het licht van de betreffende relevante kaders vindt plaats in het kader van een plan- of project-MER en vergunningaanvragen. Voor de voorverkenning heeft geen gedetailleerde beoordeling plaatsgevonden maar is rekening gehouden met de voornaamste functies die een raakvlak kennen. De voornaamste kaders die voor de betreffende functies van toepassing zijn, liggen vast in de Omgevingswet, daaraan gerelateerde Besluiten of Regelingen, provinciale Omgevingsvisies en -verordeningen en hebben uitwerking in gemeentelijke Omgevingsplannen. De meeste relevante kaders betreffen:

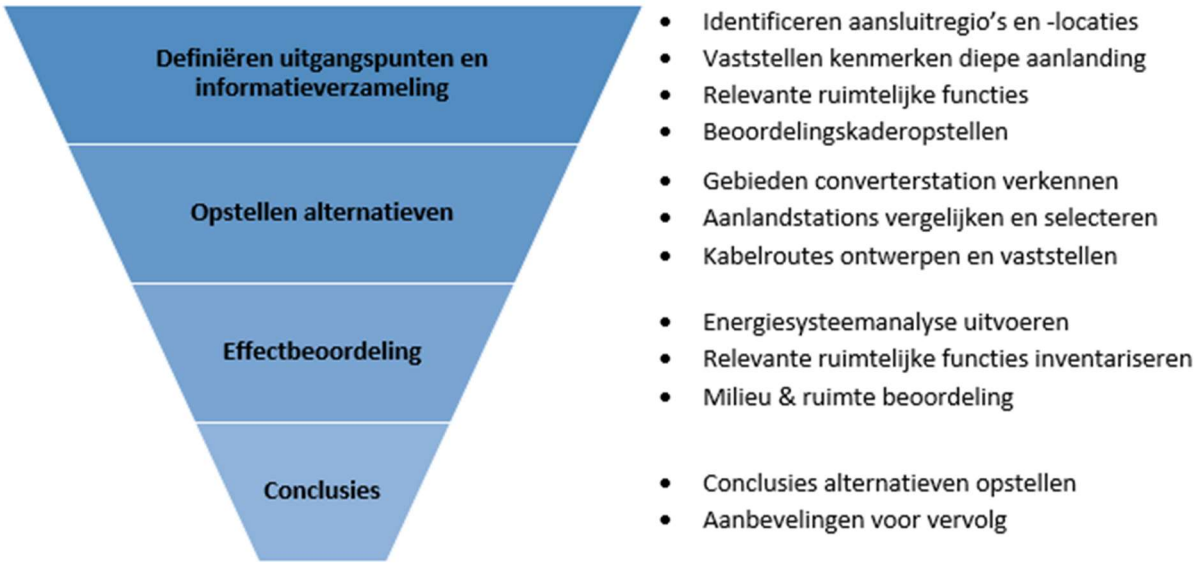
- Natuur (onder meer Natura 2000-regelgeving en -besluiten, Natuurnetwerk Nederland, Kaderrichtlijn Water en Kaderrichtlijn Maritieme Strategie).
- Leefomgeving (met name aspect geluid in Besluit Kwaliteit leefomgeving).
- Landschap (met name in beleid of provinciale verordeningen).
- Archeologie (landelijke en provinciale kaders).
- Water en Bodem richtinggevend (hiermee samenhangen: diverse aspecten met landelijke en provinciale kaders, onder meer ten aanzien van waterveiligheid, zetting, verzilting, waterkwaliteit).

Daarnaast zijn er relevante kaders voor locatiespecifieke functies, bijvoorbeeld voor defensie-activiteiten, stiltegebieden en beschermde flora- en fauna.

2.3 Totstandkoming voorverkenning

2.3.1 Inleiding

Met de voorverkenning worden redelijke alternatieven voor diepe aanlandingen onderzocht. De voorverkenning verkent op basis van brede uitgangspunten en alternatievenonderzoek welke redelijke alternatieven er zijn. De gevolgde aanpak van de voorverkenning is in de volgende figuur geschetst en in de paragrafen toegelicht.



Figuur 2-4 Proces voorverkenning trechtering naar redelijke alternatieven

2.3.2 Detailniveau voorverkenning

De voorverkenning heeft een (relatief) hoog abstractieniveau. De beoordeling is gericht op het bepalen van redelijke alternatieven die input voor het vervolg zijn. Redelijke alternatieven dienen zowel in te passen zijn in het energiesysteem als geen onevenredige effecten op ruimtelijke functies, kwaliteiten en ruimtelijk gebruik te hebben. Het heeft in deze fase geen meerwaarde om effecten en mitigatie al op perceelniveau te inventariseren en beoordelen.

Om redelijke alternatieven te kunnen bepalen, is een energiesysteemanalyse uitgevoerd om op hoofdlijnen een eerste indruk te krijgen welke gevolgen een diepe aanlanding heeft voor het

hoogspanningsnet. Daarnaast is in beeld gebracht of er effecten te verwachten zijn bij de ruimtelijke inpassing van de fysieke onderdelen van een diepe aanlanding. Hierbij is met name gebruik gemaakt van openbare geografische informatie zoals online kaarten met natuurgebieden, bodemtypen, etc. Op basis van *expert judgement* is vervolgens bepaald in hoeverre er sprake is van aandachtspunten, knelpunten of belemmeringen. Daarbij is, voor zover mogelijk op dit detailniveau, rekening gehouden met de mogelijkheden voor mitigatie. Dat betekent dat potentiële effecten met mitigatiemogelijkheden een kleinere beperking vormen.

2.3.3 Uitgangspunten definiëren en beoordelingskader

De voorverkenning is gestart met het definiëren van uitgangspunten voor het ontwerpen van alternatieven:

- Begin- en eindpunt van de diepe aanlanding: het beginpunt ligt in zoekgebied 6/7 op zee. Het eindpunt zijn geschikte en zinvolle aansluitpunten in het hoogspanningsnet (onderdeel van hoofdstuk 3). Begin- en eindpunt zijn noodzakelijk voor het ontwerpen van routealternatieven.
- De kenmerken van de onderdelen van een diepe aanlanding (zie hiervoor) bepalen de ruimtevraag en de potentiële ruimtelijke functies die geraakt kunnen worden en daarmee een belemmering kunnen vormen voor een alternatief. Voor een aantal functies geldt dat deze dermate grote geografische schaal kennen of beperking vormen dat deze worden meegenomen om kabelroutes en of zoekgebieden voor converterstations te ontwikkelen. Deze functies zijn als harde en zachte belemmeringen gedefinieerd (zie hoofdstuk 4).

In de voorverkenning is een eerste beoordeling uitgevoerd op omgevingseffecten om inzicht te bieden in mogelijke belemmeringen voor zoekgebieden of routes. Daarnaast kan de beoordeling laten zien of alternatieven als redelijke alternatieven beschouwd kunnen worden. Bij aanvang van de voorverkenning is een opzet gemaakt van het beoordelingskader dat wordt gehanteerd voor beoordeling van de effecten op het energiesysteem, milieu en ruimte, techniek, omgeving en kosten.

Gezamenlijk is voorgaande benut om informatie te verzamelen over ruimtelijke functies en te verwachten ruimtelijke ontwikkelingen die een belemmering kunnen vormen. Dit is gedaan door middel van bureaustudie, GIS[7]-analyses en werksessies.

2.3.4 Opstellen alternatieven

De ontwikkeling van alternatieven heeft tot doel om tot een eerste set aan alternatieven te komen die vervolgens beoordeeld kunnen worden om uiteindelijk tot redelijke alternatieven aangemerkt te kunnen worden. De ontwikkeling van de alternatieven vindt plaats op basis van uitgangspunten. Een diepe aanlanding bestaat uit verschillende hoofdelementen (zie paragraaf 2.1.2). Deze elementen hebben hun eigen set uitgangspunten waar ze in de basis aan moeten voldoen om tot realistische alternatieven te kunnen komen. Deze uitgangspunten zijn beschreven in hoofdstukken 3, 4 en 5.

Met de doelstelling van diepe aanlandingen voor ogen kunnen veel verschillende alternatieven worden gedefinieerd. Een aantal hoofdelementen is echter sturend. Voor de alternatievenontwikkeling van de diepe aanlandingen zijn dit de aanlandzones aan de kust, het toepassen van HVDC-schakelstations en de locatie van het 380kV-hoogspanningsstation (het aansluitstation). Met een selectie van de aanlandlocaties en aansluitstations volgen de benodigde

[7] Geografisch Informatie Systeem.

kabelroutes. Hierbij is uitgegaan dat de zeedelen van de kabelroutes, de in de plan-MER voor pVAWOZ onderzochte routes volgen.

In de Voorverkenning Diepe Aanlandingen vindt nog geen formele besluitvorming plaats. Wel wordt geanticipeerd op formele besluitvorming in een of meerdere vervolgprocedures. Bij de verkenning van alternatieven in deze voorverkenning is daarom rekening gehouden met de kaders waarbinnen alternatievenonderzoek later plaats zal vinden.

Het is essentieel voor zorgvuldige besluitvorming in de formele procedure na de voorverkenning, dat alternatieven worden onderzocht en afgewogen. Dit is niet alleen een juridische verplichting, maar een fundamentele voorwaarde voor zorgvuldige en navolgbare besluitvorming. Tegelijkertijd is het noodzakelijk voor een beheersbare voorbereiding van besluiten dat het alternatieven onderzoek wordt ingekaderd. Het is niet nodig *alle* mogelijke alternatieven te onderzoeken. Het gaat erom dat die alternatieven in beeld zijn die van belang zijn voor goede besluitvorming. De juridische verplichting alternatieven te onderzoeken en overwegen vloeit voort uit de Algemene wet bestuursrecht, de vereisten voor de projectprocedure uit de Omgevingswet, en de regelgeving voor milieueffectrapportage. In de vervolgprocedures is het mogelijk voor omgevingspartijen om nieuwe alternatieven aan te dragen.

Om een goed afgewogen keuze te kunnen maken is het gewenst verschillende alternatieven (ook wel ‘oplossingen’) te verkennen. Redelijk zijn dan alternatieven die nodig zijn voor het bevoegd gezag om een goede afweging te kunnen maken voor besluitvorming. Dat betekent dat alternatieven zinvol zijn die:

- Relevant zijn voor de opgave, in dit geval een diepe aanlanding
- Realistisch doordat gebruik wordt gemaakt van de stand der techniek
- Onderscheidend zijn in de potentiële gevolgen voor het milieu (of breder, de omgevingsaspecten)

Een beperkt aantal alternatieven kan daarbij dus volstaan, uitgaande van een basisalternatief met variaties daarop die leiden tot onderscheidende gevolgen. Alternatieven waarvan bij voorbaat duidelijk is dat deze overwegende milieunadelen kennen ten opzichte van andere alternatieven kunnen daarbij ook als onredelijk worden beschouwd.

Om te komen tot redelijke alternatieven is in eerste instantie bepaald welke aansluitstations buiten de kustprovincies geschikt zijn voor het aansluiten van windenergie van zee. Andere aansluitstations zijn niet zinvol omdat deze grootschalige additionele netuitbreidingen vereisten. Vervolgens is gekeken welke zones aan de kust realistisch uitvoerbaar zijn om de kabels aan land te kunnen brengen. Voor de verschillende geschikte aansluitstations en aanlandlocaties zijn vervolgens met de gestelde uitgangspunten alternatieven ontwikkeld voor de zoekzones voor de kabelroutes. Het vertrekpunt hierbij is om zo kort mogelijke routes te ontwikkelen om effecten op de omgeving te beperken en ook met het oog op een kostenefficiënte uitvoering. Ten aanzien van zoekgebieden die geschikt zijn voor de realisatie van een converterstation is verkend welke gebieden mogelijkheden kennen op zo kort mogelijke afstand van een aansluitstation waarbij vervolgens een redelijk aantal gebieden zijn geïdentificeerd (circa 3-4). Tot slot zijn de routes ontwikkeld die via een HVDC-schakelstation naar de geschikt aansluitstations lopen.

De gehanteerde uitgangspunten en criteria in de alternatievenontwikkeling zijn toegelicht in de hoofdstukken 0, 4 en 5 en in Bijlage 2 Alternatievendocument. Op basis van de uitgangspunten en

criteria zijn alternatieven ontworpen die zijn geoptimaliseerd middels werksessies met het ministerie van EZK, TenneT, Rijkswaterstaat en relevante provincies en gemeenten.

Naast de diepe aanlanding-alternatieven is ook verkend welke ruimtelijke mogelijkheden er zijn voor realisatie van een HVDC-schakelstation. Deze inventarisatie heeft plaatsgevonden in overleg met de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland. Alleen converterstations die in pVAWOZ en deze voorverkenning worden ontwikkeld, komen in aanmerking voor aansluiting op een HVDC-schakelstation. TenneT heeft, voorafgaand aan de voorverkenning, verkend welke gebieden in Nederland kansrijk zijn voor een HVDC-schakelstation en heeft geconcludeerd dat dit de havengebieden van het Noordzeekanaalgebied en het havengebied van Rotterdam zijn, omdat hier de vraag naar energie groot is.

Afstemming lopende projecten en voorzienbare ontwikkelingen
De voorverkenning heeft gebruik gemaakt van reeds geïnventariseerde informatie uit aanpalende trajecten. Dit betreft onder andere informatie van ruimtelijke en leefomgevingseffecten en technische (on)mogelijkheden (o.a. uit pVAWOZ) en informatie over de inbreng van omgevingspartijen (belanghebbenden, medeoverheden, etc.) bij onder meer pVAWOZ. Ook is er gebruikt gemaakt van de relevante (ruimtelijke) studies voor nieuwe 380kV-hoogspanningsstations.

Omdat diepe aanlandingen naar verwachting pas rond 2040 worden gerealiseerd, is rekening gehouden met toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen kunnen een belemmering vormen voor een locatie of kabelroute of kunnen zelf door diepe aanlandingen worden belemmerd. In een MER is het gebruikelijk om dergelijke autonome ontwikkelingen te inventariseren. Daarbij gaat het normaal gesproken om ontwikkelingen waarvoor concrete besluitvorming heeft plaatsgevonden en die daarmee als zeker worden beschouwd. Vanwege het vroege stadium zijn ook voorzienbare ontwikkelingen geïnventariseerd. Onder voorzienbare ontwikkelingen worden plannen en projecten verstaan die in voorbereiding zijn of gewenst zijn, maar waarover nog geen concrete besluitvorming heeft plaatsgevonden.

2.3.5 Effectbeoordeling

Voor de vastgestelde alternatieven zijn de effecten beoordeeld voor (1) het energiesysteem en (2) op milieu en ruimte. Voor het energiesysteem is onderzocht welke impact er is op het energiesysteem door het invoeden van 2 GW wind op zee op een aansluitstation. TenneT heeft hiervoor energiescenario's doorgerekend op de nettechnische impact. Voor de milieu en ruimte-aspecten is de beoordeling uitgevoerd met behulp van GIS-analyses en op basis van *expert judgement*.

2.3.6 Conclusies

Op grond van de resultaten worden conclusies getrokken over de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van de onderzochte alternatieven. In de conclusies komt terug waar onderscheidende verschillen tussen alternatieven zijn die een rol kunnen spelen bij prioritering, keuzes of beleidsvorming. Dit leidt tot een selectie van redelijke alternatieven die in een vervolg onderzocht kunnen worden.

3 Uitgangspunten en selectie aansluitstations en zoekgebieden converterstations

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd zijn voor het beoordelen en ontwerpen van zoekgebieden voor aansluitstations en converterstations.

De selectie van mogelijke aansluitstations is gestart op het hoogste schaalniveau van Nederland. De keuze is gemaakt om aansluitstations te verkennen buiten de kustprovincies, zoals is bepaald in de doelstelling van de voorverkenning. Op basis van het vereiste vermogen (2 GW) zijn de regio's en aansluitgebieden geïdentificeerd. Dat betreft 380kV-hoogspanningsstations die bestaand of gepland zijn. De eerste selectie van aansluitstations (380kV-hoogspanningsstations) is gemaakt op basis van een analyse van TenneT en het ministerie van EZK. De aansluitstations zijn beoordeeld door het onderzoeksconsortium aan de hand van de criteria die in paragraaf 3.2 zijn beschreven. Dit heeft geleid tot een aantal aansluitstations die geschikt zijn en een aantal aansluitstations die niet verder worden meegenomen omdat een diepe aanlanding niet mogelijk is binnen de gestelde criteria. Deze laatste zijn niet onderzocht binnen de voorverkenning. De onderbouwing hiervoor is te vinden in het Alternatievendocument. In paragraaf 3.3 worden de mogelijke aansluitstations toegelicht.

Rondom de aansluitstations is gezocht naar ruimte voor het plaatsen van een converterstation. Dit is gedaan aan de hand van criteria die in paragraaf 3.4 zijn beschreven. Converterstations zijn relatief grote en zichtbare installaties, waardoor de locatiekeuze directe gevolgen kan hebben voor het landschap en de lokale leefomgeving. In de voorverkenning zijn relevante ruimtelijke kenmerken, beperkingen en kansen in beeld gebracht om te bepalen waar realisatie ruimtelijk en technisch het meest haalbaar is. In werksessies met het ministerie van EZK, RWS, TenneT, de provincies, en gemeenten zijn de zoekgebieden voor converterstations besproken en aangevuld. In paragraaf 3.5 worden de zoekgebieden voor converterstations toegelicht.

3.2 Criteria aansluitstations (bestaand of voorzien station)

De uitgangspunten voor de selectie van geschikte aansluitstations zijn:

- **Aansluiting op bestaand of gepland station.** Voor een diepe aanlanding wordt uitgegaan van een bestaand station, of een station waarvan de procedure reeds is gestart. Daarbij is het IP 2026 van TenneT als uitgangspunt gehanteerd. Voor een diepe aanlanding wordt dus geen nieuwe procedure gestart voor de ontwikkeling van een potentieel nieuw aansluitstation.
- **Potentie voor een aansluiting op afstand van de kust.** De potentie voor een aansluiting in kustprovincies is onderzocht in het kader van pVAWOZ en PAWOZ-Eemshaven. Met het oog op het functioneren en de balans van het hoogspanningsnet, is het wenselijk om windenergie van zee aanvullend verder landinwaarts op het hoogspanningsnet in te voeden. De aansluitstations voor een diepe aanlanding vormen daarmee een aanvulling op de stations die zijn onderzocht in pVAWOZ en PAWOZ-Eemshaven.
- **Beschikbaarheid van aansluitcapaciteit.** Een aansluitstation dient te beschikken, of te kunnen beschikken, over voldoende aansluitcapaciteit voor (minstens) 2 GW wind op zee. Dit vereist dat op het bestaande of toekomstige 380kV aansluitstation vrije velden aanwezig zijn (of komen) om dit vermogen aan elektriciteit van wind op zee aan te sluiten.

- **Robuust en toekomstbestendig hoogspanningsnet.** Vanuit het streven naar een robuust en toekomstbestendig hoogspanningsnet is het van belang dat, naast de aansluiting van wind op zee, aanvullende aansluitcapaciteit beschikbaar blijft voor toekomstige vraagontwikkelingen in de regio. Dit geldt voornamelijk voor stations waar deze vraag verwacht wordt, maar nog niet aanwezig is. Hiermee wordt voorkomen dat een net op zee-verbinding andere ruimtelijke of economische ontwikkelingen belemmert. Indien deze capaciteit niet direct beschikbaar is, dient er fysieke ruimte te zijn om het aansluitstation in de toekomst uit te kunnen breiden.

3.3 Mogelijke aansluitstations (bestaand of voorzien station)

Op basis van deze uitgangspunten zijn in de volgende tabel mogelijke aansluitstations geselecteerd (zie Tabel 3-1 en Figuur 3-1). In bijlage 2 Alternatievendocument is de onderbouwing voor de keuze voor deze aansluitstations nader toegelicht. Tabel 3-1Figuur 3-1

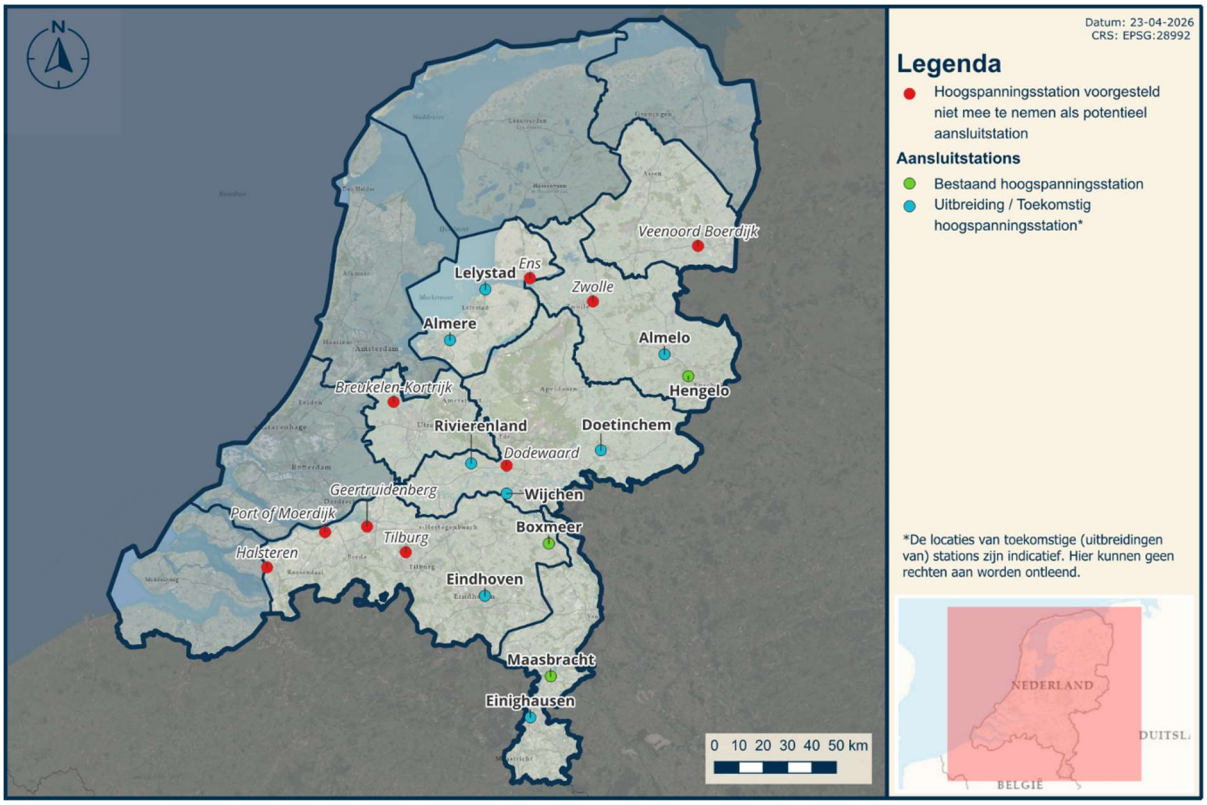
Tabel 3-1 Overzicht mogelijke aansluitstations

Aansluitstation	Status
Lelystad	Bestaand/Uitbreiding
Almere	Toekomstig
Ens	Bestaand/Uitbreiding
Rivierenland	Toekomstig
Wijchen	Toekomstig
Doetinchem	Bestaand/Uitbreiding
Boxmeer	Bestaand
Metropoolregio Eindhoven[8]	Toekomstig
Almelo	Toekomstig
Hengelo	Bestaand
Maasbracht	Bestaand
Einighausen	Toekomstig

Aansluitstation Ens

Om een diepe aanlanding aan te kunnen sluiten op 380kV-hoogspanningsstation Ens, is de uitbreiding van dit station noodzakelijk om vrije velden beschikbaar te krijgen. Ruimtelijk is dit hier heel complex. Gedurende de voorverkenning is gebleken dat de uitbreiding van station Ens, indien nodig, wellicht toch mogelijk is. Daardoor kan het station wel aan de ruimtelijke voorwaarde voor een aansluiting voldoen. Een nadere ruimtelijke verkenning heeft niet plaatsgevonden in afwachting op de systeemstudie. Uit de resultaten van de systeemstudie is gebleken dat een aansluiting op station Ens voor het eindresultaat van de voorverkenning niet van toegevoegde waarde is. Aansluiting in Ens heeft geen voordelen boven aansluiting in Lelystad of Almere. Echter, is wel zeker dat het station Ens zou moeten worden uitgebreid om een diepe aanlanding te kunnen faciliteren. Ens wordt daarmee niet als redelijk alternatief gezien ten opzichte van de mogelijkheden in Lelystad en Almere. Er heeft daarom geen nadere ruimtelijke verkenning meer plaatsgevonden naar mogelijke kabelroutes en zoekgebieden voor een converterstation.

[8] Het aansluitstation Metropoolregio Eindhoven (hierna: Eindhoven) is nog een zoekgebied zonder concrete locatie. In de Voorverkenning Diepe Aanlandingen is Metropoolregio Eindhoven wel meegenomen als mogelijk aansluitstation, maar is niet verder onderzocht in de effectbeoordeling.



Figuur 3-1 Overzicht aansluitstations

3.4 Criteria zoekgebieden converterstations

De inpassing van een converterstation vraagt om een zorgvuldige afweging van ruimtelijke, technische en beleidsmatige kaders. Converterstations zijn relatief grote en zichtbare installaties, met effecten op het landschap en de lokale leefomgeving. Op grond van de doelstellingen voor diepe aanlandingen zijn mogelijke aansluitstations vastgesteld (zie Tabel 3-1). De volgende stap, een schaalniveau lager, betreft het identificeren van zoekgebieden. In de voorverkenning zijn relevante ruimtelijke kenmerken, beperkingen en kansen bepaald om te bepalen waar realisatie ruimtelijk en technisch het meest haalbaar is. Dit vormt de basis voor het identificeren en vergelijken van mogelijke zoekgebieden waar een converterstation mogelijk is in te passen.

De belangrijkste uitgangspunten voor zoekgebieden voor converterstations zijn:

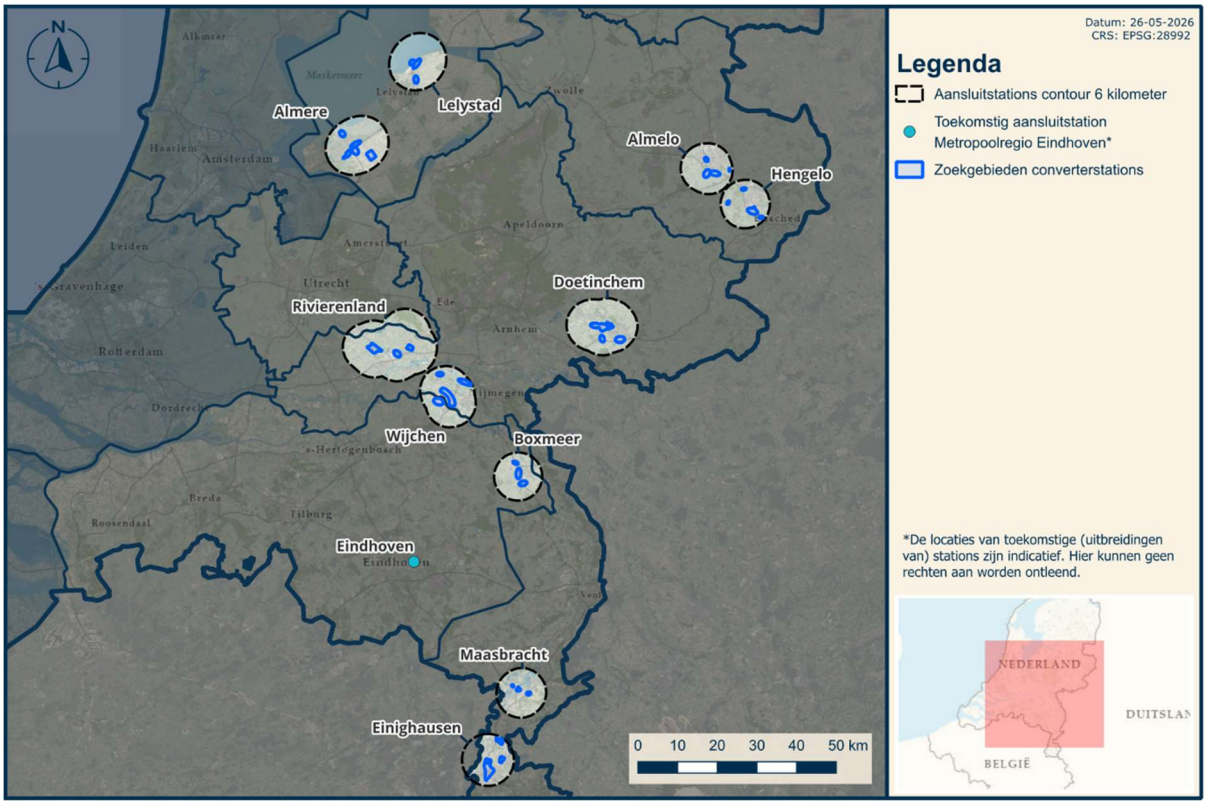
- **Maximale afstand tot aansluitstation**. Voor de ligging van converterstations wordt aangesloten bij het uitgangspunt dat TenneT hanteert voor netten op zee: het converterstation wordt zo dicht mogelijk bij het aansluitstation geplaatst, met een maximale kabellengte van circa 6 kilometer. Bij een lengte langer dan 6 kilometer zijn namelijk aanvullende compensatiemaatregelen nodig hetgeen uitbreidingen vereist op hoogspanningsstation of converterstation. Een korte aansluitverbinding is bovendien nettechnisch wenselijk, omdat een langere ondergrondse 380kV-aansluitverbinding een negatief effect heeft op de spanningshuishouding. Locaties voor een converterstation op grotere afstand dan 6 kilometer van een aansluitstation worden om deze redenen dan ook uitgesloten.
- **Ruimtebehoefte en -beschikbaarheid**. Een converterstation is circa 25 meter hoog en vereist minimaal 5,5 hectare voor de gebruiksfase en daarnaast tijdelijk circa 2 hectare voor werk- en bouwruimte. Locaties moeten deze ruimte nu beschikbaar hebben, of

redelijkerwijs beschikbaar kunnen krijgen (bijvoorbeeld via herstructurering of toekomstige planologische mogelijkheden).

- **Afstand tot woningen**. Er wordt een afstand van minimaal 200 meter tot woningen aangehouden om omgevingsbelasting te beperken en eventuele geluidhinder tot een aanvaardbaar niveau te kunnen beperken. Deze richtafstand is op basis van *expert judgement* gekozen om potentieel mogelijke locaties niet vroegtijdig uit te sluiten, maar wordt in de vervolgprocedure verder onderbouwd (bijv. met akoestisch onderzoek). Omdat omwonenden zich zorgen kunnen maken over magneetvelden, is het relevant om op te merken dat de grenswaarde van magneetvelden (0,04 mT) naar verwachting binnen de terreingrenzen van het converterstation liggen. In de vervolgprocedure wordt hier aandacht aan besteed.
- **Uitsluiting van Natura 2000-gebieden**. In Natura 2000-gebieden worden geen converterstations geplaatst, omdat converterstations door omvang, grondwerk en bouwactiviteiten grote kans hebben om tot permanente significant negatieve effecten te leiden op aangewezen soorten en/of habitattypen. Plaatsing in Natura 2000 lijkt dan ook niet realistisch.
- **Onverenigbare functies en veiligheidsafstanden.** Er wordt rekening gehouden met veiligheidsafstanden tot risicovolle activiteiten, buisleidingen en hoogspanningsverbindingen. Daarnaast wordt rekening gehouden met kernzones van waterkeringen en infrastructuur (wegen, spoorwegen en vaarwegen). Hiermee wordt de kans op conflicten met (water)veiligheid, partijen van derden (b.v. eigenaren van infrastructuren) en vergunningverlening geminimaliseerd.
- **Uitsluiting van archeologische monumenten.** Archeologische (rijks)monumenten zijn uitgesloten vanwege het beleid gericht op in situ behoud en het risico op onherstelbare verstoring van archeologische waarden. Converterstations vereisen ingrepen in de ondergrond zoals voor fundatie, kabelaanlandingen en bouwlogistiek, hetgeen in principe niet is te verenigen met aanwezige waarden in de ondergrond.
- **Andere functies: zachte belemmeringen en koppelkansen**. Bij de afweging worden ook andere functies betrokken die geraakt kunnen worden. Sommige functies vormen zachte belemmeringen, zoals landbouw, landschap, recreatie en niet-beschermde natuur. Zachte belemmeringen worden bij voorkeur vermeden, echter afhankelijk van de aard van de belemmering kan raakvlak aangegaan worden indien er geen redelijke alternatieven zijn. Andere functies kunnen koppelkansen vormen, zoals plaatsing bij of op een bedrijventerrein waar kans is dat een converterstation aansluit bij de functie en het karakter van het gebied.

3.5 Resultaat selectie zoekgebieden converterstations

In Figuur 3-2 staat een landelijk overzicht van de selectie van zoekgebieden voor converterstations. Deze selectie is voortgekomen uit de verschillende werksessies die zijn georganiseerd met het ministerie van EZK, TenneT, provincies en betrokken gemeenten. Per aansluitstation zijn zoekgebieden op kaart gezet. In hoofdstuk 7 en het Alternatievendocument zijn deze zoekgebieden per aansluitstation in meer detail weergegeven.



Figuur 3-2 Overzicht zoekgebieden converterstations

4 Uitgangspunten voor en selectie van kabelroutes

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd zijn voor het ontwerpen en beoordelen van de kabelroutes. Eerst wordt de methodiek van de tracering toegelicht, daarna volgt een overzicht van de kabelroutes die beoordeeld zijn in de effectbeoordeling.

4.2 Methodiek tracering kabelroutes

Om te komen tot kabelroutes die in de voorverkenning zijn beoordeeld, is een stapsgewijze methode gehanteerd. De methode combineert een GIS-analyse met inhoudelijke optimalisaties. De resultaten van deze stap zijn in werksessies met EZK, TenneT, de provincies en Rijkswaterstaat verder geoptimaliseerd.

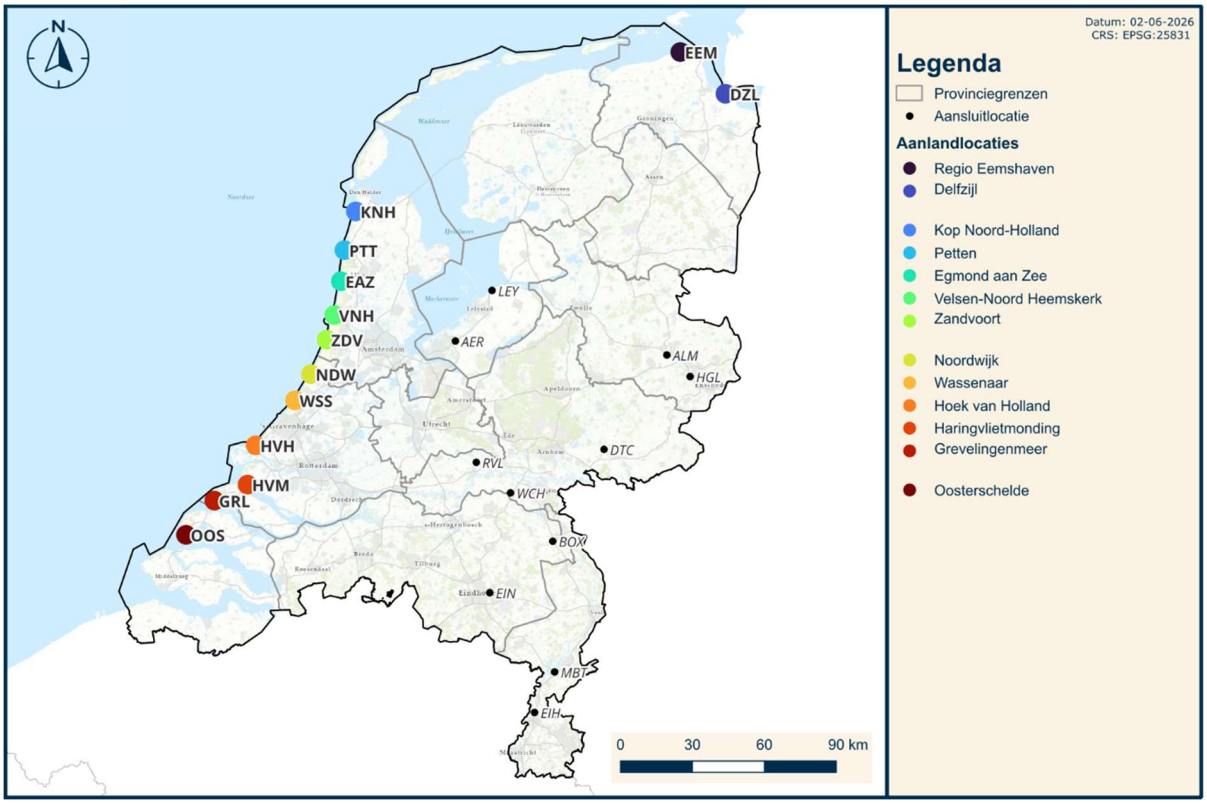
Parallel hieraan wordt bezien of reserveringsgebieden en indicatieve buisleidingenstroken uit het PEH I mogelijk benut kunnen worden. In deze voorverkenning is het uitgangspunt dat dit niet wordt uitgesloten, maar dat er ook naar alternatieven wordt gekeken.

4.3 Inventarisatie van aanlandlocaties

Bij de ontwikkeling van de kabelroutes is onderscheid gemaakt tussen routes op zee en routes op land. Voor de routes op zee is aangesloten bij de routes zoals verkend in pVAWOZ. Het beginpunt van deze zeeroutes ligt bij windenergiegebied 6/7. Het eindpunt van de zeeroutes ligt bij de aanlandlocaties in het kustgebied. De aanlandlocaties vormen daarmee ook het beginpunt voor de routes op land. De selectie van deze aanlandlocaties is daarom belangrijk voor de ontwikkeling van de landroutes. De eindpunten van landroutes zijn de aansluitstations in het binnenland.

Een aanlandlocatie is niet op ieder punt langs de Nederlandse kust mogelijk. Dit heeft te maken met gebiedsfuncties of kenmerken zoals o.a. aanwezige Natura 2000-gebieden, bodemmorfologie, defensiefuncties, zonering voor zandwinning of de beschikbare ruimte die nodig is voor een haalbare technische uitvoering. In de Voorverkenning Diepe Aanlandingen zijn potentiële aanlandlocaties op een gestructureerde wijze verkend. Deze werkwijze is in meer detail beschreven in het Alternatievendocument (Bijlage 2).

Als startpunt zijn mogelijke aanlandlocaties genomen die zijn onderzocht in lopende programma's voor net op zee-verbindingen, zoals pVAWOZ en PAWOZ-Eemshaven. Voor deze locaties is beoordeeld in hoeverre zij potentieel geschikt zijn voor een diepe aanlanding. Daarnaast zijn nieuwe mogelijke aanlandlocaties geïnventariseerd op basis van de breedte van Natura 2000-gebieden bij de kust en hun geografisch ligging ten opzichte van de aansluitstations. Omdat open ontgraving in de kustzone naar verwachting kan leiden tot niet-vergunbare schade aan beschermde habitattypen, is uitgangspunt dat Natura 2000-gebieden met een boring worden gepasseerd. Alleen locaties waar dit indicatief met een boring van circa 1.200 meter mogelijk is, of waar routes langs of onder bestaande weginfrastructuur kunnen worden ingepast, zijn als realistisch beschouwd. Een overzicht van de aanlandlocaties die worden beschouwd voor een diepe aanlanding, is weergegeven in Figuur 4-1. Een nadere toelichting van de redenatie achter iedere aanlandlocatie is uitgewerkt in het Alternatievendocument (Bijlage 2).



Figuur 4-1 Overzichtskaart aanlandlocaties in onderzoek voor een diepe aanlanding

4.4 Stap 1: Bepaling uitgangspunten kabelroutes op land

Voor de ontwikkeling van de routes op land zijn vervolgens beperkingen voor kabelroutes geïdentificeerd. Deze beperkingen zijn gebaseerd op traceringsprincipes van TenneT en ervaringen uit voorgaande net op zee-projecten. Daarbij geldt als uitgangspunt een voorkeur voor een zo kort mogelijke route aangezien dit in beginsel leidt tot minder ruimtebeslag, een kortere aanlegperiode, minder raakvlakken met functies en belangen in de omgeving en daarmee tot een beperktere ruimtelijke impact. Ook vanuit kosten en uitvoerbaarheid is een kortere route doorgaans gunstiger.

De aanlegtechniek voor de kabelroutes is afhankelijk van lokale omstandigheden en de verdere ontwikkeling van techniek. Omdat in deze fase nog niet bekend is waar de bodem daadwerkelijk wordt vergraven en waar bijvoorbeeld boringen of andere aanlegtechnieken nodig zijn, is voor de eerste beoordeling uitgegaan van open ontgraving als aanlegmethode. Dit is een worst-case benadering, omdat hiermee wordt uitgegaan van de aanlegtechniek met de grootste ruimtelijke en milieueffecten. Routes die onder deze aanname uitvoerbaar lijken, bieden daarmee een robuust uitgangspunt voor de verdere uitwerking.

Harde beperkingen

Harde beperkingen zijn gebieden of functies die zoveel mogelijk worden vermeden, omdat kruisen hiervan leidt tot onuitvoerbare situaties of er kans bestaat op onaanvaardbare en/of permanente negatieve effecten. De harde beperkingen bestaan uit:

- Bevolkingskernen;

- Bedrijventerreinen[9] en aaneengesloten, grootschalige kassencomplexen;
- Waterwingebieden[10];
- Archeologische monumenten;
- Defensiegebieden (oefenterreinen voor explosieven).

Zachte beperkingen
Zachte beperkingen zijn functies die wel te kruisen zijn, maar waarbij potentiële negatieve effecten, risico's op vergun- of uitvoerbaarheid of onevenredig hoge kosten ontstaan. Voorbeelden van zachte belemmeringen zijn Natura 2000, NNN-gebieden, infrastructuur, risicovolle activiteiten, luchthavens en waterkeringen.

Weging van beperkingen
Aan alle geïdentificeerde beperkingen is een weging toegekend. Deze weging geeft aan hoe zwaar een beperking meeweegt bij het bepalen van mogelijke kabelroutes. Hoe hoger de weging, hoe minder wenselijk het is om een gebied of functie te doorkruisen. Harde beperking krijgen de zwaarste weging (weging 1) en zachte beperkingen de lichtere wegingen (weging 2 t/m 4). De weging is daarmee geen absolute beoordeling van vergunbaarheid, maar een hulpmiddel om in een vroeg stadium op een navolgbare en consistente manier onderscheid te maken tussen meer en minder redelijke kabelroutes.

De toegekende wegingen zijn gebaseerd op twee hoofdcriteria:

- De aard en duur van mogelijke effecten: hierbij is gekeken of effecten naar verwachting tijdelijk of permanent zijn. Ook is beoordeeld of een beperking risico's kan opleveren voor de aanleg, instandhouding of exploitatie van het kabelsysteem. Een gebied waar een effect tijdelijk en goed herstelbaar is, krijgt in beginsel een lagere weging dan een gebied waar een effect langdurig, permanent of risicovol voor de kabel kan zijn.
- De ernst van het potentiële effect en de mogelijkheden voor mitigatie: hierbij is gekeken naar de omvang en ernst van mogelijke negatieve effecten en naar de mate waarin deze effecten kunnen worden voorkomen, beperkt of hersteld. Als effecten goed te mitigeren zijn, kan een beperking minder zwaar wegen. Als effecten moeilijk te mitigeren zijn of kunnen leiden tot onaanvaardbare gevolgen voor bijvoorbeeld veiligheid, drinkwaterwinning, archeologische waarden, natuur of bestaande functies, krijgt de beperking een hogere weging.

De wegingen zijn toegepast in een GIS-tool. In deze tool zijn de relevante ruimtelijke gegevens opgenomen en gekoppeld aan een wegingsfactor. De GIS-tool gebruikt deze wegingsfactoren om routes te genereren die beperkingen zoveel mogelijk vermijden. Wanneer het niet mogelijk is om alle beperkingen te vermijden, kiest de tool bij voorkeur voor een route waarbij de minst zwaarwegende beperking wordt doorkruist. Zwaarder wegende beperkingen worden daardoor

[9] Dit sluit niet uit dat bedrijventerreinen geschikt kunnen zijn voor een converterstation. Indien een aansluitpunt op of nabij een bedrijventerrein ligt, kan kruising of ligging binnen het terrein noodzakelijk zijn en wordt dit projectspecifiek nader beoordeeld.
[10] Het waterwingebied in de duinen bij Wassenaar maakt onderdeel uit van de noodzakelijke kustpassage voor deze aanlandlocatie. Aanlandlocatie Wassenaar is in pVAWOZ aangemerkt als complex, maar niet onhaalbaar. Omdat in Zuid-Holland bijna het gehele duingebied als waterwingebied is aangehouden, zou toepassing als harde beperking ertoe leiden dat mogelijk realistische kabelroutes hier bij voorbaat worden uitgesloten. Dit specifieke gebied wordt daarom niet als harde uitsluitingsgrond gehanteerd, maar als zwaarwegende randvoorwaarde.

alleen geraakt wanneer er geen haalbaar alternatief beschikbaar is. De wegingen zijn uitgewerkt in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Weging zachte beperkingen

Type weging	Criteria	Toelichting
Weging 1	• Bevolkingskernen • Bedrijventerreinen en kassencomplexen • Waterwingebied • Archeologische monumenten • Defensiegebieden (oefenterreinen explosieven)	
Weging 2	• Natura 2000-gebieden: kwetsbare natuur op land en oppervlakte waterlichamen • AMK-terreinen met zeer hoge archeologische waarde • Bossen aangewezen als NNN • Buisleidingen • Spoorwegen • Hoogspanning (ondergronds) • Risicovolle activiteiten (inclusief PR10^{-6} contour van windturbines (val- en werpafstand) • Waterkeringen • Landingsbanen van luchthavens	Permanente en niet of moeilijk mitigeerbare effecten worden voorzien voor de beschermde (natuur)gebieden in deze weging. Buisleidingen, spoorwegen en ondergrondse hoogspanning in hoogste weging omdat tussen deze infrastructuur en elektriciteitskabel negatieve permanente beïnvloeding kan plaatsvinden als niet genoeg afstand wordt aangehouden. Windturbines kunnen een risico zijn voor de elektriciteitskabel met permanente effecten tot gevolg. Daarom wordt de PR 10^{-6} contour van windturbines zo veel mogelijk vermeden.
Weging 3	• NNN zonder bos • Unesco Werelderfgoed • Behoudenswaardige archeologische terreinen (AMK-terreinen) met hoge archeologische waarde	De effecten op de (natuur)gebieden in weging 3 kunnen zowel tijdelijk als permanent van aarde zijn, maar de impact wordt minder ernstig ingeschat onder andere vanwege mogelijkheden voor mitigatie. Voor Unesco speelt daarbij dat raakvlakken afhangen van de waarden waarvoor het gebied is aangewezen.
Weging 4	• AMK-terreinen met gemiddelde archeologische waarde • Hoogspanning (bovengronds) • Wegen • Vaarwegen	De criteria in deze weging kunnen tijdelijk effect ondervinden van een diepe aanlanding. Om het kruisen van infrastructuur zo veel mogelijk te beperken wordt infrastructuur in weging 4 geplaatst. Daarnaast zijn de effecten goed te mitigeren. Daarbij is het voor het criterium “AMK-terreinen met gemiddelde archeologische waarde” op voorhand onduidelijk of er daadwerkelijk een effect zal optreden. Hier is de specifieke diepte van de archeologische vondsten bepalend voor het effect.

Op deze manier ontstaat een eerste, systematische ontwerpstap voor de kabelroutes. Daarbij zijn twee ontwerpen opgesteld om iedere aanlandlocatie aan de kust te verbinden met ieder aansluitstation. Het eerste ontwerp is gebaseerd op het vermijden van harde beperkingen. Dit geeft inzicht in routes die de meest bepalende belemmeringen zoveel mogelijk ontzien. Het tweede ontwerp is geoptimaliseerd op basis van zowel harde als zachte beperkingen. Daarmee wordt ook rekening gehouden met gebieden of functies waar kruising niet op voorhand uitgesloten is, maar wel minder wenselijk kan zijn vanwege mogelijke effecten, uitvoeringsrisico’s of aandachtspunten voor vergunningverlening.

4.5 Stap 2: Eerste selectie en optimalisatie

Om te komen tot onderscheidende en navolgbare alternatieven is per aansluitstation een beperkt aantal routes ontwikkeld. Daarmee wordt het aantal mogelijke routevarianten teruggebracht tot een set alternatieven die voldoende onderscheidend is voor de verdere beoordeling in het MER en voor de besluitvorming. In eerste selectie zijn daarom voor ieder aansluitstation de kortste kabelroutes geselecteerd op basis van harde beperkingen en op basis van een combinatie van harde en zachte beperkingen[11]. De geselecteerde kabelroutes zijn vervolgens geoptimaliseerd aan de hand van de volgende traceringsprincipes:

- Zoveel mogelijk bundeling met bestaande infrastructuur, voor zover dit de totale ruimtelijke impact kan beperken doordat beschermings- en beheerzones kunnen overlappen. Dit geldt met name voor wegen, spoorwegen en waterwegen.
    - Hierbij geldt wel dat bestaande infrastructuur langdurig ongestoord bereikbaar moet blijven voor onderhoud en mogelijke uitbreidingen. Dit maakt ligging in, of direct naast, bermen complex.
    - Bundeling met energiehoofdinfrastructuur kent specifieke beperkingen die, wanneer voor deze route wordt gekozen, nader onderzoek vereisen. Dat gaat o.a. over veiligheid, parallelligging van buisleidingen en kabels over grotere afstanden en toekomstbestendigheid van buisleidingenstroken
- Beperken van kruisingen met watergangen en infrastructuur; waar kruisingen noodzakelijk zijn, bij voorkeur loodrecht;
- Voorkomen van parallelligging met buisleidingenstroken op korte afstand (enkele meters) vanwege kans op beïnvloeding van buisleidingen en beperkingen voor onderhoud;
- Mogelijkheden waarbij, onder voorwaarde van ecologische aanvaardbaarheid, een ligging in of langs watergebonden Natura 2000-gebieden wordt verkend wanneer dit leidt tot een duidelijke verkorting van de landroute (zoals IJssel-, Marker-, Grevelingenmeer en Oosterschelde);
- Mogelijkheden tot bundeling of combineren van corridors richting verschillende aansluitstations.

Vervolgens is op basis van de traceringsprincipes een optimalisatieslag uitgevoerd op de kortste routes die zijn ontwikkeld op basis van harde en zachte beperkingen. Voor het ontwikkelen van aanvullende, onderscheidende alternatieven is voor deze routes daarnaast gekeken naar mogelijkheden voor parallelligging met bestaande of in voorbereiding zijnde infrastructuur en naar koppelkansen met een HVDC-schakelstation. Dit resulteerde in vijf onderscheidende kabelroutes vanaf de aanlanding bij de kust naar een aansluitstation opgesteld:

- Kortst mogelijke route op basis van harde beperkingen;
- Kortst mogelijke route, geoptimaliseerd op basis van harde en zachte beperkingen;
- Route geoptimaliseerd op basis van parallelligging met infrastructuur;
- Route geoptimaliseerd op basis van koppelkansen met een HVDC-schakelstation in Noord-Holland;

[11] De routes vanaf de Eemshaven zijn alleen realiseerbaar indien een tunnelroute onder de Waddenzee kan worden aangelegd. Over de technische haalbaarheid, vergunbaarheid en uitvoerbaarheid van een dergelijke tunnel bestaan op dit moment nog aanzienlijke onzekerheden. Daarom zijn aanvullend ook kortste routes vanaf aanlandlocaties langs de Noordzeekust onderzocht voor aansluitstations Almelo, Hengelo en Doetinchem.

- Route geoptimaliseerd op basis van koppelkansen met een HVDC-schakelstation in Zuid-Holland.

Deze routes hebben op kaart een kleur gekregen (Figuur 4-2) en als routenaam een code (Tabel 4-2).

Tabel 4-2 Type route, kleur op kaarten en codes als route-aanduidingen

Type route (kleur op kaart)	Code
Kortst mogelijke route op basis van harde beperkingen (blauw)	-k
Kortst mogelijke route, geoptimaliseerd op basis van harde en zachte beperkingen (oranje)	-o
Route geoptimaliseerd o.b.v. parallelligging met infrastructuur (zwart)	-i
Route geoptimaliseerd o.b.v. koppelkansen met HVDC-schakelstation in Noord-Holland (groen)	-hnh
Route geoptimaliseerd o.b.v. koppelkansen met HVDC-schakelstation in Zuid-Holland (bruin)	-hzh

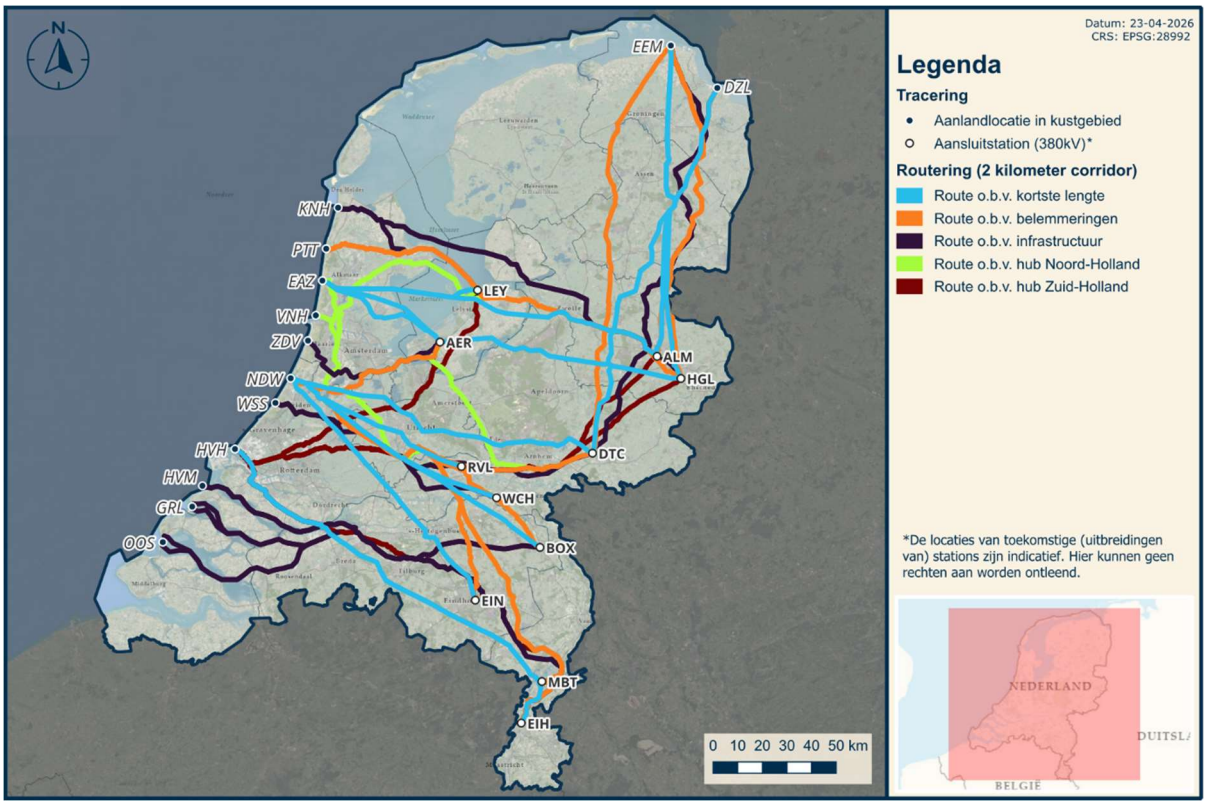
In de voorverkenning zijn routeprincipes geïnventariseerd en heeft geen gedetailleerde verkenning van lokale kenmerken van de omgeving plaatsgevonden. Bij de kabelroutes wordt om die reden uitgegaan van een 2 kilometer zoekzone die betrokken wordt bij de effectbeoordeling. In de vervolgfasen is gedetailleerd routeontwerp nodig waarbij aandacht is voor lokale optimalisatie in/nabij de kabelroute zodat bij de tracering zoveel als mogelijk rekening wordt gehouden met lokale kenmerken.

4.6 Stap 3: Optimalisatie op basis van werksessies

De kabelroutes zijn besproken en aangescherpt in werksessies met het ministerie van EZK, TenneT, de provincies en Rijkswaterstaat. Met de werksessies is informatie opgehaald over lokale ontwikkelingen, ruimtelijke opgaven, belemmeringen en kansen voor de kabelroutes. De voornaamste knelpunten waarvoor optimalisaties hebben plaatsgevonden aan de hand van de werksessies zijn:

- Ligging rond grote industrieclusters, zoals Europoort en het Noordzeekanaalgebied;
- Grootschalige natuurgebieden, zoals de Utrechtse Heuvelrug, de Veluwe en de Drentsche Aa;
- Waterlichamen, zoals het IJssel- en Markermeer (ligging langs Houtribdijk) en oversteek van de Maas;
- Prioritering in parallelligging met infrastructuur (lokale voorkeur voor het volgen van hoogspanning of wegen).

Deze definitieve kabelroutes vormen de basis voor de effectbeoordeling en zijn weergegeven in Figuur 4-2.



Figuur 4-2 Overzicht selectie kabelroutes

Bundeling

Het bundelen van kabelroutes, waarbij de routes naar verschillende aansluitstations over een deel van de routes naast elkaar gelegd worden, kan voordelen opleveren. Voordelen kunnen zijn:

- **Ruimtebesparing**: boven de kabels is geen bebouwing mogelijk, door de kabelroutes naast elkaar te leggen, wordt de ruimte die niet bebouwd kan worden beperkt, de ondergrond wordt efficiënter gebruikt en versnippering wordt verminderd.
- **Beheerbaarheid**: Bundeling maakt het eenvoudiger om onderhoud en beheer uit te voeren, omdat slechts één (bredere) route gemonitord hoeft te worden in plaats van meerdere routes.
- **Potentieel minder milieueffecten**: minder nieuwe doorsnijding van functies en waarden en de ondergrond is al (enigszins) verstoord. Of bundeling tot minder milieueffecten leidt is sterk afhankelijk van de locatie en het type effect. Bij gelijktijdige aanleg van de kabelroutes zal dit meestal wel het geval zijn. Wanneer de tweede route later wordt aangelegd, is de kans op minder milieueffecten beperkter.
- **Beperken van hinder**: Door werkzaamheden te concentreren in één zone wordt overlast voor de omgeving beperkt. Dit is vooral het geval bij gelijktijdige aanleg omdat effecten lokaal eenmalig optreden en niet herhaald of op meerdere locaties.

Bij het bepalen van de routes is nu nog geen rekening gehouden met mogelijke bundeling aangezien het afhankelijk is van de resultaten van de effectbeoordelingen of bundeling relevant is. Niet bij elke combinatie van aansluitstations en kabelroutes is bundeling toepasbaar.

5 Uitgangspunten en selectie locaties HVDC-schakelstations

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd zijn voor het zoeken naar beschikbare ruimte voor HVDC-schakelstations. Een beschrijving van het proces van de totstandkoming van de alternatieven, is ook te vinden in het Alternatievendocument.

5.2 Methodiek bepaling mogelijke locaties HVDC-schakelstation

HVDC-schakelstations kunnen een potentiële nieuwe oplossing zijn om het elektriciteitsnetwerk te versterken. Bij de keuze over diepe aanlanding kan een eventuele combinatie met een HVDC-schakelstation mogelijk extra kansen bieden. TenneT heeft daarom verzocht om ook alvast te verkennen of er ruimtelijke mogelijkheden zijn voor het plaatsen van HVDC-schakelstations in de verbindingen tussen Rotterdam/Noordzeekanaalgebied en diepe aanlandingen. Er is nog veel onbekend over de precieze kansen en meerwaarde van HVDC-schakelstations in het energiesysteem van de toekomst. Dit wordt onder andere verder onderzocht in PEH II.

In de eerste fase is door TenneT onderzocht waar locaties voor HVDC-schakelstations, rekening houdend met de aansluitstations van pVAWOZ, vanuit systeemperspectief in potentie meerwaarde bieden. Potentiële locaties voor HVDC-schakelstations zijn beoordeeld op basis van drie criteria:

- Huidige en toekomstige verwachte vraag en aanbod van elektriciteit nabij de pVAWOZ aansluitstations in combinatie met een diepe aanlanding;
- Bijdrage aan het ontlasten van (wind gedreven) knelpunten in het netwerk door te kijken naar zowel situaties met veel en weinig wind;
- Mogelijkheden voor verbondenheid met het buitenland of voorziene grote energievraag.

TenneT heeft aangegeven dat een HVDC-schakelstation in het westen van het land nuttig kan zijn om het net te ontlasten omdat dit transport beperkt over het 380kV-hoogspanningsnet van wind van zee richting gebieden op afstand van de kust of juist naar de kust bij windluwte. Aansluitstations waarbij HVDC-schakelstations het meest geschikt zijn, liggen in/nabij de Amsterdamse en Rotterdamse havengebieden. Deze locaties worden gekenmerkt door een zeer grote en groeiende elektriciteitsvraag vanuit de industrie. Daarnaast is er een variatie van verbruik, opwek, conversie en opslag aanwezig, waardoor een HVDC-schakelstation hier een nuttige toevoeging kan zijn.

In deze voorverkenning is voor de mogelijke toepassing van HVDC-schakelstations verkend of er in of nabij het Amsterdamse en Rotterdamse havengebied ruimte beschikbaar is, of zicht is op ruimte, voor een HVDC-schakelstation. Het doel van deze stap was om vast te stellen of schakelstations als ruimtelijk reële optie kunnen worden meegenomen in het verdere proces (b.v. voor het ontwerp van kabelroutes). De gebieden waar een schakelstation in potentie ruimtelijk zou kunnen passen, zijn in samenspraak met de provincies geïdentificeerd. Deze gebieden zijn in deze fase nog niet inhoudelijk beoordeeld in de effectbeoordeling.

Verbondenheid met het buitenland middels interconnectie kan mogelijk van meerwaarde zijn voor een HVDC-schakelstation met een diepe aanlanding. Hierbij kan worden gedacht aan uitwisseling van stroom ten tijde van weinig wind. In de voorverkenning is de mogelijkheid van interconnectie

meegenomen, maar de keuze of interconnectie gewenst is, wordt niet in de voorverkenning gemaakt.

5.3 Uitgangspunten HVDC-schakelstation

De gehanteerde uitgangspunten voor een HVDC-schakelstation zijn:

- Op het schakelstation kan elektriciteit van zee verdeeld worden naar minimaal twee converterstations door middel van gelijkstroomkabels (DC).
- Een schakelstation beslaat, afhankelijk van het aantal aanlandingen (2x 2 GW of 3x 2 GW), tussen de 11 en 17 hectare.
- Alleen de converterstations die vanuit pVAWOZ en de voorverkenning ontwikkeld worden, komen in aanmerking voor een schakelstation omdat deze technisch geschikt gemaakt kunnen worden voor een aansluiting op een schakelstation.
- Het besluitvormingsproces van pVAWOZ is leidend voor deze voorverkenning. Daarmee zal de implementatie van een HVDC-schakelstation niet leiden tot aanpassingen van de voorkeursalternatieven van pVAWOZ.

Voor het onderzoek naar ruimtelijke inpassing van HVDC-schakelstations is aangesloten bij de methodiek van de ruimtelijke selectie van converterstation zoekgebieden uit paragraaf 3.4. Daarbij worden dezelfde uitgangspunten gehanteerd, met uitzondering van de 6 kilometer afstand tot een aansluitstation aangezien het schakelstation verbonden is door middel van gelijkstroomkabels (DC). Wel verdient het de voorkeur om het HVDC-schakelstation zo dicht mogelijk bij een pVAWOZ-route te realiseren, omdat het schakelstation aangesloten moet worden op een DC-kabelsysteem.

5.4 Resultaat selectie locaties voor HVDC-schakelstation

Vanuit de beschreven uitgangspunten en afwegingskader zijn twee generieke zoekgebieden geïdentificeerd voor een HVDC-schakelstation in Noord- en Zuid-Holland.

5.4.1 HVDC-schakelstation Noord-Holland

De converterstationlocaties die in pVAWOZ zijn onderzocht in het Noordzeekanaalgebied waarvoor een schakelstation mogelijk is, worden aangesloten op 380kV-hoogspanningsstation A9-Zuid en 380kV-hoogspanningsstation Vijfhuizen. Hiervan is op dit moment alleen het 380kV-hoogspanningsstation A9-Zuid een aansluitstation voor één van de voorkeursalternatieven uit pVAWOZ. Er zijn meerdere routes naar dit aansluitstation mogelijk, via Velsen-Noord – Heemskerk (voorkeur) en via Egmond aan Zee (terugvaloptie). In overleg met de Provincie Noord-Holland, in combinatie met de ruimtelijke analyse, zijn in Noord-Holland meerdere gebieden geïdentificeerd waar een HVDC-schakelstation ruimtelijk redelijkerwijs mogelijk is. De voornaamste locatie hiervoor is de Haven van Amsterdam, waarbij een HVDC-schakelstation bereikbaar is via routes uit beide aansluitstations. Andere mogelijkheden zijn het terrein van Tata Steel Nederland en bedrijventerrein de Pijp. Deze gebieden zijn alleen bereikbaar met de routes binnen pVAWOZ via de aanlandlocatie Velsen-Noord Heemskerk.

5.4.2 HVDC-schakelstation Zuid-Holland

De converterstationlocaties die in pVAWOZ zijn onderzocht in Zuid-Holland waarvoor een schakelstation mogelijk is, worden aangesloten op het toekomstige 380kV-hoogspanningsstation

Europoort. De kabelroute voor het voorkeursalternatief naar Europoort in pVAWOZ gaat via aansluitstation Hoek van Holland. In overleg met de Provincie Zuid-Holland, in combinatie met de ruimtelijke analyse, is in Zuid-Holland het Rotterdamse Havengebied geïdentificeerd als locatie waar een schakelstation ruimtelijk mogelijk kan zijn. Binnen dit gebied, dat ook in pVAWOZ is aangewezen als zoekgebied voor converterstation, ontstaan op termijn, door een ruimtelijke transitie van dit zoekgebied, mogelijk na 2035 ook kansen voor het realiseren van een schakelstation.

6 Effectbeoordeling energiesysteem

Dit hoofdstuk bevat een overzicht van de resultaten van de energiesysteemanalyse en de effectbeoordeling energiesysteem. Dit hoofdstuk start met een inleiding, waarin besproken wordt wat een energiesysteemanalyse inhoudt en relevante aspecten zijn. Daarna volgt een omschrijving van het beoordelingskader. Daarna volgen de resultaten per regio en overkoepelende resultaten en bijbehorende effectbeoordeling.

Dit hoofdstuk is een samenvatting van de resultaten van de energiesysteemanalyse en effectbeoordeling. Een uitgebreider overzicht is te vinden in de Bijlage Energiesysteemanalyse.

6.1 Inleiding

De energiesysteemanalyse richt zich op het toekomstige energiesysteem, in 2040 en 2050. Vanwege de hoge ambitie voor wind op zee en de grote uitdagingen voor de uitbreidingen aan het hoogspanningsnet is een efficiënte inpassing van windparken op zee in het energiesysteem een uitdaging en van groot belang.

Bij de impact op het elektriciteitssysteem is de cumulatieve impact van verschillende mogelijke diepe aanlandingen van belang, aangezien alle ontwikkelingen van het energiesysteem invloed op elkaar hebben en samenkomen op het hoogspanningsnet. Daarom is ook de wisselwerking met overige ontwikkelingen in het energiesysteem van belang, zoals aansluiting van wind op zee aan de kust, uitbouw van kernenergie en elektrificatie van de industrie en overige sectoren. De ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, overige opwekbronnen en flexibele bronnen zoals omzetten van elektriciteit naar waterstof met elektrolysers en opslag van elektriciteit bepalen hoe en waar de windenergie benut wordt en daarmee waar de geproduceerde elektriciteit het meest efficiënt op het hoogspanningsnet ingevoed kan worden. Daardoor is de meest efficiënte inpassing van wind op zee in het energiesysteem afhankelijk van deze overige ontwikkelingen. Dit vraagt om een integrale benadering van het hele energiesysteem. De energiesysteemanalyse in deze studie beschouwt specifiek de inpassing van diepe aanlanding van wind op zee, waarbij de afhankelijkheden van overige ontwikkelen worden beschreven. In de Integrale Effectenanalyse en energiesysteemanalyse van PEH II wordt een bredere set aan ontwikkelingen van het energiesysteem tegen elkaar afgewogen.

6.1.1 Het toekomstige energiesysteem: scenario's voor toekomstige ontwikkelingen

In de energiesysteemanalyse wordt een inschatting gemaakt van de impact van diepe aanlandingen van wind op zee in het toekomstige energiesysteem, in 2040 en 2050. Het is op dit moment nog niet duidelijk hoe de wereld er in 2040 en 2050 uit zal zien en hoe het energiesysteem zich zal ontwikkelen. Daarom wordt gebruik gemaakt van verschillende **scenario's** voor de ontwikkeling van het energiesysteem. Deze scenario's hebben verschillende uitgangspunten over toekomstige ontwikkelingen, bijvoorbeeld over de rol van waterstofdragers of de mate van zelfvoorzienendheid van het Nederlandse energiesysteem. Er worden integrale scenario's gebruikt. Deze integrale scenario's beschrijven het totaal van vraag, aanbod, flexibiliteit en energie-infrastructuur voor alle sectoren en alle energiedragers in volumes. De scenario's hebben een nationale uitwerking (hoeveel vraag, opwek, flexibiliteit en energie-infrastructuur in heel Nederland), maar ook een ruimtelijke verdeling (waar wordt deze vraag, opwek, flexibiliteit en energie-infrastructuur gerealiseerd).

De belangrijkste trends die toekomstscenario's voor het energiesysteem laten zien zijn:

- **Elektrificatie energievraag**. Op dit moment wordt het grootste deel van de energievraag in Nederland ingevuld met fossiele brandstoffen. Deze fossiele energievraag moet worden verduurzaamd en hiervoor is elektrificatie (bijvoorbeeld warmtepompen en elektrische voertuigen) de belangrijkste optie. Het is de verwachting dat de elektriciteitsvraag daardoor fors zal stijgen en in 2050 drie tot vijf keer zo hoog is als nu. Naast elektrificatie zal in het toekomstige energiesysteem naar verwachting ook gebruik gemaakt worden van schone gassen, duurzame warmte en biobrandstoffen.
- **Toename hernieuwbare opwek.** Om in de groeiende vraag van elektriciteit te voorzien en de elektriciteitsvoorziening verder te verduurzamen zal het aanbod van windenergie (op land en op zee) en zonne-energie verder moeten toenemen. In scenario's voor 2050 ligt de productie van deze bronnen tot tien keer zo hoog als nu. Het is de verwachting dat wind op zee de belangrijkste bron van hernieuwbare elektriciteit zal zijn.
- **Van vraaggestuurd naar aanbodgestuurd elektriciteitssysteem.** In het verleden werd het grootste deel van de elektriciteitsvraag ingevuld door productie van regelbare elektriciteitscentrales, waarbij de productie de vraag volgt. In het toekomstige energiesysteem zal het grootste deel van de elektriciteitsproductie komen van zonne-energie en windenergie, waarvan de productie weers- en tijdsafhankelijk is. Dit betekent dat er bronnen van flexibiliteit, zoals batterijen en elektrolysers, nodig zullen zijn om de productie in balans te brengen met de vraag.

Voor de Voorverkenning Diepe Aanlandingen wordt gebruik gemaakt van de scenario's en de energiesysteemanalyses van het PEH II. De scenario's die in 2025 door Netbeheer Nederland ontwikkeld zijn vormen de basis voor deze analyses. Er zijn vier scenario's ontwikkeld door Netbeheer Nederland. Drie scenario's zijn hoekpunten van de mogelijke ontwikkelingen, elk met een focus op verschillende energiedragers ('Eigen Vermogen' met focus op elektriciteit, 'Horizon Aanvoer' met focus op waterstofdragers en 'Gezamenlijke Balans' met focus op (groen) gas en biomassa). Daarnaast is er één centraal scenario, 'Koersvaste Middenweg'. Elk van deze scenario's gaat uit van het behalen van de doelstelling voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050, maar de wijze waarop dit bereikt wordt verschilt dus.

Er zijn daarnaast voor zowel 2040 als 2050 ruimtelijke en energetische varianten opgesteld die worden doorgerekend en onderwerp van onderzoek zijn voor PEH II. Een aantal varianten, dat bestaat uit aanpassingen op het centrale scenario Koersvaste Middenweg, geven specifiek inzicht in de effecten van diepe aanlanding op het elektriciteitssysteem. In deze varianten wordt de locatie van diepe aanlanding gevarieerd om de impact van diepe aanlanding op verschillende locaties te bepalen. De inzichten van de netdoorrekeningen worden gebruikt om per aansluitregio uitspraken te doen over de effecten van de diepe aanlanding van wind op zee in die regio.

Een uitgebreide omschrijving van de scenario's en varianten is te vinden in de concept-NRD van PEH II[12].

[12] Concept-NRD PEH II.

Potentie van HVDC-schakelstations in het energiesysteem
De diepe aanlanding van wind op zee kan gezien worden als eenrichtingsverkeer – er is alleen sprake van aanbod op het station waarop de diepe aanlanding wordt aangesloten. Dit is ook in de scenario's en varianten op deze manier doorgerekend. Het is ook mogelijk om een HVDC-schakelstation te realiseren. Bij een HVDC-schakelstation wordt de kabel vanaf het windpark op zee richting het aansluitstation voor de diepe aanlanding gekoppeld aan een aanlandlocatie aan de kust. Dat heeft als voordeel dat als er aanbod op twee plekken in het land is en er bijvoorbeeld minder vraag naar elektriciteit is bij de diepe aanlanding, dat stroom dan aan de kust op het 380kV-net ingevoed kan worden. Een ander voordeel is dat er tweerichtingsverkeer mogelijk is; op momenten met weinig wind op zee kan elektriciteit vanuit de locatie waar de diepe aanlanding is aangesloten elektriciteit richting het aansluitstation aan de kust getransporteerd worden. De stroom kan afkomstig zijn uit bijvoorbeeld zon-PV productie of import via interconnectie. Daarnaast zijn nog andere opties denkbaar waarin een netwerk aan HVDC-verbindingen en stations wordt gevormd.

Er wordt in de Voorverkenning Diepe Aanlandingen ook onderzoek gedaan naar de potentie van HVDC-schakelstations. In de voorverkenning worden HVDC-schakelstation alleen ruimtelijk onderzocht. De impact van HVDC-schakelstations op het energiesysteem wordt niet onderzocht in de voorverkenning maar is onderdeel van onderzoek voor het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) II.

6.1.2 Elektriciteitsinfrastructuur en mogelijke impact diepe aanlanding

Het elektriciteitsnet moet door de verwachtte toename van vraag en aanbod van elektriciteit de komende jaren fors uitgebreid worden. Er zijn uitbreidingen nodig op elk niveau van het elektriciteitsnet. Diepe aanlanding van wind op zee heeft door het grote vermogen vooral effect op het hoogste spanningsniveau van het hoogspanningsnet, het (bovengrondse) 380kV-netwerk. Ook op dit niveau zijn veel uitbreidingen gepland. Daarnaast worden de 150kV- en 110kV-netten op een andere manier ingericht, met een pocketstructuur[13].

Impact diepe aanlanding wind op zee op lagere spanningsniveaus en relatie met huidige netcongestie
De diepe aanlandingen worden aangesloten op het hoogste spanningsniveau van het hoogspanningsnet (380kV). Diepe aanlanding heeft geen significante impact op lagere spanningsniveaus, zoals het 150kV, 110kV en regionale elektriciteitsnet. Dit komt doordat het toekomstige hoogspanningsnet ingericht wordt met een pocketstructuur. In een pocketstructuur wordt de belasting op het elektriciteitsnet binnen de pocket alleen bepaald door vraag en aanbod op de lagere spanningsniveaus van de pocket, en is dit niet afhankelijk van ontwikkelingen op het 380kV-net (zoals diepe aanlanding).

De huidige problemen met netcongestie kunnen optreden op de koppeling tussen het 380kV niveau en het lagere spanningsniveau, maar vinden met name op de lagere spanningsniveaus plaats, bijvoorbeeld op de koppelstations tussen 150/110kV en de regionale elektriciteitsnetten.
Diepe aanlanding zal daarmee ook geen oplossing zijn voor de huidige problemen met netcongestie. Wel kan het potentiële toekomstige problemen met netcongestie op het 380kV-net verminderen of voorkomen.

[13] In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Zo is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net.

In het toekomstige energiesysteem zal wind op zee één van de belangrijkste productiebronnen worden. Het grootste deel van de geproduceerde elektriciteit van windparken zal bij de kust aangesloten worden op het 380kV-netwerk. Dit betekent dat er veel aanbod van elektriciteit aan de kust zal zijn. Een groot deel van de elektriciteitsvraag zal ook aan de kust zijn, aangezien vier van de vijf grote industrieclusters aan de kust zitten. Maar er zal ook transport van elektriciteit richting het binnenland plaatsvinden, door vraag in het binnenland en op bepaalde momenten, bij een overschot aan elektriciteit in Nederland, ook export.

Vanwege het benodigde transport van elektriciteit naar het binnenland wordt een diepe aanlanding van wind op zee onderzocht. Bij een diepe aanlanding van wind op zee wordt het aanbod dichter bij de landinwaartse vraag aangesloten waardoor minder transport vanaf de kust richting het binnenland noodzakelijk is.

Daarnaast geldt dat met de bestaande plannen van de Routekaart Windenergie op Zee (23 GW) en de voorkeursalternatieven van pVAWOZ er in bijna elke regio aan de kust sprake zal zijn van een overschot van elektriciteit op momenten met veel productie van windparken op zee. Ook geldt dat er beperkte mogelijkheden zijn om extra windparken aan te sluiten zonder dat ingrepen nodig zijn aan 380kV-verbindingen die de elektriciteit uit die regio's moeten afvoeren. Daarom is het dus ook een voordeel dat bij een diepe aanlanding een deel van de windparken op zee niet aan de kust aangesloten wordt. Dit zorgt ervoor dat bij een diepe aanlanding minder transport van elektriciteit van zee via 380kV-verbindingen noodzakelijk is. Hiermee kunnen mogelijk uitbreidingen aan het 380kV-netwerk beperkt of voorkomen worden, wat gezien ruimtelijke en technische beperkingen en de reeds grote opgave voor versterking van het 380kV-netwerk een belangrijk voordeel is.

Diepe aanlandingen kunnen echter ook nieuwe knelpunten op 380kV-verbindingen veroorzaken in de nabijheid van de aansluitstations, als hierdoor lokaal te veel aanbod is aan elektriciteit die niet afgevoerd kan worden met 380kV-verbindingen. Of dit het geval is, hangt af van de lokale vraag en aanbod, en de positie van het aansluitstation in het netwerk. In de volgende paragraaf bespreken we wat bepaalt of een locatie nettechnisch geschikt is voor een diepe aanlanding.

Voor het bepalen van de effecten van aansluiting van wind op zee op de belasting op 380kV-verbindingen zijn integrale netdoorrekeningen van TenneT uitgevoerd. In deze doorrekeningen wordt een inschatting gemaakt van de effecten van verschillende scenario's op het 380kV-net in 2040 en 2050. De doorrekeningen gaan uit van een energiesysteem waarin vraag en aanbod op elk moment in balans moet zijn en dat het elektriciteitsnet de stromen tussen producenten en afnemers kan transporteren. Uit de doorrekeningen volgt welke knelpunten aan 380kV-verbindingen ontstaan doordat de capaciteit onvoldoende is om al het benodigde transport te faciliteren.

De energiesysteemanalyses worden uitgevoerd voor de zichtjaren 2040 en 2050. Op dit moment is er al veel energie-infrastructuur aanwezig en tot 2040 staan al veel investeringen voor nieuwe projecten op de planning. Zo worden veel uitbreidingen gedaan aan het 380kV-net. In de analyses voor de beoordeling zijn de huidige situatie en de geplande investeringen de uitgangssituatie. Dit betekent dat aangenomen wordt dat de geplande investeringen in ieder geval gerealiseerd worden. Investeringen die opgenomen zijn in het investeringsplan van TenneT worden meegenomen.

6.1.3 Wat bepaalt of een locatie vanuit het energiesysteem bezien geschikt is voor een diepe aanlanding?

Er zijn verschillende aspecten die bepalen of een locatie, vanuit het energiesysteem bezien, geschikt is voor een diepe aanlanding van wind op zee. In deze paragraaf worden de relevante aspecten toegelicht. In paragraaf 6.2 wordt besproken hoe deze aspecten in het beoordelingskader zijn verwerkt.

Een eerste relevant aspect hiervoor is de aansluitcapaciteit. De kabels vanaf windparken op zee moeten, via converterstations, aangesloten worden op het 380kV-net op land bij 380kV-hoogspanningsstations. Bij deze 380kV-hoogspanningsstations is ***aansluitcapaciteit*** nodig. Aansluitcapaciteit, of de mogelijkheid om het hoogspanningsstation uit te breiden om aansluitcapaciteit te realiseren, is een harde randvoorwaarde voor het realiseren van een diepe aanlanding bij een bepaald hoogspanningsstation. Op basis van deze randvoorwaarden zijn de te onderzoeken aansluitstations geselecteerd. Hoogspanningsstations waar naar verwachting geen aansluitcapaciteit beschikbaar is, of aansluitcapaciteit gerealiseerd kan worden, zijn niet onderzocht in de voorverkenning. Meer hierover is te vinden in Bijlage 2 Alternatievendocument.

De diepe aanlandingen van wind op zee hebben, zoals hiervoor besproken, als doel om aanbod van elektriciteit dichter bij de vraag aan te sluiten en daarmee het transport via 380kV-verbindingen te verminderen. Een locatie zien we als geschikt voor een diepe aanlanding als:

- Het knelpunten aan 380kV-verbindingen door transport van elektriciteit van de kust naar het binnenland vermindert. Als dit niet het geval is, dan draagt de diepe aanlanding namelijk niet bij aan het doel waarvoor deze gerealiseerd wordt. Een diepe aanlanding kan op twee manieren transport via 380kV-verbindingen verminderen:
    - Doordat de aansluiting nabij vraag in het binnenland gerealiseerd wordt waardoor minder transport richting het binnenland nodig is. Hierdoor wordt de belasting op 380kV-verbindingen vanaf de kust richting gebieden met veel elektriciteitsvraag in het binnenland verminderd.
    - Doordat minder aansluitingen van windparken op zee aan de kust gerealiseerd hoeven te worden. Er zit namelijk een grens aan de hoeveelheid windenergie op zee die aan de kust aangeland kan worden zonder dat grote ingrepen nodig zijn aan 380kV-verbindingen die de elektriciteit vanuit die regio's moet afvoeren.
- Er door een diepe aanlanding geen nieuwe grote knelpunten aan 380kV-verbindingen ontstaan. Vanwege de ruimtelijke en technische beperkingen voor uitbreidingen aan 380kV-verbindingen is het belangrijk om te voorkomen dat nieuwe uitbreidingen noodzakelijk zijn.

Of diepe aanlandingen knelpunten aan 380kV-verbindingen kunnen voorkomen, en of door diepe aanlandingen nieuwe knelpunten aan 380kV-verbindingen ontstaan, is afhankelijk van de volgende aspecten:

- De ***ontwikkeling van (flexibele) elektriciteitsvraag*** is een belangrijke factor, aangezien een hogere vraag kan zorgen dat meer productie lokaal benut kan worden en minder elektriciteit getransporteerd hoeft te worden. Hoe beter de diepe aanlanding aansluit bij lokale vraag, hoe gunstiger dit is voor de netinpassing. Flexibele bronnen, zoals power-to-heat en elektrolyse (en in beperkte mate batterijen), kunnen ook bijdragen aan een gunstigere netinpassing.
- ***Overige productie***. Als er in een regio veel overige productie is, zoals wind op land en zonne- of eventueel kernenergie, dan kan een diepe aanlanding ertoe leiden dat er (nog) meer lokale overschotten zijn en meer elektriciteit getransporteerd moet worden. Dit geldt met name bij

wind op land (en eventueel kernenergie), aangezien de productie van windparken op zee en wind op land vaak gelijktijdig is. Maar ook bij zon-PV zijn er momenten met gelijktijdige productie met wind op zee, waardoor deze combinatie ook tot een forse netbelasting kan leiden.
In een deel van de regio's die onderzocht worden voor diepe aanlanding staan grote gascentrales, die in de toekomst naar verwachting (deels) ook nog operationeel zullen zijn (op waterstof, groengas of eventueel met afvang van CO_2). De productie van die centrales zal naar verwachting weinig overlappen met de productie van windparken op zee, aangezien die centrales vooral op momenten met weinig productie van wind- en zonne-energie draaien, en daardoor geen significante impact hebben op de inpassing van diepe aanlanding.

- ***Locatie in het netwerk***. Naast de lokale ontwikkeling van (flexibele) vraag en overig aanbod is ook de locatie in het netwerk van belang. De locatie in het netwerk bepaalt de beschikbare transportcapaciteit (dit is niet overal gelijk), maar ook andere aspecten zijn hierbij van belang. Zo lopen er stromen door het netwerk, veroorzaakt door de verdeling van vraag en aanbod in het land, die ervoor kunnen zorgen dat bepaalde locaties juist wel of niet gunstig zijn.
  Het kan een voordeel zijn als een aansluitstation nabij een interconnectie ligt, aangezien er op bepaalde momenten elektriciteit geëxporteerd wordt op uren met veel productie van windparken op zee. Dus dan kan het gunstig zijn om een diepe aanlanding zo dicht mogelijk bij een interconnectie te realiseren. Het is echter niet volledig zeker dat dit positief uitvalt, aangezien het niet altijd zo is dat er elektriciteit geëxporteerd wordt op momenten met veel productie. De netdoorrekeningen geven hier uitsluitsel over.

Rol van interconnectie in het energiesysteem
Het Nederlandse elektriciteitsnet is via kabels en hoogspanningslijnen verbonden met Duitsland, België, Noorwegen, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk. Hierdoor kan import of export van elektriciteit plaatsvinden en is het elektriciteitsnet flexibeler, betaalbaarder en worden variaties in vraag en aanbod beter opgevangen. Als er in een buurland veel duurzame productie is, dan kan Nederland deze stroom importeren. Tegelijkertijd, als er meer productie van wind op zee is dan de Nederlandse vraag naar elektriciteit dan kan dat naar de buurlanden geëxporteerd worden zodat productie niet hoeft te worden afgeschakeld (curtailment).

In de netdoorrekeningen van TenneT is de buitenlandse vraag en aanbod van elektriciteit gemodelleerd en niet afhankelijk van waar diepe aanlanding gerealiseerd wordt. Op momenten met veel wind op zee zal er waarschijnlijk export plaatsvinden. Diep aanlanden dicht bij een interconnectie is daarmee een voordeel bij een vergelijking tussen stations in een regio.

6.2 Beoordelingskader energiesysteem

In de effectbeoordeling worden potentiële diepe aanlandingen beoordeeld, waarbij zowel naar routes als naar de converterstations en aansluitstations gekeken wordt. Voor het energiesysteem is met name het aansluitstation, het eindpunt van de routes, van belang aangezien de routes hier worden aangesloten op het energiesysteem op land. Hoe de routes zelf lopen, zowel het deel onder de Noordzee als het deel onder land, is voor de impact op het energiesysteem op land niet van belang. Daarom maken we bij de beoordeling energiesysteem geen onderscheid tussen verschillende routes die eenzelfde aansluitstation hebben, per aansluitstation volgt één beoordeling.

De kabels vanaf windparken op zee moeten, via converterstations, aangesloten worden op het hoogspanningsnet op land bij hoogspanningsstations. Hier is ***aansluitcapaciteit*** voor nodig. Daarnaast moet de elektriciteit vanaf de aansluitstations getransporteerd worden richting de

eindgebruikers. Een diepe aanlanding heeft **impact op** de transportstromen en daarmee op de belasting en benodigde ingrepen aan **380kV-verbindingen**. Beide aspecten worden beoordeeld.

De aansluitcapaciteit beoordelen we op het niveau van individuele stations/aansluitstations. De impact op 380kV-verbinding wordt per regio beoordeeld. Er zijn meerdere stations per regio. Voor elk van de stations brengen we de relevante overwegingen met betrekking tot de impact op de 380kV-verbindingen in kaart. Daarmee geven we inzicht welke stations binnen de regio, vanuit het perspectief van het energiesysteem, het meest geschikt lijken voor een diepe aanlanding.

Daarnaast is voor het energiesysteem niet alleen de impact van een enkele aansluiting, maar ook de gezamenlijke impact van diepe aanlandingen, aansluitingen aan de kust en de overige ontwikkelingen van het energiesysteem van belang. Daarom geven we ook een overkoepelende beschouwing van de impact van een diepe aanlanding en de interactie tussen aansluitingen in verschillende regio's.

Bij de beoordeling van de impact op het energiesysteem zijn twee assen van belang:

- **Omvang ingreep.** Bij het bepalen van de impact van een diepe aanlanding van wind op zee op de hoogspanningsinfrastructuur op land is van belang of de bestaande infrastructuur het aansluiten en transporteren van elektriciteit kan faciliteren of niet. Indien de bestaande en geplande hoogspanningsinfrastructuur voldoende capaciteit heeft, dan is er geen probleem. Maar als er onvoldoende capaciteit is, dan is een ingreep noodzakelijk. Welke ingreep noodzakelijk is, is afhankelijk van de mate van overschrijding van de capaciteit (in tijd en/of omvang). Bij een beperkte overschrijding van de capaciteit kan het probleem naar waarschijnlijkheid met een operationele ingreep (zoals redispatch[14]) opgelost worden. Als grote hoeveelheden energie niet getransporteerd kunnen worden dan is het knelpunt niet operationeel op te lossen en is een grote ingreep noodzakelijk (zoals aanleg nieuwe verbinding). De mate van overschrijding of ingreep bepaalt de beoordeling voor de diepe aanlandingen.
- **Robuustheid/overige ontwikkelingen energiesysteem.** De ontwikkelingen rondom wind op zee staan niet op zichzelf. Het hele energiesysteem zal ingrijpend veranderen richting 2040 en 2050. De overige ontwikkelingen in het energiesysteem hebben een impact op de inpassing van diepe aanlandingen van wind op zee. Daarom is het niet mogelijk om één beoordeling per verbinding of regio te doen. Dit vangen we op door naar de robuustheid van de beoordeling te kijken. Hierbij geven we aan in welke mate de impact van wind op zee op de hoogspanningsinfrastructuur, en dus de beoordeling, afhankelijk is van de overige ontwikkelingen van het energiesysteem. Daarbij ligt de focus op de afhankelijkheid van de geplande uitbreidingen van de elektriciteitsinfrastructuur, de aansluiting van wind op zee aan de kust, de elektriciteitsvraag, flexibele bronnen (zoals opslag en elektrolyse) en kernenergie.

De beoordeling werkt volgens een stoplichtmodel, zoals weergegeven in onderstaande tabel.

[14] Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur. We gaan uit van een technische grens van maximaal 0,5 TWh/jaar (economisch gezien is bij een lagere grens verzwaring al voordeliger). Dit is nadrukkelijk een vuistregel; de daadwerkelijke redispatch-mogelijkheden zullen per locatie verschillen en zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van regelbaar vermogen op de juiste locaties in het net.

Tabel 6-1 Beoordelingstabel Impact op energiesysteem

Beoordelingsaspect	Score	Criterium beoordeling
Impact op het energiesysteem	Geen ingreep nodig voor diepe aanlanding en gunstige impact op energiesysteem.	Deze uitkomst is robuust en niet/beperkt afhankelijk van de overige ontwikkelingen van het energiesysteem.
	Beperkte ingreep nodig voor diepe aanlanding en gunstige impact op energiesysteem.	Deze uitkomst is robuust en niet/beperkt afhankelijk van de overige ontwikkelingen van het energiesysteem.
	Mogelijk grote ingreep nodig voor diepe aanlanding of mogelijk geen gunstige impact diepe aanlanding op energiesysteem.	Dit is afhankelijk van de overige ontwikkelingen van het energiesysteem.
	Grote ingreep nodig en/of geen gunstige impact op energiesysteem.	Deze uitkomst is robuust en niet/beperkt afhankelijk van de overige ontwikkelingen van het energiesysteem.

In de volgende paragrafen bespreken we de beoordeling voor de aansluitcapaciteit en impact op 380kV-verbindingen in meer detail.

6.2.1 Aansluitcapaciteit

Of aansluitcapaciteit beschikbaar is wordt op het niveau van individuele aansluitstations beoordeeld. Voor de keuze tussen hoogspanningsstations binnen de regio is de aansluitcapaciteit van de verschillende hoogspanningsstations, vanuit het energiesysteem, een relevante factor. Beschikbare aansluitcapaciteit op een hoogspanningsstation, of de mogelijkheid om het hoogspanningsstation uit te breiden om aansluitcapaciteit te realiseren, is een harde randvoorwaarde voor het realiseren van een diepe aanlanding bij een bepaald hoogspanningsstation.

In theorie is het ook mogelijk om een nieuw hoogspanningsstation te realiseren, maar binnen de voorverkenning wordt het uitgangspunt gehanteerd dat er wordt aangesloten bij bestaande en geplande hoogspanningsstations die zijn opgenomen in het investeringsplan Net op Land 2026 van TenneT. Om een knelpuntanalyse te kunnen uitvoeren moet de toekomstige netstructuur duidelijk zijn, wat niet het geval is bij nog niet voorziene hoogspanningsstations. Daarnaast moet voldoende ruimte beschikbaar zijn voor een nieuw hoogspanningsstation en kost de aanleg van een nieuw hoogspanningsstation veel tijd (7-10 jaar). Ook moeten nieuwe hoogspanningsstations aangekoppeld worden met bovengrondse verbindingen, wat ook een ruimtelijke impact heeft. Daarom wordt voor nu uitgegaan van bestaande en geplande hoogspanningsstations, en wordt onderzocht of er bij die hoogspanningsstations voldoende aansluitcapaciteit beschikbaar is.

Hoogspanningsstations die zich momenteel nog in een vroege planfase bevinden en niet in het investeringsplan van TenneT zijn opgenomen, zoals een mogelijk nieuw hoogspanningsstation bij Utrecht-West, kunnen – zodra ze zijn opgenomen in het investeringsplan – alsnog worden beoordeeld op een diepe aanlanding, mits dit op dat moment nog wenselijk is vanuit het energiesysteem.

Relatie met toetsing mogelijke alternatieven op basis van aansluitcapaciteit
Bij de toetsing van potentiële aansluitstations bij het bepalen van mogelijke alternatieven (zie bijlage 2 Alternatievendocument) is de (mogelijke) beschikbaarheid van aansluitcapaciteit al meegenomen als randvoorwaarde. Dit betekent dat alleen stations zijn meegenomen in het onderzoek en beoordeeld worden die mogelijk aansluitcapaciteit hebben en dat er geen stations zijn die een rode beoordeling krijgen (zie onderstaande beoordelingsschaal). Bij deze effectbeoordeling op het thema Energiesysteem doen we nog een beoordeling op het onderwerp aansluitcapaciteit om te specificeren hoe (on)zeker het is dat aansluitcapaciteit beschikbaar is en dit mee te kunnen wegen in de keuze tussen aansluitstations.

Per hoogspanningsstation wordt beoordeeld of er (naar verwachting) voldoende aansluitcapaciteit is voor het aansluiten van één of twee 2 GW diepe aanlanding(en). Dit wordt gedaan op basis van inzichten van TenneT. Bij de beoordeling wordt ook de (on)zekerheid voor de aanwezigheid van aansluitcapaciteit meegenomen. De onderstaande tabel geeft de mogelijke beoordelingen voor het onderdeel aansluitcapaciteit weer. Hoogspanningsstations waar geen aansluitcapaciteit beschikbaar is, zijn al afgevallen bij de toetsing van mogelijke alternatieven (zie bovenstaand kader). Dit betekent dat de hoogspanningsstations die nog onderzocht worden alleen een groene of oranje beoordeling kunnen krijgen.

Tabel 6-2 Beoordelingstabel aansluitcapaciteit

Beoordelingsaspect	Score	Toelichting beoordeling
Aansluitcapaciteit	Aansluitcapaciteit beschikbaar	Verbinding kan met grote zekerheid aangesloten worden op het 380kV-hoogspanningsstation. Geplande hoogspanningsstations moeten in de fase voorbereiding/basisontwerp of realisatie zijn opgenomen in het investeringsplan.
	Beschikbaarheid afhankelijk van besluitvorming over uitbreiding/realisatie hoogspanningsstation.	Beschikbaarheid van aansluitcapaciteit is afhankelijk van overige ontwikkelingen (zoals ontwikkeling elektriciteitsvraag, kernenergie). Dit is ook van toepassing op geplande hoogspanningsstations die nog in studiefase zijn, en waarvoor nog geen basisontwerp ligt.
	Geen aansluitcapaciteit beschikbaar (niet van toepassing bij beoordeling, deze stations zijn eerder al afgevallen)	Aansluiting kan naar verwachting niet aangesloten worden op het 380kV-hoogspanningsstation. Er is geen aansluitcapaciteit beschikbaar en er uitbreiding is niet realistisch. Deze locaties maken geen onderdeel uit van de alternatieven.

6.2.2 Impact op 380kV-verbindingen

Op regioniveau wordt de impact van diepe aanlandingen op 380kV-verbindingen beoordeeld. De beoordeling of voldoende transportcapaciteit beschikbaar is, gebeurt op basis van de netdoorrekeningen van de scenario's en varianten door TenneT (zie paragraaf 6.1.1). Bepalend voor de impact van een diepe aanlanding op 380kV-verbindingen zijn: lokale elektriciteitsvraag, flexibiliteitsbronnen, overige productie, beschikbare transportcapaciteit en de locatie in het netwerk. Deze aspecten worden meegewogen bij de beoordeling voor impact op de hoogspanningsverbindingen op land.

De beoordeling op het aspect impact op 380kV-verbindingen wordt gedaan op basis van de ingrepen die nodig zijn. In de analyses voor de beoordeling zijn de huidige situatie en de geplande investeringen de uitgangssituatie. Dit betekent dat aangenomen wordt dat de geplande investeringen in ieder geval gerealiseerd worden. Investeringen die opgenomen zijn in het investeringsplan van TenneT worden meegenomen.

Bij de beoordeling wordt onderscheid gemaakt naar beperkte ingrepen en grote ingrepen. Redispatch wordt gezien als een beperkte ingreep aangezien dit een operationele ingreep is en hiervoor geen fysieke uitbreidingen noodzakelijk zijn. Als de knelpunten op de 380kV-verbindingen te groot zijn of te veel momenten in het jaar voorkomen, dan is redispatch niet voldoende en is een grote ingreep noodzakelijk. De 'standaard' grote ingreep is een netuitbreiding, maar er zijn ook andere grote ingrepen denkbaar zoals ingrijpen in de markt om windparken af te kunnen schakelen als knelpunten dreigen.

Voor de impact op de 380kV-verbindingen wordt per regio beoordeeld of:

- Er nieuwe grote ingrepen aan 380kV-verbindingen nodig zijn. Vanwege de ruimtelijke en technische beperkingen voor uitbreidingen aan 380kV-verbindingen is het wenselijk om te voorkomen dat nieuwe uitbreidingen noodzakelijk zijn. Voor dit punt wordt per regio beoordeeld welke ingrepen noodzakelijk zijn bij realisatie van een diepe aanlanding in die regio, en wordt dit vergeleken met de ingrepen die nodig zijn zonder diepe aanlanding in die regio.
- Het knelpunten aan 380kV-verbindingen door transport van elektriciteit van de kust naar het binnenland vermindert. Het verminderen van ingrepen aan het elektriciteitsnet en netcongestie is een doel van het realiseren van diepe aanlandingen. Voor dit punt wordt per regio beoordeeld of er ingrepen in andere gebieden van Nederland, bijvoorbeeld op verbindingen vanaf de kust naar het binnenland, voorkomen kunnen worden door diepe aanlandingen.

Bij de beoordeling voor beide punten wordt onderscheid gemaakt naar de mate van ingreep aan 380kV-verbinding die noodzakelijk is (bij het eerste punt) of voorkomen kan worden (bij het tweede punt) enerzijds en de robuustheid/afhankelijkheid van andere ontwikkelingen anderzijds.

Tabel 6-3 Beoordelingstabel impact op 380kV-verbindingen

Beoordelingsaspect	Score	Criterium beoordeling
Impact op 380kV-verbindingen: inpasbaarheid in regio	Geen ingrepen aan 380kV-verbindingen nodig voor inpassing.	Geen extra ingrepen bij 380kV-verbindingen in aansluitregio door diepe aanlanding.
	Beperkte ingrepen aan 380kV-verbindingen nodig voor inpassing.	Beperkte ingrepen bij 380kV-verbindingen in aansluitregio door diepe aanlanding.
	Risico dat nieuwe grote ingrepen nodig zijn voor inpassing.	Mogelijk grote ingrepen bij 380kV-verbindingen in aansluitregio door diepe aanlanding. Of dit gebeurt is afhankelijk van overige ontwikkelingen van het energiesysteem.
	Nieuwe grote ingrepen nodig voor inpassing.	Grote ingrepen nodig aan 380kV-verbindingen in aansluitregio door diepe aanlanding. Dit is robuust en niet/beperkt afhankelijk van overige ontwikkelingen van het energiesysteem.
Impact op 380kV-verbindingen: voorkomen ingrepen elders in het land	Kan grote ingrepen aan 380kV-verbindingen elders in het land voorkomen.	Kan grote ingrepen aan 380kV-verbindingen elders in Nederland voorkomen. Dit is robuust en niet/beperkt afhankelijk van overige ontwikkelingen van het energiesysteem.
	Afhankelijk van andere ontwikkelingen energiesysteem (zoals vraag elektriciteit, flexibiliteit of kernenergie) of het ingrepen elders in het land kan voorkomen.	Kan grote ingrepen aan 380kV-verbindingen elders in Nederland voorkomen of verminderen, maar dit is erg onzeker en afhankelijk van andere ontwikkelingen in het energiesysteem.
	Kan geen grote ingrepen aan 380kV-verbindingen elders in het land voorkomen en heeft vanuit energiesysteem bezien in geen enkel denkbaar scenario meerwaarde ten opzichte van aanlanding aan kust.	Kan in geen enkel denkbaar scenario grote ingrepen aan 380kV-verbindingen elders in Nederland voorkomen, ten opzichte van aanlanding aan de kust.

Bovenstaande aspecten worden per regio beoordeeld. Er zijn echter meerdere hoogspanningsstations per regio en de impact op 380kV-verbindingen kan wel verschillen tussen stations. Voor elk van de hoogspanningsstations worden de relevante overwegingen met betrekking tot de impact op de 380kV-verbindingen in kaart gebracht. Daarmee wordt inzicht gegeven in welke hoogspanningsstations binnen de regio, vanuit het perspectief van het energiesysteem, het meest geschikt lijken voor een diepe aanlanding. Daarvoor worden de toekomstige vraag, aanbod en flexibele bronnen per hoogspanningsstation in kaart gebracht. Daarnaast wordt een beschouwing gegeven op de locatie in het netwerk van het station en wat dit betekent voor de geschiktheid.

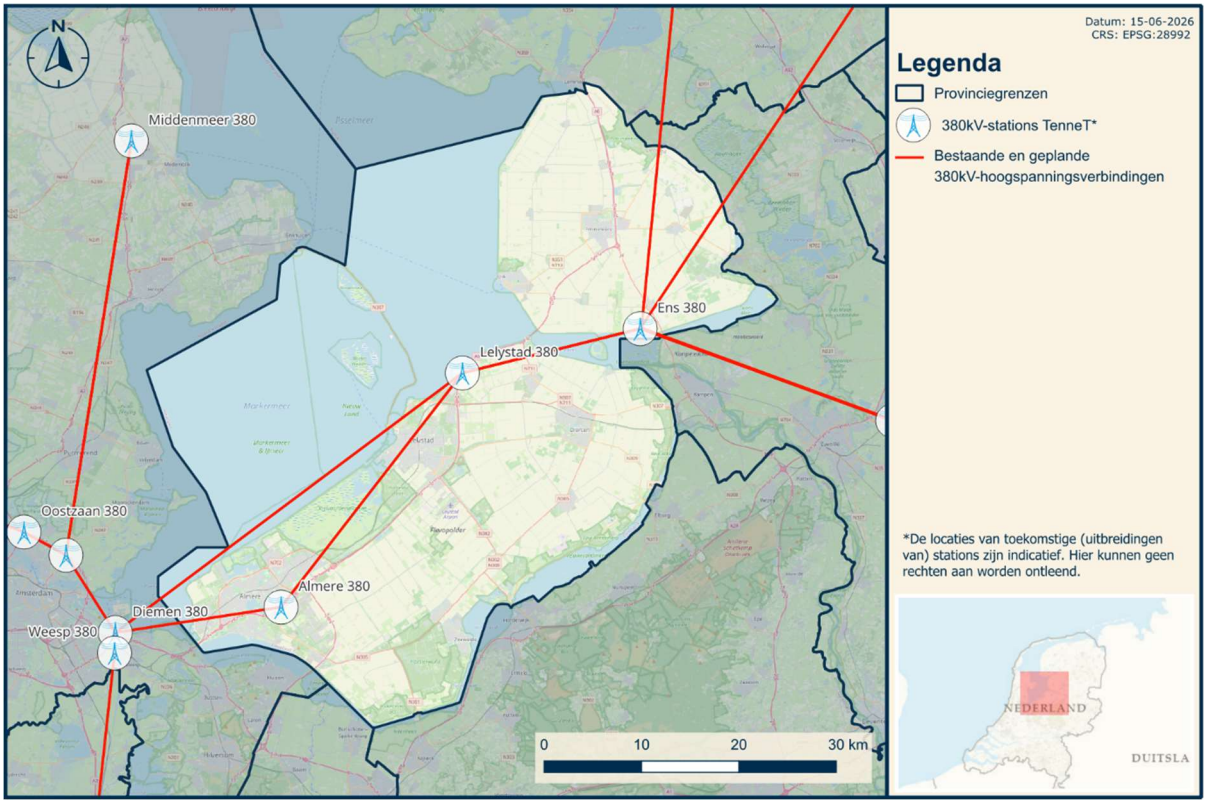
6.3 Resultaten per regio

6.3.1 Flevoland

In Flevoland wordt een diepe aanlanding onderzocht voor een nieuw 380kV-hoogspanningsstation bij Lelystad, of op het geplande 380kV-hoogspanningsstations Almere. Er wordt onderzoek gedaan naar realisatie van maximaal één aansluiting van 2 GW in de regio.

Figuur 6-1 toont de netsituatie in Flevoland. Het bestaande 380kV-net in Flevoland ziet er als volgt uit. Station Lelystad is verbonden met Diemen en Ens via twee circuits. In het meest recente investeringsplan van TenneT staan uitbreidingen gepland op beide verbindingen voor een 3e en 4e circuit, met een geplande realisatie in 2038-2041. Als onderdeel van de uitbreiding van de verbindingen tussen Diemen en Ens is ook het plan voor een nieuw 380kV-hoogspanningsstation bij Lelystad opgenomen. Dit station zit in de studiefase. Een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in Almere zit in de studiefase en staat gepland voor 2038-2041 en zal verbonden worden met Diemen en Lelystad.

De regio heeft een fors elektriciteitsaanbod. Het opgestelde vermogen van wind op land en zon-PV is groter dan de elektriciteitsvraag en ook is er veel flexibiliteit beschikbaar door batterijen. Door het hoge opgestelde vermogen van hernieuwbare energie zal de regio vaak exporteren. Deze stroom zal richting de Randstad gaan, waar de elektriciteitsvraag hoog is.



Figuur 6-1 Bestaande en geplande 380kV-infrastructuur Flevoland

Naast de lokale vraag en aanbod is ook de locatie van Flevoland in het nationale netwerk van belang voor de geschiktheid van Flevoland voor een diepe aanlanding. Er zal in de toekomst naar verwachting doortransport van elektriciteit plaatsvinden door Flevoland, door transportstromen vanaf Noord-Nederland (met veel aanbod van wind op zee en elektriciteitscentrales) richting de Randstad (met een grote vraag naar elektriciteit). Het doortransport vanaf Noord-Nederland naar de Randstad via Flevoland zal voornamelijk plaatsvinden op momenten met weinig productie van windparken op zee[15], maar ook op momenten met veel productie van windparken op zee zal doortransport plaatsvinden.

Tabel 6-4 geeft een overzicht van de beoordeling voor de regio Flevoland. De tabel laat zien dat er mogelijk beperkte ingrepen in de regio nodig zijn door een diepe aanlanding in Flevoland. Daarnaast is het onzeker of een diepe aanlanding in Flevoland ingrepen op 380kV-verbindingen buiten de regio kan verminderen of voorkomen. Op momenten met hoge productie van windenergie op zee wordt de lokale vraag in Flevoland al grotendeels ingevuld met de productie van windenergie op land. Dit betekent dat een diepe aanlanding in Flevoland niet tot het verminderen van knelpunten op 380kV-verbindingen leidt, doordat het nabij vraag gerealiseerd wordt. Diepe aanlanding in Flevoland leidt er naar verwachting juist toe dat meer elektriciteit afgevoerd wordt vanuit Flevoland, richting de Randstad.

[15] Op momenten met veel productie van windparken op zee is er ook veel aanbod van elektriciteit in de Randstad, door de aansluitingen van wind op zee daar, die dan een groot deel van de vraag in de Randstad invullen.

Diepe aanlanding kan alleen bijdragen aan vermindering van de ingrepen aan de 380kV-verbinding als de elektriciteitsvraag in de regio fors sterker stijgt dan aangenomen in de scenario's of als aansluitingen aan de kust ruimtelijk, technisch of energetisch niet meer haalbaar zijn. Of een diepe aanlanding bij Flevoland een gunstige impact kan hebben op het energiesysteem hangt ook af van waarvoor het als alternatief gezien wordt. Het kan als alternatief voor aansluitingen in Noord-Nederland wel een gunstige impact hebben, maar als alternatief voor aansluitingen in de Randstad leidt het naar verwachting juist tot meer ingrepen aan 380kV-verbindingen.

Bij zowel het geplande 380kV-hoogspanningsstation Almere als het geplande nieuwe 380kV-hoogspanningsstation bij Lelystad is er naar verwachting aansluitcapaciteit voor een diepe aanlanding. Deze hoogspanningsstations zijn echter nog wel in studiefase. Almere lijkt een gunstigere locatie dan Lelystad vanwege een hogere vraag, minder aanbod van elektriciteit en een gunstigere locatie in het netwerk.

Tabel 6-4 Beoordeling energiesysteem regio Flevoland

Aansluitstation	**Aansluitcapaciteit**	**Impact op 380kV-verbindingen**		
		Inpasbaarheid in de regio	Voorkomen van ingrepen buiten de regio	Geschiktheid locatie
Flevoland		Er zijn geen grote ingrepen nodig bij diepe aanlanding, maar mogelijk wel beperkte ingrepen.	Afhankelijk van andere ontwikkelingen of het ingrepen kan voorkomen. Het is vooral gunstig om in Flevoland aan te landen als aansluiting in regio's aan kust technisch, ruimtelijk en energetisch niet haalbaar is.	
Lelystad	Mogelijk op gepland station. Station nog in studiefase.			Er is relatief veel windenergie op land beschikbaar wat ongunstig is voor inpassing.
Almere	Mogelijk op gepland station. Station nog in studiefase.			Gunstiger dan Lelystad door grotere vraag naar elektriciteit en gunstigere locatie in netwerk.

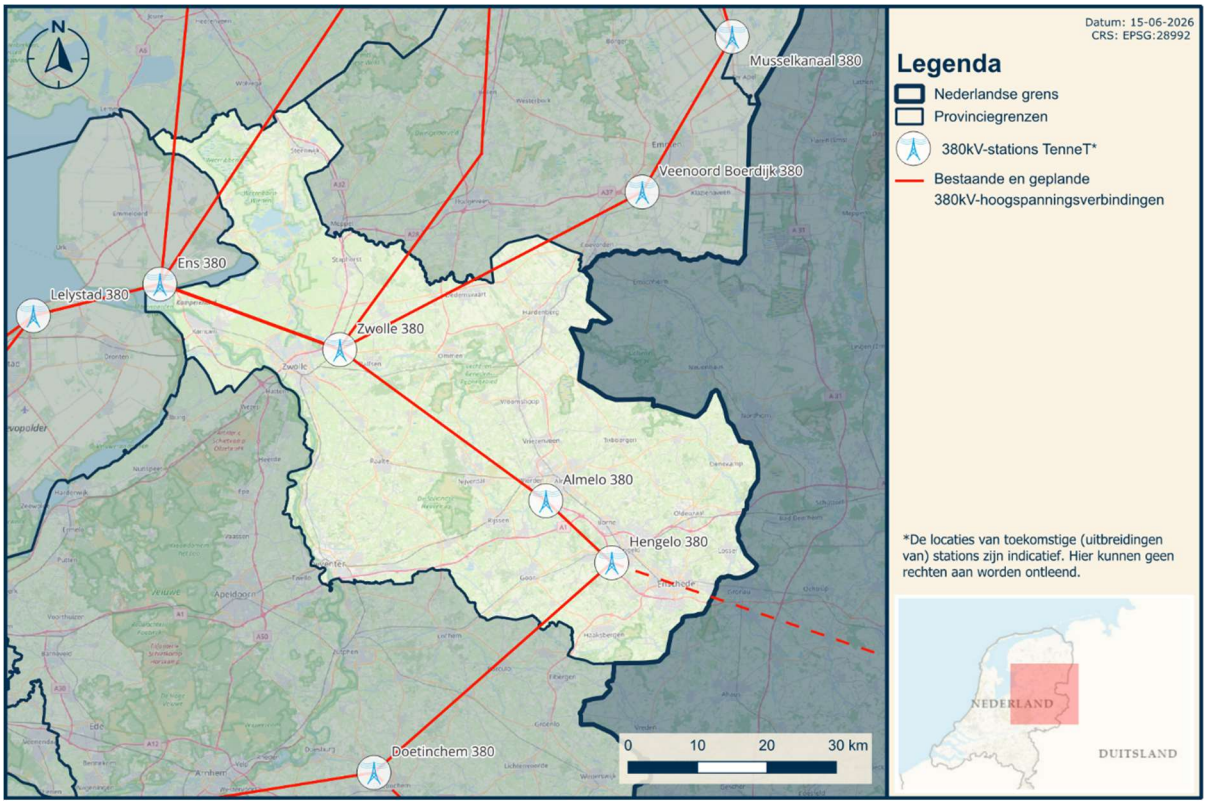
Indicatie geschiktheid 380kV-hoogspanningsstation Ens
Het bestaande 380kV-hoogspanningsstation Ens is niet uitgebreid onderzocht in deze studie. Vanuit het elektriciteitsnet is Ens qua impact op de verbindingen vergelijkbaar met aanlanden in Lelystad. Dit komt omdat door het realiseren van een 3^{e} en 4^{e} circuit tussen Lelystad en Ens veel transportcapaciteit ontstaat. Vanwege deze extra transportcapaciteit is het niet de verwachting dat op dit verbinding significante knelpunten zullen ontstaan, ondanks het extra aanbod door diepe aanlanding. Bij het bestaande 380kV-hoogspanningsstation Ens zal, na uitbreidingen op het station, nog ruimte zijn voor één aansluiting van diepe aanlanding.

6.3.2 Overijssel

In deze regio wordt gekeken naar diepe aanlanding bij het bestaande 380kV-hoogspanningsstation Hengelo of een nog te realiseren 380kV-hoogspanningsstation in Almelo. In het Investeringsplan van TenneT staat dit nieuwe hoogspanningsstation gepland tussen 2034-2037. Er wordt onderzoek gedaan naar realisatie van maximaal één aansluiting van 2 GW in de regio.

Figuur 6-2 toont de netsituatie in Overijssel. De netstructuur in de regio ziet er als volgt uit. Op dit moment is Hengelo verbonden met 380kV-hoogspanningsstation Zwolle. Het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation Almelo zal worden aangesloten op de verbinding tussen Zwolle en Hengelo.

Hengelo is verbonden met 380kV-Doetinchem, het 380kV-net loopt daarnaar door naar Dodewaard, Wijchen, Boxmeer en Maasbracht. Bij Hengelo is het Nederlandse 380kV-net verbonden met het Duitse 380kV-net. Dit betekent dat hier import en export van elektriciteit plaatsvindt.



Figuur 6-2 Bestaande en geplande 380kV-infrastructuur Overijssel

De elektriciteitsvraag in Almelo en Hengelo zal fors toenemen richting 2040 en 2050, maar in vergelijking met andere regio's blijft de vraag relatief laag. Windenergie op land blijft relatief klein in de scenario's, terwijl er veel zon-PV wordt verwacht. Op momenten met veel productie van windparken op zee zal elektriciteit veelal vanuit de Eemshaven aangevoerd worden aangezien daar veel aanbod voorzien wordt van windparken op zee. Een deel van deze elektriciteit wordt lokaal benut in Overijssel, maar er zal ook elektriciteit doorgevoerd worden.

Tabel 6-5 geeft een overzicht van de beoordeling voor de regio Overijssel. De tabel laat zien dat er mogelijk grote ingrepen in de regio nodig zijn door diepe aanlanding in Overijssel. Door een diepe aanlanding in Almelo wordt het knelpunt tussen Almelo en Hengelo groter ten opzichte van de situatie zonder diepe aanlanding. Deze knelpunten en ingrepen zijn naar verwachting niet of minder nodig bij een diepe aanlanding in Hengelo. Daarnaast is het onzeker of een diepe aanlanding in Overijssel ingrepen op 380kV-verbindingen buiten de regio kan verminderen of voorkomen. De verwachtte elektriciteitsvraag in de regio Overijssel is beperkt, vergeleken met andere regio's en vergeleken met het aanbod van een diepe aanlanding (2 GW). Hierdoor zal elektriciteit van een diepe aanlanding ook grotendeels doorgevoerd worden richting de rest van Nederland of Duitsland (zie tekstkader over interconnectie in paragraaf 6.1.3). Diepe aanlanding in deze regio heeft als voordeel dat er minder elektriciteit vanuit de Eemshaven naar het zuiden getransporteerd hoeft te worden. Dit lijkt echter geen ingrepen aan 380kV-verbindingen te voorkomen.

Diepe aanlanding kan alleen bijdragen aan vermindering van de ingrepen aan de 380kV-verbindingen aan de kust en vanaf de kust naar het binnenland als aansluitingen aan de kust ruimtelijk, technisch of energetisch niet meer haalbaar zijn.

Bij beide aansluitstations, Hengelo en Almelo, lijkt voldoende aansluitcapaciteit te zijn voor een diepe aanlanding. Hengelo lijkt een gunstigere locatie vanwege de verbinding met Duitsland. Uit de netdoorrekeningen volgt dat er mogelijk een grote ingreep nodig is tussen Almelo en Hengelo als een diepe aanlanding gerealiseerd wordt bij Almelo. Bij realisatie van een diepe aanlanding bij Hengelo is naar deze grote ingreep naar verwachting niet nodig.

Tabel 6-5 Beoordeling energiesysteem regio Overijssel

Aansluitstation	**Aansluitcapaciteit**	**Impact op 380kV-verbindingen**		
		Inpasbaarheid in de regio	Voorkomen van ingrepen buiten de regio	Geschiktheid locatie
Overijssel		Er zijn mogelijk grote ingrepen nodig om te kunnen aansluiten.	Afhankelijk van andere ontwikkelingen of het ingrepen kan voorkomen. Het is vooral gunstig om in Overijssel aan te landen als aansluiting in regio's aan kust of in zuidoost Nederland technisch, ruimtelijk en energetisch niet haalbaar is.	
Hengelo	Er is ruimte voor een diepe aanlanding op het bestaande station.			Verbinding met Duitsland is een voordeel. Waarschijnlijk een minder groot knelpunt tussen Hengelo en Almelo bij aansluiting op dit station.
Almelo	Er is ruimte voor een diepe aanlanding na realisatie van het station. Realisatie station in fase voorbereiding/basis ontwerp.			Geen grote vraag. Mogelijk grote ingreep op verbinding richting Hengelo bij aansluiting op dit station.

6.3.3 Gelderland/Noord-Brabant

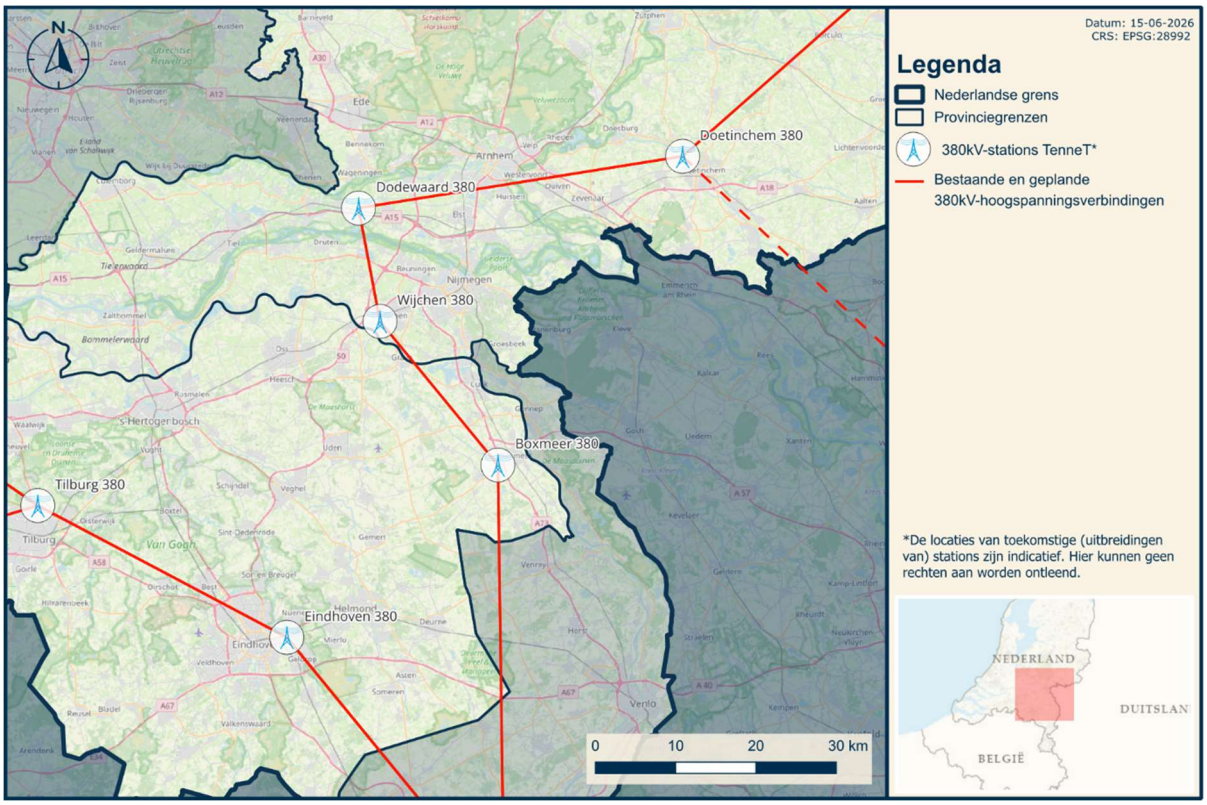
In deze regio wordt gekeken naar een diepe aanlanding bij de bestaande 380kV-hoogspanningsstations Boxmeer, geplande 380kV-hoogspanningsstations bij Wijchen en Doetinchem en een potentieel nieuw 380kV-hoogspanningsstation Rivierenland. Er wordt onderzoek gedaan naar realisatie van maximaal één aansluiting van 2 GW in deze regio.

Bij Doetinchem wordt voor diepe aanlanding gekeken naar een gepland nieuw hoogspanningsstation. In het Investeringsplan van TenneT staat dit nieuwe hoogspanningsstation gepland tussen 2035-2038. Ook het hoogspanningsstation bij Wijchen is een gepland nieuw hoogspanningsstation, deze staat gepland tussen 2033-2036. In deze regio wordt mogelijk nog een extra 380kV-hoogspanningsstation gepland genaamd Rivierenland, hiervoor loopt een haalbaarheidsstudie. Deze zal, indien dit gerealiseerd wordt, in de buurt van Dodewaard geplaatst worden. Als alternatief voor dit hoogspanningsstation is het ook mogelijk om meerdere hoogspanningsstations op lagere spanningsniveaus te plaatsen.

Figuur 6-3 toont de netsituatie in Gelderland/Noord-Brabant. De netstructuur in deze regio zit er als volgt uit. Het 380kV-net vanuit Hengelo zit aangesloten op 380kV-hoogspanningsstation Doetinchem, Dodewaard en Wijchen en Boxmeer. De verbindingen in deze regio hebben 2 circuits.

Bij Doetinchem is het Nederlandse 380kV-net verbonden met het Duitse 380kV-net. Dit betekent dat hier import en export van elektriciteit plaatsvindt.

.



Figuur 6-3 Bestaande en geplande 380kV-infrastructuur Gelderland/Noord-Brabant

Het is de verwachting dat de elektriciteitsvraag in de regio richting 2040 en 2050 fors zal toenemen door elektrificatie. Dit komt met name door een toename van de elektriciteitsvraag van de gebouwde omgeving en mobiliteit. Op veel momenten van het jaar zal de elektriciteitsvraag een stuk groter zijn dan de lokale productie. Op momenten met veel productie van windparken op zee zal deze elektriciteit, zonder diepe aanlanding, veelal vanuit Zeeland en de randstad aangevoerd worden aangezien daar veel windparken op zee aangesloten worden. De omvang van de elektriciteitsvraag in deze regio en Limburg bepaalt hoeveel transport nodig is richting zuidoost-Nederland. Export richting Duitsland vanaf Doetinchem kan het transport vanaf de kust richting Zuidoost-Nederland vergroten (zie tekstkader over interconnectie in paragraaf 6.1.3).

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de beoordeling voor de regio Gelderland/Noord-Brabant. De tabel laat zien dat er in de regio geen ingrepen nodig zijn aan 380kV-verbindingen voor de inpassing van een diepe aanlanding en dat grote ingrepen op 380kV-verbindingen richting Zuidoost-Nederland verminderd of voorkomen kunnen worden. Deze conclusie is naar verwachting robuust omdat het voor verschillende scenario's en steekjaren geldt en niet afhankelijk van andere ontwikkelingen in het energiesysteem (zoals onzekerheden over ontwikkeling van infrastructuur of de vraag naar elektriciteit in deze regio).

Bij het geplande 380kV-hoogspanningsstation Wijchen en het geplande nieuwe 380kV-hoogspanningsstation bij Doetinchem is er naar verwachting aansluitcapaciteit beschikbaar voor een diepe aanlanding. Beide projecten zitten in de fase basisontwerp. Bij de andere stations is het nog

onzeker of er aansluitcapaciteit beschikbaar is, omdat de plannen voor het nieuwe hoogspanningsstation bij Rivierenland en uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation Boxmeer nog onzeker zijn. Hoogspanningsstation Boxmeer moet voor het aansluiten van een diepe aanlanding verder worden uitgebreid dan momenteel in het investeringsplan is opgenomen.

Op alle hoogspanningsstations in de regio lijkt een aansluiting mogelijk zonder dat grote ingrepen nodig zijn aan 380kV-verbindingen. Doetinchem kan potentieel een gunstig hoogspanningsstation zijn aangezien dit hoogspanningsstation een verbinding heeft met het Duitse hoogspanningsnet (zie tekstkader over interconnectie in paragraaf 6.1.3). Bij hoogspanningsstations Wijchen en Boxmeer is de verwachtte toekomstige elektriciteitsvraag beperkt, maar ook dit lijken haalbare opties. Of Rivierenland een gunstige locatie is, is afhankelijk van de exacte netstructuur bij realisatie van dit hoogspanningsstation[16].

Tabel 6-6 Beoordeling energiesysteem regio Gelderland/Noord-Brabant

Aansluitstation	**Aansluitcapaciteit**	**Impact op 380kV-verbindingen**		
		Inpasbaarheid in de regio	Voorkomen van ingrepen buiten de regio	Geschiktheid locatie
Gelderland-Zuid/Noord-Brabant Oost		Geen grote ingrepen nodig om in te passen in de regio.	Diepe aanlanding kan grote knelpunten vanaf de kust naar zuidoost Nederland voorkomen of verminderen.	
Boxmeer	Diepe aanlanding alleen mogelijk als het station wordt uitgebreid (bovenop geplande uitbreiding).			Geen grote elektriciteitsvraag, maar lijkt een haalbare optie.
Doetinchem	Er is ruimte voor een diepe aanlanding na realisatie van het station. Realisatie station in fase voorbereiding/basis ontwerp.			Verbinding met Duitsland is een voordeel.
Wijchen	Er is ruimte voor een diepe aanlanding na realisatie van het station. Realisatie station in fase voorbereiding/basis ontwerp.			Geen grote elektriciteitsvraag, maar lijkt een haalbare optie.
Rivierenland	Onzeker of dit station gerealiseerd wordt.			Afhankelijk van netstructuur bij realisatie van het station.

[16] Het is nog onduidelijk hoe deze pocket eruit zal zien en welk gebied hieronder zal vallen. Daarmee is ook nog onduidelijk welke toekomstige elektriciteitsvraag voorzien wordt bij dit station.

Indicatie geschiktheid 380kV-hoogspanningsstation Dodewaard
Het bestaande 380kV-hoogspanningsstation Dodewaard is niet uitgebreid onderzocht in deze studie. Vanuit het elektriciteitsnet is Dodewaard interessant aangezien het gebied dat zit aangesloten op de pocket Dodewaard groot is en relatief veel vraag naar elektriciteit kent ten opzichte van de omringende pockets. Op bestaande 380kV-hoogspanningsstation Dodewaard is geen ruimte beschikbaar en het station is ook niet verder uitbreidbaar. In dezelfde regio vindt een haalbaarheidsstudie plaats naar een nieuw 380kV-hoogspanningsstation (Rivierenland). Uitgangspunt voor de Voorverkenning Diepe Aanlandingen is dat dit station, indien het gerealiseerd gaat worden, voldoende capaciteit heeft voor het aansluiten van windenergie van zee.

6.3.4 Limburg en Eindhoven

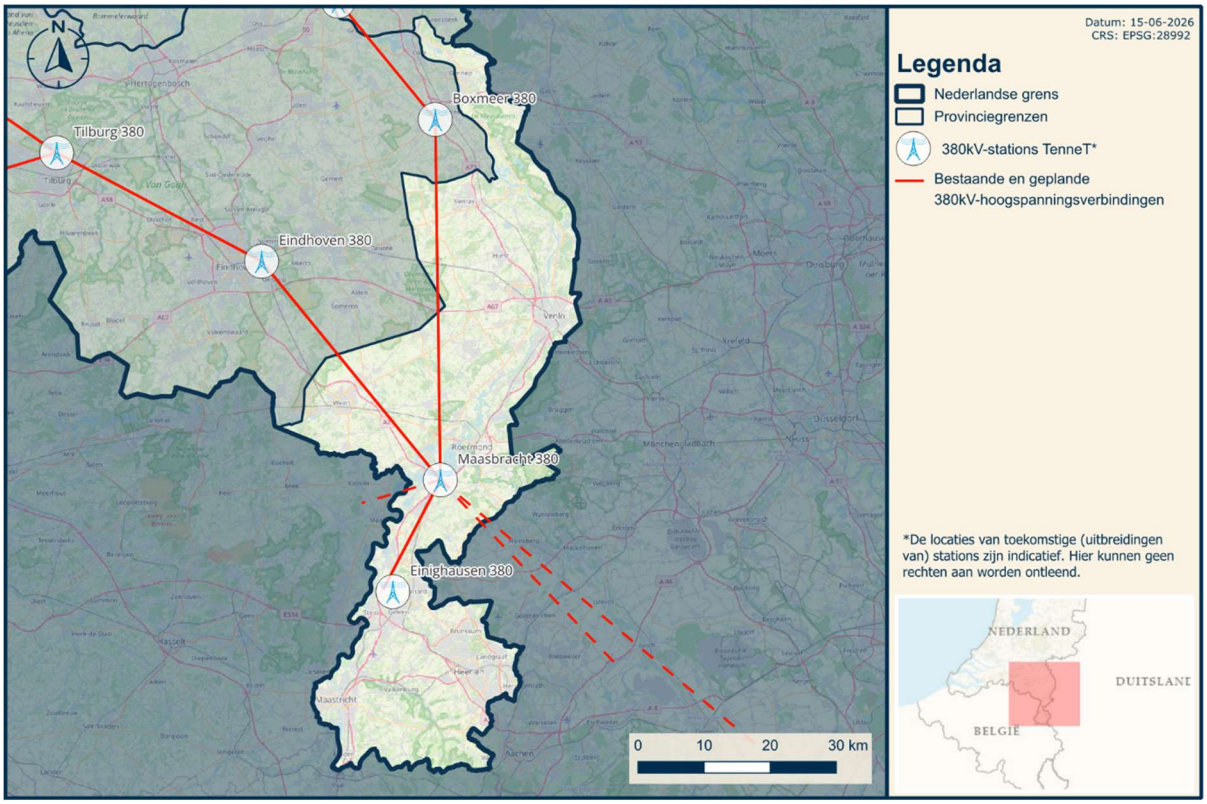
In deze regio wordt gekeken naar diepe aanlanding bij het bestaande 380kV-hoogspanningsstation Maasbracht, het geplande 380kV-hoogspanningsstation Einighausen en het mogelijke nieuwe 380kV-hoogspanningsstation Metropoolregio Eindhoven (hierna: Eindhoven)[17]. Er wordt onderzoek gedaan naar realisatie van maximaal 2 aansluitingen van 2 GW in de regio.

Figuur 6-4 toont de netsituatie in de regio Limburg en Eindhoven. Het bestaand 380kV-hoogspanningsstation Eindhoven ligt op de 380kV-verbinding vanaf de kust, via Tilburg, richting Limburg. Het is de verwachting dat het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation Metropoolregio Eindhoven ook op deze 380kV-verbinding aan zal takken. Dit project is nog in studie. De geplande ingebruikname hiervoor is 2040-2044. Er loopt momenteel al een 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht. Deze verbinding wordt uitgebreid met een tweede mastenrij met een derde en vierde circuit. Dan heeft deze verbinding vier circuits. Vanaf Maasbracht wordt een 380kV-verbinding richting station Einighausen gerealiseerd. Deze verbinding krijgt volgens de bestaande plannen vier circuits. Voor het eerste en tweede circuit wordt de bestaande 150kV-verbinding verzwaard tot een 380kV-verbinding. Dit project is in voorbereiding en wordt naar verwachting tussen 2031 en 2034 gerealiseerd. Voor het derde en vierde circuit moet een nieuwe verbinding aangelegd worden tussen Maasbracht en Einighausen. Dit project is nog in studie. De geplande ingebruikname hiervoor is 2039-2043. Bij Maasbracht is het Nederlandse 380kV-net verbonden met het Duitse en Belgische 380kV-net. Dit betekent dat hier import en export van elektriciteit plaatsvindt.

Het is de verwachting dat de elektriciteitsvraag in de regio richting 2040 en 2050 fors zal toenemen door elektrificatie. De elektriciteitsvraag in deze regio is relatief hoog door de aanwezigheid van industriecluster Chemelot, maar ook de elektriciteitsvraag van de gebouwde omgeving en mobiliteit zal fors toenemen. Op veel momenten van het jaar zal de elektriciteitsvraag een stuk groter zijn dan de lokale productie. Deze elektriciteit zal aangevoerd moeten worden vanuit andere delen van Nederland en deels ingevuld worden met import. Op momenten met veel productie van windparken op zee zal deze elektriciteit, zonder diepe aanlanding, veelal vanuit Zeeland en de randstad aangevoerd worden aangezien daar veel windparken op zee aangesloten worden. De omvang van de

[17] In de effectbeoordeling energiesysteem is uitgegaan van twee regio's: Gelderland/Noord-Brabant en Limburg. Eindhoven ligt in Noord-Brabant, maar net-technisch is het logischer om het op te nemen bij Limburg aangezien Eindhoven op de 380kV-verbinding vanaf de Randstad richting Limburg ligt. De stations bij de regio Gelderland/Noord-Brabant liggen op een andere 380kV-verbinding. De effecten zijn per aansluiting weergegeven.

elektriciteitsvraag in deze regio en Gelderland/Noord-Brabant bepaalt hoeveel transport nodig is richting Zuidoost-Nederland. Export richting Duitsland en België vanaf Maasbracht kan het transport vanaf de kust richting Zuidoost-Nederland vergroten (zie tekstkader over interconnectie in paragraaf 6.1.3).



Figuur 6-4 Bestaande en geplande 380kV-infrastructuur Limburg

Tabel 6-7 geeft een overzicht van de beoordeling voor de regio Limburg en Eindhoven. De tabel laat zien dat er in de regio geen ingrepen nodig zijn aan 380kV-verbindingen voor de inpassing van een diepe aanlanding en dat grote ingrepen op 380kV-verbindingen richting Limburg verminderd of voorkomen kunnen worden Deze conclusie is naar verwachting robuust omdat het voor verschillende scenario's en steekjaren geldt en niet afhankelijk van andere ontwikkelingen in het energiesysteem (zoals onzekerheden over ontwikkeling van infrastructuur of de vraag naar elektriciteit in deze regio).

Bij 380kV-hoogspanningsstation Einighausen is er naar verwachting aansluitcapaciteit voor twee diepe aanlandingen, bij 380kV-hoogspanningsstation Maasbracht naar verwachting aansluitcapaciteit voor één. Bij Eindhoven is het afhankelijk van de realisatie van een nieuw 380kV-hoogspanningsstation, die op dit moment nog in studiefase is.

Zowel Einighausen (grote elektriciteitsvraag) als Maasbracht (verbindingen met Duitsland en België) kunnen geschikte locaties zijn vanuit de impact op 380kV-verbindingen. Het is nog onzeker of de 380kV-verbinding tussen Maasbracht en Einighausen twee of vier circuits krijgt. Als de verbinding Maasbracht – Einighausen twee circuits heeft, dan is naar verwachting alsnog diepe aanlanding bij beide aansluitstations mogelijk zonder dat grote ingrepen nodig zijn.

Eindhoven is vanuit het energiesysteem bezien minder gunstig omdat een groot deel van het aanbod van elektriciteit van de diepe aanlanding getransporteerd moet worden richting Limburg. Maar ook daar lijkt een diepe aanlanding mogelijk zonder ingrepen aan 380kV-verbindingen en met dezelfde vermindering van knelpunten aan 380kV-verbindingen.

Tabel 6-7 Beoordeling energiesysteem regio Limburg en Eindhoven

Aansluitstation	**Aansluitcapaciteit**	**Impact op 380kV-verbindingen**		
		Inpasbaarheid in de regio	Voorkomen van ingrepen buiten de regio	Geschiktheid locatie
Limburg en Eindhoven		Er zijn geen grote ingrepen nodig.	Er kunnen grote knelpunten vanaf de kust naar Limburg voorkomen worden of verminderen.	
Maasbracht	Er is ruimte voor een diepe aanlanding op het bestaande station.			Gunstig vanwege verbindingen met Duitsland en België.
Einighausen	Twee diepe aanlandingen lijken mogelijk. Realisatie station in fase voorbereiding/basis ontwerp			Gunstig vanwege hoge elektriciteitsvraag.
Eindhoven	Mogelijk op gepland station. Station nog in studiefase.			Minder gunstig dan andere locaties, maar lijkt ook haalbaar zonder ingrepen en vergelijkbare positieve impact.

6.4 Overkoepelende resultaten

Uit de netdoorrekeningen blijkt dat het verminderen van het transport via 380kV-verbindingen door aanbod nabij de vraag te realiseren, van toepassing is bij diepe aanlanding in de regio's Limburg/Eindhoven of Gelderland/Noord-Brabant. Dit komt doordat er een significante elektriciteitsvraag in beide regio's voorzien wordt, die niet ingevuld kan worden met lokale productie. Dit wordt versterkt door export van elektriciteit van die regio's richting Duitsland en België op momenten met veel productie van windparken op zee. Dit effect is niet of slechts in beperkte mate van toepassing bij de regio's Flevoland en Overijssel.

Het tweede effect, de potentiële ontlasting van het 380kV-netwerk doordat er minder windenergie op zee aan de kust aangesloten hoeft te worden, is van toepassing op elk van de potentiële aansluitstations van een diepe aanlanding. Er zit een grens aan de hoeveelheid windenergie op zee die aan de kust aangeland kan worden zonder dat grote ingrepen aan 380kV-verbindingen nodig zijn die de stroom vanuit de aansluitstations aan de kust moeten afvoeren.

Voorgaande betekent dat diepe aanlanding in Limburg/Eindhoven en/of Gelderland/Noord-Brabant naar verwachting in alle gevallen tot vermindering van de belasting op 380kV-verbindingen kan leiden, en daarmee altijd gunstig is voor het energiesysteem. Diepe aanlanding in Flevoland en Overijssel lijken met name gunstig voor het energiesysteem als aansluitingen aan de kust technisch, ruimtelijk of energetisch niet meer haalbaar lijken.

Diepe aanlanding in de regio's Limburg/Eindhoven en Gelderland/Noord-Brabant lijken tot op zekere hoogte inwisselbaar. Er lijkt in ieder geval 4 GW in totaal inpasbaar in beide regio's zonder dat grote

ingrepen nodig zijn. Er is niet onderzocht of 6 GW gezamenlijk in beide regio's inpasbaar is. Daarnaast is niet onderzocht of 4 GW in Limburg/Eindhoven of 2 GW in beide regio's gunstiger is voor het energiesysteem. De effecten van diepe aanlanding in Overijssel en Flevoland en de mogelijkheid voor inpassing van een diepe aanlanding in deze regio zijn naar verwachting niet significant afhankelijk van diepe aanlanding in de andere regio's.

Voor de afweging tussen aansluitstations binnen de regio's is de aansluitcapaciteit bij de 380kV-hoogspanningsstations en lokale vraag, aanbod en de locatie in het netwerk van belang. Bij de resultaten per regio (paragraaf 6.3) wordt ingegaan op de afweging tussen de verschillende locaties binnen een regio.

De mogelijkheden voor diepe aanlanding en de effecten op het energiesysteem zijn ook afhankelijk van andere ontwikkelingen. Met name de ontwikkeling van elektriciteitsvraag, flexibele bronnen en kernenergie zijn daarbij belangrijke factoren. De bredere integrale analyse en afweging zal hierover plaatsvinden in het kader van PEH II.

7 Effectbeoordeling milieu, omgeving en kosten

7.1 Inleiding

Er wordt in de effectbeoordeling ingegaan op vier thema's: milieu, omgeving, kosten en het energiesysteem. Het energiesysteem is in het hoofdstuk hiervoor behandeld. Eerst wordt de beoordelingsmethodiek en het beoordelingskader toegelicht. Daarna volgt per onderdeel van een diepe aanlanding (routes op zee, routes op land, zoekgebied converterstation) een samenvatting van de milieubeoordeling en vervolgens een samenvatting van de opgehaalde informatie vanuit de omgeving. Het hoofdstuk sluit af met een overzicht van de totaal beoordeling van de routes op zee en land inclusief kosten, daarbij zijn de routes per aansluitstation in een tabel weergegeven. Een uitgebreide beschrijving van de effectbeoordeling is te vinden in Bijlage 4 Effectbeoordeling milieu, omgeving en kosten. Voor een overzicht van de afkortingen van de routes, zie bijlage A bij dit document.

7.2 Beoordelingsmethodiek

De beoordeling van het thema milieu is vanwege het verschil in type effect per projectonderdeel gesplitst in: routes op zee, routes op land en zoekgebieden voor converterstations. De beoordeling bestaat daarom uit de volgende sub-thema's:

- Milieubeoordeling van routes op zee
- Milieubeoordeling van routes op land
- Milieubeoordeling van zoekgebieden converterstations
- Omgeving
- Beoordeling op kosten

De subthema's bestaan uit meerdere aspecten en een aspect kan uit meerdere criteria bestaan. Per criterium is een beoordelingskader opgesteld en op de betreffende plek in de bijlage Effectbeoordeling toegelicht. In het algemeen kunnen per criterium vier mogelijke beoordelingen toegekend worden. Deze zijn in Tabel 7-1 toegelicht. Het thema 'omgeving' omvat de informatie die is opgehaald vanuit meerdere werksessies. Aan deze informatie is geen waardeoordeel of beoordeling toegekend. De kosten zijn geïndexeerd weergegeven. Deze geïndexeerde kosten zijn ook omgezet naar een beoordeling met dezelfde vier kleuren als de milieubeoordelingen. Hierbij is de goedkoopste route naar een aansluitstation op groen gezet en zijn de andere routes naar dit aansluitstation beoordeeld afhankelijk van hoeveel duurder deze routes zijn.

Het detailniveau van de effectbeoordeling sluit aan bij het detailniveau van deze voorverkenning. De vorm en omvang van de zoekgebieden voor de converterstations is afhankelijk van de mogelijk beschikbare ruimte. Binnen deze zoekgebieden is in de meeste gevallen nog ruimte om te schuiven en draaien met het ontwerp van een converterstation. Zoals aangegeven in paragraaf 4.5 betreffen de routes nog corridors van 2 km breed. Binnen deze corridors kan in een volgende fase een gedetailleerdere route worden ontworpen. Vanwege de ruimte die er nog is binnen de zoekgebieden en de corridors zijn deze beoordeeld op een niveau waarop mogelijke aandachtspunten, knelpunten en belemmeringen (zoals beschreven in Tabel 7-1) in beeld gebracht worden. Hiermee kan bepaald worden of de zoekgebieden en corridors redelijke alternatieven zijn voor een volgende fase. In de volgende fases worden de effecten dan in meer detail in beeld gebracht, waarbij hoe verder het proces vordert hoe meer detailniveau.

Tabel 7-1 Beoordelingsschaal

Geen tot weinig aandachtspunten	Binnen een corridor voor een kabelroute of een zoekgebied voor een converterstation bevinden zich geen tot weinig functies/waarden die door het voornemen aangetast kunnen worden. In een volgende fase is het zeer waarschijnlijk dat een kabelroute of converterstation hier ontwikkeld kan worden met geen tot weinig effecten op het betreffende aspect. Kosten: het goedkoopste alternatief met een prijsindex van 100 en alternatieven met een prijsindex tot 105.
Aandachtspunten	Binnen een corridor voor een kabelroute of een zoekgebied voor een converterstation bevinden zich enkele functies dan wel waarden met relatief weinig belang. Deze functies/waarden kunnen door het voornemen aangetast worden. Echter, doordat de functies/waarden beperkt zijn (in omvang en/of belang), is het waarschijnlijk dat in een volgende fase een kabelroute of converterstation ontwikkeld kan worden met geen tot beperkte effecten op het betreffende aspect indien rekening gehouden wordt met de aandachtspunten. Door het nemen van mitigerende maatregelen kunnen effecten mogelijk geheel voorkomen worden. Kosten: routes met een prijsindex van 106 – 125.
Knelpunten	Binnen een corridor voor een kabelroute of een zoekgebied voor een converterstation bevinden zich functies dan wel waarden van belang. Deze functies/waarden kunnen door het voornemen aangetast worden. Het is onzeker of in een volgende fase een kabelroute of converterstation ontwikkeld kan worden met beperkte impact op het betreffende aspect. Kosten: routes met een prijsindex van 126 – 150.
Belemmeringen	Binnen een corridor voor een kabelroute of een zoekgebied voor een converterstation bevinden zich functies dan wel waarden van belang. Het is niet mogelijk om het voornemen te realiseren zonder deze functies/waarden aan te tasten. Het nemen van mitigerende maatregelen kan de impact op het betreffende aspect mogelijk beperken maar deze blijft naar verwachting dusdanig groot dat het aan te raden is om in een volgende fase ook buiten de corridor of het zoekgebied te zoeken naar mogelijkheden om het voornemen te ontwikkelen. Kosten: routes met een prijsindex van >150.

7.3 Beoordelingskaders milieu, omgeving en kosten

In Tabel 7-2 is het beoordelingskader voor de verschillende (sub)thema's gegeven. Elk (sub)thema bestaat uit een of meerdere aspecten. De aspecten waar door een diepe aanlanding effect op kan zijn en die relevant zijn voor het bepalen van redelijke alternatieven, zijn opgenomen in het beoordelingskader. De effecten van een diepe aanlanding zijn voor de route met name het gevolg van de aanlegwerkzaamheden en vinden vooral in de ondergrond plaats en op ruimtelijke functies die zich binnen een corridor bevinden. Na aanleg is de kabel niet meer zichtbaar. Een converterstation is permanent zichtbaar en genereert geluid, waardoor er andere type effecten kunnen optreden. Daarom zijn de aspecten voor de routes en converterstations verschillend. Per aspect is in de bijlage Effectbeoordeling een uitgebreide versie van het beoordelingskader te vinden waarin is toegelicht hoe de beoordelingsschaal uit de vorige tabel is toegepast.

Het beoordelingskader is geënt op het beoordelingskader zoals dat ook voor milieueffectrapportages voor net op zee-projecten wordt gehanteerd. Echter, zijn de aspecten en het detailniveau passend gemaakt bij een voorverkenning. Het detailniveau en de diepgang zijn daarmee minder groot. Dit betekent bijvoorbeeld dat grondwaterbeschermingsgebieden, aardkundige waarden, en beschermde soorten niet apart zijn beoordeeld. Dit zal onderdeel zijn van een effectbeoordeling voor een concreet vervolgproject.

Zoals aangegeven in paragraaf 2.3.2 is bij de effectbeoordeling met name gebruik gemaakt van openbare geografische informatie zoals online kaarten met natuurgebieden, bodemtypen, etc. Op basis van *expert judgement* is vervolgens bepaald in hoeverre er sprake is van aandachtspunten, knelpunten of belemmeringen.

Tabel 7-2 Overzicht beoordelingskader voor alle thema's

(Sub)thema	Aspect	Criterium
Milieubeoordeling kabels op zee	Ecologie op zee	Gebiedsbescherming N2000
		Soortenbescherming
		KRW
		KRM
	Bodem en Water op zee en grote wateren	Morfologie (offshore)
		Morfologie (kustgebied en grote wateren)
		Waterkwaliteit/ waterbodemkwaliteit
	Archeologie op zee	Kans op negatieve effecten op bekende archeologische waarden
	Ruimtegebruik en overige gebruiksfuncties op zee	Kans op negatieve effecten op bestaande of geplande gebruiksfuncties in het plangebied, focus op onderscheidende subaspecten
Milieubeoordeling kabels op land	Ecologie op land	Natura 2000
		Natuurnetwerk Nederland (NNN)
		Weidevogelleefgebied/ganzenfoerageergebied
	Bodem en Water op land	Kans op negatieve effecten die doorwerken naar functies (zetting)
		Kans op negatieve effecten die doorwerken naar zoetwaterbeschikbaarheid (verzilting)
		Kans op negatieve effecten die doorwerken naar zoetoppervlaktewater (verzilting)
	Landschap	Kans op negatieve effecten op landschappelijke waarden
	Archeologie en Cultuurhistorie	Kans op negatieve effecten op bekende of verwachte archeologische waarden, cultuurhistorische waarden en/of werelderfgoed
	Leefomgeving	Kans op negatieve effecten op leefomgeving (wonen, werken, recreatie) en overige gebruiksfuncties (infrastructuur (weg, spoor, vaarweg, buisleidingen), windturbines), inclusief risicocontouren.
	Techniek	Kruisingen grote wateren en rivieren en primaire keringen
Milieubeoordeling converterstations	Ecologie op land	Natura 2000
		Natuurnetwerk Nederland (NNN)
		Weidevogelleefgebied/ganzenfoerageergebied
	Bodem en water op land	Kans op negatieve effecten die doorwerken naar functies (zetting)
		Overstromingsgevoeligheid
	Landschap	Kans op negatieve effecten op landschappelijke waarden
	Archeologie en Cultuurhistorie	Kans op negatieve effecten op bekende of verwachte archeologische waarden, cultuurhistorische waarden en/of werelderfgoed.
	Leefomgeving	Kans op negatieve effecten op leefomgeving (wonen, werken, recreatie) en overige gebruiksfuncties (infrastructuur (weg, spoor, vaarweg, buisleidingen), windturbines), inclusief risicocontouren.
Omgeving		Aandachtspunten opgehaald in werksessies
Kosten	Kostprijs routes	Prijsverhouding tussen routes

7.4 Milieubeoordeling routes

7.4.1 Inleiding

In de volgende paragrafen zijn de resultaten van de milieubeoordelingen voor de routes op zee en land weergegeven. Daarbij zijn de effecten globaal beschreven per onderdeel (zee en land). In paragraaf 7.5 zijn de milieubeoordelingen van de zoekgebieden voor converterstations per aansluitstation beschreven.

7.4.2 Resultaten aanlandlocaties

Uit de effectbeoordeling blijkt dat de haalbaarheid per aanlandlocatie verschilt. Voor de beoordeling is gebruikgemaakt van informatie uit de effectbeoordeling en werksessies met betrokkenen bij pVAWOZ en PAWOZ-Eemshaven, waaronder TenneT, EZK en RWS.

In Groningen is aanlandlocatie Eemshaven alleen haalbaar indien de tunnelvariant, die in het Programma VAWOZ nader wordt onderzocht, daadwerkelijk wordt gerealiseerd. In beleid is vastgelegd dat een nieuwe kabel in de Waddenzee gebruikt maakt van de tunnelroute. Zonder tunnel is Eemshaven dan ook geen haalbare aanlandlocatie. Met tunnel zijn drie kabelroutes inpasbaar. Delfzijl wordt op basis van de huidige inzichten niet haalbaar geacht, omdat de route via de Oude Westereemsroute niet vergunbaar is.

In Noord-Holland zijn de mogelijkheden wisselend. Bij de Kop van Noord-Holland lijkt, naast het voorkeursalternatief uit pVAWOZ, nog ruimte voor één diepe aanlanding. Petten kent een belangrijk knelpunt door zandwinning, maar lijkt technisch ruimte te bieden voor één aanlanding. Egmond aan Zee biedt mogelijk ruimte voor nul tot twee aanlandingen, afhankelijk van de verdere uitwerking en de rol als back-up voor pVAWOZ. Velsen-Noord Heemskerk is door de drukte in de onder- en bovengrond zeer complex. De eventueel beschikbare ruimte zal hier naar verwachting volledig benut worden binnen pVAWOZ. Bij Zandvoort zijn de brede duinkruising en bebouwing achter het duingebied bepalende knelpunten. In pVAWOZ wordt deze aanlandlocatie onhaalbaar geacht vanwege de doorkruising van Haarlem. Voor een diepe aanlanding is door de ligging van de aansluitstations de doorkruising van Haarlem niet noodzakelijk. Haalbaarheid van routes moet hier in vervolgonderzoek nader worden bepaald.

In Zuid-Holland en Zeeland komen enkele locaties naar voren die potentieel ruimte bieden voor een diepe aanlanding, maar ook hier zijn de aandachtspunten aanzienlijk. Noordwijk en Wassenaar lijken ruimte te bieden voor één of mogelijk meer aanlandingen, waarbij voornamelijk voor Wassenaar offshore beperkingen, duinkruisingen en drinkwaterbelangen belangrijke randvoorwaarden vormen. Hoek van Holland biedt naar verwachting geen ruimte voor een diepe aanlanding, omdat de beschikbare mogelijkheid al als voorkeursalternatief in pVAWOZ is opgenomen. In de vervolgfase is het zinvol om te verkennen of ruimte voor een kabelroute beschikbaar te maken is, zodat een hub in Zuid-Holland tot de mogelijkheden kan blijven behoren. Bij de Haringvlietmonding is mogelijk nog één boorlocatie of routeoptie beschikbaar (aanvullend op Nederwiek 3 en pVAWOZ), maar ecologie, morfologie en waterveiligheid vragen daar om nadere beoordeling. Voor het Grevelingenmeer is minimaal één aanlanding denkbaar, al zijn de nearshore- en inshore-knelpunten groot. De Oosterschelde wordt op basis van eerdere onderzoeken en het ontbreken van nieuwe inzichten niet als redelijk alternatief beschouwd.

Tabel 7-3 Overzicht aanlandlocaties

Aanlandlocatie	Knelpunt/ Belemmering	Aantal mogelijke aanlandingen	Aanlandingen pVAWOZ/PAWOZ	Aantal aanlandingen beschikbaar voor diepe aanlanding
Eemshaven	Tunnelvariant nog onzeker. Haalbaarheid afhankelijk van besluitvorming in pVAWOZ	Zonder tunnel: 0; Met tunnel: 3	0	0 tot 3
Delfzijl	Oude Westereemsroute niet vergunbaar vanwege maritieme risico's en morfologische dynamiek	0	0	0
Kop van Noord-Holland	Beperkte ruimte door bestaande en toekomstige energie-infrastructuur	2	1 VKA	1
Petten	Beperking winbare zandvoorraden	1	0	1
Egmond aan Zee	Duinkruising en uitwerking pVAWOZ	1 tot 2	Back-up VKA van VNH	0 tot 2
Velsen-Noord Heemskerk	Drukke onder- en bovengrond op land	1 tot 2	1 of 2 (maximaal haalbare)	0
Zandvoort	Brede duinkruising en bebouwing achter het duingebied	0 tot 2	0	0 tot 2
Noordwijk	Beperkte offshore ruimte	1 tot 2	0	1 tot 2
Wassenaar	Duinkruising in combinatie met drinkwaterbelangen	1	0	1
Hoek van Holland	Dichtbebouwde omgeving en grootschalige kassencomplexen	1	1 VKA	0
Haringvlietmonding	Ecologische waarden Voordelta en waterveiligheid Haringvlietdam	3 tot 4*	1x pVAWOZ, 1x Nederwiek 3	1 tot 2
Grevelingenmeer	Nearshore- en inshoreknelpunten door ecologie, morfologie en waterkeringveiligheid	Minstens 1	0	Minstens 1
Oosterschelde	Grote potentiële milieueffecten.	0	0	0

* Aanlandingsoptie over land door aan te landen bij Voorne aan Zee of Goeree-Overflakkee, zie ook voetnoot 19.

7.4.3 Resultaten zeeroutes

Voor de routes op zee is uitgegaan voor de routes die binnen pVAWOZ als voorkeursroute naar voren zijn gekomen. Daarom is de beoordeling van deze routes ook zoveel mogelijk overgenomen vanuit het plan-MER bij pVAWOZ (v5.0 27 juni 2025). De benaming van de routes is ook overgenomen uit pVAWOZ.

Voor vier aanlandlocaties langs de Noordzeekust die niet in het plan-MER van pVAWOZ zijn onderzocht (Petten, Zandvoort, Grevelingmeer en Oosterschelde), zijn routes ingetekend om de beoordeling uit te kunnen voeren. Hiervoor zijn de effectbeoordelingen vanuit plan-MER pVAWOZ aangevuld op basis van *expert judgement*.

Voor de aanlandlocaties Eemshaven is gebruik gemaakt van zowel pVAWOZ als PAWOZ-Eemshaven en het daarbij behorende plan-MER. Het uitgangspunt voor de effectbeoordeling is de zogeheten 'tunnelroute'.

De beoordelingen van alle milieuaspecten op zee per route zijn weergegeven in de volgende tabel. Na de tabel is kort aangegeven welke knelpunten er op zee zijn.

Tabel 7-4 Beoordeling routes op zee

Criterium	6/7-EEM	6/7-EEM – variant DZL	6/7-KNH1	6/7-PTT	6/7-EAZ1	6/7-VNH1	6/7-ZDV	6/7-NW1	6/7-WS1	6/7-HKW-oost richting HVH	6/7-HVM4-E richting HVM	6/7- variant GRL	6/7- variant OOS
Gebiedsbescherming N2000													
Soortenbescherming													
KRW													
KRM													
Morfologie (offshore)	156 KM	156 KM	160 KM	172 KM	182 KM	196 KM	205 KM	220 KM	231 KM	236 KM	249 KM	249 KM	249 KM
Morfologie (kustgebied en grote wateren)													
Waterkwaliteit en waterbodemkwaliteit													
Archeologie op zee													
Ruimtegebruik en overige gebruiksfuncties op zee													
Techniek													

Voor alle onderzochte kabelroutes op zee geldt dat zij beschermde natuurgebieden doorkruisen en effecten hebben op natuur en waterkwaliteit. De routes raken **Natura 2000-gebieden** en gebieden die vallen onder de Kaderrichtlijn Water (**KRW**) en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (**KRM**). Tijdens de aanleg ontstaat verstoring van **soorten** als zeevogels, zeehonden en bodemdieren, onder andere door graafwerkzaamheden en vertroebeling van het water. Routes naar de Eemshaven/Delfzijl (EEM, DZL), Kop van Noord-Holland (KNH), Petten (PTT) en Haringvliet (HVM) hebben hierbij meer knelpunten dan andere routes doordat zij respectievelijk Natura 2000-gebieden Friese Front, Waddenzee, Noordzeekustzone en Voordelta en Bruine Bank lopen. In de gebruiksfase kent de kabel een permanent elektromagnetisch veld, dat mogelijk invloed heeft op vissen en zeezoogdieren. Bij locaties waar toegang vanuit zee is naar de rivieren, zoals de Haringvlietmonding, spelen verschillende aandachtspunten. Onder meer de potentiële impact op vismigratie en aanwezigheid van verontreinigingen in de waterbodem door rivierafvoer. Door werkzaamheden buiten gevoelige perioden te plannen, kunnen sommige effecten worden beperkt. Desondanks blijven bij vrijwel alle routes langdurige negatieve effecten bestaan. Daarom worden de meeste routes, ook na mitigatie, beoordeeld als (zeer) negatief voor natuur en milieu.

De routes naar de Eemshaven vermijden door de tunnelroute de **morfologisch** dynamische Waddenzee. Echter het intredepunt van de tunnel heeft een permanent effect op de morfologie in dat gebied. Routes naar Kop van Noord-Holland en Petten gaan door een gebied met extra kust- en zeegatdynamiek wat zorgt voor morfologische knelpunten die niet te mitigeren zijn. Voor de kust van mondingen van Haringvliet, Grevelingen (GRL) en Oosterschelde (OOS) is er ook meer dynamiek waardoor knelpunten te verwachten zijn. Mogelijke verontreinigen bij de route naar Delfzijl en bij de Haringvlietmonding kunnen leiden tot knelpunten voor de **water(bodem)kwaliteit**.

Op alle routes behalve naar de Eemshaven/Delfzijl zijn wraklocaties te verwachten die mogelijk niet vermeden kunnen worden, daardoor heeft elke route aandachtspunten voor **archeologie**.
Vanuit **ruimtegebruik** kennen routes vooral knelpunten door zandwinning, schelpenwinning en vaarwegen. Alleen bij Kop van Noord-Holland, Hoek van Holland, Velsen-Noord Heemskerk, Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde is de impact op zandwinning beperkt.

Routes kennen **technische** knelpunten door obstakels, oorlogsexplosieven en complexe aanlandingen. Bij de routes richting de Eemshaven komt daarbij dat de tunnel veilig kan maar technisch en logistiek zeer complex is en er weinig ervaring is met dit tunnelconcept.
Alle in de voorverkenning onderzochte zeeroutes zijn, ondanks de geconstateerde knelpunten, als redelijk alternatief aan te merken om in een vervolgprocedure verder te onderzoeken.

7.4.4 Resultaten landroutes

Op de volgende pagina's is per aspect en per criterium de overzichtskaart gegeven waarop de aandachtspunten, knelpunten en belemmeringen langs de route zijn weergegeven volgens de beoordelingsschaal uit Tabel 7-1. Onder de kaart is de beoordeling kort toegelicht. In Bijlage 4 Effectbeoordeling milieu, omgeving en kosten is een uitgebreide beschrijving met kaart per provincie opgenomen.

Natuur - *Natura 2000*



Uit de effectbeoordeling blijkt dat de voorgenomen routes in meerdere provincies potentieel effecten veroorzaken op Natura 2000-gebieden. Met name daar waar routes habitatrichtlijngebieden, veenbodems, waterrijke gebieden en kust- en duingebieden kruisen, zijn de effecten niet of slechts beperkt te mitigeren binnen de corridors. Deze routedelen zijn aangemerkt als belemmering. In veen- en moerasgebieden is bovendien sprake van risico onomkeerbare bodemaantasting, wat onverenigbaar is met de instandhoudingsdoelstellingen. De beoordeling belemmering is vooral gegeven bij de kortste routes die bepaald zijn zonder rekening te houden met Natura 2000.
Voor andere Natura 2000-gebieden geldt dat mitigatie door routeoptimalisatie of toepassing van boringen in sommige gevallen mogelijk is, waardoor effecten kunnen worden beperkt tot een aandachtspunt. Bij grote wateren treden tijdens de aanlegfase tijdelijke verstoringen op, onder andere door geluid, vertroebeling en verlichting.

Natuur - *NNN/KRW*



Langs vrijwel alle onderzochte routes worden gebieden van het Natuurnetwerk Nederland (NNN) geraakt. Mogelijke effecten zijn het grootst bij bosrijke gebieden, veenlandschappen of waterrijke natuur met hoge ecologische waarde. Waar mogelijk kunnen deze gebieden vermeden worden door de kabelroute binnen de corridor te verschuiven of door gebruik te maken van boringen. Als dat lukt, geldt meestal een aandachtspunt.
Op locaties waar uitwijken of boren niet mogelijk is, bijvoorbeeld door dichte bebossing, kwetsbare veengronden of beperkte ruimte, ontstaat een knelpunt. Dan kan kap of permanente aantasting van natuur niet worden uitgesloten. De uiteindelijke impact hangt af van de precieze ligging van de kabelroute en de gekozen aanlegmethode. Tijdens de aanlegfase treden daarnaast tijdelijke verstoringen op, onder andere door geluid, vertroebeling en verlichting, in grote wateren die KRW-gebied zijn.

Natuur - *Weidevogel- en ganzenfoerageergebieden/soortbescherming (grote wateren)*



Langs veel van de onderzochte routes komen weidevogel- en ganzenfoerageergebieden voor. Deze gebieden zijn belangrijk als broed-, rust- en foerageergebied voor vogels. De routes leiden hier meestal niet tot permanente aantasting, maar kunnen tijdens de aanlegfase tijdelijk verstorend werken, bijvoorbeeld door geluid, aanwezigheid van materieel en bewegingen.
De mate van verstoring verschilt per locatie en hangt af van de uiteindelijke ligging van de kabelroute binnen de corridor, de afstand tot de vogelgebieden en het seizoen waarin de werkzaamheden plaatsvinden. Waar mogelijk kan verstoring worden beperkt door de kabelroute aan te passen binnen de corridor of werkzaamheden buiten gevoelige perioden uit te voeren. Daarom gelden deze gebieden meestal als aandachtspunt, niet als knelpunt of belemmering. In grote wateren kunnen op soorten tijdelijke effecten optreden door verstoring, vertroebeling en geluid en permanente effecten door elektromagnetische velden.

Bodem en water - *Zetting/morfologie*



Zetting van de bodem kan optreden bij ontwatering van kabelsleuven in slappe gronden zoals veen en klei. Dit speelt vooral in kust- en laaggelegen gebieden. In Groningen is het risico het grootst in zeeklei en veengebieden, met name dicht bij de kust en in overgangszones richting het binnenland. Verder landinwaarts, waar zandgronden overheersen, is het risico op zetting klein.
Ook in provincies als Utrecht, Noord- en Zuid-Holland komen veen- en kleigronden voor met een verhoogde kans op zetting. In Drenthe, Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg bestaan de bodems grotendeels uit zand, waardoor zetting nauwelijks een probleem is.
Waar zettingsgevoelige gronden voorkomen, zijn extra maatregelen of aandacht nodig om schade aan omgeving en infrastructuur te voorkomen. Het uiteindelijke risico hangt af van de exacte ligging van de kabelroute en de lokale bodemopbouw.
Morfologie speelt in grote wateren. In afgesloten wateren zoals Haringvliet en Grevelingenmeer is de bodemdynamiek beperkt. De Oosterschelde is dynamischer door getijden en vormt daarom een knelpunt. In het IJsselmeer en Markermeer zijn morfologische risico's klein.

Bodem en water - *Verzilting/water(bodem)kwaliteit*



Verzilting gaat over de aanwezigheid van zout grondwater en het risico dat dit tijdens werkzaamheden in zoet grond- en oppervlaktewater terechtkomt. Dit speelt vooral in kustgebieden en laaggelegen polders. In Groningen is de kans op verzilting het grootst dicht bij de kust en in klei- en veengebieden. Verder landinwaarts neemt dit risico snel af.
In provincies als Drenthe, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg ligt het zoute grondwater diep en vormt verzilting nauwelijks een probleem. In Flevoland, Utrecht, Noord- en Zuid-Holland komen juist zones voor waar zout of brak grondwater relatief ondiep zit. Hier kan het onttrekken en lozen van grondwater tijdens de aanleg leiden tot tijdelijke verslechtering van de waterkwaliteit.
Bij sterk verzilte bodems zijn extra effecten vaak beperkt, maar in overgangsgebieden is voorzichtigheid nodig. Gerichte maatregelen kunnen de risico's verminderen.
Waterkwaliteit kan tijdelijk verslechteren door vertroebeling en het vrijkomen van verontreinigingen bij graafwerk. Dit risico[18] is het grootst in voormalige zeearmen zoals het Haringvliet. In andere wateren zijn effecten meestal beperkt en tijdelijk, maar vragen wel aandacht tijdens de aanleg.

Landschap

Langs de meeste routes is de impact op het landschap beperkt. Dit komt doordat grote delen van Nederland bestaan uit open polder- en agrarisch landschap, waar de aanleg van ondergrondse kabels geen blijvende zichtbare effecten heeft. In meer bosrijke provincies zoals Drenthe, Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg, maar ook Utrecht kunnen lokaal wel effecten optreden. Hier kruisen sommige routes bosgebieden die niet volledig te vermijden zijn of te groot zijn om met één boring te passeren. In die gevallen zijn mitigerende maatregelen nodig of ontstaat een knelpunt. Over het algemeen geldt dat landschappelijke effecten vooral lokaal en beperkt zijn en zich met name voordoen waar routes door grotere, aaneengesloten bosgebieden lopen.

[18] Eind 2025 heeft het Europees Parlement (Water pollution: Council and Parliament reach provisional deal to update priority substances in surface and ground waters - Consilium) akkoord bereikt om de eisen ten aanzien van tijdelijke achteruitgang te versoepelen voor ingrepen die geen extra verontreinigingen in wateren veroorzaken maar wel tijdelijk tot verandering kunnen leiden, zoals door opwerveling.

Archeologie en cultuurhistorie

Langs de onderzochte routes komen in veel provincies gebieden voor met een middelhoge tot hoge kans op archeologische waarden. Dit betekent dat bij werkzaamheden rekening moet worden gehouden met mogelijke vondsten in de bodem. In vrijwel alle provincies liggen daarnaast bekende archeologische terreinen (AMK-terreinen) binnen de routecorridors. Vaak is er voldoende ruimte om deze te ontwijken, waardoor meestal sprake is van een aandachtspunt en geen directe belemmering. Een belangrijk verschil ontstaat waar routes UNESCO-werelderfgoed kruisen, zoals de Hollandse Waterlinies, de Beemster en de Neder-Germaanse Limes. Waar deze gebieden over langere trajecten worden doorkruist, gelden de routes als knelpunt. In grote wateren zoals het Haringvliet, IJsselmeer en Markermeer is er bovendien altijd een kans op scheepswrakken en verdronken dorpen. Daarom gelden hier aandachtspunten.

Leefomgeving

De invloed van de kabelroutes op de leefomgeving verschilt sterk per regio. In open en landelijk gebied, zoals delen van Groningen, Fryslân, Drenthe, Flevoland en Zeeland, is vaak voldoende ruimte om routes aan te leggen zonder noemenswaardige hinder. Problemen ontstaan vooral in dichtbebouwde gebieden, waar veel woningen, bedrijven, infrastructuur en andere functies samenkomen. Alleen bij het Zuidlaardermeer is de ruimte te beperkt. In provincies Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord- en Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg kruisen meerdere routes stedelijke zones, bedrijventerreinen, spoorlijnen, snelwegen en recreatiegebieden. Daar is de ruimte beperkt en zijn vaak extra maatregelen nodig, zoals boringen of het aanpassen van de kabelroute. Op sommige locaties is aanleg binnen de corridor nauwelijks mogelijk; deze worden als knelpunt of belemmering aangemerkt. Daarnaast overlappen routes regelmatig met plannen voor duurzame energie langs snelwegen. Over het geheel genomen geldt dat de grootste knelpunten optreden waar veel functies samenkomen en de beschikbare ruimte minimaal is. In grote wateren zoals de Oosterschelde, het Haringvliet en het Grevelingenmeer komen veel functies samen, zoals natuur, visserij en recreatie. Daardoor zijn deze routes als knelpunt beoordeeld. In IJsselmeer en Markermeer zijn effecten tijdelijk, maar is tijdens aanleg mogelijk wel mitigatie nodig.

Techniek



Bij de aanleg van de routes spelen natte gebieden, meren en waterkeringen een rol voor de technische haalbaarheid. In veel provincies kunnen kleine wateren en natte zones binnen de routecorridor worden vermeden of met boringen worden gekruist, zonder grote technische risico's. In Groningen vormen het Foxholstermeer, de Kropswolderbuitenpolder en het Zuidlaarderveen een belemmering, omdat deze grote natte gebieden niet te vermijden zijn. In Overijssel, Utrecht, Noord- en Zuid-Holland, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg kruisen routes meerdere rivieren, meren en wateren met primaire keringen. De meeste kruisingen zijn relatief kort en technisch uitvoerbaar, maar op specifieke locaties – zoals brede wateren, gebieden met grindlagen of complexe bebouwing – zijn de risico's hoger. Deze kruisingen vragen extra aandacht bij de verdere uitwerking van de kabelroute.
In de grote wateren zijn de aanlegtechnieken vergelijkbaar met die op zee. Echter, met aangepast materieel vanwege de beperkte waterdiepte en nauwe sluizen die grote offshore-schepen uitsluiten. Het Haringvliet heeft daarbij knelpunten vanwege de verwachte baggerwerkzaamheden en scheepvaart. Een aandachtspunt bij de routes door het Grevelingenmeer en de Oosterschelde is de mogelijke nat-natboring die toegepast moet worden indien niet over land aangelegd kan worden.

Voor een totaalbeeld zijn alle beoordelingen van alle criteria over elkaar heen gelegd. Daarbij is de meest negatieve beoordeling leidend. Dus als bijvoorbeeld een deel van een kabelroute een belemmering (rood) bevat voor een criterium, maar vanuit een ander criterium op dat deel van de kabelroute alleen een aandachtspunt (geel) dan is dat deel van de kabelroute rood gekleurd. Figuur 7-1 geeft dit totaalbeeld weer.



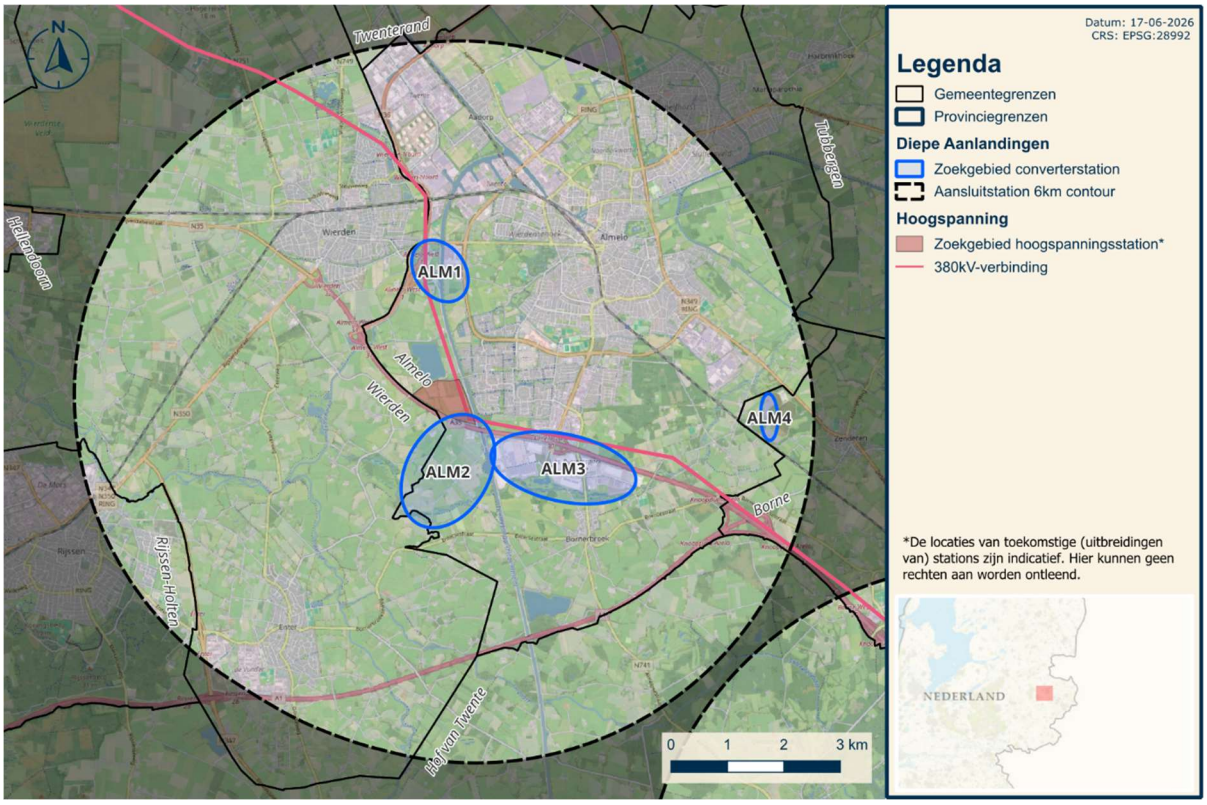
Figuur 7-1 Totaalbeeld effectbeoordeling alle criteria

7.5 Milieubeoordeling zoekgebieden converterstations

In deze paragraaf is per aansluitstation een overzicht gegeven van de beoordeling van de zoekgebieden voor converterstations. Hier zijn de beoordeling volgens de beoordelingsschaal uit Tabel 7-1 in een tabel voor alle criteria weergegeven. De beoordeling is daarna kort toegelicht.

7.5.1 Almelo

In Figuur 7-2 zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Almelo weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-5 de beoordeling voor de vier zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-2 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Almelo

Tabel 7-5 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Almelo

	ALM1	ALM2	ALM3	ALM4
Natura 2000				
NNN				
Weidevogel				
Zetting				
Overstroming				
Landschap				
Archeologie				
Leefomgeving				

Op het gebied van natuur zijn er geen Natura 2000-gebieden of weidevogel- en ganzenfoerageergebieden aanwezig. In delen van zoekgebied 2 en 3 ligt wel NNN-gebied, maar dit kan binnen de zoekgebieden worden vermeden.

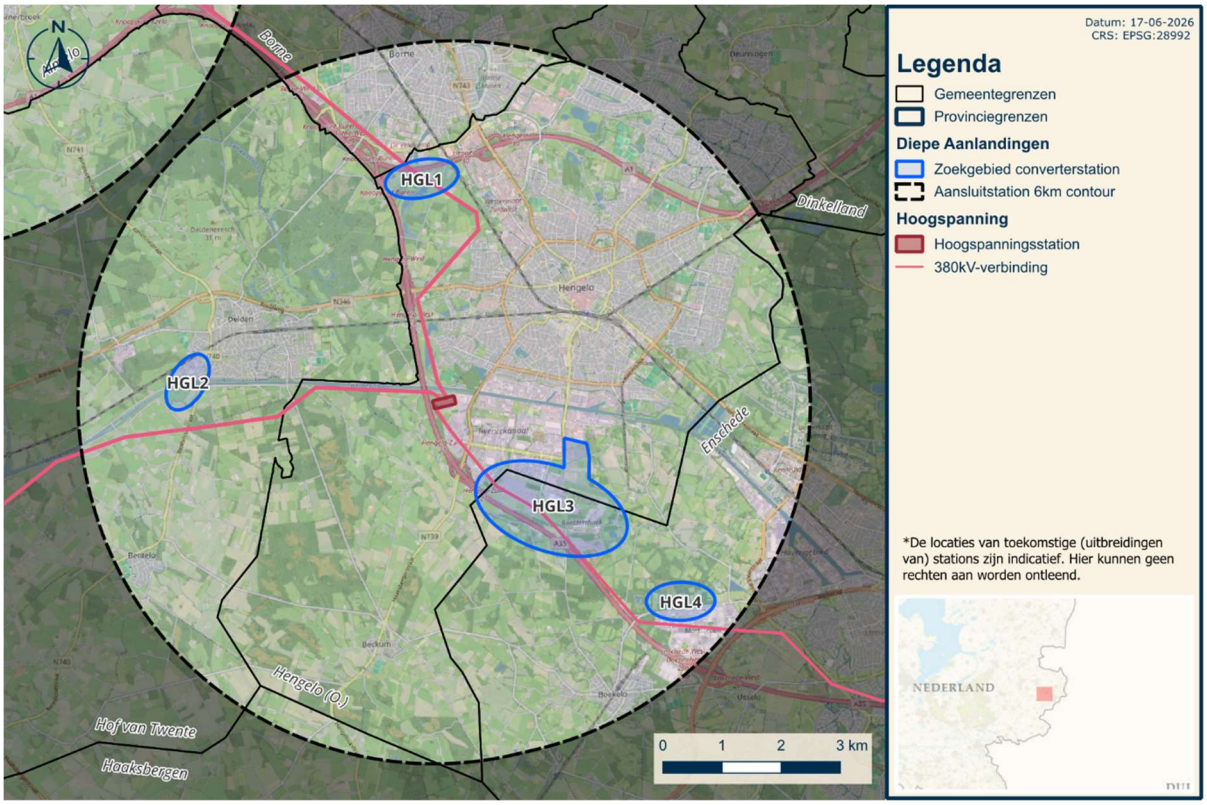
Wat betreft bodem en water liggen alle zoekgebieden op zandgronden, die geschikt zijn voor zware infrastructuur. Zoekgebieden 1, 2 en 3 liggen nabij het Twentskanaal en hebben relatief hoge grondwaterstanden, wat aandacht vraagt bij de bouw. De grondwaterstand bij zoekgebied 4 ligt dieper. Delen van zoekgebied 1 en 2 kennen een beperkt overstromingsrisico. Zoekgebied 3 en 4 zijn gunstiger: hier is geen overstromingsrisico.

De landschappelijke impact verschilt per gebied. Zoekgebieden 2 en 3 liggen op (toekomstige) bedrijventerreinen en passen goed in hun omgeving. Zoekgebied 1 kan beperkt impact hebben, afhankelijk van de exacte locatie. Zoekgebied 4 ligt in een groen, kleinschalig landschap rond de Vloedbelt, waar een groot converterstation minder goed past, wel is hier al enige energie-infrastructuur aanwezig.

Voor archeologie geldt dat de meeste zoekgebieden een lage tot middelhoge trefkans hebben.
De grootste aandachtspunten liggen bij de leefomgeving: vooral zoekgebieden 1 en 2 liggen dicht bij woningen en bedrijven, waardoor richtafstanden niet worden gehaald. Zoekgebieden 3 en 4 scoren hier gunstiger, maar vragen nog steeds zorgvuldige inpassing.

7.5.2 Hengelo

In de Figuur 7-3 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Hengelo weergegeven. Na Figuur 7-3 is in Tabel 7-6 de beoordeling voor de vier zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-3 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Hengelo

Tabel 7-6 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Hengelo

	HGL1	HGL2	HGL3	HGL4
Natura 2000				
NNN				
Weidevogel				
Zetting				
Overstroming				
Landschap				
Archeologie				
Leefomgeving				

Op het gebied van natuur liggen geen Natura 2000- of weidevogelgebieden in de zoekgebieden. Wel bestaat zoekgebied 4 grotendeels uit bosrijk NNN-gebied, dat slechts beperkt te vermijden is. Dit maakt zoekgebied 4 ecologisch het meest kwetsbaar en leidt tot een knelpunt.

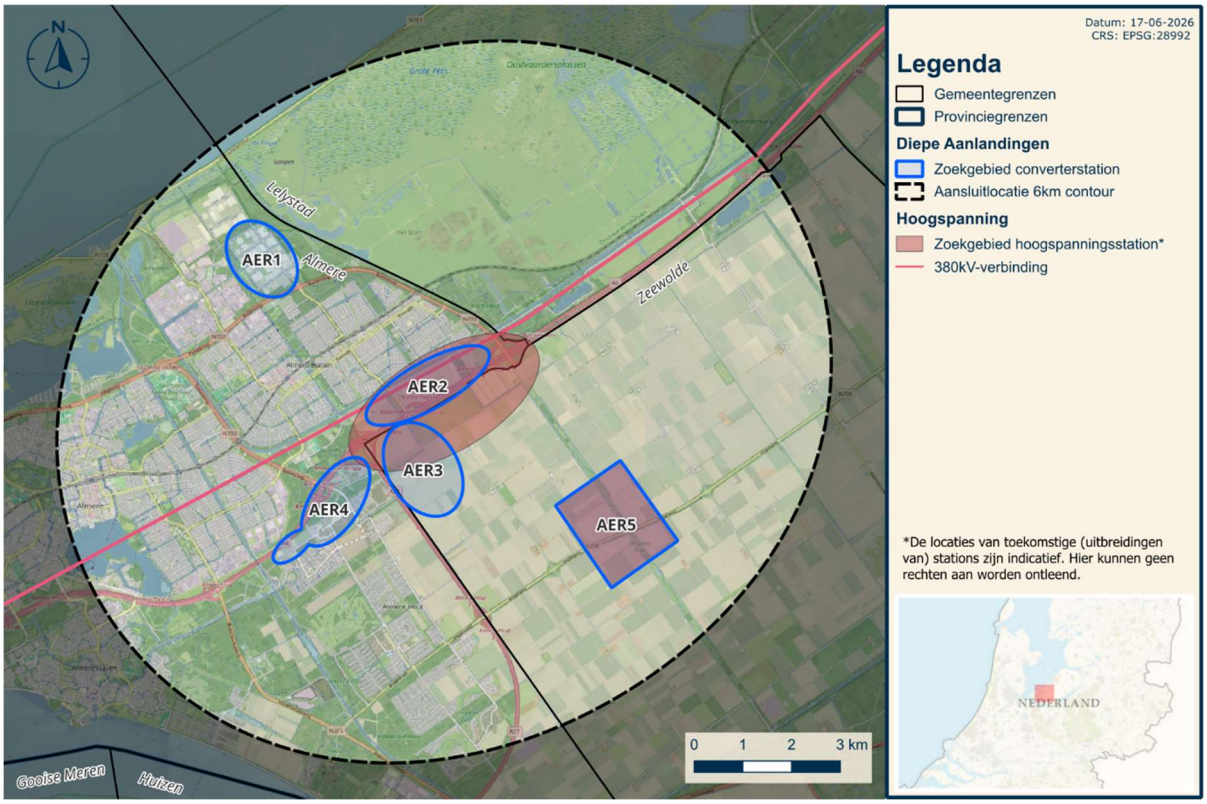
Alle zoekgebieden liggen op zandgronden, wat gunstig is voor de bouw. De verschillen zitten vooral in overstromingsrisico. Zoekgebied 1 bestaat grotendeels uit gebied met een klein overstromingsrisico. De rest van dit gebied kent geen overstromingsrisico. Omdat het grootste deel een klein overstromingsrisico kent, is zoekgebied 1 is aangemerkt als een mogelijk aandachtspunt. Zoekgebieden 2, 3 en 4 kennen geen overstromingsrisico.

De landschappelijke impact verschilt sterk. Zoekgebied 3 sluit goed aan op bestaand bedrijventerrein en scoort daarom gunstig. De andere zoekgebieden liggen in agrarisch of groen landschap, waar een converterstation alleen mogelijk is met aantasting van bestaande groenstructuren.

Voor archeologie zijn de meeste risico's beperkt tot lokaal middelhoge trefkansen. De meeste knelpunten liggen bij de leefomgeving: vooral zoekgebieden 2 en 4 kunnen knelpunten opleveren door nabijheid van woningen, natuur en andere functies, terwijl in zoekgebied 3 de minste kwetsbare functies aanwezig zijn.

7.5.3 Almere

In Figuur 7-4 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Almere weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-7 de beoordeling voor de vijf zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-4 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Almere

Tabel 7-7 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Almere

	AER1	AER2	AER3	AER4	AER5
Natura 2000					
NNN					
Weidevogel					
Zetting					
Overstroming					
Landschap					
Archeologie					
Leefomgeving					

Op het gebied van natuur zijn er geen Natura 2000-, NNN- of weidevogelgebieden aanwezig. Bij bodem en water liggen de meeste knelpunten. Alle zoekgebieden liggen op kleigrond, wat minder stabiel is en extra bouwmaatregelen vraagt. Wel is de grondwaterstand in zoekgebieden 1 en 2 relatief hoog, wat extra aandacht vraagt. In zoekgebieden 3 en 4 is dit risico iets kleiner, maar nog

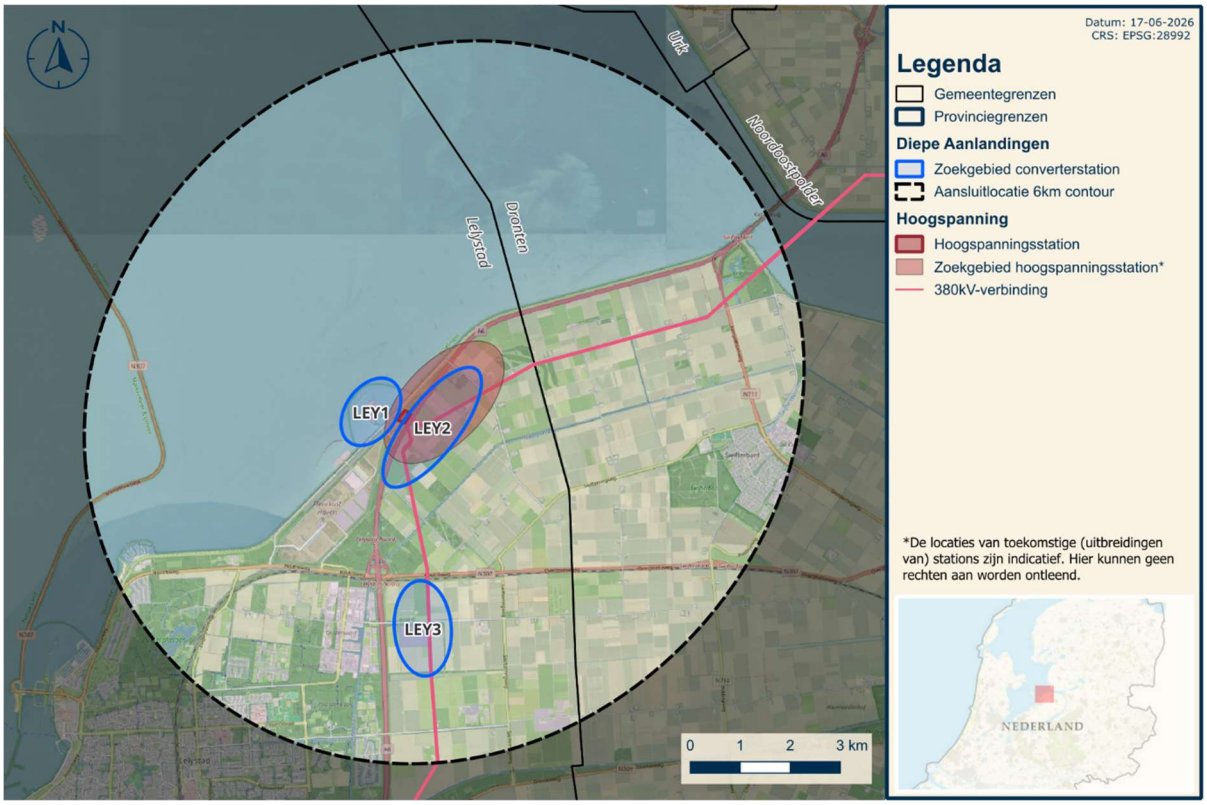
steeds relevant. Alle zoekgebieden bestaan volledig uit gebied met een klein overstromingsrisico, waardoor allen worden aangemerkt als aandachtspunt.

De landschappelijke impact verschilt per locatie. Zoekgebied 1 biedt goede inpassingsmogelijkheden door bestaande groenstructuren. Zoekgebied 2 sluit goed aan op infrastructuur en mogelijk een toekomstig 380kV-station, maar zonder dat station is de impact groter. Zoekgebied 3 ligt tussen snelwegen en heeft beperkte inpassingsruimte. Zoekgebied 4 bevat veel bos; plaatsing van een converterstation kan hier leiden tot aanzienlijke landschappelijke aantasting. Zoekgebied 5 ligt in open agrarisch gebied met een grote impact op het landschap.

Voor archeologie geldt dat er geen werelderfgoed of bekende vindplaatsen zijn, al is lokaal wel een middelhoge trefkans. In de leefomgeving zijn zoekgebieden 1, 2 en 3 goed inpasbaar, terwijl zoekgebied 4 complex is door de nabijheid van woningen, natuur, een begraafplaats en nieuwe maatschappelijke functies.

7.5.4 Lelystad

In Figuur 7-5 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Lelystad weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-8 de beoordeling voor de drie zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-5 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Lelystad

Tabel 7-8 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Lelystad

	LEY1	LEY2	LEY3
Natura 2000			
NNN			
Weidevogel			
Zetting			
Overstroming			
Landschap			
Archeologie			
Leefomgeving			

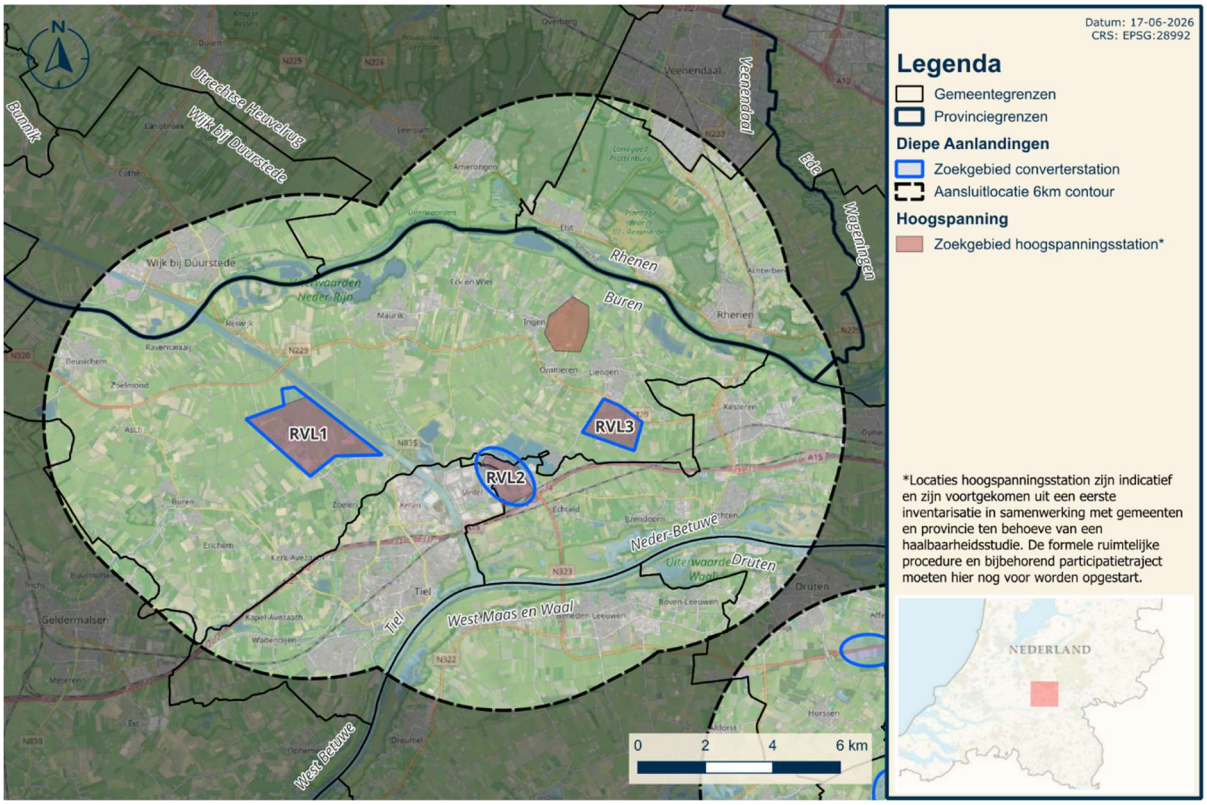
Op het gebied van natuur zijn er geen beperkingen: geen van de zoekgebieden ligt in Natura 2000-, NNN- of weidevogelgebieden.
De meeste aandachtspunten liggen bij bodem en water. Alle zoekgebieden liggen op kleigrond, die minder stabiel is en extra bouwmaatregelen vraagt. Ook is in zoekgebied 3 de grondwaterstand hoger, wat aandacht vraagt bij de bouw. Zoekgebieden 2 en 3 bestaan volledig uit gebied met een middelgroot overstromingsrisico. Dit geldt als een mogelijk knelpunt. Zoekgebied 1 is beoogd op een kunstmatig eiland dat volgens de overstromingsrisico-kaart geen risico kent op een overstroming.

Voor het landschap sluiten zoekgebied 1 en 2 goed aan bij bestaande en geplande energie-infrastructuur, zoals de Maximacentrale en een mogelijk nieuw 380kV-station. Zoekgebied 3 ligt bij snelwegen en bestaande energieprojecten, maar het schaalniveau van een converterstation is groter dan de huidige ontwikkelingen.

Bij archeologie zijn geen werelderfgoedlocaties aanwezig; lokaal is wel een middelhoge trefkans. De leefomgeving is vooral gunstig in zoekgebied 1 en 3, omdat hier nauwelijks functieverandering nodig is en er geen kwetsbare functies zijn in en nabij het zoekgebied. In zoekgebied 2 kunnen effecten ontstaan doordat richtafstanden slechts beperkt haalbaar zijn.

7.5.5 Rivierenland

In Figuur 7-6 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Rivierenland weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-9 de beoordeling voor de drie zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-6 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Rivierenland

Tabel 7-9 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Rivierenland

	RVL1	RVL2	RVL3
Natura 2000			
NNN			
Weidevogel			
Zetting			
Overstroming			
Landschap			
Archeologie			
Leefomgeving			

Op het gebied van natuur zijn er weinig belemmeringen: geen van de zoekgebieden ligt in Natura 2000- of NNN-gebied. Alleen in zoekgebied 1 komt een klein deel weidevogelgebied voor, maar dit kan binnen het zoekgebied worden vermeden.

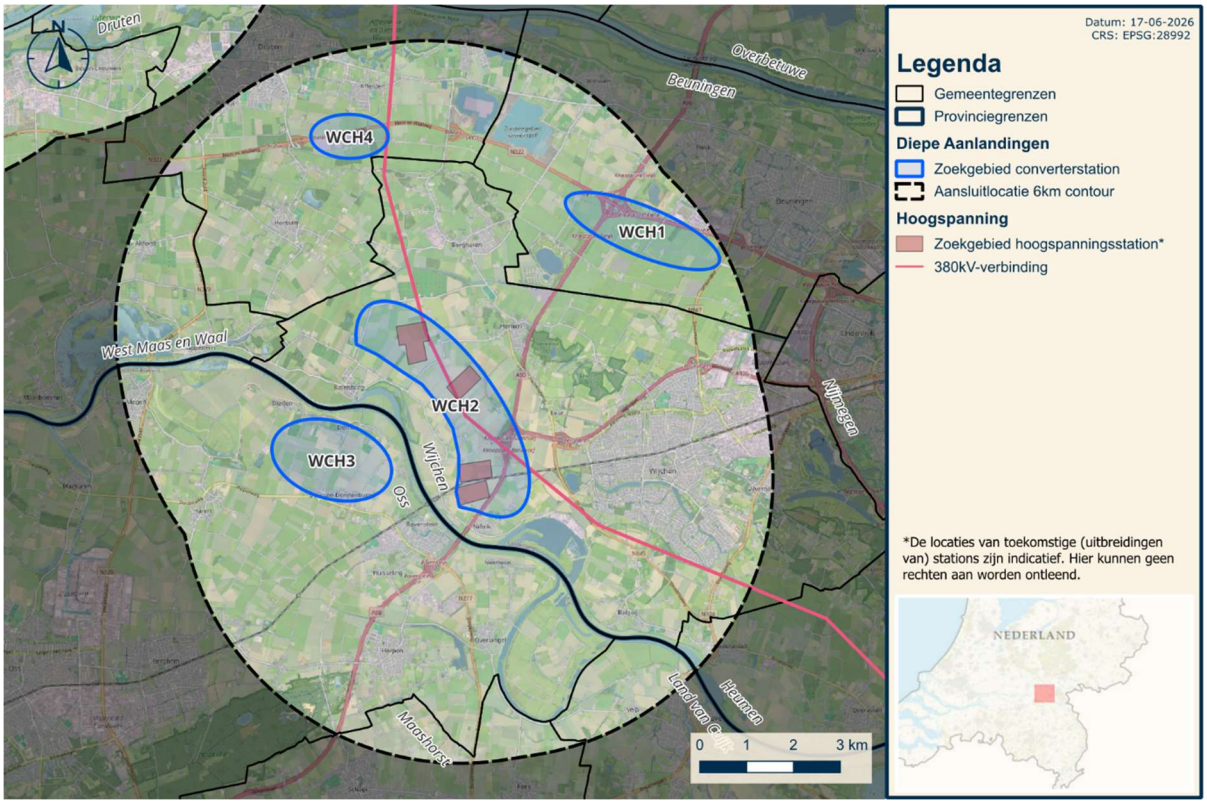
De meeste aandachtspunten en knelpunten liggen bij bodem en water. Alle zoekgebieden liggen op kleigrond, die gevoelig is voor zetting en daardoor extra aandacht vraagt bij de bouw. Zoekgebied 1, ten westen van Tiel, kent een middelgrote tot grote kans op overstroming. Dit gebied vormt een belemmering op dit aspect. De overige zoekgebieden kennen een middelgrote kans op overstromingen en vormen daarmee een knelpunt. Ook ligt bij alle zoekgebieden de GHG tussen de 0,4 en 0,8 meter onder het maaiveld, wat om extra aandacht bij ontwerp, fundering en waterhuishouding vraagt.

De landschappelijke impact verschilt per locatie. Zoekgebieden 1 en 3 liggen in open agrarisch landschap en zijn landschappelijk kwetsbaar, vooral als niet de combinatie kan worden gemaakt met een nieuw 380kV-station\. Zoekgebied 2 sluit deels aan op bedrijventerrein Medel en scoort daarom iets gunstiger.

Voor archeologie zijn geen werelderfgoedlocaties aanwezig en blijven de risico's beheersbaar. In de leefomgeving zijn zoekgebieden 1 en 2 redelijk inpasbaar, het is mogelijk de kwetsbare functies te vermijden, echter zullen de richtafstanden niet overal behaald worden. In zoekgebied 3 zijn richtafstanden door verspreide bebouwing niet haalbaar.

7.5.6 Wijchen

In Figuur 7-7 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Wijchen weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-10 de beoordeling voor de vier zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-7 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Wijchen

Tabel 7-10 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Wijchen

	WCH1	WCH2	WCH3	WCH4
Natura 2000				
NNN				
Weidevogel				
Zetting				
Overstroming				
Landschap				
Archeologie				
Leefomgeving				

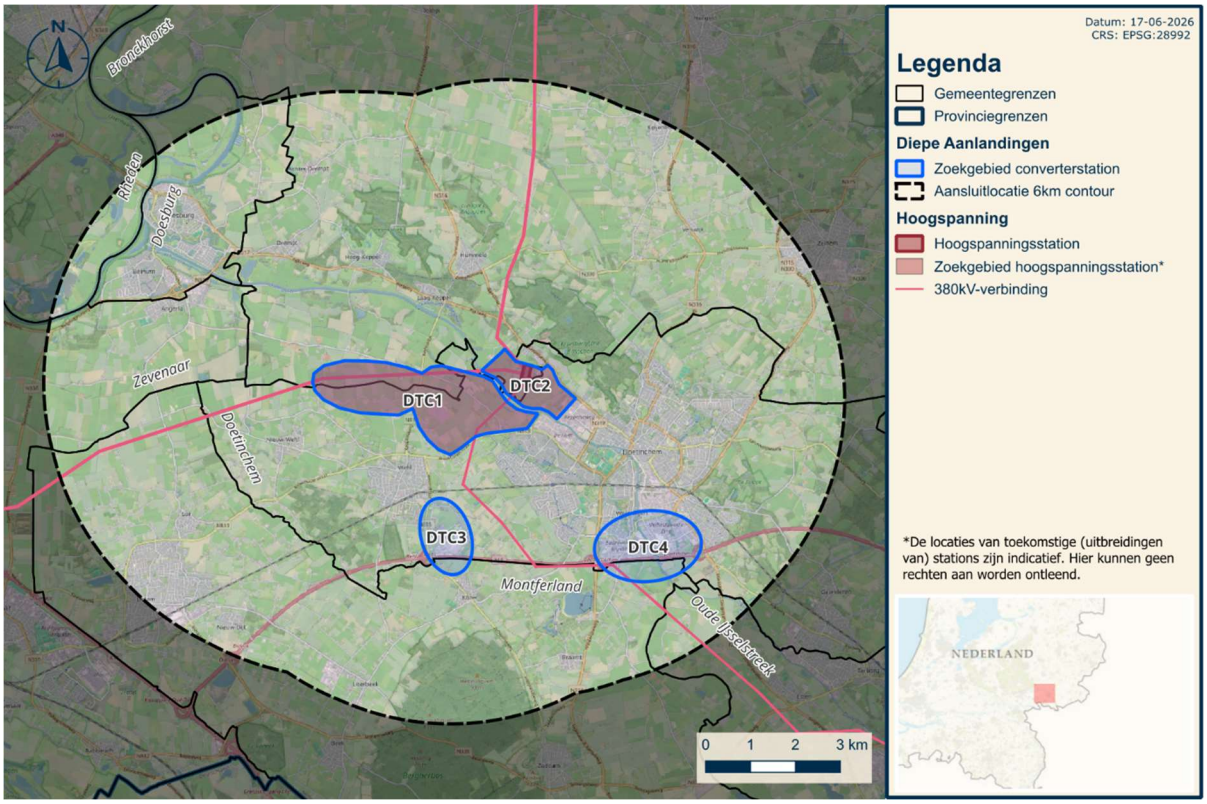
Op het gebied van natuur zijn er weinig beperkingen: geen van de zoekgebieden ligt in Natura 2000- of weidevogelgebieden. In kleine delen van zoekgebieden 2 en 4 ligt wel bosrijk NNN-gebied, maar dit kan binnen de zoekgebieden worden ontzien.

De grootste aandachtspunten liggen bij bodem en water. Alle zoekgebieden liggen op kleigrond, die gevoelig is voor zetting. Ook de grondwaterstand is in alle zoekgebieden relatief hoog en vraagt om extra maatregelen bij de bouw. Daarnaast kennen alle zoekgebieden in Wijchen een middelgroot overstromingsrisico. Voor de gebieden die dichter bij de rivier gelegen zijn wordt het overstromingsrisico groter. Voor alle gebieden geldt een knelpunt op dit aspect.
Het landschap vormt een belangrijk knelpunt. Alle zoekgebieden liggen in open agrarisch gebied met weinig groenstructuren, waardoor een converterstation lastig landschappelijk inpasbaar is. Alleen bij infrastructuur is beperkte aansluiting mogelijk.

Voor archeologie zijn de risico's beheersbaar en is voldoende ruimte om waarden te vermijden. In de leefomgeving ontstaan vooral knelpunten in zoekgebieden 1 en 4 door nabijheid van woningen en beperkte ruimte; zoekgebieden 2 en 3 zijn beter inpasbaar maar vragen zorgvuldige positionering.

7.5.7 Doetinchem

In Figuur 7-8 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Doetinchem weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-11 de beoordeling voor de vier zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-8 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Doetinchem

Tabel 7-11 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Doetinchem

	DTC1	DTC2	DTC3	DTC4
Natura 2000				
NNN				
Weidevogel				
Zetting				
Overstroming				
Landschap				
Archeologie				
Leefomgeving				

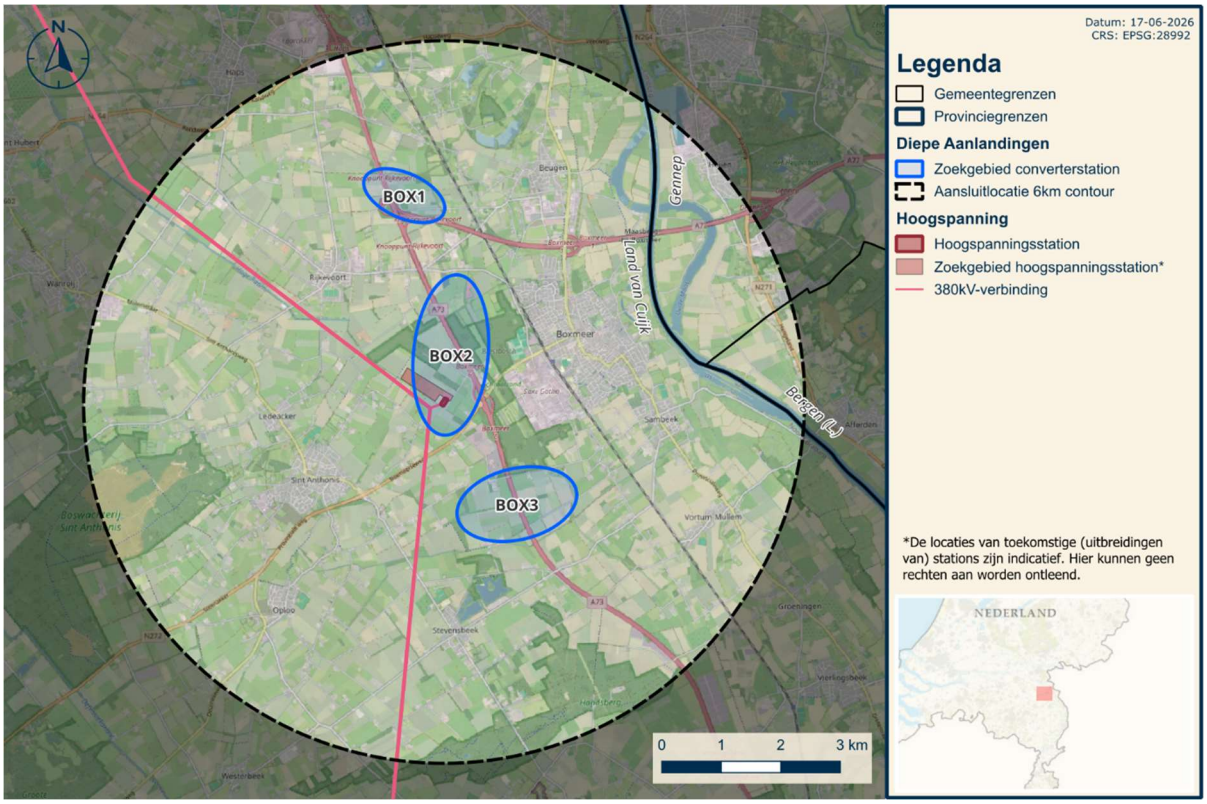
Op het gebied van natuur zijn er weinig beperkingen: geen van de zoekgebieden ligt in Natura 2000- of weidevogelgebieden. In kleine delen van zoekgebieden 1 en 4 komt wel NNN-bos voor, maar dit kan binnen de zoekgebieden worden ontzien.
De belangrijkste verschillen zitten bij bodem en water. Zoekgebieden 1, 2 en 4 liggen op rivierklei, wat gevoeliger is voor zetting. Zoekgebied 3 ligt op zand en is daardoor stabieler. De grondwaterstand vormt vooral in zoekgebied 1 een duidelijk knelpunt, bij zoekgebieden 2 en 3 vormt het een aandachtspunt. Voor alle zoekgebieden geldt een middelgrote kans op overstroming. Zij worden aangemerkt als knelpunt.

Zoekgebied 3 omvat een bedrijventerrein, wat de minste impact heeft op landschap. Zoekgebied 2 sluit aan bij de bestaande energie-infrastructuur. Zoekgebied 1 is landschappelijk het meest kwetsbaar.

Voor archeologie zijn de risico's beheersbaar. Vanuit leefomgeving hebben vooral zoekgebieden 1, 3 en 4 knelpunten door nabijheid van woningen; bij zoekgebied 2 is de meeste ruimte om afstand te houden tot kwetsbare functies.

7.5.8 Boxmeer

In Figuur 7-9 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Boxmeer weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-12 de beoordeling voor de drie zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-9 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Boxmeer

Tabel 7-12 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Boxmeer

	BOX1	BOX2	BOX3
Natura 2000			
NNN			
Weidevogel			
Zetting			
Overstroming			
Landschap			
Archeologie			
Leefomgeving			

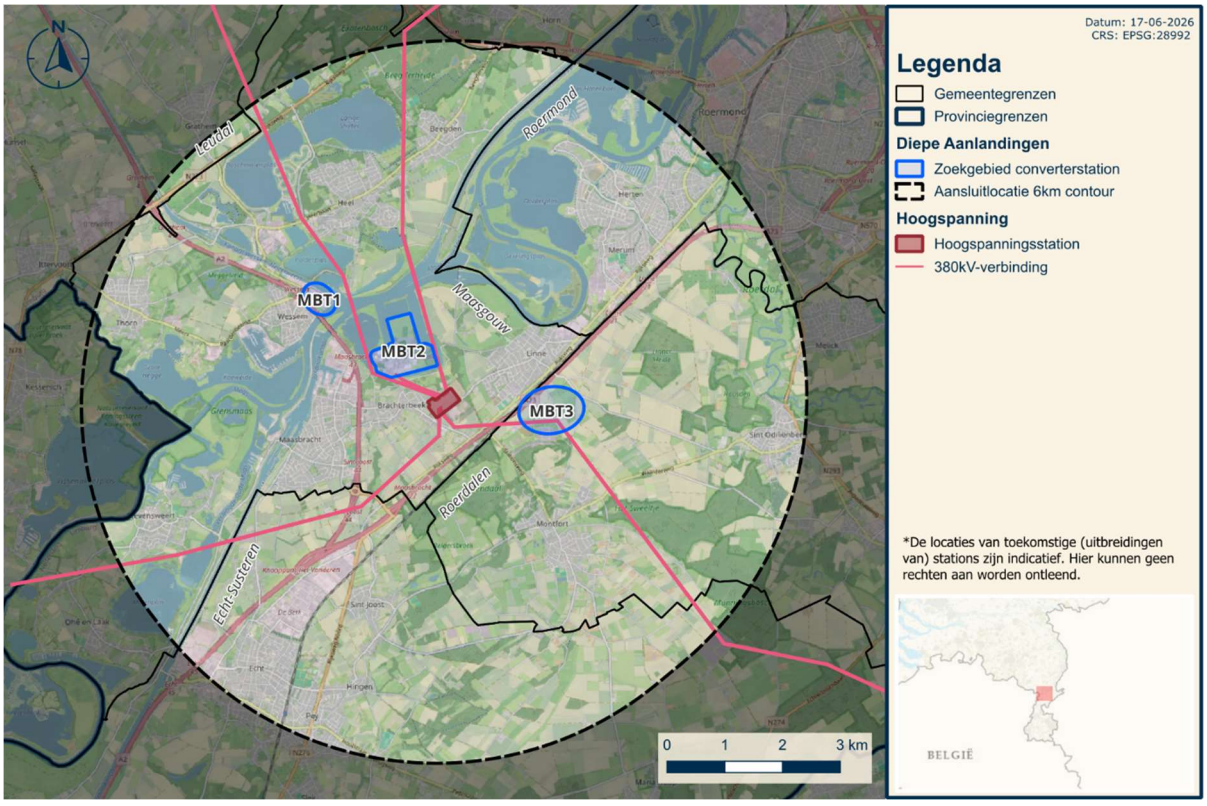
Op het gebied van natuur zijn er geen grote belemmeringen: geen van de zoekgebieden ligt in Natura 2000- of weidevogelgebieden. In delen van zoekgebieden 1 en 2 komt wel bosrijk NNN-gebied voor, maar dit kan binnen de zoekgebieden worden vermeden.

Wat betreft bodem en water liggen alle zoekgebieden op zandgronden, die over het algemeen stabiel en geschikt zijn voor zware infrastructuur. De belangrijkste aandachtspunten zitten bij de grondwaterstand. In vrijwel alle zoekgebieden staat het grondwater relatief hoog, wat extra eisen stelt aan fundering en waterbeheer. In zoekgebied 2 zijn ook delen aanwezig met gunstigere grondwaterstanden. Voor zoekgebied 1 is er een middelgrote kans op overstroming. Zoekgebied 2 ligt ten zuiden van zoekgebied 1 en kent voor een gedeelte van het gebied een kleine kans op overstroming. Hier geldt een aandachtspunt. Voor het overige zoekgebied is er een zeer kleine kans op overstromingen dus hier zijn geen aandachts- en knelpunten.

De landschappelijke inpassing is in alle zoekgebieden mogelijk, doordat ze aansluiten op infrastructuur en voldoende ruimte bieden om bestaande groenstructuren te behouden.
Voor archeologie zijn geen bekende waarden of werelderfgoedlocaties aanwezig; alleen lokaal is sprake van een verhoogde trefkans. Vanuit leefomgeving is een converterstation in zoekgebieden 1 en 2 in te passen doordat kwetsbare functies goed te vermijden zijn. Bij zoekgebied 2 is het wel iets lastiger om de richtafstanden te behalen. Zoekgebied 3 is lastiger inpasbaar vanwege nabijheid van woningen, waardoor hier meer knelpunten ontstaan.

7.5.9 Maasbracht

In Figuur 7-10 hierna zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Maasbracht weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-13 de beoordeling voor de drie zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-10 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Maasbracht

Tabel 7-13 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Maasbracht

	MBT1	MBT2	MBT3
Natura 2000			
NNN			
Weidevogel			
Zetting			
Overstroming			
Landschap			
Archeologie			
Leefomgeving			

Op het gebied van natuur zijn er geen belemmeringen: geen van de zoekgebieden ligt in Natura 2000-, NNN- of weidevogelgebieden.

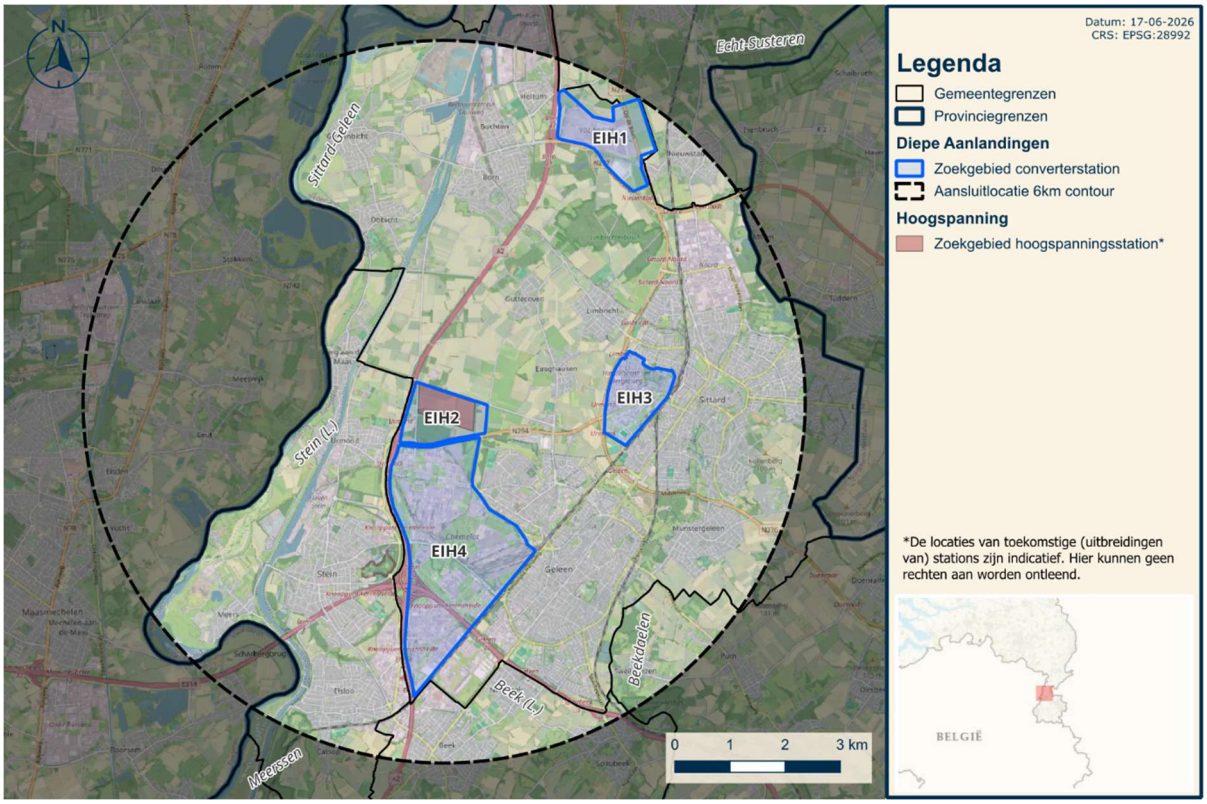
Bij bodem en water zijn de verschillen groot. Zoekgebieden 1 en 2 liggen op kleigrond in het rivierengebied. Deze bodem heeft minder draagkracht en is gevoeliger voor zetting. Bovendien liggen deze gebieden direct aan de rivier en hebben zij een hoger overstromingsrisico, met mogelijk zeer hoge waterstanden. Dit maakt de locaties kwetsbaar en dit vormt een belangrijke belemmering. Zoekgebied 3 ligt daarentegen op zandgrond, hoger en verder van de rivier. Hier is geen relevant overstromingsrisico en ook de grondwaterstand is gunstig, wat de bouw vergemakkelijkt.

Wat betreft het landschap sluiten alle zoekgebieden goed aan bij bestaande infrastructuur, zoals snelwegen en hoogspanning, en bij grootschalig bedrijventerrein, zoals de Clauscentrale.

Voor archeologie zijn geen bijzondere waarden of werelderfgoedlocaties aanwezig. In de leefomgeving is zoekgebied 2 het meest gunstig, omdat er geen kwetsbare functies zijn. Bij zoekgebied 1 liggen woningen aan de andere kant van de A6 binnen de richtafstanden, terwijl zoekgebied 3 voldoende ruimte biedt om afstand te houden tot woningen.

7.5.10 Einighausen

In Figuur 7-11 zijn de zoekgebieden bij aansluitstation Einighausen weergegeven. Na de figuur is in Tabel 7-14 de beoordeling voor de vier zoekgebieden gegeven.



Figuur 7-11 Overzicht zoekgebieden converterstations aansluitstation Einighausen

Tabel 7-14 Beoordeling zoekgebieden converterstation bij aansluitstation Einighausen

	EIH1	EIH2	EIH3	EIH4
Natura 2000				
NNN				
Weidevogel				
Zetting				
Overstroming				
Landschap				
Archeologie				
Leefomgeving				

Op het gebied van natuur zijn er geen grote belemmeringen: geen van de zoekgebieden ligt in Natura 2000- of weidevogelgebieden. In zoekgebied 2 is wel een klein deel bosrijk NNN-gebied aanwezig, maar dit kan binnen het zoekgebied worden vermeden.

Wat betreft bodem en water zijn de omstandigheden overwegend gunstig. Alle zoekgebieden liggen op zandgrond, die stabiel en goed draagkrachtig is. Overstromingsrisico's zijn niet aan de orde. De grondwaterstand is in de meeste zoekgebieden diep gelegen en vormt geen beperking. Alleen in zoekgebied 1 staat het grondwater relatief hoog, wat extra aandacht vraagt bij ontwerp en uitvoering.

De landschappelijke inpassing is in alle zoekgebieden goed mogelijk door aansluiting bij bestaande infrastructuur en bedrijvigheid, zoals VDL Nedcar, Chemelot en een toekomstig 380kV-station.

Voor archeologie zijn geen werelderfgoedlocaties of knelpunten bekend, alleen een middelhoge verwachting. Vanuit leefomgeving hebben zoekgebieden 1, 2 en 3 knelpunten door nabijheid van woningen en voorzieningen. Zoekgebied 4, gelegen op het Chemelot-terrein, heeft geen aandachtspunten doordat hier geen kwetsbare functies aanwezig zijn.

7.6 Omgeving

In deze paragraaf is een globaal overzicht gegeven van de aandachtspunten die door gemeenten en provincies zijn ingebracht tijdens de werksessies voor de zoekgebieden van mogelijke converterstationlocaties. Vervolgens de mogelijke knelpunten bij de aanlandlocaties en wat dit betekent voor de diepe aanlandingen. Daarnaast zijn ook de regioadviezen voor het pVAWOZ (tevens onderdeel van PEH II) behandeld, die zijn opgesteld op basis van bestuurlijke gesprekken met kustprovincies en Rijkswaterstaat. In hoofdstuk 5 van de Bijlage Effectbeoordeling zijn de aandachtspunten uit de werksessies en de regioadviezen verder behandeld per aansluitstation. In deze paragraaf worden eerst de belangrijkste aandachtspunten uit de werksessies samengevat, gevolgd door de regioadviezen.

7.6.1 Werksessies

Binnen het thema omgeving zijn voorafgaand aan de effectbeoordeling meerdere werksessies georganiseerd om input op te halen. Deze sessie waren tweeledig: Enerzijds zijn er werksessies gehouden die gericht waren op de zoekgebieden voor converterstations, waarbij provincies, gemeenten en Rijkswaterstaat aan hebben deelgenomen. Anderzijds zijn er werksessies voor de routes georganiseerd waarbij de provincies en Rijkswaterstaat waren uitgenodigd om belangrijke aandachtspunten in beeld te brengen. Tijdens de werksessies is op kaartmateriaal de gewenste input verzameld.

Voor de zoekgebieden van converterstations lag de nadruk bij de werksessies voornamelijk op gebiedsspecifieke uitwerking, waarbij is gekeken naar ruimtelijke inpassing, impact op het landschap en de aansluiting op bestaande (industrie)gebieden of eventueel toekomstige ontwikkelingen. De opgehaalde input uit de werksessies met de routes is gebruikt om de zoekzones voor de routes verder te kunnen optimaliseren.

Een centraal aandachtspunt dat in werksessies voor alle regio's ter sprake kwam is de schaarse ruimte en een cumulatie van ruimtelijke ontwikkelingen zoals woningbouw, industrie en andere energieprojecten. Hierdoor is de ruimte voor nieuwe grootschalige energie-infrastructuur beperkt en ligt dit gevoelig in de omgeving.

Vanuit de omgeving wordt daarom breed ingezet op clustering van converterstations en bijbehorende energie-infrastructuur bij bestaande hoogspanningsstations en bedrijven- of havengebieden. Hiermee wordt versnippering van het landschap mogelijk voorkomen. Een veel genoemde randvoorwaarde voor inpassing van een converterstation is het ontzien van open landschappen, ecologisch waardevolle gebieden en gebieden met een kwetsbaar bodem- en watersysteem.

Daarnaast spelen ook leefbaarheid en maatschappelijk draagvlak een belangrijke rol. In meerdere regio's is er namelijk sprake van weerstand tegen een verdere belasting van de leefomgeving door de inpassing van ruimtelijke ontwikkelingen zoals een converterstation. Dit maakt zorgvuldige

participatie en een minimalisering van effecten/hinder in een eventuele vervolgprocedure noodzakelijk.

Tegelijkertijd laten de werksessies ook zien dat toekomstige ontwikkelingen, zoals batterijopslag, waterstof en warmtenetten, kansen bieden voor koppeling met energie-infrastructuur, mits dit integraal en op meerdere bestuurlijke niveaus wordt afgestemd.

7.6.2 Regioadviezen pVAWOZ

Voor de Voorverkenning Diepe Aanlandingen is ook gekeken naar de regioadviezen die door de regio's in het pVAWOZ zijn uitgebracht ten aanzien van de keuze van VKA's voor aansluitstations en routes voor de komende net op zee-verbindingen. Uit de regioadviezen komen zorgen over schaarse ruimte, cumulatieve effecten en de leefomgeving naar voren. Provincies sturen nadrukkelijk op het bundelen en concentreren van energie-infrastructuur bij bestaande haven- en industrieclusters, om verdere ruimtelijke versnippering en extra belasting van de leefomgeving te voorkomen. Daarbij geldt in meerdere regio's dat routes over land en in open gebieden zoveel mogelijk worden vermeden en dat ondergrondse oplossingen of bundelingen met bestaande infrastructuur de voorkeur krijgen. Aanlandingen in open landschappen, glastuinbouwgebieden en ecologisch of landschappelijk waardevolle gebieden worden daarbij overwegend als onwenselijk beschouwd.

Verder maken de regioadviezen duidelijk dat toekomstvastheid en timing een belangrijke rol spelen. De beschikbaarheid van ruimte voor aanlandingen kan samenhangen met de transitie en herstructurering van industrie- en havengebieden in de periode 2031–2040. Specifiek wordt ook de keuze voor mogelijke kerncentrales genoemd als van belang zijnde. Ook water- en bodemsysteem worden benoemd als sturend principe, mede in het kader van klimaatbestendigheid en vergunbaarheid.

Tot slot wordt in de regioadviezen het belang van zorgvuldige participatie en interbestuurlijke afstemming benadrukt. Een goed afgestemd proces is noodzakelijk om hinder te beperken, samenloop met andere projecten beheersbaar te houden en het maatschappelijk draagvlak voor diepe aanlandingen te borgen. De specifieke aandachtspunten per regio zijn te vinden in hoofdstuk 5 in de Bijlage 4 Effectbeoordeling milieu, omgeving en kosten.

7.7 Totaaloverzicht beoordeling routes

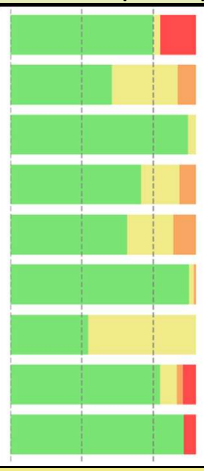
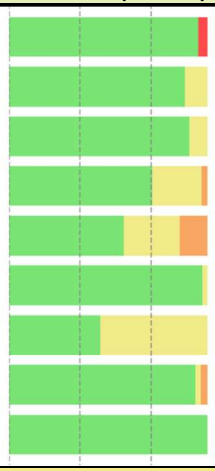
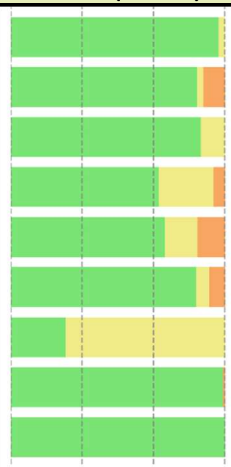
In deze paragraaf zijn de effectbeoordeling van de routes op zee en op land gecombineerd weergegeven, waardoor een totaalbeeld ontstaat van het windgebied op zee tot aan een aansluitstation. Voor elk aansluitstation is een tabel gemaakt met daarin de milieubeoordeling route op zee, de omgevingsbeoordeling van de aanlandlocatie, de milieubeoordeling route op land en de kosten van de totale route.

Op zee is aan de routes één beoordeling toegekend per criterium, op land is de beoordeling echter op kaart uitgezet, zoals te zien is in paragraaf 7.4.4. Om de beoordeling op land overzichtelijk voor de verschillende routes weer te geven, is de beoordeling op kaart omgezet naar een zogeheten staafdiagram. Hierbij is de lengte van de route bepalend voor de lengte van de staaf. Vervolgens is van elke staaf voor elk criterium ingekleurd hoeveel van route de beoordeling aandachtspunt, knelpunt of belemmering heeft gekregen.

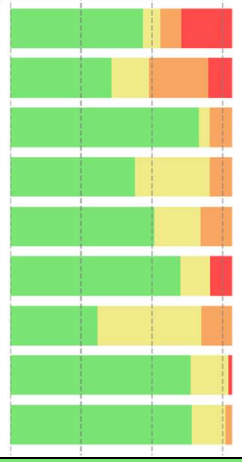
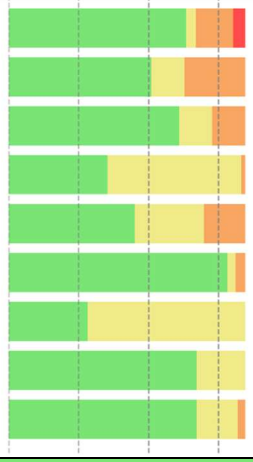
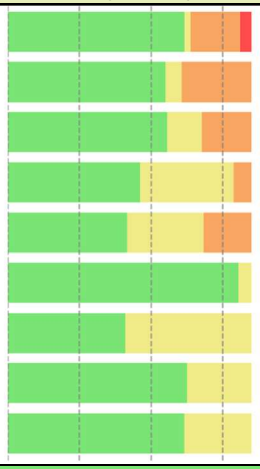
De kosten zijn gebaseerd op werkzaamheden, materieel en materiaal en variëren per locatie. Offshore aanleggen is het goedkoopst; dicht bij de kust of op binnenwateren is duurder door ander materieel en beperkingen zoals waterdiepte en sluisbreedte. Op land wordt meestal open ontgraving toegepast, en waar dat niet kan, boringen. Uitgangspunt voor het bepalen van de kosten is een verhouding van 60%-40% open ontgraving-boring. Vanwege onzekerheden en inflatie worden kostverhoudingen gebruikt in plaats van bedragen. Zo ontstaat er inzicht in welke routes goedkoper en juist duurder zijn, zonder dat er verwachtingen worden geschept over de totale kosten van het project. Platform- en converterstationkosten zijn in alle gevallen gelijk en buiten beschouwing gelaten. Uit de resultaten blijkt dat de route ongeveer 35% tot 55% van de totale kosten voor diepe aanlanding beslaat. Voor de beoordeling van de kosten is per aansluitstation bepaald welke route de goedkoopste route is. De goedkoopste route is vervolgens op ‘groen’ gezet en de andere routes naar dit aansluitstation zijn in verhouding tot deze goedkoopste route weergegeven.

7.7.1 Almelo

	Route op zee	6/7-EAZ1-E	6/7-PTT	6/7-KNH1-E	6/7-VNH1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	182 KM	172 KM	160 KM	196 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	**EAZ**	**PTT**	**KNH**	**VHN**	**HVH**
	Route op land	**EAZ-ALM-k (145 km)**	**PTT-ALM-o (155 km)**	**KNH-ALM-i (155 km)**	**VNH-ALM-hnh (170 km)**	**HVH-ALM-hzh (210 km)**
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

	Route op zee	**6/7-EEM**	**6/7-EEM**	**6/7-EEM**
Milieu op zee	**Natura 2000**			
	Soorten			
	KRW			
	KRM			
	Morfologie (offshore)	156 KM	156 KM	156 KM
	Morfologie (kustgebied)			
	Water(bodem)-kwaliteit			
	Archeologie			
	Ruimtegebruik			
	Techniek			
	Aanlandlocatie	**EEM**	**EEM**	**EEM**
	Route op land	**EEM-ALM-k (130 km)**	**EEM-ALM-o (140 km)**	**EEM-ALM-i (150 km)**
Milieu op land	**Natura 2000**			
	NNN			
	Weidevogel			
	Zetting			
	Verzilting			
	Landschap			
	Archeologie			
	Leefomgeving			
	Techniek			
	Kosten			

7.7.2 Hengelo

	Route op zee	6/7-EAZ1-E	6/7-PTT	6/7-KNH1-E	6/7-VNH1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	182 KM	172 KM	160 KM	196 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	**EAZ**	**PTT**	**KNH**	**VHN**	**HVH**
	Route op land	**EAZ-HGL-k (155 km)**	**PTT-HGL-o (170 km)**	**KNH-HGL-i (170 km)**	**VNH-HGL-hnh (183 km)**	**HVH-HGL-hzh (210 km)**
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

	Route op zee	6/7-EEM	6/7-EEM	6/7-EEM
Milieu op zee	Natura 2000			
	Soorten			
	KRW			
	KRM			
	Morfologie (offshore)	156 KM	156 KM	156 KM
	Morfologie (kustgebied)			
	Water(bodem)-kwaliteit			
	Archeologie			
	Ruimtegebruik			
	Techniek			
	Aanlandlocatie	EEM	EEM	EEM
	Route op land	EEM-HGL-k (140 km)	EEM-HGL-o (150 km)	EEM-HGL-i (165 km)
Milieu op land	Natura 2000			
	NNN			
	Weidevogel			
	Zetting			
	Verzilting			
	Landschap			
	Archeologie			
	Leefomgeving			
	Techniek			
	Kosten			

7.7.3 Almere

	Route op zee	6/7-EAZ1-E	6/7-NW1	6/7-ZDV	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	182 KM	220 KM	205 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	EAZ	NDW	ZDV	EAZ	HVH
	Route op land	EAZ-AER-k (60 km)	NDW-AER-o (75 km)	ZDV-AER-i (70 km)	EAZ-AER-hnh (95 km)	HVH-AER-hzh (115 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

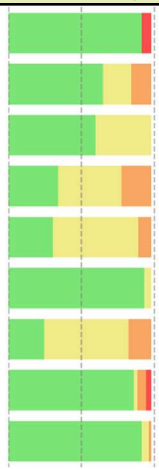
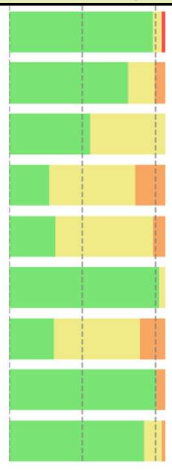
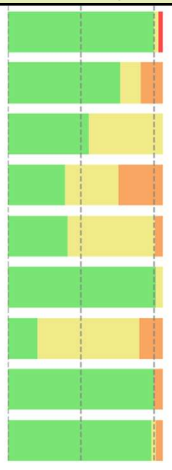
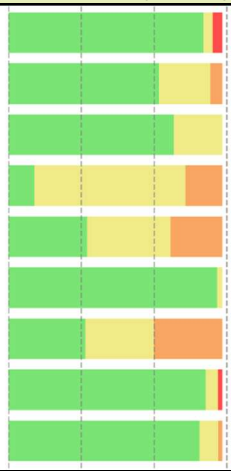
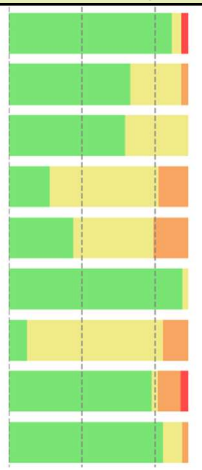
7.7.4 Lelystad

	Route op zee	6/7-EAZ1-E	6/7-PTT	6/7-KNH1-E	6/7-VNH1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	182 KM	172 KM	160 KM	196 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	**EAZ**	**PTT**	**KNH**	**VHN**	**HVH**
	Route op land	**EAZ-LEY-k (65 km)**	**PTT-LEY-o (70 km)**	**KNH-LEY-i (75 km)**	**VNH-LEY-hnh (90 km)**	**HVH-LEY-hzh (145 km)**
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

7.7.5 Rivierenland

	Route op zee	6/7-NW1	6/7-NW1	6/7-WS1	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	220 KM	220 KM	231 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	NDW	NDW	WSS	EAZ	HVH
	Route op land	NDW-RVL-k 80 km)	NDW-RVL-o (85 km)	WSS-RVL-i (85 km)	EAZ-RVL-hnh (125 km)	HVH-RVL-hzh (105 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

7.7.6 Wijchen

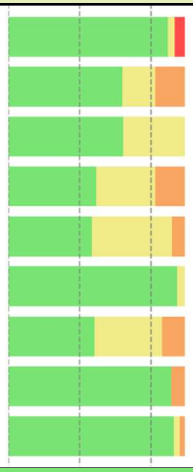
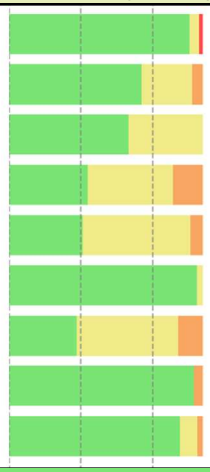
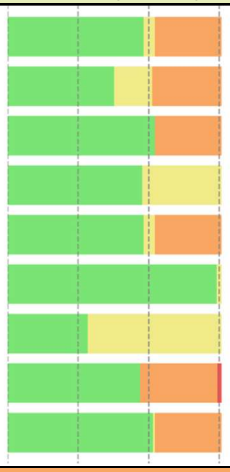
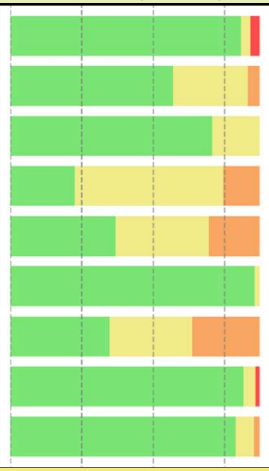
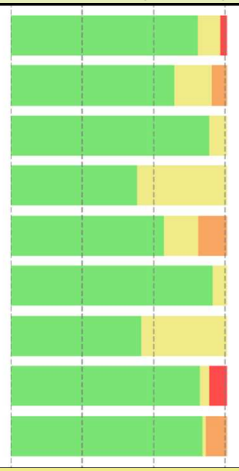
	Route op zee	6/7-NW1	6/7-NW1	6/7-WS1	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	220 KM	220 KM	231 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	NDW	NDW	WSS	EAZ	HVH
	Route op land	NDW-WCH-k (100 km)	NDW-WCH-o (105 km)	WSS-WCH-i (105 km)	EAZ-WCH-hnh (145 km)	HVH-WCH-hzh (120 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

7.7.7 Doetinchem

	Route op zee	6/7-NW1	6/7-NW1	6/7-WS1	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	220 KM	220 KM	231 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	NDW	NDW	WSS	EAZ	HVH
	Route op land	NDW-DTC-k (135 km)	NDW-DTC-o (145 km)	WSS-DTC-i (145 km)	EAZ-DTC-hnh (180 km)	HVH-DTC-hzh (160 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

	Route op zee	**6/7-EEM**	**6/7-EEM**	**6/7-EEM**
Milieu op zee	**Natura 2000**			
	Soorten			
	KRW			
	KRM			
	Morfologie (offshore)	156 KM	156 KM	156 KM
	Morfologie (kustgebied)			
	Water(bodem)-kwaliteit			
	Archeologie			
	Ruimtegebruik			
	Techniek			
	Aanlandlocatie	**EEM**	**EEM**	**EEM**
	Route op land	**EEM-DTC-k (180 km)**	**EEM-DTC-o (180 km)**	**EEM-DTC-i (195 km)**
Milieu op land	**Natura 2000**			
	NNN			
	Weidevogel			
	Zetting			
	Verzilting			
	Landschap			
	Archeologie			
	Leefomgeving			
	Techniek			
	Kosten			

7.7.8 Boxmeer

	Route op zee	6/7-NW1	6/7-NW1	6/7-HVM1	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	220 KM	220 KM	249 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	NDW	NDW	HVM	EAZ	HVH
	Route op land	NDW-BOX-k 125 km)	NDW-BOX-o (135 km)	HVM-BOX-i (140 km)	EAZ-BOX-hnh (175 km)	HVH-BOX-hzh (150 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

7.7.9 Eindhoven

	Route op zee	6/7-NW1	6/7-NW1	6/7-HVM1	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	220 KM	220 KM	249 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	NDW	NDW	HVM	EAZ	HVH
	Route op land	NDW-EIN-k (120 km)	NDW-EIN-o (140 km)	HVM-EIN-i (135 km)	EAZ-EIN-hnh (175 km)	HVH-EIN-hzh (135 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

7.7.10 Maasbracht

	Route op zee	6/7-HVH1-E	6/7-NW1	6/7-HVM1	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	236 KM	220 KM	249 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	HVH	NDW	HVM	EAZ	HVH
	Route op land	HVH-MBT-k (165 km)	NDW-MBT-o (195 km)	HVM-MBT-i (195 km)	EAZ-MBT-hnh (250 km)	HVH-MBT-hzh (195 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

7.7.11 Einighausen

	Route op zee	6/7-HVH1-E	6/7-NW1	6/7-HVM1	6/7-EAZ1-E	6/7-HVH1-E
Milieu op zee	Natura 2000					
	Soorten					
	KRW					
	KRM					
	Morfologie (offshore)	236 KM	220 KM	249 KM	182 KM	236 KM
	Morfologie (kustgebied)					
	Water(bodem)-kwaliteit					
	Archeologie					
	Ruimtegebruik					
	Techniek					
	Aanlandlocatie	HVH	NDW	HVM	EAZ	HVH
	Route op land	HVH-EIH-k (185 km)	NDW-EIH-o (215 km)	HVM-EIH-i (215 km)	EAZ-EIH-hnh (250 km)	HVH-EIH-hzh (215 km)
Milieu op land	Natura 2000					
	NNN					
	Weidevogel					
	Zetting					
	Verzilting					
	Landschap					
	Archeologie					
	Leefomgeving					
	Techniek					
	Kosten					

8 Conclusies en aanbevelingen voor vervolg

8.1 Algemene conclusies

Met de Voorverkenning Diepe Aanlandingen zijn alternatieven opgesteld en beoordeeld voor de kabelroutes en zoekgebieden voor converterstations die samen een diepe aanlanding maken. Het resultaat van deze verkenning is een set aan redelijke alternatieven die bestaat uit:

- Zoekgebieden voor converterstations nabij aansluitstations
- Zones voor aanlanding van de 2GW-gelijkstroomkabels uit zee bij de kust als overgang naar land of binnenwater
- Zoekzones voor kabelroutes (2 km brede corridor) vanaf de aanlandingen naar de aansluitstations

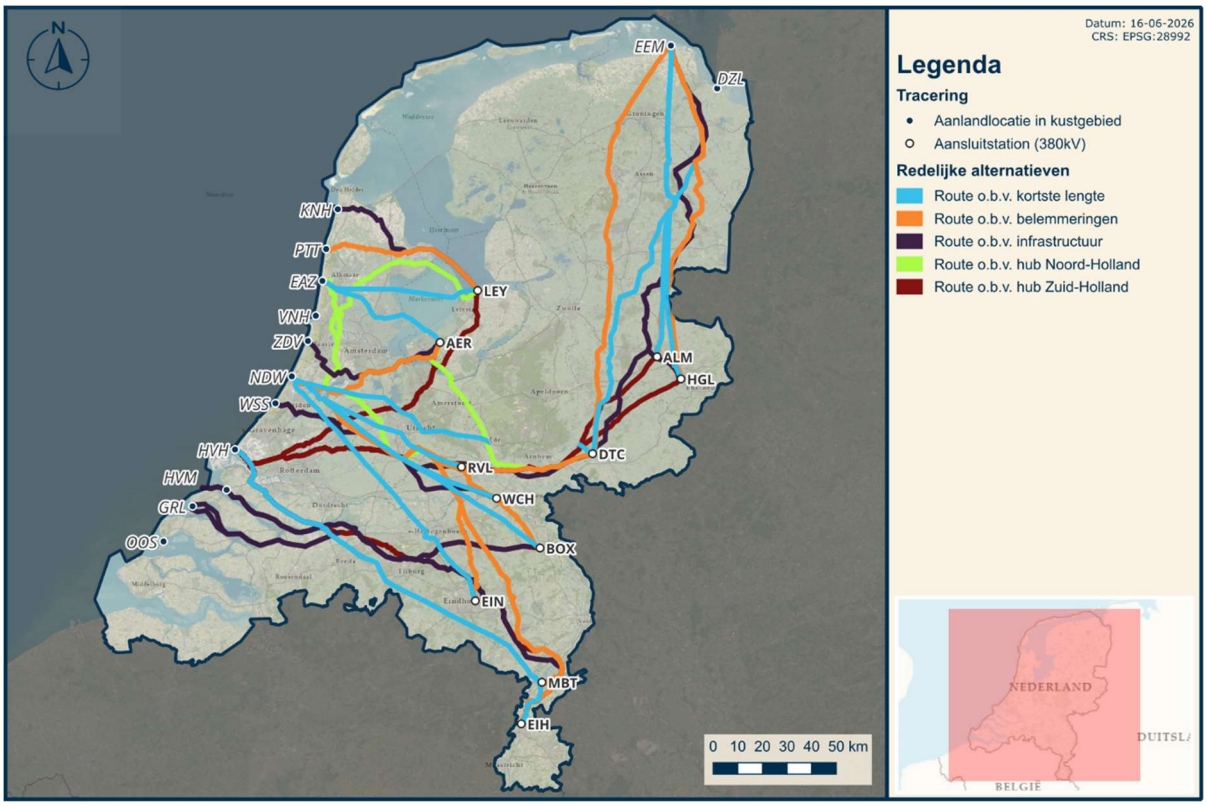
Op basis van de beoordeling vanuit de aspecten energiesysteem, techniek en omgevingseffecten is vastgesteld welke alternatieven redelijkerwijs beschikbaar zijn en welke niet.

De zoekgebieden voor converterstations (bij de aansluitstations) gelden als mogelijk eindpunt voor een diepe aanlanding. Per aansluitstation zijn verschillende aanlandlocaties met daaraan geselecteerde routealternatieven mogelijk. Een overzicht van de redelijke alternatieven staat in Tabel 8-1. In Figuur 8-1 zijn de redelijke alternatieven van de routecorridors weergegeven.

Tabel 8-1 Overzicht redelijke alternatieven

Aansluitstation met zoekgebieden	Aanlandingen	Routes
Lelystad	Eemshaven	Per aansluitstation zijn redelijke alternatieven (1) kortste route (2) geoptimaliseerde route (3) gebundeld op routedelen met infrastructuur en (4/5) via een hub. Niet redelijke alternatieven: - Vanuit het westen naar Almelo of Hengelo - Via de Oosterschelde of via Delfzijl - Diverse lokale routedelen (bijv. over de Veluwe of aanlandlocatie Velsen-Noord Heemskerk)
Almere	Kop van Noord-Holland	
Rivierenland	Petten	
Wijchen	Egmond aan Zee	
Doetinchem	Zandvoort	
Boxmeer	Noordwijk	
Metropoolregio Eindhoven	Wassenaar	
Almelo	Hoek van Holland*	
Hengelo	Haringvlietmonding	
Maasbracht	Grevelingenmeer	
Einighausen		

Let op: de kolommen kennen geen onderlinge samenhang.
*In principe is geen ruimte voor een aanlanding bij Hoek van Holland, echter is vastgesteld dat het zinvol is om te verkennen of ruimte in de toekomst vrijgemaakt kan worden.



Figuur 8-1 Overzicht redelijke alternatieven van kabelroutes

De beoordeling op de aspecten energiesysteem, milieu, omgeving en kosten laat verschillen zien tussen de redelijke alternatieven. De kernconclusies daarvoor zijn in de volgende paragraaf gegeven. Daarna worden aanbevelingen gedaan voor de vervolgprocedure.

8.2 Conclusies energiesysteem

Een locatie wordt vanuit het energiesysteem positief als locatie voor een diepe aanlanding beoordeeld als het knelpunten aan 380kV-verbindingen vermindert en als door het aanlanden van windenergie geen nieuwe regionale knelpunten ontstaan op het hoogspanningsnet.

Een diepe aanlanding kan op twee manieren transport via 380kV-verbindingen verminderen:

- Aansluiting nabij vraag in het binnenland verlicht het bestaande 380kV-net.
- Minder aansluitingen aan de kust beperkt behoefte aan grote ingrepen voor transport naar het binnenland.

De netdoorrekeningen laten zien dat diepe aanlanding in de regio's Limburg (en Eindhoven) of Gelderland/Noord-Brabant een verlichting met zich meebrengen op het bestaande hoogspanningsnet. 4 GW lijkt inpasbaar zonder grote ingrepen. Dit is het gevolg van de voorziene significante elektriciteitsvraag in beide regio's, die in de gehanteerde scenario's niet ingevuld wordt met lokale productie. De regio's lijken tot op zekere hoogte inwisselbaar waarbij geldt dat in Limburg sprake is van meer industrie-gedreven vraag en de andere regio's de vraag voortkomt uit algemene groei door elektrificatie. De meerwaarde voor deze regio's wordt versterkt door de mogelijkheid van aansluiting richting Duitsland en België op momenten met veel productie van windparken op zee. Dit effect is niet of slechts in beperkte mate van toepassing bij de regio's Flevoland en Overijssel. Diepe aanlanding in Flevoland en Overijssel lijkt dan ook alleen gunstig voor het energiesysteem als meer

aanlandingen aan de kust technisch, ruimtelijk of energetisch niet haalbaar lijken. Voor elk van de potentiële aansluitstations van diepe aanlanding geldt dat er geen extra behoefte aan ingrepen van het 380kV-net ontstaat om transport naar het binnenland te faciliteren.

Nieuwe regionale knelpunten bij aansluitstations kunnen ontstaan doordat er lokaal overschotten aan elektriciteit ontstaan bij realisatie van een diepe aanlanding, die niet afgevoerd kunnen worden via 380kV-verbindingen. Relevante factoren hierbij zijn lokale elektriciteitsvraag, overige productiebronnen en de locatie in het netwerk. De doorrekeningen laten zien dat er kans is op nieuwe regionale knelpunten bij aansluiting in Overijssel.

Voor de afweging tussen aansluitstations binnen de regio's is de aansluitcapaciteit bij de 380kV-hoogspanningsstations en lokale vraag, aanbod en de locatie in het netwerk van belang. De volgende tabel geeft de conclusies per aansluitstation.

*Tabel **8-2 Totaaloverzicht beoordeling energiesysteem***

Aansluitstation	**Aansluitcapaciteit**	**Impact op 380kV-verbindingen**		
		Inpasbaarheid in de regio	**Voorkomen van ingrepen buiten de regio**	**Geschiktheid locatie**
Flevoland		Er zijn geen grote ingrepen nodig bij diepe aanlanding, maar mogelijk wel beperkte ingrepen.	Afhankelijk van ontwikkelingen rond de aanlanding aan de kust of het ingrepen buiten de regio kan voorkomen. Het is vooral gunstig om hier aan te landen als aanlanding in regio's aan kust technisch, ruimtelijk en energetisch niet haalbaar is.	
Lelystad	Mogelijk op gepland station. Station nog in studiefase.			Er is relatief veel windenergie op land beschikbaar wat ongunstig is voor inpassing.
Almere	Mogelijk op gepland station. Station nog in studiefase.			Gunstiger dan Lelystad door grotere vraag naar elektriciteit en gunstigere locatie in netwerk.
Gelderland-Zuid/Noord-Brabant Oost		Geen grote ingrepen nodig om in te passen in de regio.	Diepe aanlanding kan grote knelpunten vanaf de kust naar Zuidoost-Nederland voorkomen of verminderen.	
Boxmeer	Diepe aanlanding mogelijk als het station wordt uitgebreid (bovenop geplande uitbreiding).			Geen grote elektriciteitsvraag, maar lijkt een haalbare optie.
Doetinchem	Er is ruimte voor een diepe aanlanding na realisatie van het station. Realisatie station in fase voorbereiding/ basisontwerp.			Verbinding met Duitsland is gunstig.
Wijchen	Er is ruimte voor een diepe aanlanding na realisatie van het station. Realisatie station in fase voorbereiding/ basisontwerp.			Geen grote elektriciteitsvraag, maar lijkt een haalbare optie.
Rivierenland	Onzeker of dit station gerealiseerd wordt.			Afhankelijk van netstructuur bij realisatie van het station.
Limburg en Eindhoven		Er zijn geen ingrepen nodig voor het	Er kunnen grote knelpunten vanaf de kust naar Limburg	

Aansluitstation	Aansluitcapaciteit	Impact op 380kV-verbindingen		
		Inpasbaarheid in de regio	Voorkomen van ingrepen buiten de regio	Geschiktheid locatie
Maasbracht	Er is ruimte voor één diepe aanlanding op het bestaande station.	aansluiten van diepe aanlanding.	voorkomen worden of verminderen.	Gunstig vanwege verbindingen met Duitsland en België.
Einighausen	Twee diepe aanlandingen lijken mogelijk. Realisatie station in fase voorbereiding/ basisontwerp.			Gunstig vanwege hoge elektriciteitsvraag.
Eindhoven	Mogelijk op gepland station. Station nog in studiefase.			Minder gunstig dan andere locaties, maar lijkt ook haalbaar zonder ingrepen en vergelijkbare positieve impact.
Overijssel		Er zijn mogelijk grote ingrepen nodig om te kunnen aansluiten. Met name risico hierop bij aanlanding bij Almelo.	Afhankelijk van ontwikkelingen rond de aanlanding aan de kust of het ingrepen buiten de regio kan voorkomen. Het vooral gunstig om hier aan te landen als aanlanding in regio's aan kust of in Zuidoost-Nederland technisch, ruimtelijk en energetisch niet haalbaar is.	
Hengelo	Er is ruimte voor een diepe aanlanding op het bestaande station.			Verbinding met Duitsland is een voordeel. Waarschijnlijk een minder groot knelpunt tussen Hengelo en Almelo bij aansluiting op dit station.
Almelo	Er is ruimte voor een diepe aanlanding na realisatie van het station. Realisatie station in fase voorbereiding/basisontwerp.			Geen grote vraag. Mogelijk grote ingreep op verbinding richting Hengelo bij aansluiting op dit station.

8.3 Conclusies milieu, omgeving en kosten

8.3.1 Routes

Algemeen

Afgezien van een aantal grote, lokale, belemmeringen zijn op grond van de effectbeoordeling de onderzochte alternatieven in principe haalbaar en uitvoerbaar. Het totaalbeeld van beoordeling van de routes (Figuur 7-1) laat zien dat in het westen en in het midden van het land de grootste concentratie van knelpunten en belemmeringen zijn, dit betreft onder meer het aandachtspunt van verzilting en zetting door aanleg. In de beoordeling is rekening gehouden met de mogelijkheden tot optimalisatie van bijvoorbeeld de route of mitigatie van potentiële effecten. In deze voorverkenning zijn alternatieven ontwikkeld op grond van een aantal uitgangspunten zoals ondergrondse kabels, een zo kort mogelijke route en het vermijden van bepaalde ruimtelijke functies en waarden. Met de gestelde uitgangspunten worden omgevingseffecten door aanleg en gebruik in beginsel reeds beperkt.

De milieubeoordeling laat dus over het algemeen zien dat bij het merendeel van de alternatieven, met uitzondering van een aantal kabelroutedelen, geen sprake is van zwaarwegende voor- of nadelen. Er wordt dan ook niet verwacht dat er andere routes zijn die zwaarwegende voordelen hebben ten opzichte van de onderzochte routes. De (delen van) routes die vanuit de voorverkenning zijn overgebleven zijn dan ook geschikt als redelijke alternatieven voor het vervolg.

De gevonden grote, lokale, belemmeringen zijn voornamelijk naar voren gekomen bij de kortste routes doordat deze (grote) natuurgebieden kruisen. Dit zijn de routes die de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe kruisen richting de oostelijke aansluitstations, de routes die vanuit de Eemshaven het Zuidlaardermeer en Drentsche Aa kruisen en routes die in Utrecht en Noord-Brabant richting Eindhoven en Maasbracht meerdere kleinere gebieden kruisen. Deze routes zijn op delen geen redelijke alternatieven, aangezien deze belemmeringen naar verwachting moeilijk te mitigeren zijn. Bovendien zijn er voldoende alternatieven zonder deze belemmeringen. Moeilijk mitigeerbare belemmeringen kunnen worden vermeden door beperkte afwijking buiten de corridor of door aan te sluiten op andere ontwerpen routealternatieven. Alleen voor de Oosterschelde is geconcludeerd dat de route geen redelijk alternatief vormt. Ook een route over land is voor de Oosterschelde geen haalbaar alternatief.

De beoordeling van de knelpunten geeft verschillende aandachtspunten (belemmeringen, knelpunten) voor zowel routes op zee, aanlandingen als routes over land of door de binnenwateren die in vervolgonderzoek verdieping vereisen. Dit betreft niet alleen aandachtspunten vanuit potentiële omgevingseffecten maar ook vanuit beleid. Bijvoorbeeld een aanlanding bij Petten vormt op zee een belemmering op schaarse winbare zandvoorraden. Dit vereist verdieping om te komen tot een beleidsafweging.

Routes naar Overijssel via Eemshaven/Delfzijl of via de Noordzeekust
Voor aansluitstations Almelo, Hengelo en Doetinchem zijn zowel kabelroutes via de Noordzeekust als kabelroutes via de Eemshaven onderzocht. De lengte van deze routes is vergelijkbaar. Op grond van de beoordeling volgt dat routes vanuit de Noordzeekust over het algemeen meer omgevingseffecten kennen. Aangezien de routes vanuit de Noordzeekust met name milieunadelen kennen en geen overige voordelen ten opzichte van routes uit het noorden, zijn deze niet als redelijk alternatief te zien voor aansluiting in Overijssel. De routes vanuit de Eemshaven zijn op grond van beleid afhankelijk van de haalbaarheid van een Tunnelroute door de Waddenzee. Slechts indien deze Tunnelroute niet haalbaar blijkt is aansluiting in Overijssel met routes via de Noordzeekust relevant.

Routes via HVDC-schakelstation
Het opnemen van een HVDC-schakelstation leidt in het algemeen tot langere routes. Deze routes hebben daardoor ook meer effect dan de andere routes. De aanlandlocaties die het dichtst bij de zoekgebieden voor de HVDC-schakelstations liggen, zijn Velsen-Noord Heemskerk en Hoek van Holland. Bij deze aanlandlocaties is er beperkt ruimte; dit leidt tot belemmeringen, zoals te zien in Figuur 7-1. Bovendien is de aanlandlocatie Hoek van Holland niet geschikt voor een diepe aanlanding omdat de beschikbare ruimte benut gaat worden voor de het in pVAWOZ aangeduide voorkeursalternatief. Voor zowel een HVDC-schakelstation in Noord-Holland als in Zuid-Holland is nader onderzoek nodig voor aanvullende routes van en naar een HVDC-schakelstation in deze gebieden. Deze aanvullende routes hebben alleen betrekking op de diepe aanlanding. De routes die zijn voorzien in pVAWOZ veranderen hierdoor niet.

8.3.2 Zoekgebieden converterstations

Bij het bepalen van de zoekgebieden voor converterstations is al zoveel mogelijk rekening gehouden met waarden en functies binnen 6 kilometer rondom de aansluitstations. Dat is terug te zien in de effectbeoordeling. Er zijn bijvoorbeeld nauwelijks effecten op natuur te verwachten. De meeste knelpunten zijn op het vlak van landschap en leefomgeving. De meeste knelpunten bij landschap ontstaan door plaatsing in een open, agrarisch gebied waar geen aansluiting met bedrijvigheid of

infrastructuur mogelijk is. Landschappelijke inpassing is moeilijk doordat er op zulke locaties weinig tot geen groenstructuren zijn om bij aan te sluiten. Aandachtspunten en knelpunten vanuit leefomgeving zijn onder andere het gevolg van de afstand tot woningen. Deze aandachtspunten en knelpunten betekenen niet dat plaatsing niet mogelijk is, maar dat mogelijk maatwerk en mitigerende maatregelen nodig zijn om de impact op de omgeving te beperken. Belemmeringen zijn gevonden vanuit de overstromingsveiligheid. Dit effect is echter te mitigeren en daarmee niet onderscheidend.

Vanuit potentiële effecten naar milieu en omgeving vormen alle geïdentificeerde zoekgebieden een redelijk alternatief voor een vervolgproces. Daarbij moet in acht worden genomen dat er op veel locaties ruimtelijke ontwikkelingen zijn te verwachten die een beperking (of kans) voor de beschikbare ruimte kunnen vormen.

Regio's
Gebaseerd op de eerste resultaten van de effectbeoordeling energiesysteem, komen de regio's Limburg, Gelderland en Noord-Brabant als gunstiger naar voren om een diepe aanlanding aan te sluiten dan Flevoland en Overijssel. De effecten van de kabelroutes zijn lokaal en veelal tijdelijk, in het algemeen geldt wel dat een langere route meer effecten heeft dan een kortere route.

De routes naar Almere en Lelystad zijn het kortst van alle routes en de impact is daarmee het kleinst, ook zijn de kosten het laagst. De routes naar Overijssel zijn korter dan de routes naar Limburg, maar vergelijkbaar of langer dan de routes naar Gelderland en Noord-Brabant. De routes naar Overijssel vanuit het westen hebben relatief veel knelpunten, met name op natuur. Vanuit milieu hebben deze routes naar Overijssel geen meerwaarde ten opzichte van alternatieven naar Gelderland en Noord-Brabant. De routes naar Limburg zijn het langst en hebben de meeste impact en de hoogste kosten. Routes naar Overijssel vanuit de Eemshaven hebben weinig knelpunten en daarmee vanuit het thema milieu wel meerwaarde ten opzichte van routes vanuit het westen naar Overijssel. Daarnaast hebben deze routes ook meerwaarde ten opzichte van de routes naar Gelderland en Noord-Brabant. Deze routes zijn onder voorbehoud van de realisatie van de tunnelroute naar de Eemshaven. Voor aansluiting in Overijssel vormen de routes uit het westen alleen een redelijk alternatief als de route via Eemshaven niet mogelijk blijkt.

Binnen de regio's Gelderland, Noord-Brabant en Limburg, geldt dat Rivierenland de kortste routes heeft met relatief weinig knelpunten en nauwelijks belemmeringen. De routes naar Wijchen zijn weliswaar iets langer, maar kennen ook beperkte knelpunten en belemmeringen. Wel geldt voor beide locaties dat er nog veel onzeker is over het toekomstige aansluitstation. De routes naar Boxmeer, Eindhoven en Doetinchem zijn ongeveer vergelijkbaar in lengte De routes naar Limburg zijn het langst. Hoewel er beperkt knelpunten en belemmeringen bijkomen ten opzichte van de andere routes, hebben deze routes in absolute zin de grootste impact en hoogste kosten. Op hoofdlijnen zijn de meest gunstige routes die naar Rivierenland en Wijchen gevolgd door Boxmeer en Eindhoven.

8.4 Aanbevelingen voor vervolg

In deze paragraaf worden voor de beoordeelde thema's aanbevelingen voor vervolgonderzoek geformuleerd gebaseerd op de resultaten en bevindingen uit deze voorverkenning.

8.4.1 Algemene aanbevelingen

- Op basis van de voorverkenning zijn de meeste onderzochte aansluitstations en routes te zien als redelijk alternatief om verder te onderzoeken in een volgende fase. Het in detail onderzoeken van al deze alternatieven vormt een onnodig grote onderzoekslast. Het is aan te raden om in de vervolgfase een trechtering uit te voeren om het aantal aansluitstations en kabelroutes te beperken. Daarbij kan veel informatie uit de voorverkenning gebruikt worden, aangevuld met informatie gericht op het wegen van de verschillen tussen de alternatieven en de knelpunten en belemmeringen.
- Gezien het abstractieniveau van de voorverkenning is aan te bevelen voor de land- en zeeroutes tijdig de tracering te detailleren daar waar er belemmeringen zijn, zodat een afweging gemaakt kan worden of deze delen van de route onderdeel van de alternatieven blijven al dan niet door een combinatie te maken met een andere route. Er is in verschillende concrete net op zee-projecten en in andere studies informatie beschikbaar om dit te kunnen doen.
- Om te komen tot een keuze voor een stationslocatie en bijbehorende route, wordt aanbevolen om een logische volgorde in keuzes op te bouwen:
    - Start met het selecteren van de aansluitregio of aansluitstations waar een diepe aanlanding naar verwachting vergelijkbare meerwaarde biedt voor het energiesysteem. De voorverkenning laat zien dat deze meerwaarde mogelijk is. Daarbij kan prioritering nodig zijn, bijvoorbeeld vanwege afhankelijkheden in de planning van een vereiste uitbreiding of realisatie van een aansluitstation.
    - Kies de aansluitstations om een diepe aanlanding te realiseren, eventueel met bijbehorende routes, al dan niet in een plan-MER, op basis van een gewogen integrale effectbeoordeling.
    - Vergelijk vervolgens in een project-MER alternatieven voor een converterstation en kabelroutes ten behoeve van een projectbesluit waarin de locaties en routes om te realiseren worden aangewezen.
- Het is aan te bevelen nut en noodzaak van HVDC-schakelstations vast te stellen, zoals ook voorzien voor PEH II. Gezien de samenhang met aansluitstation en route van een diepe aanlanding én de technische invulling van het te koppelen pVAWOZ-converterstation is dit een belangrijk sturend element.
- Inzicht in het aantal diepe aanlandingen is gewenst om afweging te kunnen maken tussen aansluitstations. Dit kan ook een getrapte keuze zijn voor minimaal één of twee en op een later moment duidelijkheid over potentiële aanvullende diepe aanlandingen. De wetenschap of er meerdere diepe aanlandingen zijn gewenst kan bepalend zijn voor de meerwaarde van bundeling van routes in combinatie met kansrijke aansluitstations.

8.4.2 Energiesysteem

- De energiesysteemanalyse laat zien dat diepe aanlanding in zowel de regio Gelderland, Noord-Brabant als de regio Limburg gunstig is voor het energiesysteem. Het is echter nog niet voldoende duidelijk of er, vanuit het energiesysteem bezien, een voorkeur is voor één van deze regio of dat een combinatie het meest gunstig is. In een volgende fase is hier nader onderzoek naar nodig, bijvoorbeeld door middel van doorrekeningen met diepe aanlandingen in de drie regio's.
- De impact van diepe aanlandingen hangt samen met overige ontwikkelingen in het energiesysteem, zoals de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, flexibele bronnen en

kernenergie. Dit vraagt om een integrale weging van de keuze voor diepe aanlanding met keuzes voor andere ontwikkelingen in het energiesysteem (voorzien in PEHII).
- Dit onderzoek geeft een overzicht van de kosten van diepe aanlandingen en de effecten van diepe aanlandingen op milieu & ruimte en het energiesysteem. Voor een integrale afweging moet onderzocht worden hoe de hoge kosten voor diepe aanlandingen afwegen tegen de baten voor het energiesysteem en effecten op milieu & ruimte.

8.4.3 Milieu, omgeving, kosten

Routes op zee en door binnenwateren en aanlandingen
- In deze studie is nog niet onderzocht of er voldoende ruimte beschikbaar is op zee en in de binnenwateren naast de routes van pVAWOZ en PAWOZ. Hoewel verwacht wordt dat dit mogelijk is, vraagt dit om een gedetailleerde analyse in het vervolg.
- Een aantal windparken op zee zijn verouderd en zullen naar verwachting binnen een aantal jaar uit bedrijf gesteld worden (tenzij ze een levensduurverlenging krijgen). Mogelijk maakt dit bestaande kabelroutes beschikbaar die een redelijk alternatief vormen hetgeen overwogen dient te worden. Echter, er zal ook een afweging gemaakt moeten worden tussen de verschillende nationale belangen die er in dit gebied zijn, zoals zandwinning voor kustlijnzorg.
- De kabelroutes rondom de Haringvlietmonding verlaten het binnenwater bij Moerdijk. Indien een route door het Hollands Diep (via de Haringvlietmonding) wordt overwogen als redelijk alternatief, is de aanbeveling om te onderzoeken of de route langer in de binnenwateren kan liggen, tot nabij Drimmelen. Hierbij moet dan rekening worden gehouden met de technische belemmeringen die er zijn op de route tussen Moerdijk en Geertruidenberg, zoals de passage van twee bruggen. Deze aanbeveling sluit aan bij het traceringsprincipe om parallel te liggen met infrastructuur (in dit geval de scheepvaartroute) en langer door het water te gaan om zo effecten op land te verminderen.
- Aanbevolen wordt om bij een aanlanding door en rondom de Haringvlietmonding[19] of het Grevelingenmeer, te beschouwen of routes over land te ontwikkelen zijn als varianten, aangezien dit onderscheidende effecten zal hebben voor de aspecten verbonden aan het waterlichaam (met name KRW en Natura 2000) en de gevolgen voor grondgebruik op land (met name het agrarisch gebruik).
- Aanlandingen bij Velsen-Noord Heemskerk en Hoek van Holland lijken niet mogelijk. Er blijven voldoende redelijke alternatieven over. Voor een route via een HVDC-schakelstation kan het wegvallen van deze aanlandlocaties mogelijk wel beperkend zijn. Indien een HVDC-schakelstation inderdaad onderdeel van het voornemen wordt, is het aan te raden om alternatieve routes naar de zoekgebieden voor deze schakelstations te onderzoeken of te verkennen of ruimte gecreëerd kan worden door lokaal bestaande functies/activiteiten al dan niet tijdelijk te verwijderen.

Routes op land en zoekgebieden converterstations
- Uit de effectbeoordeling bleek dat er routes zijn die bebouwing kruisen, omdat vrijgelegen woningen niet als harde belemmering zijn meegenomen. In het algemeen is dit geen probleem gezien de corridorbreedte van 2 km. Vrijgelegen woningen zijn dan te vermijden. Alleen op enkele locaties met dichte en lange lintbebouwing niet. De routes zijn hier nog niet op aangepast vanwege het detailniveau van het onderzoek in deze voorverkenning. Wanneer deze routes

[19] Bij Net op zee Nederwiek 3 zijn reeds routes over Voorne aan Zee en Goeree-Overflakkee tot aan Geertruidenberg op plan-MER-niveau onderzocht.

gekozen worden om verder te onderzoeken in het vervolg, moet hier gedetailleerder naar gekeken worden.

- In het vervolg is het zinvol om te onderzoeken in hoeverre bundeling met bestaande hoogspanningsinfrastructuur mogelijk is, om ruimtelijke impact te beperken. Hiervoor kunnen aanvullende route(delen) ontwikkeld worden of de routes die bundelen met infrastructuur op aangepast worden.
- Op land zijn routeopties als alternatieven opgesteld en beoordeeld. Echter, het is ook mogelijk om de routes in segmenten te verdelen en daar combinaties mee maken die nu niet gemaakt zijn. Het is aan te bevelen bij het detailleren van routes te beschouwen of combinaties van delen met de minste impact mogelijk zijn en die gemotiveerd als te beoordelen alternatief te hanteren.
- Het is ook interessant om te bepalen of bundeling van de routes naar verschillende aansluitstations voordelen biedt. Met name als gelijktijdige aanleg van de routes verwacht wordt. Het gebruik van segmenten van routes kan helpen in het bepalen van de mogelijkheden en effecten van bundeling. Dit hangt samen met de keuze van het aantal diepe aanlandingen en de keuze van de aansluitstations.
- Uit de effectbeoordeling energiesysteem blijkt dat mogelijk meerdere diepe aanlandingen naar de regio Gelderland/Noord-Brabant/Limburg gaan. Indien bundeling voordelen oplevert dan zou een route die eerst gebundeld twee aanlandingen tot een aansluitstation leidt en vervolgens met één aanlanding doorgaat naar een aansluitstation nog verder landinwaarts ook meerwaarde kunnen hebben. Dus bijvoorbeeld een route gebundeld tot Rivierenland, Wijchen of Boxmeer en vervolgens nog door naar Limburg. Hiervoor zou een aanvullende corridor ontwikkeld kunnen worden tussen Boxmeer en Limburg.
- Wanneer een corridor is gekozen en de tracering nader uitgewerkt wordt, moet ook aandacht besteed worden aan de technische uitvoerbaarheid van de routes, waaronder de bereikbaarheid van routes (o.a. werkwegen). Bij belemmeringen binnen de corridors kan dit mogelijk al eerder een rol spelen, op de meeste delen van de routes is dit echter nog niet van belang voor het maken van een keuze tussen corridors. Bij converterstations kan ruimte voor werkterrein en bereikbaarheid een rol spelen bij de keuze tussen zoekgebieden.
- Voor meerdere zoekgebieden voor converterstations is er een overstromingsrisico. Het is aan te raden met TenneT nader te bepalen op welke wijze dit gemitigeerd kan worden tot een acceptabel niveau.

9 Bijlagen

Bijlage 1: Beleidscontext
Bijlage 2: Alternatievendocument
Bijlage 3: Effectbeoordeling energiesysteem
Bijlage 4: Effectbeoordeling milieu, omgeving en kosten

De bijlagen worden als separate documenten opgeleverd.

BIJLAGE A BEGRIPPEN EN AFKORTINGEN

Tabel 9-1 Begrippenlijst

Begrip	Toelichting
380kV-hoogspanningsstation	Hoogspanningsstation met 380kV-aansluiting. Wordt ook wel aansluitstation genoemd.
Aanlandlocatie	Locatie waar elektriciteitskabels vanaf zee aan land kunnen gaan.
Aansluitstation	Het bestaande of toekomstige 380kV-hoogspanningsstation op land waarop een diepe aanlanding uiteindelijk aansluit.
Autonome ontwikkelingen	Ontwikkelingen waarvoor een procedure is gestart of waarvoor een (ontwerp)besluit beschikbaar is.
Belanghebbenden	Personen of organisaties die bij deze voorverkenning een bepaald belang hebben, bijvoorbeeld een overheid, nutsbedrijven, maatschappelijke organisatie of grondeigenaren.
Converterstation op land	Converterstation op land voor het omzetten van gelijkstroom naar wisselstroom en het verlagen van de spanning naar het niveau van het landelijke hoogspanningsnet.
DC-verbinding	DC = Direct Current. Direct Current = gelijkstroom. DC-verbinding = route gelijkstroom-verbinding.
DSO	Distribution System Operators, de netbeheerders die het distributienet voor onder andere elektriciteit beheren en onderhouden.
Gigawatt (GW)	Een Gigawatt is 1.000.000.000 watt. Watt is de eenheid van vermogen. 1 GW aan elektriciteitsproductie kan continu circa 1 miljoen huishoudens van stroom voorzien.
GIS	Geografisch Informatiesysteem. Een GIS maakt het mogelijk om beschikbare geografische data van Nederland in kaart te brengen.
HVDC-schakelstation	Een schakelstation op land waar elektriciteit van zee verdeeld kan worden naar minimaal twee converterstations door middel van gelijkstroomkabels.
Kabelroute	Een mogelijke ligging voor de elektriciteitskabels van windenergiegebied 6/7 naar een converterstation op land. De routes betreffen zoekzones van 2 km breed.
kV	Een kiloVolt is 1.000 Volt. Volt is de eenheid van spanning.
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat	Ook wel: EZK. Het beleidsgebied van Klimaat en Groene Groei valt onder dit ministerie.
Natura 2000-gebied	Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden op het grondgebied van de lidstaten van de Europese Unie. Het netwerk omvat alle gebieden die zijn beschermd op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992).
Natuurnetwerk Nederland	Ook wel: NNN. Natuurnetwerk Nederland is een landelijk netwerk van grote en kleine bestaande en nog aan te leggen natuurgebieden die zijn verbonden door natuurverbindingen waarbinnen flora en fauna zich kunnen handhaven, verplaatsen en uitbreiden.
Offshore wind	Windenergie op zee. De termen ‘wind op zee’ en ‘offshore wind’ worden in dit document naast elkaar gebruikt.
Stakeholder	Personen of organisaties die bij dit programma een bepaald belang hebben, bijvoorbeeld een overheid, nutsbedrijven, maatschappelijke organisatie of grondeigenaren.
TSO	Transmission System Operator, degene die verantwoordelijk is voor het beheer van het landelijke hoogspanningsnet.
Zoekgebied converterstation	Gebied binnen 6 kilometer van aansluitstation waar gezocht kan worden naar locatie voor een converterstation.
VKA	Voorkeursalternatief. De gekozen alternatieven binnen pVAWOZ en PAWOZ.
Voorzienbare ontwikkelingen	Plannen en projecten die in voorbereiding of gewenst zijn, maar waarover nog geen concrete besluitvorming heeft plaatsgevonden.

Tabel 9-2 Afkortingenlijst routes

Afkorting	Betekenis
Aanlandlocaties (zee)	Afkortingen voor de kust-/aanlandingslocatie van de zeeroute.
EAZ	Egmond aan Zee
EEM	Eemshaven
DZL	Delfzijl
HVM	Haringvlietmonding

HVH	Hoek van Holland
KNH	Kop Noord-Holland
NDW (NW uit pVAWOZ)	Noordwijk
PTT	Petten
VNH	Velsen-Noord Heemskerk
WSS (WS uit pVAWOZ)	Wassenaar
ZDV	Zandvoort
OOS	Oosterschelde
GRL	Grevelingenmeer
Aansluitstations (land)	Afkortingen voor het aansluitstation op land.
AER	Almere
ALM	Almelo
BOX	Boxmeer
DTC	Doetinchem
EIH	Einighausen
EIN	Metropoolregio Eindhoven
HGL	Hengelo
LEY	Lelystad
MBT	Maasbracht
RVL	Rivierenland
WCH	Wijchen
Routetypen	Afkortingen voor het type route/variant.
k	Code in routenaam – Kortst mogelijke route op basis van harde beperkingen
o	Code in routenaam – Kortst mogelijke route, geoptimaliseerd op basis van harde en zachte beperkingen
i	Code in routenaam – Route geoptimaliseerd op basis van parallelligging met infrastructuur
hnh	Code in routenaam – Route geoptimaliseerd op basis van koppelkansen met HVDC-schakelstations in Noord-Holland
hzh	Code in routenaam – Route geoptimaliseerd op basis van koppelkansen met HVDC-schakelstations in Zuid-Holland
Overig	Overige afkortingen in routenamen
6/7	Windenergiegebied 6/7
HKW	Hollandse Kust West

COLOFON

Voorverkenning Diepe Aanlandingen

Datum
17-06-2026

Status
Definitief

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Haskoning B.V.
Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
Nederland
+31 (0)88 348 20 00

www.haskoning.nl

CE Delft B.V.
Oude Delft 180
2611 HH Delft
+31 (0)15-2150150

www.ce.nl