

BIJLAGE XIII Gebiedsanalyses 2050

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief

02-06-2023



Pondera

Amsterdamseweg 13
6814 CM Arnhem
088 766 33 72
info@ponderaconsult.com

CE Delft

Oude Delft 180
2611 HH Delft
015 215 01 50
ce@ce.nl

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38
1018 TX Amsterdam
020 506 19 99
info@bro.nl

Colofon

Soort document
Integrale Effectenanalyse

Projectnaam
Programma Energiehoofdstructuur

Versienummer
Definitief

Opdrachtgever
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Auteur
Martha Deen, Roel van Ooij, Joeri Vendrik

Nagekeken door
Mariëlle de Sain, Frans Rooijers

Disclaimer

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



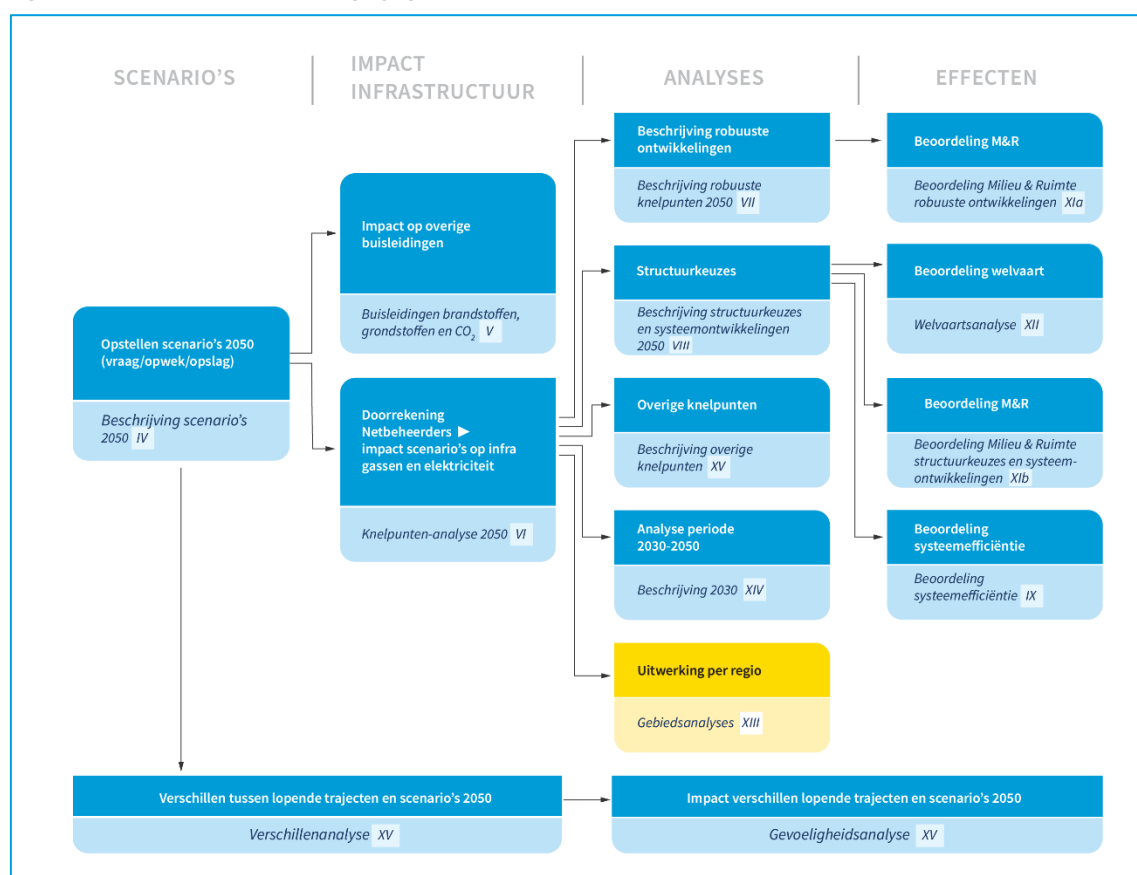
Inhoudsopgave

0	Samenvatting	2
1	Inleiding	3
1.1	Algemeen	3
1.2	Energie-infrastructuur tot aan 2030	3
2	Gebiedsanalyse Noord-Nederland	7
2.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Nederland?	7
2.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	8
2.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	9
2.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	14
3	Gebiedsanalyse Noord-Holland en Flevoland	14
3.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Holland en Flevoland?	17
3.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	18
3.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	21
3.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	26
4	Gebiedsanalyse Midden- en Oost-Nederland	31
4.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Midden- en Oost-Nederland?	31
4.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	32
4.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	33
4.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	37
5	Gebiedsanalyse Zuid-Holland	39
5.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Holland?	39
5.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	40
5.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	41
5.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	48
6	Gebiedsanalyse Zeeland	51
6.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zeeland?	51
6.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	52
6.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	53
6.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	57
7	Gebiedsanalyse Zuid-Nederland	60
7.1	Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Nederland?	60
7.2	Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?	61
7.3	Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?	63
7.4	Wat is de samenhang tussen de keuzes?	69
8	Bronnen	74

0 Samenvatting

In deze Bijlage XIII, Gebiedsanalyses 2050, worden de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse (IEA) PEH voor zes regio's op een rij gezet. Per regio wordt besproken welke ruimte nodig is voor energie-infrastructuur, binnen de in deze IEA onderzochte scenario's. Er zijn zeven scenario's onderzocht voor een klimaatneutraal energiesysteem in Nederland in 2050. Het betreft dus verkenningen, geen concrete plannen. Die worden op lokaal niveau gedetailleerd uitgewerkt. De in deze bijlage gepresenteerde bevindingen zijn gebaseerd op de uitkomsten van de deelanalyses in Bijlagen IV tot en met XII. Deze bijlage valt onder Analyse in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



1 Inleiding

1.1 Algemeen

In deze bijlage worden de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse (IEA) PEH voor zes regio's op een rij gezet. Per regio wordt besproken welke ruimte nodig is voor energie-infrastructuur. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes en de genoemde getallen in deze bijlagen zijn gebaseerd op de scenario's uit deze IEA. Het gaat dus niet om concrete plannen, maar om het verkennen van de uitersten binnen verschillende scenario's voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. De zes regio's die zijn toegelicht in aparte hoofdstukken zijn:

- Noord Nederland bestaande uit de provincies Groningen, Friesland en Drenthe;
- Noord-Holland en Flevoland;
- Midden- en Oost-Nederland bestaande uit de provincies Gelderland, Utrecht en Overijssel;
- Zuid-Holland;
- Zeeland;
- Zuid-Nederland bestaande uit de provincies Noord-Brabant en Limburg.

Het doel van deze bijlage is het samenbrengen van relevante informatie uit de IEA voor de betreffende regio's. Op deze manier zijn de bevindingen van de IEA per regio op één plek te vinden. Er wordt gekeken naar wat er op de regio afkomt tot aan 2030, vervolgens wordt ingegaan op wat er in ieder geval nodig is na 2030 en tot slot wordt toegelicht welke effecten bepaalde keuzes in het energiesysteem hebben. Zie Bijlage I Woordenboek voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

Methodologie: gebruiken van scenario's

In deze bijlage wordt voor zes regio's een samenvattende beschrijving en beoordeling gemaakt van de verwachte effecten van het realiseren van nieuwe energie-infrastructuur. Voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte zijn daarbij onderbouwde aannames gedaan over ruimtebeslag, potentiële locaties en ruimtelijke tracéopties van verschillende elementen van het energiesysteem, die zijn gebaseerd op zeven toekomstige scenario's (zie bijlage IV voor een toelichting op deze scenario's).

Het doel van het gebruik van uiteenlopende scenario's is om inzicht te krijgen in de effecten van de potentiële toekomstige ontwikkelingen van de energie-infrastructuur, in dit geval per regio. Daarbij brengen we de robuuste ontwikkelingen in kaart, die in elk van de scenario's terugkomen. Daarnaast kijken we naar de verschillen tussen de scenario's en keuzes die gemaakt kunnen worden richting 2050, de zogenaamde structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

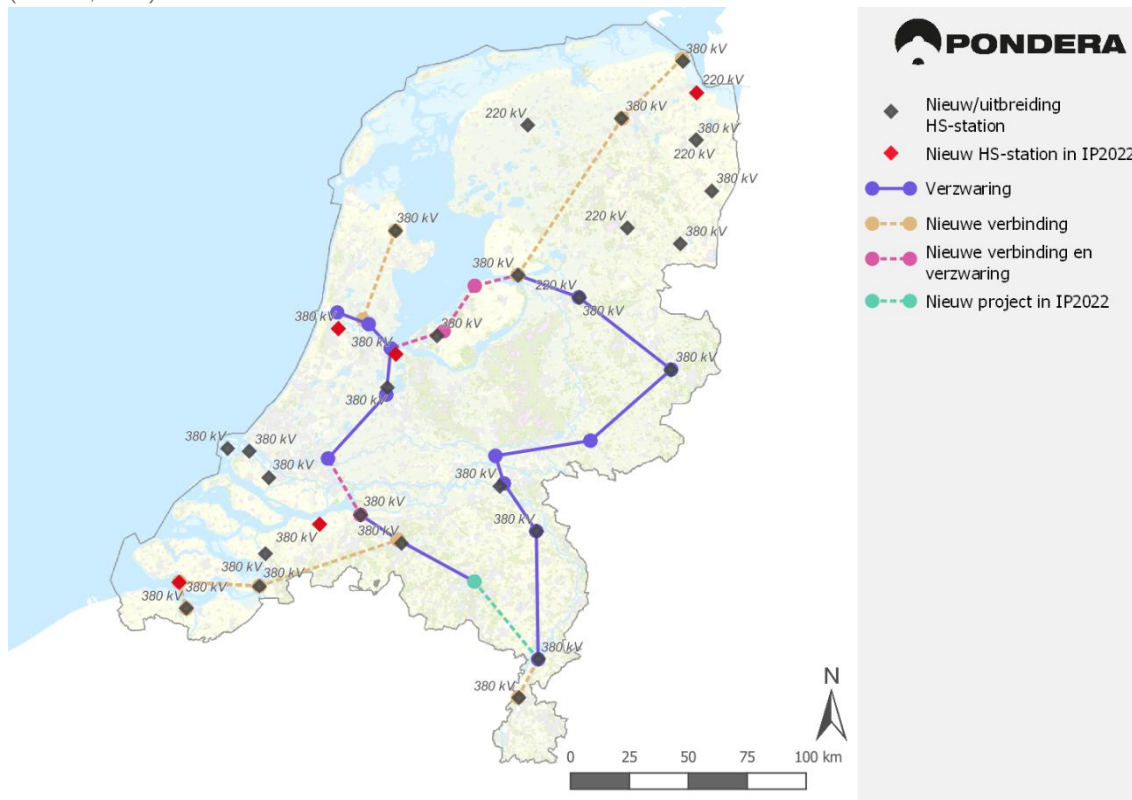
In deze IEA is onderzocht welke ontwikkelingen tot 2050 nodig zijn, boven op de geplande ontwikkelingen tot 2030. Het is niet bedoeld om exacte locaties en/of tracés te kiezen; dit gebeurt in planologische (vervolg)procedures voor een specifiek(e) locatie of tracé. In bijlage 10 wordt de beoordelingsmethodiek voor milieu & ruimte nader toegelicht.

1.2 Energie-infrastructuur tot aan 2030

In het investeringsplan 2022 van TenneT (TenneT, 2022) staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende tien jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld van de investeringen. We beschrijven in de individuele gebiedsanalyses ook de plannen tot 2030 per regio. De ontwikkelingen die verder in dit

document per regio beschreven worden gaan over de periode tussen 2030 en 2050 en komen bovenop de ontwikkelingen uit onder andere het IP2022.

Figuur 1-1 - Aanpassingen in het hoogspanningsnet tussen nu en 2030 volgens de investeringsplannen van TenneT (TenneT, 2022)



Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van een nationaal waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in heel Nederland in totaal 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. Figuur 1-2 toont de verwachte waterstofinfrastructuur na ombouw van het huidige aardgasnetwerk in het jaar 2050 (op basis van II3050). Het is de verwachting dat tussen 2030 en 2050 een steeds groter deel van het aardgasnet omgezet wordt in een waterstofnetwerk. Aangenomen wordt dat dit zonder een aanvullend ruimtebeslag kan worden uitgevoerd.

Figuur 1-2 - Configuratie transportnetwerk voor waterstof in 2050 (NetbeheerNL, 2021)



Leeswijzer

In bijlage Xla zijn bij diverse ontwikkelingen leeswijzers opgenomen over locaties van puntinfrastructuur en voor batterijen en voor 380kV-verbindingen over bijna afgeronde, lopende of in de nabije toekomst op te starten projecten. Deze leeswijzer is opgesteld omdat de informatie hierover doorwerkt in deze bijlage XIII.

Voor de **puntinfrastructuur van Beverwijk** (zie bijlage Xla H6) en **Simonshaven** (zie bijlage Xla H6) geldt het volgende: In de doorrekeningen die in deze studie gemaakt zijn en ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling is uitgegaan van omgeving Beverwijk als locatie waar de robuuste ontwikkelingen voor (converter)stations, batterijen en elektrolyzers plaatsvinden en Simonshaven als locatie waar de robuuste ontwikkeling voor een 380kV-station plaatsvindt. Echter deze kunnen ook in een breder gebied rondom Beverwijk (Noorzeekanaalgebied) en Simonshaven plaatsvinden omdat andere locaties mogelijk meer wenselijk zijn. Het ruimtebeslag en de effecten zijn wel beoordeeld voor de omgeving van Beverwijk en Simonshaven om daarmee een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft.

Voor de **robuuste ontwikkelingen van batterijen** (zie bijlage Xla H22) en **niet robuuste ontwikkelingen van batterijen** (zie bijlage Xla H22) geldt het volgende: In de scenario's die voor deze IEA zijn gebruikt, zijn locaties van batterijen modelmatig verdeeld. Hierdoor kan het zijn dat in werkelijkheid batterijen op deze locaties vanuit het energiesysteem bezien niet mogelijk of wenselijk zijn of dat een andere locatie beter geschikt is. Om toch een beeld te schetsen van wat het energiesysteem in 2050 mogelijk nodig heeft, zijn deze locaties wel beoordeeld.

Voor de robuuste ontwikkeling van **puntinfrastructuur Den Helder** (bijlage Xla H9) en Middenmeer (zie bijlage Xla H13) en voor de niet-robuuste ontwikkelingen van **380kV-verbindingen** (bijlage Xla H25) en **Kop van Noord-Holland** (bijlage Xla H32) geldt het volgende: Op dit moment is er nog geen 380kV-verbinding noordelijker dan Beverwijk in Noord-Holland, maar deze is wel gepland in het IP2022 en meegenomen als gerealiseerd in de berekeningen van het netmodel die zijn uitgevoerd in het kader van de IEA. Waar de verbinding tussen het noorden en het zuiden van Noord-Holland komt en welke 380kV-stations hierbij horen is nog niet bekend. In de berekeningen voor deze IEA is uitgegaan van omgeving Middenmeer als aansluitlocatie voor windenergie op zee. In de praktijk kan de aanlanding ook in de omgeving van Den Helder plaatsvinden. Daarnaast gaat na het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA de RCR-procedure voor de verbinding Noord-Holland Noord van start (zomer 2023). In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure(s).

Voor de niet-robuuste ontwikkeling van de **380kV-verbindingen Bleiswijk – Krimpen** (zie bijlage Xla H27), **Crayestein – Krimpen** (zie bijlage Xla H29) en **Krimpen – Geertruidenberg** (zie bijlage Xla H33) geldt het volgende: Gedurende het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA is begin 2023 de RCR-procedure opgestart voor de verbinding tussen Geertruidenberg en Krimpen aan den IJssel of Crayestein. In deze RCR-procedure gaan verschillende tracéopties in detail in samenspraak met de omgeving onderzocht worden. De beoordeling in onderliggende IEA heeft eerder plaatsgevonden en staat los van deze RCR-procedure. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd of door andere keuzes in de planologische procedure achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van deze IEA/PEH kunnen worden meegenomen in de lopende procedure(s).

Voor de niet-robuuste ontwikkeling van de **380kV-verbindingen Geertruidenberg – Tilburg** (zie bijlage Xla H30), **Halsteren–Geertruidenberg 380kV** (zie bijlage Xla H31) en **Rilland-Halsteren** (zie bijlage Xla H36) geldt het volgende: Op dit moment is de procedure voor de aanpassing van de 380kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg via Halsteren/ Geertruidenberg bijna doorlopen. Er wordt een extra 380kV-station gerealiseerd in Halsteren. Daarnaast wordt een nieuwe verbinding tussen Rilland en Tilburg gerealiseerd: Zuid-West 380kV Oost. Dit project is inmiddels vergund en het tracé is bekend (zie: [TenneT projectenatlas Zuid-West 380kV Oost](#)). Uit de voor deze IEA gebruikte scenario's blijkt dat in de toekomst mogelijk nog een extra verbinding (niet-robuust) nodig zal zijn tussen Rilland-Tilburg (via Halsteren- Geertruidenberg), bovenop boven op het project 380kV-verbinding Zuid-West 380kV Oost. Bij de tracéalternatieven en beoordeling daarvan in deze IEA is zoveel mogelijk aangesloten bij de gegevens uit het MER dat voor Zuid-West 380kV Oost is opgesteld. Daarbij wordt wel opgemerkt dat de beoordeling in de IEA voor het PEH op een veel hoger abstractieniveau is opgesteld dan het MER voor Zuid-West 380kV Oost.

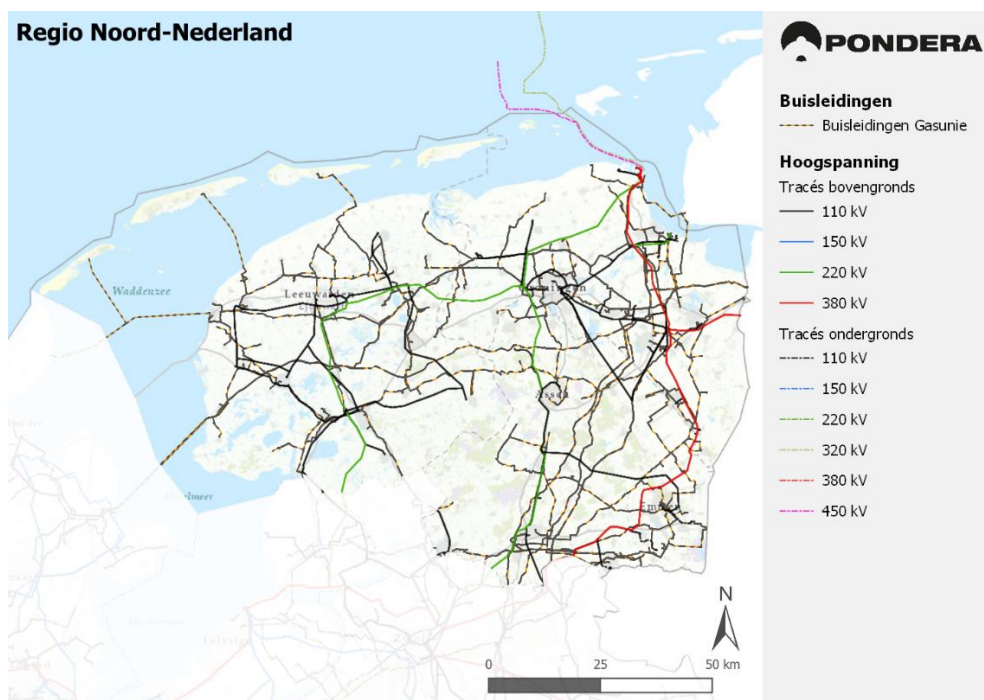
2 Gebiedsanalyse Noord-Nederland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincies Groningen, Drenthe en Friesland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur bij de Barro-locaties Eemshaven en Delfzijl, ontwikkelingen in de ondergrond (bijvoorbeeld voor opslag van gassen) en mogelijke uitbreiding van 380kV-infrastructuur. Op de Barro-locaties is mogelijk sprake van een meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I Woordenboek voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

2.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Nederland?

De onderstaande figuur toont de huidige energie-infrastructuur in Noord-Nederland. Er loopt een 380kV-verbinding vanaf de Eemshaven richting Meeden en Zwolle. Bij Meeden is het 380kV-net verbonden met het Duitse hoogspanningsnet. Daarnaast heeft Noord-Nederland een 220kV-net. Dit loopt in een lus door Friesland, Groningen en Drenthe. Vanaf deze lus loopt 110kV-infrastructuur richting de uithoeken van de provincies. Daarnaast loopt er een groot aantal gastransportleidingen door Noord-Nederland. Deze verbinden het Groningengasveld en kleinere gasvelden met locaties waar gas wordt gebruikt, zoals industrie en huishoudens. Naast de transportleidingen bestaat de infrastructuur ook uit een aantal meng-, meet- en regelstations. Daarnaast vindt ook een groot deel van de gasopslag plaats in Groningen en Drenthe. Er lopen gastransportleidingen vanaf de gaswinningslocaties en de gasopslagen richting de rest van Nederland en richting Duitsland (via Oude Statenzijl in Oost-Groningen). Naast de publieke buisleidingen van Gasunie lopen in Groningen enkele private buisleidingen van de NAM.

Figuur 2-1 - Overzicht energie-infrastructuur Noord-Nederland



2.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

2.2.1 Wat staat er op de planning tot 2030?

Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Noord-Nederland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 2-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 2-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Noord-Nederland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Eemshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Meeden	Uitbreiding station
380kV-station	Vierverlaten	Nieuw station
380kV-station	Musselkanaal	Nieuw station
380kV-station	Veenoord Boerdijk	Nieuw station
220kV-station	Delfzijl	Nieuw station
380kV-verbinding	Eemshaven Oude Schip-Vierverlaten	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Vierverlaten - Ens	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Eemshaven – Eemshaven Oude Schip	Toevoegen 3de circuit
Converterstation	Eemshaven	Ontwikkeling converterstations
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het nationaal waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in heel Nederland in totaal 980 km aan aardgas-leidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Noord-Nederland. Het aantal kilometers voor de verbinding Noord-Nederland - NZKG (Noordzeekanaalgebied) en Noord-Nederland - Chemelot zijn voor het hele traject, dus ook dat deel wat buiten Noord-Nederland ligt.

Tabel 2-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Cluster Noord-Nederland	171	140	31	2024-2025
Verbinding Noord-Nederland-Noordzeekanaalgebied	206	175	31	2026
Verbinding Noord-Nederland-Chemelot	216	200	16	2027

2.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet vanaf de Eemshaven fors. Of uitbreidingen nodig zijn, is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 2.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Er zijn plannen om tot 2031 5,3 GW aan windenergie op zee (via netten op zee) aan te laten landen in de Eemshaven. Er liggen al plannen voor een uitbreiding van een bestaand 380kV-station en de aanleg van converterstations om dit vermogen te kunnen aansluiten (zie Wat staat op de planning tot 2030?).

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. In de scenario's gaat het bij de Eemshaven om minimaal 1.800 MW aan batterijen, uitgaande van extra aanlanding van wind op zee op deze locatie. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast zijn extra velden bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in de Eemshaven, Burgum en Delfzijl/Weiwerd (hierna Delfzijl genoemd) omgebouwd worden naar waterstofcentrales.

In Eemshaven is minimaal 25 ha nodig voor de robuuste ontwikkelingen tussen 2030 en 2050, , uitgaande van een verdere toename van aanlanding van wind op zee. Hiervan heeft uitbreiding van het bestaande of aanleg van een nieuw hoogspanningsstation het grootste ruimtebeslag. In Delfzijl gaat het in de onderzochte scenario's om minimaal 15 ha waar ook uitbreiding van het bestaande of aanleg van een nieuw station het grootste deel van het ruimtebeslag vormt. Op beide locaties worden voor het thema Milieu & Ruimte geen grote effecten verwacht.

2.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

2.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Noord-Nederland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Noord-Nederland, in welke vorm (elektriciteit, waterstof) en waar?
- Hoeveel hernieuwbare opwek op land wil je in Noord-Nederland?
- Waar wil je elektrolyzers in Noord-Nederland en hoeveel?
- Hoeveel waterstofopslag wil je in Noord-Nederland en waar?
- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie?
- Bovenregionaal warmtetransport

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

2.3.2 Wat zijn de ruimtelijke effecten van de keuzes?

Aanlanding windenergie op zee (elektrisch)

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat 5,3 GW aan windenergie op zee aangesloten wordt bij de Eemshaven tot 2031. Dit is beschouwd als ondergrens van de hoeveelheid windenergie op zee die in 2050 aanlandt in Noord-Nederland.

Er is in de scenario's onderzocht wat de effecten zijn als nog meer windstroom aanlandt in Noord-Nederland. Er is gekeken naar maximale aanlanding van 10 GW bij de Eemshaven in 2050. Er is in dit geval meer ruimte nodig voor uitbreiding van de bestaande 380kV-stations (en mogelijke ontwikkeling nieuwe stations) in de Eemshaven om deze windstroom aan te sluiten, ruimte voor extra converterstations en ruimte voor elektrolyzers en batterijen. In totaal is dan maximaal circa 205 hectare nodig, uitgaande van de ontwikkelingen in de scenario's. Dit forse ruimtebeslag lijkt beschikbaar mits deze ontwikkelingen prioriteit hebben en goed wordt gekeken naar de inpassing binnen het gebied.

Er zijn geen waarschijnlijk nauwelijks nieuwe 380kV- of 220kV-verbindingen nodig door aanlanding van windenergie op zee in Noord-Nederland tot 10 GW. De afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet (inclusief geplande uitbreidingen) is voldoende om extra aanlanding van windenergie op zee te kunnen faciliteren. Bovenstaande is gebaseerd op de doorrekeningen van de zeven scenario's die gebruikt zijn in het PEH. In de CES 2.0 wordt uitgegaan van een hogere elektriciteitsvraag in Noord-Nederland. Daardoor kan ook meer windenergie op zee aanlanden in de Eemshaven. Naar verwachting kan, bij realisatie van de CES 2.0 3 tot 3,5 GW extra windenergie op zee aanlanden zonder nieuwe uitbreidingen aan hoogspanningsverbindingen nodig zijn, dus minimaal 13 tot 13,5 GW in totaal. Er is niet onderzocht hoeveel windenergie op zee maximaal elektrisch kan aan landen in Noord-Nederland zonder extra verzwaringen aan 380kV-verbindingen.

In de analyses is uitgegaan van de Eemshaven als enige aanlandingslocatie in Noord-Nederland, aangezien dit de meest logische locatie is voor aanlanding van windenergie op zee. Een deel van het verwachte ruimtebeslag in de Eemshaven kan verplaatst worden als gekozen wordt om een deel van windenergie op zee aan te laten landen op een andere locatie, bijvoorbeeld bij Vierverlaten. De effecten hiervan op de hoogspanningsverbindingen zijn beperkt, alleen de belasting op de verbinding tussen de Eemshaven en Vierverlaten kan hierdoor mogelijk wat lager uitvallen. Maar het is de verwachting dat deze verbinding in alle gevallen voldoende capaciteit heeft, dus dat dit geen ruimtelijke consequentie heeft.

Aanlanding windenergie op zee (waterstof)

Het is mogelijk dat een deel van de energie van windenergie op zee in 2050 aanlandt in de vorm van waterstof. De elektriciteit wordt dan op zee al omgezet in waterstof en vervolgens wordt de waterstof via een buisleiding getransporteerd naar land. De meeste transportleidingen op land in Noord-Nederland hebben voldoende capaciteit om grote hoeveelheden waterstof af te voeren. Dat is het geval als er gekozen wordt voor aanlanding van elektriciteit in de Eemshaven (een deel van de elektriciteit wordt hier dan omgezet in waterstof via elektrolyzers), maar ook als er gekozen wordt voor aanlanding van windenergie op zee in de vorm van waterstof. Het PEH kijkt niet naar de capaciteit van offshore leidingen. Bij aanlanding in de vorm van waterstof in de Eemshaven moet een passende aansluiting naar het waterstofnetwerk aangelegd worden, of een bestaande leiding gereed gemaakt worden. Daarnaast is op de aanlandingslocatie (een beperkte hoeveelheid) ruimte nodig voor een werklocatie met een gasmeetinstallatie. Bij aanlanding in de vorm van waterstof is geen ruimte nodig voor elektrolyzers in de

Eemshaven (wel mogelijk voor het deel van de windenergie dat elektrisch aanlandt). Het plaatsen van offshore elektrolyzers vraagt daarnaast ruimte op de Noordzee. Dit valt niet binnen de scope van het PEH.

Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

Noord-Nederland kan een potentiële locatie zijn voor grootschalige clustering van windturbines op land aangezien de provincie aan de kust ligt (wat leidt tot hogere windsnelheden), de landschappen geschikt zijn voor plaatsing windturbines en er in de toekomst naar verwachting forse elektriciteitsvraag is in de provincie. Ook voor grootschalige clustering van zon op veld leent Noord-Nederland zich goed. Er is onderzocht wat de effecten zijn voor de energie-infrastructuur als er grootschalige clusters van wind op land en zonnenvelden in Oost-Groningen en Oost-Drenthe komen. Er is gekeken naar 7,4 GW wind op land en 14,1 GW zon op veld in Noord-Nederland.

Bij plaatsing van grootschalige clusters van windturbines en zonnenvelden in Noord-Nederland is het ook wenselijk om meer batterijen te plaatsen bij 220kV- en 110kV-stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten, bijvoorbeeld bij 110kV-station Meeden. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 220kV- en 110 kV-stations voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Grootschalige clustering van hernieuwbare opwek op land in Noord-Nederland leidt tot een grotere transportbehoefte op het hoogspanningsnet. Mogelijk moeten daardoor één of meerdere 110kV-pockets in Oost-Groningen of Oost-Drenthe opgesplitst worden in kleinere pockets. In dat geval moet een nieuw 380kV-station geplaatst worden, met een ruimtebeslag van 10 ha. Het is nog onduidelijk hoe de nieuwe pockets er in dat geval uit moeten zien en waar een nieuw station moet komen. Er zijn naar verwachting geen verzwaringen nodig voor de 380kV-verbindingen.

Bij clustering worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen, doordat er minder sprake is van verspreid liggende wind en zon op land. Hiermee wordt de kans op effecten die optreden op de locaties van clustering wel groter.

Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. De elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Als elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee worden geplaatst komt er een fors vermogen aan elektrolyzers bij de Eemshaven. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de scenario's is gekeken naar het plaatsen van maximaal 8,8 GW aan elektrolyzers bij de Eemshaven. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 90 hectare. Daarnaast is ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations om deze elektrolyzers aan te sluiten. Er ontstaan knelpunten op 380kV-infrastructuur als er geen elektrolyzers geplaatst worden bij Eemshaven, maar wel forse hoeveelheden windenergie op zee aanlanden. Dit leidt vermoedelijk niet tot noodzaak voor nieuwe hoogspanningsverbindingen en dus ook niet tot een additioneel ruimtebeslag, maar wel tot hogere kosten doordat er meer redispatch (zie Bijlage I Woordenboek) nodig is.

Delfzijl kan ook een potentiële locatie zijn voor grootschalige elektrolyzers als deze elektrolyzers geplaatst worden bij de industriële waterstofvraag. Er is hierbij in de scenario's gekeken naar de effecten van het plaatsen van maximaal 6,5 GW aan elektrolyzers op die locatie. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 65 ha. Daar bovenop is nog ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Grootschalige elektrolyse bij Delfzijl zonder aanlanding van windenergie op zee op die locatie leidt tot fors transport van elektriciteit tussen de Eemshaven en Delfzijl. Daardoor zijn vermoedelijk nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig bij de 220kV-verbindingen Robbenplaat – Weiwerd en Weiwerd – Meeden. Dit kunnen nieuwe 220kV-verbindingen zijn of een opwaardering van de bestaande 220kV-verbindingen naar 380kV-verbindingen (geen ruimtelijke impact).

Opslag van waterstof

Vraag en aanbod van energie sluit niet op alle momenten in het jaar op elkaar aan. Om ten alle tijden in de vraag naar energie te kunnen voorzien is opslag nodig. Voor seizoensopslag is waterstof in gasbergingen (waar nu aardgas is opgeslagen), of waterstof in zoutcavernes (zoals nu aardgas in Zuidwending) geschikt. In het noorden van Nederland, met name Groningen, Drenthe en het oosten van Friesland, zijn zoutlagen in de ondergrond dik genoeg om zoutcavernes aan te leggen. Daarnaast kan de gasopslag van Norg onderzocht worden of deze ingezet kan worden voor waterstofopslag.

Op één locatie kunnen zo'n 5 à 6 zoutcavernes geschikt gemaakt worden voor opslag van waterstof. Dat is de bestaande gasopslag in Zuidwending en op nieuwe nog te kiezen locaties. Als de totale opslagbehoefte relatief klein is (10 TWh), zijn er vier nieuwe clusters van zoutcavernes nodig. Voor elke locatie moet dan eerst pekkel gewonnen, afgevoerd en verwerkt of geloosd worden om cavernes te kunnen maken. Daarna komen op elke locatie putten om waterstof te injecteren en produceren uit de cavernes. Daarbij komen er per cluster gasstations en moeten er leidingen gelegd worden om deze te verbinden met het Nationaal Waterstofnetwerk. Of er bestaande leidingen vervangen moeten worden, is afhankelijk van waar de cavernes komen en op welk deel van het gastransportleidingennet deze worden aangesloten.

Wanneer de optie om waterstof op te slaan in lege gasvelden overwogen wordt, moet vroegtijdig een onderzoekstraject in gang gezet worden om de mogelijkheden in kaart te brengen. Eén leeg gasveld kan voldoende zijn waardoor er geen nieuwe cavernes hoeven worden aangelegd. Dit lege gasveld kan ook een bestaande gasberging zijn. In Noord-Nederland zouden UGS Norg of UGS Grijskerk als opties onderzocht kunnen worden. In combinatie met opslag van waterstof in lege gasvelden (in het geval na onderzoek dit technisch haalbaar zou blijken), zouden de bestaande cavernes bij Zuidwending ingezet kunnen worden voor opslag van waterstof om kort-cyclisch waterstof te kunnen leveren.

De opslag van waterstof in zoutcavernes heeft impact op de ruimte. Opslag in zoutcavernes kan vanuit systeemperspectief gunstig zijn omdat er spreiding is over meerdere locaties, en omdat de cavernes ook

ingezet kunnen worden voor arbitrage. Opslag van waterstof in lege gasvelden heeft weinig ruimtelijke impact omdat daar al infrastructuur aanwezig is.

Locatie van regelbare centrales

In Noord-Nederland staan op dit moment grote regelbare gascentrales bij Eemshaven, Delfzijl en Bergum. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbare centrales die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, neemt het regelbare vermogen richting 2050 toe in de scenario's. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden bij de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is op de Barro-locaties Eemshaven, Delfzijl en Burgum. Bij de Eemshaven zou dit kunnen leiden tot maximaal 5.000 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van 25 ha. Bij Delfzijl en Burgum zou dit op beide locaties tot maximaal 400 MW extra regelbaar vermogen kunnen leiden, met een ruimtebeslag kleiner dan 5 ha. Daarbovenop is in beide gevallen ruimte nodig voor extra velden bij 220kV- of 380kV-stations. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in de regio Noord-Nederland gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig zijn.

Bovenregionaal warmtetransport

Er zijn plannen om in Groningen een warmtenet aan te leggen voor de verwarming van woningen. Als hoofdbron voor een warmtenet kan onder meer gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. In Tabel 2-3 staat welke leidingen in PEH aangenomen zijn per bron in de regio Groningen:

Tabel 2-3 - Leidingen regio Groningen

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Het Hoge Land	Groningen	32-40	450	80
Restwarmte	Delfzijl	Groningen	25-37	450	80

De effecten op Milieu & Ruimte verschillen tussen de bron en tussen het traject. De ruimtelijke effecten inclusief milieurisico's zijn groter voor geothermie dan voor restwarmte.

Uitgaande van een gemiddeld vermogen van een geothermiedoublet van ongeveer 7,5 MW betekent dit dat er ongeveer 8 geothermiedoubletten zouden komen tussen Cuijk en Nijmegen, indien gekozen wordt voor geothermie als warmtebron. Per 35 km is ongeveer één pompstation nodig voor het warmtenet. Vanuit Milieu & Ruimte is er een middelgrote kans op effecten door geothermiedoubletten door tijdelijke hinder tijdens de aanleg in dichtbebouwde gebieden. De hinder wordt veroorzaakt door geluid en trillingen in de nabijheid van gebouwen.

2.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

2.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is om elektriciteit bij de elektrolyzers te krijgen. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee bij de Eemshaven kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Er zijn verschillende keuzes die effect hebben op de hoeveelheid elektriciteit die geproduceerd wordt in Noord-Nederland, namelijk de keuzes voor (elektrische) aanlanding van windenergie op zee, de locatie van hernieuwbare opwek op land en de locatie van regelbare centrales. Door de grote afvoercapaciteit van het 380kV-net in Noord-Nederland is het mogelijk om zowel grote hoeveelheden aanlanding van windenergie op zee als grootschalige hernieuwbare opwek op land te faciliteren zonder dat hier grootschalige uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor nodig zijn. De keuzes voor de locaties van regelbare centrales raakt niet aan de keuzes voor aanlanding van windenergie op zee en hernieuwbare opwek op land omdat deze centrales vooral elektriciteit produceren op momenten met weinig wind en zon.

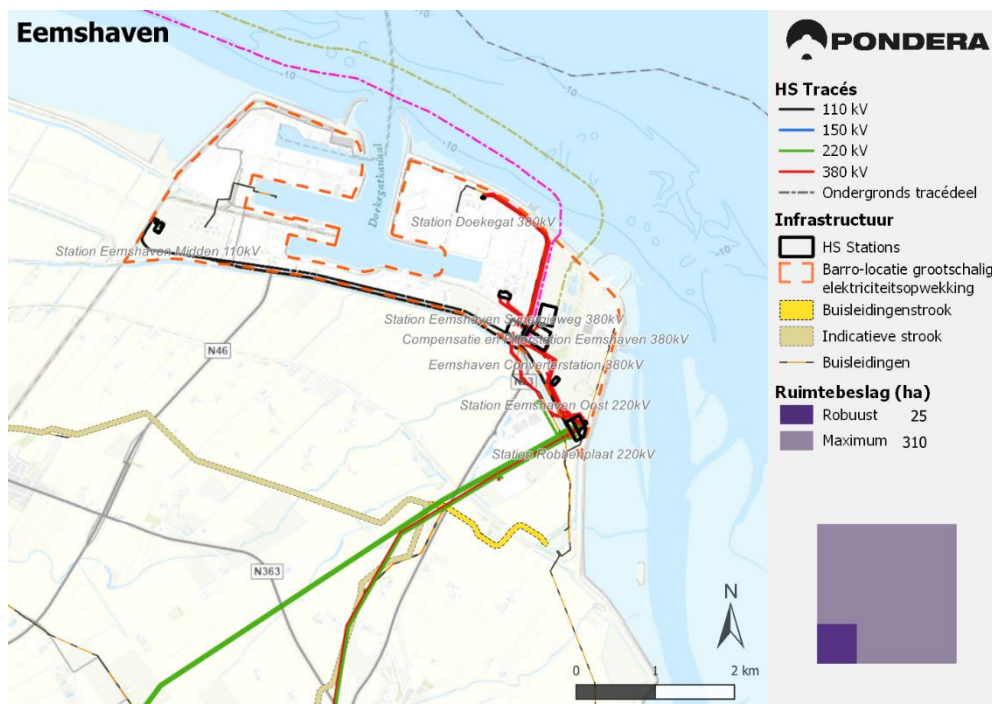
Bijna alle keuzes uit paragraaf 2.3 hebben een ruimtelijke neerslag op de Barro-locatie Eemshaven, en in mindere mate Delfzijl. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is waarschijnlijk niet haalbaar om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten keuzes gemaakt worden.

2.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 2-4 - Maximaal ruimtebeslag Eemshaven

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	8.700	25 (aanvullend ruimtebeslag)
Nieuwe stations/velden	-	30
Converterstations	-	20
Elektrolyzers	8.800	90
Batterijen	4.300	125

Figuur 2-2 - Eemshaven

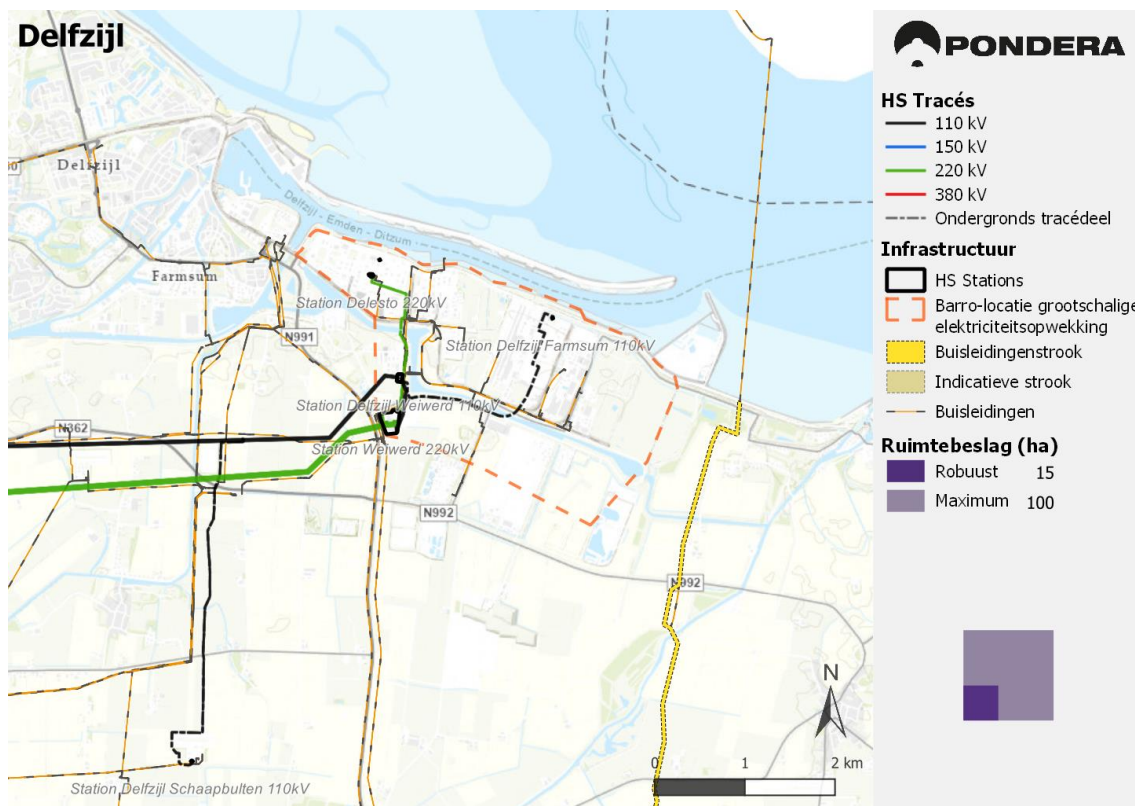


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Eemshaven de omvang van het maximale ruimtebeslag het grootste aandachtspunt is. Met een uitbreiding van het Eemshavengebied (reeds voorzien) en zorgvuldige inpassing lijkt dit maximale ruimtebeslag haalbaar. Dit gaat wel ten koste van beschikbare ruimte voor overige industriële invulling.

Tabel 2-5 - Maximaal ruimtebeslag Delfzijl

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	400	5
Nieuwe stations/velden	-	10
Elektrolyzers	6.600	65
Batterijen	740	20

Figuur 2-3 - Delfzijl



Uit de effectbeoordeling voor Delfzijl blijkt dat het grootste aandachtspunt het ruimtebeslag is bij het maximale scenario. Er zijn geen overige aandachtspunten vanuit Milieu & Ruimte. De ruimte lijkt op dit moment beschikbaar. De haalbaarheid is afhankelijk van de samenkomst van het maximale ruimtebeslag en het ruimtebeslag van overige toekomstige ontwikkelingen in het gebied.

3 Gebiedsanalyse Noord-Holland en Flevoland

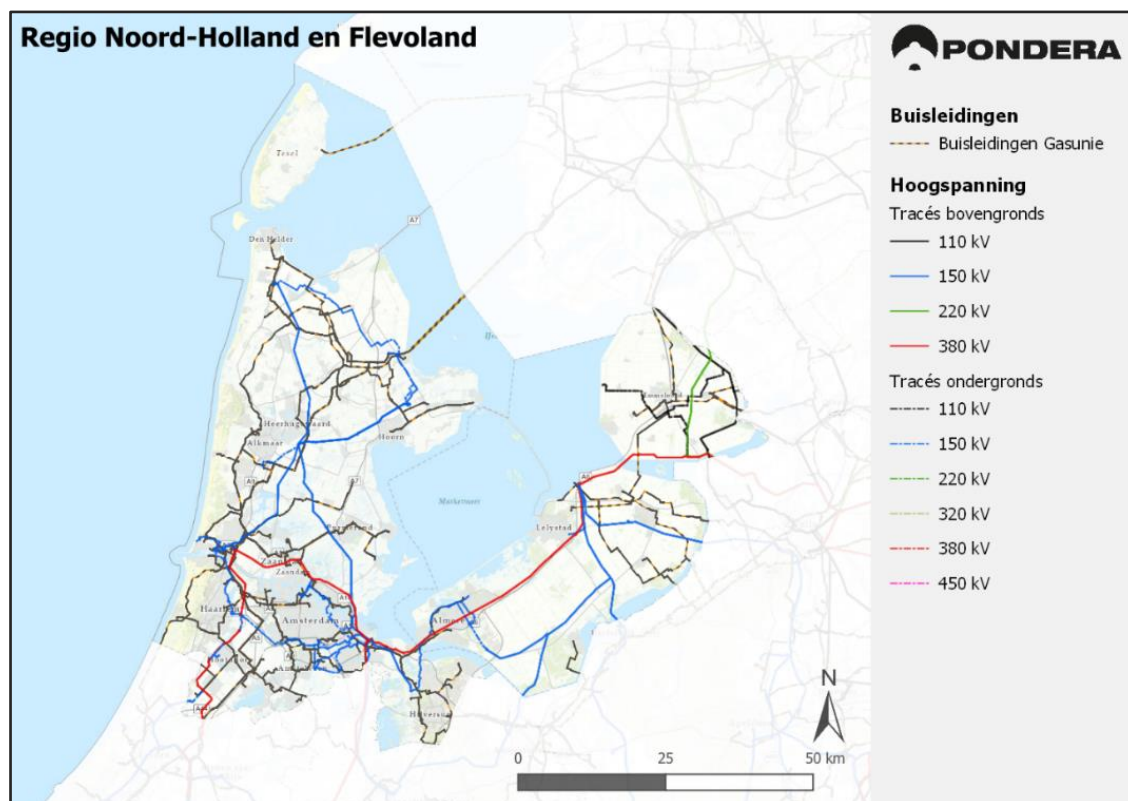
In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen van de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincies Noord-Holland en Flevoland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur bij de Barro-locaties Beverwijk/Noordzeekanaalgebied en Diemen, mogelijke nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen en de ontwikkeling van mogelijke aanlandingslocaties Middenmeer (kop van Noord-Holland) en Den Helder. Op de Barro-locaties en aanlandingslocaties van windenergie op zee is mogelijk sprake van meervoudige ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

3.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Noord-Holland en Flevoland?

Figuur 3-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Noord-Holland en Flevoland. Er lopen meerdere 380kV-verbindingen in het zuiden van Noord-Holland, tussen de 380kV-stations Vijfhuizen, Beverwijk, Oostzaan en Diemen. Daarnaast loopt een 380kV-verbinding van Diemen naar Lelystad en Ens. In de kop van Noord-Holland is alleen 150kV-infrastructuur aanwezig. In Flevoland is naast de 380kV-verbinding ook nog 150kV- en 110kV-infrastructuur aanwezig.

Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Noord-Holland en Flevoland. Er loopt een buisleidingenstrook met L-gas (laagcalorisch gas/Groningen gas) en H-gas (hoogcalorisch gas) transportleidingen vanaf de afsluitdijk richting Beverwijk en Hoofddorp. Vanaf Den Helder lopen enkele H-gastransportleidingen richting deze strook. In Flevoland loopt een H-gasleiding richting de Maximacentrale en enkele L-gasleidingen richting Emmeloord en Lelystad. Daarnaast lopen in Noord-Holland enkele buisleidingen voor transport van overige stoffen, zoals de OCAP-leiding (CO₂) en een olieleiding nabij IJmuiden.

Figuur 3-1 - Gastransport kaart H-gas (rood), NGT-gas (bruin), G-gas (blauw), L-gas (paars), N2 (zwart)



3.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

3.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

Elektriciteit

In het investeringsplan van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende tien jaar (uitleg type investeringen in Bijlage XIV). Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Noord-Holland en Flevoland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 3-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 3-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Noord-Holland en Flevoland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station en 380kV-verbinding	Verzwarend kop van Noord-Holland ¹	Nieuw station en verbinding
380kV-station	Almere	Nieuw station
380kV-station	Spaarndam	Nieuw station
380kV-station	Weesp	Nieuw station
380kV-station	Oostzaan	Uitbreiding station
380kV-verbinding	Vierverlaten – Ens	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Ens – Lelystad	Aanleg 3de circuit
380kV-verbinding	Lelystad - Diemen	Aanleg 3de circuit
Converterstation	Beverwijk	Ontwikkeling converterstations
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwarend circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstofnet en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Noord-Holland en Flevoland.

Tabel 3-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuw-bouw [km]	Mogelijke aanpassing	Fasering
NZKG-Rotterdam/Moerdijk	79	79	-	Ombouw en vervanging leiding	2023-2026
Cluster NZKG	30	15	15	Ombouw en vervanging leiding	2023-2026
Verbinding Noord-Nederland NZKG	206	175	31	Ombouw en vervanging leiding	2023-2026

3.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Noord-Holland en Flevoland dan voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. In paragraaf 3.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

¹ Het is nog onzeker hoe de uitbreidingen er precies uit gaan zien. In dit onderzoek is uitgegaan van twee 380kV-circuits tussen de kop van Noord-Holland (omgeving Den Helder en Middenmeer) en het gebied ten noorden van Amsterdam.

Elektriciteit

In de gehanteerde scenario's wordt aangenomen dat minimaal 2 GW windenergie op zee aanlandt in de kop van Noord-Holland (Middenmeer of Den Helder, meer over de keuze tussen Middenmeer en Beverwijk in paragraaf 3.3) en minimaal 2,8 GW in Beverwijk/Noordzeekanaalgebied. Er is een uitbreiding van een bestaand 380kV-station of een nieuw 380kV-station nodig bij zowel de kop van Noord-Holland als Beverwijk/Noordzeekanaalgebied in het geval van extra aanlanding van windenergie op zee op deze locaties.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. In de scenario's gaat het in de regio van Beverwijk om minimaal 1.100 MW aan batterijen en bij de kop van Noord-Holland om minimaal 760 MW, uitgaande van extra aanlanding van wind op zee op deze locaties. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van het hoogspanningsstation waar de kabels van de netten op zee aanlanden.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de centrales in Diemen, Amsterdam (Hemweg), Lelystad en Velsen omgebouwd worden of dat hier nieuwe centrales komen.

In de omgeving van Beverwijk/Noordzeekanaalgebied is circa 45 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen tussen 2030 en 2050, uitgaande van een verdere toename van aanlanding van wind op zee. Uitbreiding van bestaande of aanleg van nieuwe stations en de in de scenario's voorziene vermogens aan batterijen hebben het grootste ruimtebeslag. In de kop van Noord-Holland is minimaal 35 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen van de scenario's. Bij Diemen is geen extra ruimte nodig voor robuuste ontwikkelingen, enkel wanneer er gekozen wordt voor diepe aanlanding van windenergie op zee op deze locatie (zie paragraaf 3.3). Voor de kop van Noord-Holland en (logischerwijs) Diemen is de verwachting dat hier geen grote knelpunten op het vlak van Milieu & Ruimte zich voordoen. Bij Beverwijk/Noordzeekanaalgebied is de kans op effecten op Milieu & Ruimte groot omdat de beschikbare ruimte zeer beperkt is vanwege bestaande bebouwing en het aanwezige Werelderfgoed Stelling van Amsterdam.

Gassen

In het Westelijk Havengebied Amsterdam, bij Schiphol en bij IJmuiden ontstaan knelpunten in het H-gasleidingennet, die in 2050 voor waterstoftransport dient. In het Westelijk Havengebied Amsterdam gaat het om een aansluitleiding naar de Hemweg-centrale. Op deze locatie staat naar verwachting een elektriciteitscentrale met een grotere capaciteit in 2050. De leiding die er nu ligt is gedimensioneerd op de huidige capaciteit van de centrale. De aansluitleiding moet daarom vervangen worden voor een leiding met een passende capaciteit. Dit kan binnen het huidige tracé. Er is daarom in principe geen ruimtelijke reservering nodig.

Het knelpunt bij Schiphol is ook in een aansluitleiding naar een elektriciteitscentrale, namelijk de elektriciteitscentrale in Diemen. Hier geldt ook dat de aansluitleiding mogelijk vervangen moet worden voor een aansluitleiding met een passende capaciteit bij de elektriciteitscentrale op waterstof. Dit kan binnen het huidige tracé. Er is daarom in principe geen ruimtelijke reservering nodig.

Bij Beverwijk en IJmuiden ontstaat een knelpunt in het geval van plaatsing van grootschalige elektrolyzers in de nabijheid van Beverwijk. Op deze locatie landt windenergie op zee aan. In de buurt van Beverwijk ontstaat naar verwachting een grote waterstofvraag vanuit Tata Steel waardoor ontwikkeling van

grootschalige elektrolyzers hier voor de hand ligt. In dit gebied lopen zowel G-gas- als H-gasleidingen. Bij realisatie van elektrolyzers in Beverwijk kan onderzocht worden of het ombouwen van een G-gasleiding naar een waterstofleiding voldoende capaciteit zou geven voor waterstoftransport. Wanneer dit niet het geval is, zou een nieuwe aansluitleiding in de bestaande buisleidingstrook mogelijk een oplossing zijn. In beide gevallen is geen ruimtelijke reservering nodig. Daarbij is uitgegaan van een directe aansluiting van de elektrolyzers op het gasnet. Wanneer de elektrolyzers niet direct naast een bestaande gastransportleiding geplaatst worden, is een nieuwe reservering nodig voor een gastransportleiding die de elektrolyzers verbindt met het waterstofnetwerk of een aansluitleiding van voldoende capaciteit.

3.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

3.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden, zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van de keuzes die gemaakt kunnen worden. De relevante keuzes voor de provincies Noord-Holland en Flevoland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Noord-Holland en waar?
- Hoeveel hernieuwbare opwek op land wil je in Noord-Holland en Flevoland?
- Waar wil je elektrolyzers in Noord-Holland en Flevoland plaatsen en hoeveel?
- Wil je opslag van waterstof faciliteren in Noord-Holland?
- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie in Noord-Holland en Flevoland?
- Komt er bovenregionaal warmtetransport in Noord-Holland en gebruik je dan geothermie of restwarmte als hoofdbron?
- Wil je waterstof importeren in IJmuiden (Noord-Holland)?

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

3.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

Aanlanding windenergie op zee (elektrisch)

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat ruim 2 GW aan windenergie op zee aangesloten worden in Beverwijk/Noordzeekanaalgebied tot 2031. Het is de verwachting dat dit minimaal 2,8 GW wordt in 2050. Daarnaast is het uitgangspunt dat minimaal 2 GW windenergie op zee aanlandt in de kop van Noord-Holland. In dat geval ontstaan geen zware knelpunten op de hoogspanningsinfrastructuur en zijn geen nieuwe verbindingen nodig.

Er is onderzocht wat de effecten zijn als meer windenergie op zee aanlandt in Noord-Holland. Er is gekeken naar maximaal 15 GW in de kop van Noord-Holland en maximaal 5 GW in Beverwijk (inclusief de bestaande plannen). Bij dusdanig grote hoeveelheden windenergie op zee ontstaan grote knelpunten op het 380kV-hoogspanningsnet in Noord-Holland. De twee bovengrondse circuits tussen Kop van Noord-Holland en ten noorden van Amsterdam (aangenomen in deze studie) hebben dan niet voldoende transportcapaciteit, waardoor nieuwe circuits nodig zijn. Daarnaast zijn dan ook de verbindingen Beverwijk – Oostzaan, Beverwijk – Vijfhuizen en Oostzaan – Diemen zijn dan nieuwe circuits nodig². Het aanleggen van deze nieuwe circuits heeft grote landschappelijke effecten. Ook zijn er grote uitdagingen bij de ruimtelijke inpassing hiervan door onder andere woonkernen en cultuurhistorie. Deze negatieve effecten kunnen

² Na het onderzoek en de beoordelingen in deze IEA gaat de RCR-procedure voor de verbinding Noord-Holland Noord van start (zomer 2023). Daarin worden zowel 2 als 4 circuits onderzocht.

voorkomen worden door minder windenergie op zee aan te landen in Noord-Holland. In 3.4 wordt besproken hoeveel windenergie op zee kan aanlanden in Noord-Holland voordat uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. Dit hangt samen met de uitrol van hernieuwbare opwek op land en de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag.

Bij grootschalige aanlanding van windenergie op zee in de kop van Noord-Holland en Beverwijk/Noordzeekanaalgebied is er ook een grote ruimtevraag op de aanlandingslocaties voor uitbreiding van bestaande of ontwikkeling van één of meerdere nieuwe hoogspanningsstations, extra convertorstations, mogelijk elektrolyzers³ en batterijen. Voor de omgeving van Beverwijk kan op basis van de scenario's gaan om een ruimtevraag van circa 130 ha. Gezien de beperkte ruimte (zie paragraaf 3.2) lijkt dit ruimtebeslag niet haalbaar. Voor de kop van Noord-Holland geldt een ruimtebeslag van circa 385 ha. Dergelijk ruimtebeslag gaat in dit gebied ten koste van landbouwgrond en is door de omvang een aandachtspunt.

Een alternatief voor het voorkomen van grote verzwaringen aan het 380kV-net in Noord-Holland is het doortrekken van ondergrondse HVDC⁴-kabels vanaf de windenergiegebieden op zee naar locaties in het binnenland in plaats van aanlanding aan de kust. Dit heet diepe aanlanding. In Noord-Holland zou Diemen een geschikte locatie kunnen zijn voor diepe aanlanding gezien de ligging van het station aan de hoofdlijn van het 380kV-net. Daarom zijn de effecten van diepe aanlanding in Diemen onderzocht. Diepe aanlanding in Diemen kan zorgen dat op een deel van de 380kV-verbindingen in Noord-Holland geen uitbreiding meer nodig is. Diepe aanlanding bij Diemen leidt echter tot een grote ruimtevraag in Diemen voor nieuwe hoogspanningsstation(s), extra convertorstations, mogelijk elektrolyzers en batterijen. Dit gaat om circa 145 ha. Er is hiervoor waarschijnlijk niet voldoende ruimte beschikbaar. De conclusie is dus dat diepe aanlanding de aanleg van nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen kan voorkomen, maar dat diepe aanlanding in Diemen niet haalbaar is. Er kan gekeken worden naar diepe aanlanding op andere locaties.

In de kop van Noord-Holland zijn zowel Den Helder als Middenmeer in beeld als aanlandingslocatie. Op beide locaties is nu nog geen 380kV-station aanwezig. Er zijn wel plannen voor de ontwikkeling van een 380kV-station in de Kop van Noord-Holland bij Middenmeer en voor de ontwikkeling een 380kV-verbinding richting dit station. Als gekozen wordt voor (elektrische) aanlanding bij Den Helder is hier de ontwikkeling van een 380kV-station voor de hand liggend en is een 380kV-verbinding nodig richting dit station. De keuze heeft geen effect op de rest van het hoogspanningsnet. Zowel bij Middenmeer als bij Den Helder ligt in 2050 naar verwachting een waterstoftransportleiding in de buurt, dus op beide locaties kunnen elektrolyzers geplaatst worden als windenergie op zee daar aanlandt (meer hierover bij de keuze Locatie van elektrolyzers).

Aanlanding windenergie op zee (waterstof)

Het is mogelijk dat een deel van de windenergie op zee in 2050 aanlandt in de vorm van waterstof. De elektriciteit wordt dan op zee al omgezet in waterstof en vervolgens wordt de waterstof via een buisleiding getransporteerd naar land. In Noord-Holland is Den Helder een logische locatie voor aanlanding van waterstof vanwege de nabijheid van gastransportleidingen op land en vanwege bestaande offshore buisleidingen die daar aan land komen die mogelijk hergebruikt kunnen worden. De transportleidingen op land hebben in principe voldoende capaciteit om grote hoeveelheden waterstof af te voeren. Een

³ Aanlandingspunten van windenergie op zee zijn een logische locatie hiervoor, maar niet de enige optie. Meer hierover bij het kopje **Locatie van elektrolyzers**.

⁴ High Voltage Direct Current. Direct Current is gelijkstroom.

alternatief is aanlanding bij IJmuiden, waar ook offshore leidingen aanwezig zijn maar met een lagere capaciteit. Er zijn mogelijk korte aanvoerleidingen vanaf de aanlandingslocatie naar de waterstoftransportleidingen nodig. Daarnaast is op de aanlandingslocatie (een beperkte hoeveelheid) ruimte nodig voor een werklocatie met een gasmeetinstallatie. Het plaatsen van offshore elektrolyzers vraagt daarnaast ruimte op de Noordzee. Dit valt niet binnen de scope van het PEH.

Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

De kop van Noord-Holland en Flevoland kunnen potentiële locaties zijn voor grootschalige clustering van wind op land vanwege de hoge windsnelheden, de inpassingsmogelijkheden binnen het grootschalige karakter van het landschap en de in de toekomst naar verwachting grote elektriciteitsvraag in de provincie. Ook voor grootschalige clustering van zon op land lenen deze regio's zich goed. Er is onderzocht wat de effecten zijn voor de energie-infrastructuur als er grootschalige clusters van wind op land en zon op land in de kop van Noord-Holland en Flevoland komen. Er is gekeken naar 1,4 GW (gehele provincie 1,5 GW) wind op land en 3,0 GW zon op veld (gehele provincie 4,7 GW) in de kop van Noord-Holland en 3,1 GW wind op land en 2,8 GW zon op veld in Flevoland.

Bij plaatsing van grootschalige clusters van windturbines en zonnenvelden is het ook wenselijk om meer batterijen te plaatsen bij 150kV-stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten, bijvoorbeeld bij 150kV-station Dronten. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 150kV-stations voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Grootschalige clustering van hernieuwbare opwek op land in de kop van Noord-Holland en Flevoland leidt ook tot een grotere transportbehoefte op het hoogspanningsnet. Mogelijk moeten daardoor één of meerdere 150kV-pockets in deze gebieden opgesplitst worden in kleinere pockets. In dat geval moet een nieuw 380kV-station geplaatst worden, met een ruimtebeslag van 10 ha. Het is nog onduidelijk hoe de nieuwe pockets er in dat geval uit moeten zien en waar een nieuw station moet komen. Er zijn naar verwachting geen verzwarende maatregelen nodig voor de 380kV-verbindingen.

Bij clustering worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen, doordat er minder sprake is van verspreid liggende wind en zon op land. Hiermee wordt de kans op effecten die optreden op de locaties van clustering wel groter.

Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van

elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Als we uitgaan van het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee, dan komt er een groot vermogen aan elektrolyzers bij Beverwijk/Noordzeekanaalgebied, Den Helder of Middenmeer en mogelijk Diemen aangezien dit de onderzochte aanlandingslocaties zijn. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de analyse is gekeken naar het plaatsen van maximaal 4,8 GW (50 hectare) aan elektrolyzers bij Beverwijk/Noordzeekanaalgebied, maximaal 14,6 GW (145 hectare) bij Middenmeer of Den Helder en maximaal 5,5 GW (55 hectare) bij Diemen. Daarnaast is ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations om deze elektrolyzers aan te sluiten. Indien hiervoor een extra hoogspanningsstation gerealiseerd moet worden is dit ruimtebeslag meegenomen onder nieuwe stations (in paragraaf 0).

Als elektrolyzers geplaatst worden bij industriële waterstofvraag komen er mogelijk ook elektrolyzers bij Beverwijk/Noordzeekanaalgebied. Er worden in dat geval geen elektrolyzers geplaatst in Diemen of in de Kop van Noord-Holland.

Opslag van (methaan en) waterstof

In Noord-Holland zijn twee huidige gasbergingen beschikbaar. Het gaat om de gasopslag USG Bergermeer, een grote seizoensopslag, en de PGI Alkmaar, een kleine opslag voor pieklevering. Deze huidige gasbergingen kunnen – net als nu – in 2050 ingezet worden voor de opslag van methaan. Als dat het geval is, zijn deze niet beschikbaar voor de opslag van waterstof. Als volledig ingezet wordt op waterstof, kan onderzocht worden of één van deze opslagen (of eventueel beide) geschikt gemaakt kunnen worden voor waterstof.

Indien het niet kan, moet waterstof elders opgeslagen worden. In Noord-Holland is nog een optie verkend, namelijk een leeg gasveld bij de IJmond. Ook hiervoor geldt dat het onzeker is of opslag van waterstof mogelijk is.

In principe zijn gastransportleidingen bij beide locaties aanwezig. Daarbij gaat het om ondergrondse opslag, met een minimaal ruimtebeslag. Naar verwachting zijn hiervoor geen nieuwe ruimtelijke reserveringen nodig.

Locatie van regelbare centrales

Op dit moment staan elektriciteitscentrales in Diemen, Amsterdam (Hemweg), Velsen en Lelystad. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de elektriciteitsvraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte voor regelbare centrales nodig als nu. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden op de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is bij de Barro-locaties Diemen, Amsterdam, Velsen en Lelystad. Bij Amsterdam zou dit kunnen leiden tot maximaal 4.000 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van circa 20 ha.

Daarnaast zijn hier dan extra velden bij 380kV-stations voor nodig. Bij de andere locaties in Noord-Holland en Flevoland is onvoldoende ruimte voor meer regelbaar vermogen. Indien spreiding wordt toegepast, zal een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan zal dan ook in Noord-Holland en Flevoland gerealiseerd moeten worden. Vanuit systeem-perspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380-, 150- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales.

Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig is. Als er gekozen wordt om op de huidige Barro-locatie van Lelystad een grotere centrale te plaatsen, is de huidige transportleiding niet van voldoende capaciteit. Er is dan een grotere transportleiding, maar dit past binnen een bestaande buisleidingenstrook. Daarom is er geen ruimtelijke reservering nodig.

Warmtetransport

In de regio Noord-Holland is uitbreiding van bestaande warmtenetten mogelijk om in de warmtevraag van de gebouwde omgeving te voorzien. Geothermie of restwarmte kunnen dienen als hoofd warmtebron voor deze warmtenetten. Hieronder volgt een overzicht van mogelijke uitbreidingen van het warmtenet voor de bronnen geothermie en restwarmte in Noord-Holland tussen nu en 2050.

Tabel 3-3 - Warmtetransport Noord-Holland

Warmtebron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Purmerend	Amsterdam	47-59	400	55
Geothermie	Alkmaar	Amsterdam	40-50	350	50
Restwarmte	Alkmaar	Amsterdam	25-37	500	130
Restwarmte	Purmerend	Amsterdam	15-23	500	130

In de buurt van Amsterdam is voor beide soorten bronnen een uitbreiding van het warmtenet mogelijk. Bij aanlandingslocaties waar een aansluiting op het warmtenet is voorzien, kan de restwarmte van de elektrolyzers mogelijk ingezet worden samen met de restwarmte op de industrielocatie, bijvoorbeeld bij aanlanding in Diemen.

Import waterstof

In de CES 2.0 staat een toename van vraag naar waterstof opgenomen, met name door de introductie van de DRI-technologie voor staalproductie. Invulling van waterstofvraag (100-150 kton/jaar in 2030 en 400 kton/jaar vanaf 2035) wordt in de CES 2.0 deels voorgesteld door aansluiting op het landelijk waterstof-netwerk, en deels met import. In de CES 2.0 voor het Noordzeekanaalgebied stelt MIEK een import terminal voor waterstof voor in dit gebied. De volumecapaciteit van de waterstofterminal is naar verwachting 200 kton. De ruimte in het Westelijk Havengebied wordt nu gebruikt voor kolen, olie en aardgas. Deze ruimte kan in de toekomst mogelijk ingezet worden voor de waterstofterminal.

3.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

3.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes die in ogenschouw genomen moet worden. Hieronder wordt besproken hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeem-perspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee in Beverwijk en de kop van Noord-Holland kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Daarnaast raakt de keuze voor de (elektrische) aanlanding van windenergie op zee aan de keuze rondom clustering van hernieuwbare opwek op land. Bij grote hoeveelheden aanlanding windenergie op zee in de kop van Noord-Holland ontstaan grote lokale overschotten die niet afgevoerd kunnen worden door het hoogspanningsnet. Clusters van hernieuwbare opwek op land in de kop van Noord-Holland kunnen leiden tot nog meer lokale overschotten en het probleem verergeren. De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie in de kop van Noord-Holland moet in samenhang bekeken worden om te voorkomen dat dusdanig grote lokale overschotten aan elektriciteit ontstaan dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn.

Bij een grote vraag naar waterstof (bijvoorbeeld door verduurzamingsplannen van Tata Steel) kan gekozen worden voor aanvoer van op de Noordzee geproduceerde waterstof via offshore leidingen tot aan Den Helder, voor productie bij aanlandingslocaties of bij de industrieclusters of import vanuit het buitenland. Een combinatie van verschillende bronnen is ook mogelijk. Offshore waterstofproductie vraagt extra ruimte op de Noordzee, maar nauwelijks ruimte op land. De keuze voor productie bij de aanlandingslocaties vraagt veel ruimte op de aanlandingslocaties (waar in sommige gevallen ruimte al beperkt is, zie paragraaf 0). Bij import vanuit het buitenland, bijvoorbeeld in de vorm van ammoniak, is ruimte nodig voor importterminals. De regio IJmuiden kan ook aanspraak maken op import van waterstof dat via een andere locatie, bijvoorbeeld Rotterdam, het land binnenkomt aangezien de regio IJmuiden in 2030 al verbonden is met het Nationaal Waterstofnetwerk en daarmee verbonden is met Rotterdam. In dat geval is ook nauwelijks extra ruimte nodig in Noord-Holland.

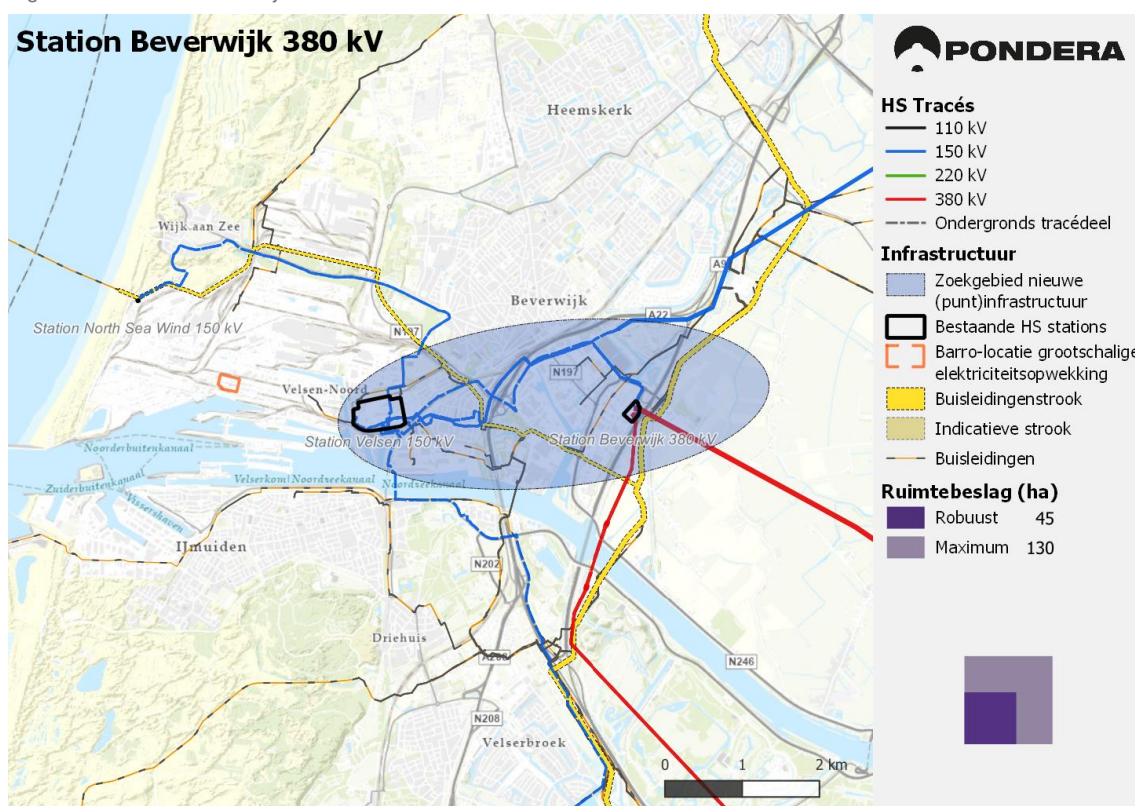
Bijna alle keuzes uit paragraaf 3.3 hebben een ruimtelijke neerslag op de Barro-locaties Beverwijk en Diemen en mogelijke aanlandingslocaties Middenmeer en Den Helder. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is waarschijnlijk niet haalbaar om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten keuzes gemaakt worden.

3.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 3-4 - Maximaal ruimtebeslag Beverwijk

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10
Convertoorstations	-	10
Elektrolyzers	4.800	50
Batterijen	2.000	60

Figuur 3-2 - Station Beverwijk

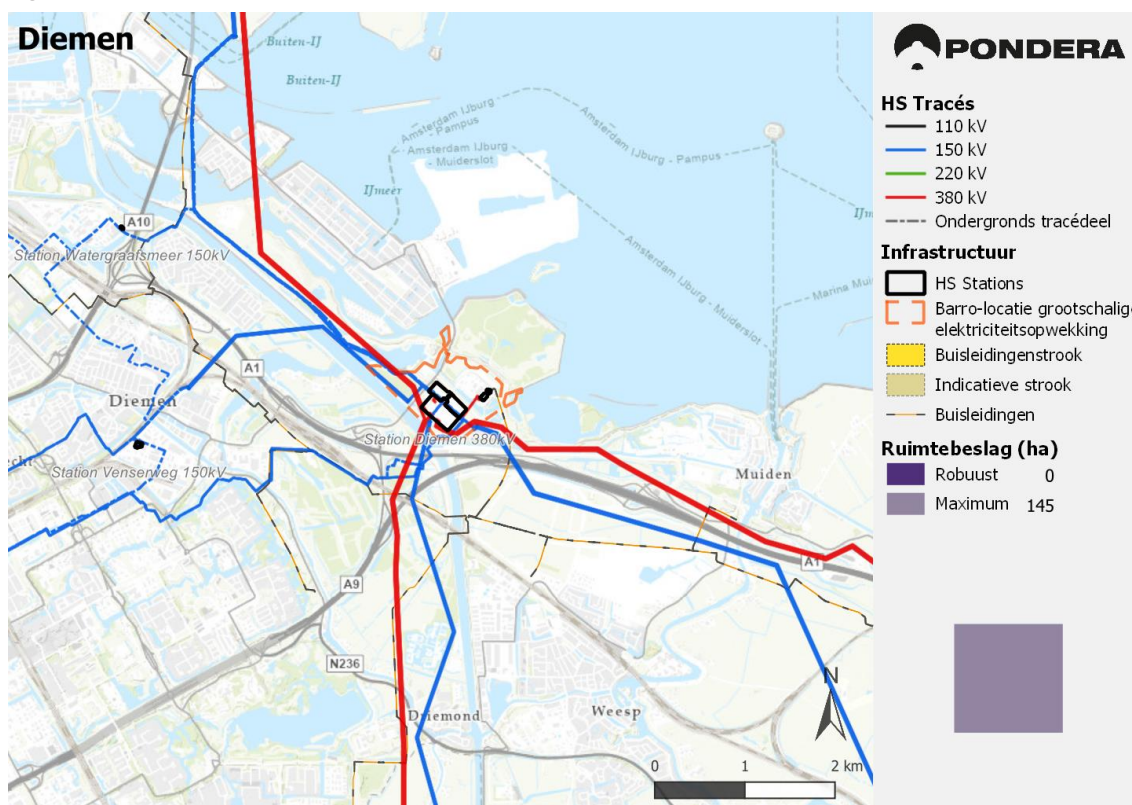


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Beverwijk de grootste aandachtspunten de beperkt beschikbare ruimte en de aanwezigheid van werelderfgoed Stelling van Amsterdam zijn. Voor het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte beschikbaar en ook het minimale ruimtebeslag is zeer lastig te realiseren.

Tabel 3-5 - Maximaal ruimtebeslag Diemen

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	20
Convertorstations	-	15
Elektrolyzers	5.600	55
Batterijen	2.000	55

Figuur 3-3 - Diemen

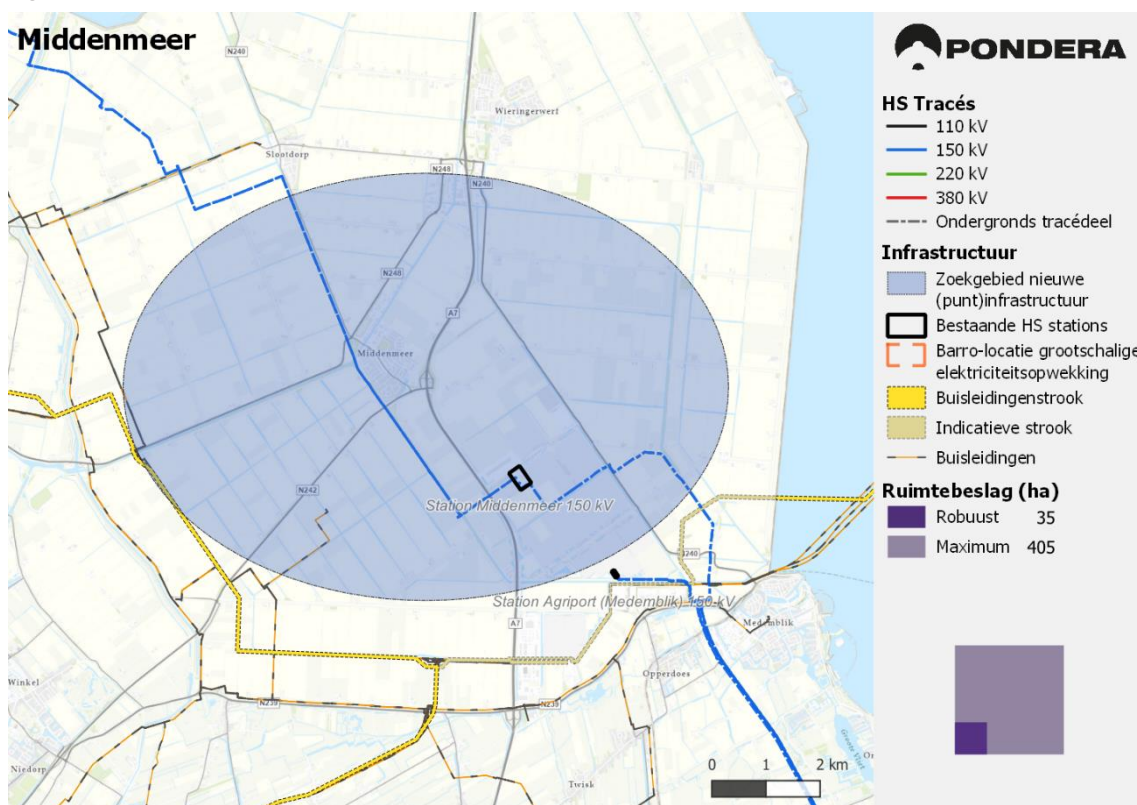


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Diemen het grootste aandachtspunt de beperkt beschikbare (en letterlijk fysieke) ruimte is door de nabijheid van woonkernen, bestaande energie-infrastructuur en nabijheid van Natura 2000-gebied. Voor het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte beschikbaar.

Tabel 3-6 - Maximaal ruimtebeslag Middenmeer

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	40
Convertorstations	-	40
Elektrolyzers	14.600	145
Batterijen	6.000	180

Figuur 3-4 - Middenmeer



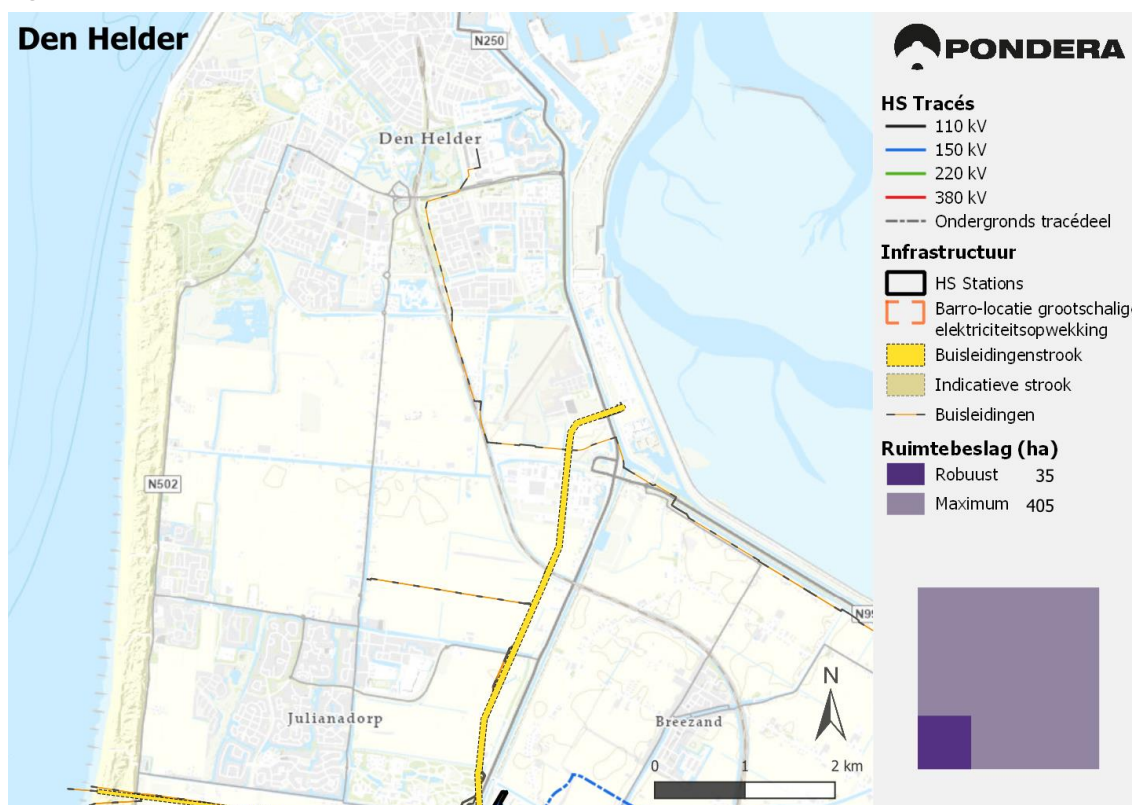
Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Middenmeer⁵ het grootste aandachtspunt de hoeveelheid benodigde ruimte is. Deze ruimte beschikbaar maken gaat ten koste van landbouwgrond. Dit is een aandachtspunt, maar het lijkt wel haalbaar. Voor het minimale ruimtebeslag zijn er geen aandachtspunten.

⁵ In de modelberekeningen is uitgegaan van Middenmeer als aansluitlocatie voor windenergie op zee. In de praktijk kan de aanlanding ook in de omgeving van Den Helder plaatsvinden. Het ruimtebeslag van Middenmeer is daarom ook geprojecteerd en beoordeeld voor Den Helder. Zie ook Bijlage XIa over Middenmeer en Den Helder.

Tabel 3-7 - Maximaal ruimtebeslag Den Helder

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	40
Convertorstations	-	40
Elektrolyzers	14.600	145
Batterijen	6.000	180

Figuur 3-5 - Den Helder



Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Den Helder het grootste aandachtspunt de hoeveelheid benodigde ruimte is. Dit ruimtebeslag heeft een negatief effect op landbouwgrond en lokale recreatie. Ook kan dit knellen met verspreide woningen in de omgeving. Voor het minimale ruimtebeslag zijn er geen aandachtspunten.

4 Gebiedsanalyse Midden- en Oost-Nederland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincies Utrecht, Overijssel en Gelderland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de uitbreiding van 380kV-infrastructuur en ontwikkeling van nieuwe buisleidingen. Zie Bijlage I Woordenboek voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

4.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Midden- en Oost-Nederland?

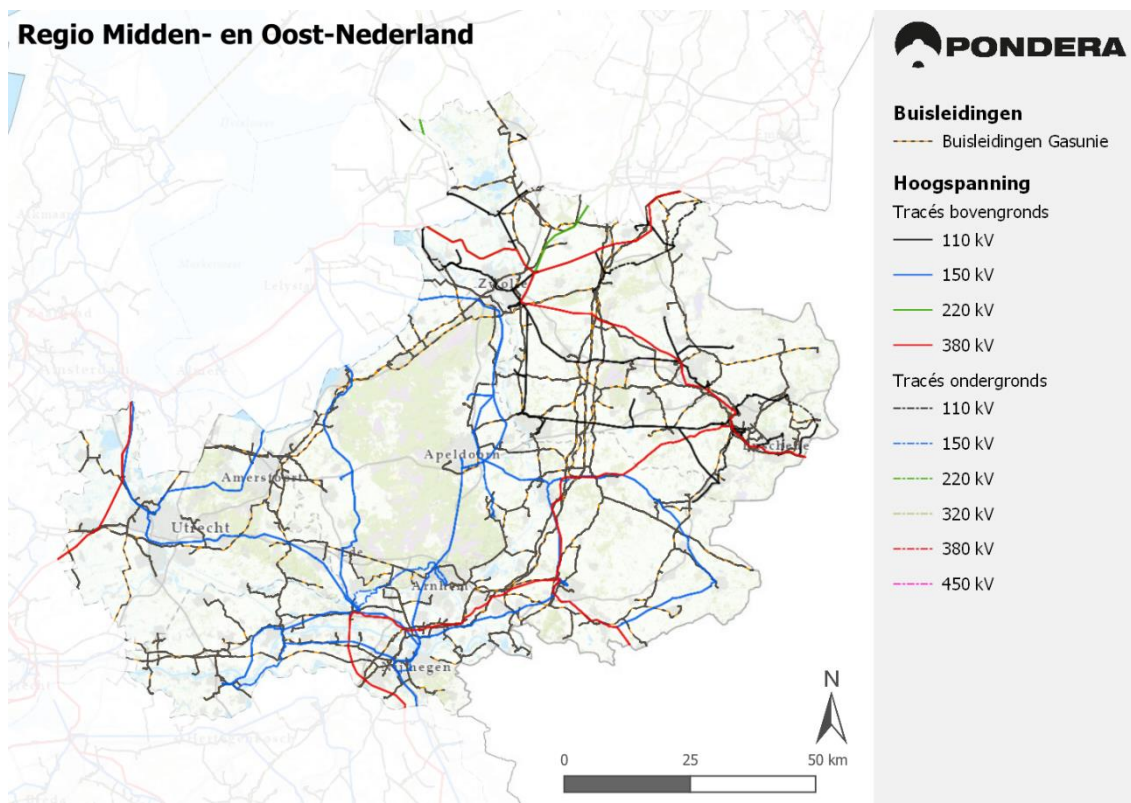
De onderstaande figuur toont de huidige energie-infrastructuur in Midden- en Oost-Nederland. Aan de westkant van Utrecht loopt een 380kV-verbinding vanaf Noord-Holland via Breukelen richting Zuid-Holland. Aan de oostzijde van Gelderland en Overijssel loopt een 380kV-verbinding vanaf Noord-Brabant via Dodewaard (nabij Nijmegen) en Doetinchem en Hengelo richting Zwolle. Bij Zwolle loopt een 380kV-verbinding richting Ens in Flevoland en een verbinding richting Meeden in Groningen. Bij Doetinchem en Hengelo is het 380kV-net verbonden met het Duitse hoogspanningsnet. Daarnaast loopt een 150kV-net door de provincies Utrecht en Gelderland. De 150kV-netten in Utrecht en Gelderland zijn aan elkaar verbonden (en daarnaast ook met het 150kV-net in Flevoland). In Overijssel loopt een lokaal 110kV-net en een 220kV-verbinding richting Drenthe.

Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Midden- en Oost-Nederland. Er komen vanuit het noorden twee stroken met H-gas (hoogcalorisch gas) en L-gas (laagcalorisch gas) leidingen samen bij Ommen. Vanaf daar loopt een H-gasleiding richting Flevoland en L-gasleidingen richting Flevoland en richting Utrecht. Daarnaast loopt vanaf Ommen een strook met H-gas en L-gas verder naar het zuiden richting Noord-Brabant en Limburg. Bij Enschede⁶, Winterswijk en Zevenaar is het Nederlandse gas-transportnet verbonden met het Duitse gastransportnet.

Ten slotte lopen er enkele pijpleidingen van de Defensie Pijpleiding Organisatie (DPO) door Utrecht, Gelderland en Overijssel. Door deze pijpleidingen wordt kerosine getransporteerd.

⁶ NB: Bij Enschede is alleen een verbinding met cavernes bij het Duitse Epe. Er is daar geen exportstation en geen rechtstreekse verbinding met de Duitse gasnetten.

Figuur 4-1 - Overzicht energie-infrastructuur Midden- en Oost-Nederland



4.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

4.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Verwacht wordt dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Midden- en Oost-Nederland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 4-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 4-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Midden- en Oost-Nederland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Wijchen	Nieuw station
380kV-station	Breukelen	Uitbreiding station
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwarende circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstofnet en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Midden- en Oost-Nederland.

Tabel 4-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting Midden- en Oost-Nederland

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Exportverbindingen Duitsland (inclusief traject Ommen-Winterswijk/ Zevenaar)	134	134	n.v.t.	2027-2030
Verbinding Noord-Nederland - Chemelot	216	200	16	2027

4.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Bovenop de geplande volgt uit de analyses dat er een uitbreiding van de 380kV-verbinding tussen Zwolle en Hengelo nodig is en mogelijk ook tussen Ens en Zwolle. Deze uitbreidingen zijn nodig om uitwisseling van elektriciteit met Duitsland te faciliteren. Het is echter onzeker of deze uitbreiding echt nodig is, mogelijk komt dit als knelpunt naar voren doordat de uitwisseling van elektriciteit met het buitenland beperkt gemodelleerd is. Naast deze ontwikkelingen is er tussen 2030 en 2050 naar verwachting een uitbreiding van het 380kV-station bij Dodewaard of de ontwikkeling van een nieuw 380kV-station noodzakelijk.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen nodig zijn. Hoogspanningsstations en koppelpunten tussen het hoogspanningsnet en de regionale netten zijn logische locaties voor deze batterijen. Het is daarom de verwachting dat op deze locaties batterijen gaan komen in de toekomst.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales of groengas-centrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Utrecht omgebouwd worden of vervangen worden door nieuwe centrales.

Of verder nog nieuwe energie-infrastructuur nodig is hangt af van de keuzes die gemaakt worden. Paragraaf 4.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

4.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

4.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Boven op de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zuid-Nederland zijn:

- locatie van hernieuwbare opwek op land;
- locatie van elektrolyzers;
- locatie van regelbare centrales;

- opslag van waterstof;
- bovenregionale warmte-infrastructuren.

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

4.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opwek na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

De hoeveelheid hernieuwbare opwek op land kan in de provincies Gelderland, Overijssel en Utrecht na 2030 nog fors groeien. In de scenario's is gekeken naar maximaal 5 GW zon op veld en 1,5 GW wind op land in Overijssel, maximaal 6,5 GW zon op veld en 2,5 GW wind op land in Gelderland en maximaal 2 GW zon op veld en 1 GW wind op land in Utrecht in 2050. Bij plaatsing van grote hoeveelheden hernieuwbare opwek op land is het wenselijk om batterijen te plaatsen bij stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 150kV-stations in Zeeland voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Door de voorziene pocketstructuur van het 150kV-net kan veel meer elektriciteit getransporteerd worden. Daarnaast kunnen batterijen een forse bijdrage leveren aan lokale balancerende van vraag en aanbod van elektriciteit. Het is daarom de verwachting dat er, boven op de voorziene pocketstructuur, geen additionele uitbreidingen aan de hoogspanningsnetten in Gelderland, Overijssel en Utrecht nodig zijn door de groei van de hernieuwbare opwek op land, indien er ook batterijen in deze provincies komen. Als er geen batterijen komen zijn mogelijk wel uitbreidingen aan het hoogspanningsnet nodig bij een forse groei van de hernieuwbare opwek.

Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee is vanuit systeemperspectief efficiënter, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Er is geen aanlanding van windenergie op zee voorzien in deze regio. Het PEH is beperkt tot de effecten van plaatsing van elektrolyzers bij de 5 grote industriële clusters in Nederland (Rotterdam, NZKG, Chemelot, Zeeland, Noord-Nederland). Er is ook een 6e industriële cluster, waar over Nederland verspreide kleine industrie onder valt. Deze hebben invloed op de regionale netten. De effecten op regionale netten zijn niet onderzocht binnen PEH, waar alleen infrastructuur van nationaal belang is

meegenomen. Hier wordt kort benoemd wat mogelijke effecten zouden kunnen zijn. In het tekstblok worden effecten van spreiding in plaats van clustering beschreven.

In Midden- en Oost-Nederland zijn verspreid kleinere industrieën en industriële clusters aanwezig, die aangesloten zijn op regionale netten. Elektrolyzers kunnen mogelijk in de toekomst ook daar geplaatst worden, om in de vraag naar waterstof te voorzien. Daarnaast zouden elektrolyzers ook bij overschotten van opwek van wind op land (en eventueel zon op land) geplaatst kunnen worden. In sommige gevallen zullen deze hernieuwbare opweklocaties dichtbij regionale industrieclusters staan. Dan kan het zijn dat er - analoog aan de bovenregionale analyse in PEH op de nationale elektriciteitsnetten - minder knelpunten op regionale elektriciteitsnetten ontstaan. Daarbij moeten dan wel regionale gasnetten beschikbaar zijn voor transport van waterstof naar de vraag.

Effect spreiding elektrolyzers in plaats van clustering

Binnen PEH wordt gekeken naar verschillende manieren om elektrolyzers te clusteren. Maar het is ook een optie om elektrolyzers te spreiden. Bij de II3050 scenario's worden elektrolyzers ook grotendeels bij de aanlandingslocaties geplaatst, maar worden daarnaast ook elektrolyzers verspreid door het land geplaatst om overschotten van hernieuwbare productie op land op te vangen.

Door het clusteren van elektrolyzers bij de aanlandingslocaties mis je de optie om overschotten op land lokaal op te vangen en krijg je meer belasting op de regionale transportnetten, op 110/150kV-niveau. Uit de doorrekening van de scenario's II3050 Nationale Sturing en PEH Nationale Sturing volgt dat dit niet direct tot extra knelpunten lijkt te leiden op deze netvlakken, onder meer doordat er ook al batterijen actief zijn. Bij clusterlocaties van hernieuwbare opwek kunnen elektrolyzers in het binnenland de knelpunten die ontstaan op het 150kV- en het 110kV-net verminderen (zie ook paragraaf 2.3, de knelpunten bij de hernieuwbare opwek clusters zijn extra hoog doordat er geen elektrolyzers bij geplaatst zijn). Op het 220kV- en 380kV-netwerk heeft het clusteren van elektrolyzers amper effect ten opzichte van clustering bij aanlandingslocaties van windenergie op zee, aangezien op die netvlakken überhaupt geen knelpunten ontstaan door hernieuwbare opwek op land. Ook niet als er geen elektrolyzers bij geplaatst worden.

Locatie van regelbare centrales

Er zijn momenteel twee grote elektriciteitscentrales in Utrecht, en geen in Gelderland en Overijssel. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren door elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige centrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is in Utrecht naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Er is op de Barro-locatie in Utrecht naar verwachting geen extra ruimte voor extra grootschalige centrales, boven op de bestaande centrales. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in Overijssel, Gelderland of Utrecht gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen. Voor Milieu & Ruimte zijn effecten hiervan niet aan te geven omdat de precieze locaties niet duidelijk zijn.

De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig is. Als er gekozen wordt om op de huidige Barro-locatie van Lelystad een grotere centrale te plaatsen, is de huidige transportleiding niet van voldoende capaciteit. Er is dan een grotere transportleiding nodig. De leidingstrook Ommen-Maxima centrale Lelystad is geen SVB-strook. De leidingenstrook heeft een lengte van circa 70 km. Als gekozen wordt voor een nieuwe leiding parallel aan de bestaande buisleiding is het ruimtebeslag circa 35 ha. Dit is een kleine kans op effecten voor ruimtebeslag. Wel is het bij een parallelle leiding nodig om een ruimtelijke reservering te maken.

Opslag van waterstof

Vraag en aanbod van energie sluit niet op alle momenten in het jaar op elkaar aan. Om ten alle tijden in de vraag naar energie te kunnen voorzien is opslag nodig. Voor seizoensopslag is waterstof in gasbergingen (waar nu aardgas is opgeslagen), of waterstof in zoutcavernes (zoals nu aardgas in Zuidwending) geschikt. Als voor waterstofopslag in zoutcavernes wordt gekozen zijn een aantal locaties mogelijk geschikt. In het noorden van Nederland, met name Groningen, Drenthe en het oosten van Friesland, zijn zoutlagen in de ondergrond dik genoeg om zoutcavernes aan te leggen. De zoutlaag heeft daar zogenaamde verticale zoutpilaren waarin cavernes kunnen worden aangelegd.

In Twente zijn ook zoutlagen in de ondergrond aanwezig, maar deze zijn waarschijnlijk ongeschikt voor de aanleg van zoutcavernes voor waterstofopslag omdat de zoutlaag hier vooral uit horizontale zoutkussens bestaat i.p.v. verticaal gerekte zoutpilaren. Verder over de grens in Duitsland is het misschien wel mogelijk om waterstof op te slaan. Dit moet dan onderzocht worden.

Als voor opslag in zoutcavernes in Duitsland gekozen wordt, kan het zijn dat de capaciteit van (een deel van) de leiding tussen Ommen en Enschede onvoldoende is. Mogelijk kan dit knelpunt opgelost worden door een bestaande parallelle leiding in te zetten, die een grotere capaciteit heeft. Hier is geen ruimtelijke reservering nodig.

Bovenregionaal warmtetransport

In Cuijk staat een biomassacentrale die warmte levert aan bedrijven op het industrieterrein. Er zijn plannen om in deze omgeving een warmtenet aan te leggen voor de verwarming van woningen. Ook in de regio Ede-Arnhem zijn er plannen voor een warmtenet.

Als hoofdbron voor een warmtenet kan onder meer gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. In Tabel 4-3 staat welke leidingen in PEH aangenomen zijn per bron in de regio Midden- en Oost-Nederland:

Tabel 4-3 - Warmtetransport Midden- en Oost-Nederland

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Land van Cuijk	Nijmegen	18-23	400	60
Restwarmte	Land van Cuijk	Nijmegen	9-13	400	60
Restwarmte	Ede	Arnhem	19-29	350	50

De effecten op Milieu & Ruimte verschillen tussen de bron en tussen het traject. Uitgaande van een gemiddeld vermogen van een geothermiedoublet van ongeveer 7,5 MW betekent dat bij de keuze voor geothermie er ongeveer 8 geothermiedoubletten komen tussen Cuijk en Nijmegen. Per 35 km is ongeveer

één pompstation nodig voor het warmtenet. Vanuit Milieu & Ruimte is er een middelgrote kans op effecten door geothermiedoubletten door tijdelijke hinder tijdens de aanleg in dichtbebouwde gebieden. De hinder wordt veroorzaakt door geluid en trillingen in de nabijheid van gebouwen. Bij een warmtenet is dit niet het geval bij de aanname dat er geen nieuwe productie van restwarmte is. Bij de verbinding Land van Cuijk-Nijmegen is er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van de Maas (vaarweg en infrastructuur). De verbinding Ede-Arnhem heeft een grote kans op effecten op Natura 2000-gebied de Veluwe vanwege doorkruising van het gebied.

4.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

4.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit mogelijk samenhang tussen de keuze voor aanlanding van hernieuwbare opwek en de keuze voor elektrolyzers. Het is een optie om elektrolyzers in de buurt van hernieuwbare opwek op land te plaatsen. De hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is hangt af van de hoeveelheid hernieuwbare opwek op land.

De plaatsing van elektrolyzers biedt mogelijkheden om de restwarmte in te zetten als extra bron voor een warmtenet. Elektrolyzers produceren waterstof met een efficiëntie van ongeveer 60%, bij een temperatuur van ongeveer 70 graden Celsius. Dat betekent dat er 40% restwarmte is. Deze bron is dan in principe beschikbaar wanneer de elektrolyzers waterstof produceren, dus bij overschotten van hernieuwbare opwek op land. De gewenste omvang van de warmtebron in het voorbeeld bij Cuijk is rond de 60 MW. Restwarmte van elektrolyzers kan mogelijk een bijdrage leveren als de omvang van (een klein aantal) clusters optelt tot deze orde-grootte.

Meerdere keuzes uit paragraaf 4.3 hebben een mogelijke ruimtelijke neerslag op 380kV-, 150kV- of 110kV-stations. Hier kunnen mogelijk batterijen, elektrolyzers en kleinschalige regelbare centrales geplaatst worden. De beschikbare ruimte op deze locaties is mogelijk beperkt en in die gevallen is het niet altijd mogelijk om alle ontwikkelingen te faciliteren. Dan zijn keuzes hierin nodig. Omdat de omvang en locaties hiervan niet duidelijk zijn, is vanuit Milieu & Ruimte niet aan te geven wat de effecten hiervan zijn.

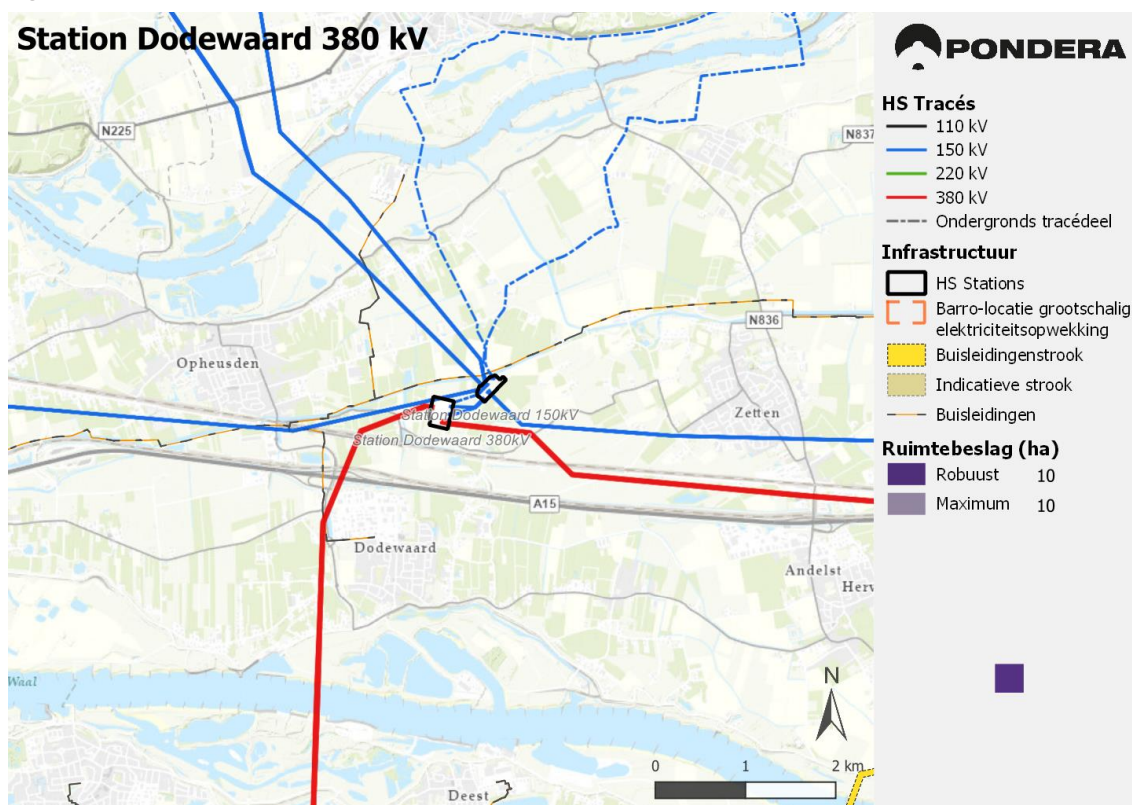
4.4.2 Maximaal ruimtebeslag

In de regio Midden- en Oost-Nederland zijn er geen locaties aanwezig waar een groot ruimtebeslag verwacht wordt voor extra regelbare centrales, nieuwe stations, elektrolyzers en batterijen gezamenlijk. Concreet is er bij Dodewaard wel een verwacht ruimtebeslag, dit is hieronder toegelicht.

Tabel 4-4 - Maximaal ruimtebeslag Dodewaard

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10
Converterstations	-	-
Elektrolyzers	-	-
Kerncentrale	-	-
Batterijen	-	-

Figuur 4-2 - Station Dodewaard



Bij Dodewaard is er een nieuwe transformator nodig om de hoeveelheid elektriciteit te verwerken in 2050. Het is niet duidelijk of het huidige station nog capaciteit heeft voor een extra transformator of dat er een nieuw hoogspanningsstation nodig is om dit te faciliteren. Het maximale ruimtebeslag is de weergave van de laatste (worst-case) optie. Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Dodewaard het grootste aandachtspunt het overstromingsrisico is. Verder zijn er bekende archeologische waarden en ligt het Nationaal Landschap Rivierenland in de nabijheid. Voor het overstromingsrisico kan er gekozen worden om alles of de vitale onderdelen verhoogd aan te leggen.

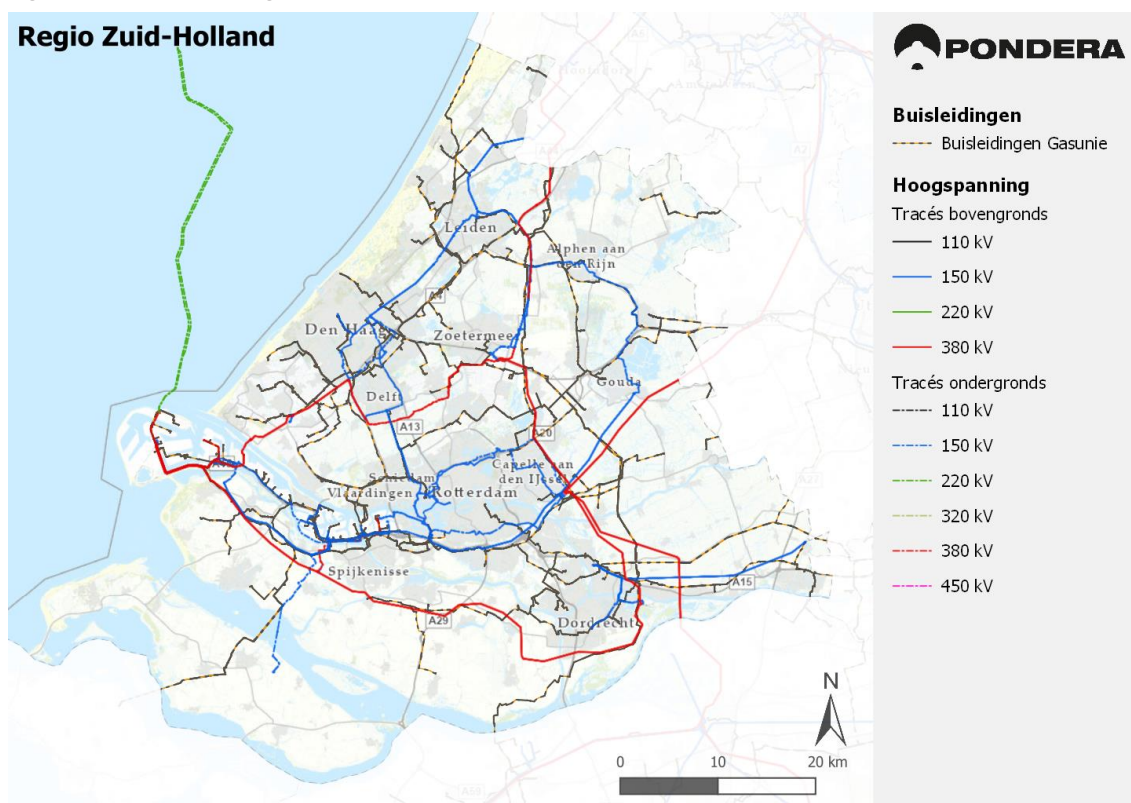
5 Gebiedsanalyse Zuid-Holland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincie Zuid-Holland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur in de Rotterdamse haven, ontwikkeling van nieuwe buisleidingen en mogelijke uitbreiding van 380kV-infrastructuur. In Rotterdam is mogelijk sprake van meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, import hernieuwbare gassen/brandstoffen, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl in de Rotterdamse haven beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

5.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Holland?

Figuur 5-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Zuid-Holland. Het 380kV-net bestaat uit een lus. De zuidoostkant van de lus loopt vanaf de Maasvlakte via Simonshaven, Crayestein en Krimpen naar Bleiswijk. De noordwestkant van de lus loopt vanaf de Maasvlakte via Hoek van Holland, Westerlee en Wateringen naar Bleiswijk. Bij Bleiswijk is het 380kV-net verbonden met Noord-Holland en bij Krimpen is het 380kV-net verbonden met Noord-Brabant en Utrecht. Tevens is een uitgebreid 150kV-net aanwezig in de provincie.

Figuur 5-1 - Overzicht energie-infrastructuur Zuid-Holland



Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Zuid-Holland. Bij Wijngaarden (regio Dordrecht) komen H-gas (hoogcalorisch gas) transportleidingen vanuit Noord-Holland, Noord-Brabant en Utrecht/ Gelderland samen. Deze lopen vervolgens richting de Rotterdamse haven en het Westland. Er lopen L-gas

(laagcalorisch gas/Groningen gas) door de provincie voor het transport van gas richting de gebouwde omgeving. Daarnaast loopt de OCAP-leiding door Zuid-Holland. Dit is een buisleiding die CO₂ transporteert vanaf de Rotterdamse haven naar tuinders. Daarnaast zijn in Zuid-Holland buisleidingen aanwezig voor transport van aardolie(producten) en chemicaliën.

5.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

5.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Zuid-Holland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 5-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 5-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Zuid-Holland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station
380kV-station	Maasvlakte (Amaliahaven)	Nieuw station
380kV-station	Europoort	Nieuw station
380kV-verbinding	Krimpen – Geertruidenberg	3de circuit bij bestaande verbinding
Converterstation	Maasvlakte	Ontwikkeling converterstations
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in heel Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 km aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Zuid-Holland.

Tabel 5-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting Zuid-Holland

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Cluster Rotterdam/Moerdijk	75	n.v.t.	75	2024-2025
Verbinding Rotterdam/Moerdijk – Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding NZKG-Rotterdam/Moerdijk	79	79	n.v.t.	2026

5.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Zuid-Holland dan voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 5.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Het is de verwachting dat tot 2031 7,4 GW aan windenergie op zee (via netten op zee) aangesloten gaat worden in Rotterdam. Er liggen al plannen voor een nieuw 380kV-station (Amaliahaven) om dit vermogen te kunnen aansluiten (zie Wat staat op de planning tot 2030?).

Bovenop de geplande investeringen van TenneT zijn vermoedelijk nieuwe 380kV-stations nodig in het Rotterdamse havengebied voor de implementatie van een pocketstructuur. Hiervoor wordt het 150kV-net opgeknipt in kleine deelnetjes, die elk verbonden zijn met één 380kV-station. Het opknippen van het 150kV-net heeft geen significant ruimtelijk effect (bovenop de ruimte voor de nieuwe 380kV-stations). Naast de bovenstaande ontwikkelingen zijn uitbreidingen nodig van de bestaande 380kV-stations Simonshaven en Maasvlakte. Als deze stations vol zijn moet een nieuw station gerealiseerd worden.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. In de scenario's gaat het om minimaal 3.000 MW aan batterijen bij Rotterdam. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast is een extra veld bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Rotterdam omgebouwd worden of vervangen worden door nieuwe centrales.

In het havengebied van Rotterdam is minimaal circa 140 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen in de scenario's tussen 2030 en 2050. Uitbreiding van bestaande of aanleg van nieuwe stations en de in de scenario's voorziene vermogens aan batterijen en elektrolyzers hebben het grootste ruimtebeslag. Voor het thema Milieu & Ruimte is het grootste aandachtspunt de beschikbare ruimte in het havengebied van Rotterdam. Aandachtspunten zijn hier natuur (NNN en weidevogelgrasland) en de landschappelijke inpassing.

5.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

5.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zuid-Holland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Zuid-Holland, in welke vorm (elektriciteit, waterstof) en waar?
- Waar wil je elektrolyzers in Zuid-Holland en hoeveel?

- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie?
- Wil je nieuwe kerncentrales plaatsen in Zuid-Holland en hoeveel?
- Wil je waterstof importeren in Zuid-Holland?
- Wil je hernieuwbare brandstoffen importeren voor doorvoer?
- Komt er bovenregionaal warmtetransport in Zuid-Holland en gebruik je dan geothermie of restwarmte als hoofdbron?
- Wil je CO₂ afvangen bij de industrie (en mogelijk aanvoeren vanuit Duitsland, Limburg en Zeeland) en transporteren in de Rotterdamse haven?

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

5.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

Aanlanding windenergie op zee (elektrisch)

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat 7,4 GW aan windenergie op zee aangesloten wordt op de Maasvlakte tot 2031. Dit is beschouwd als ondergrens van de hoeveelheid windenergie op zee die in 2050 aanlandt in Zuid-Holland.

Er is onderzocht wat de effecten zijn als nog meer windstroom aanlandt in Zuid-Holland. Er is gekeken naar maximale aanlanding van 18,2 GW in Zuid-Holland in 2050. Hierbij is de optie beschouwd waarbij dit volledige vermogen aanlandt op de Maasvlakte. Bij dusdanig grote hoeveelheden windenergie op zee ontstaan grote knelpunten op het 380kV-hoogspanningsnet in Zuid-Holland. Er zijn dan nieuwe circuits nodig op de verbindingen Maasvlakte – Simonshaven, Simonshaven – Crayestein, Crayestein – Krimpen, Krimpen – Bleiswijk en Krimpen – Geertruidenberg. Er kan naar verwachting tot circa 10 GW windenergie op zee elektrisch aanlanden op de Maasvlakte zonder verzwaringen aan 380kV-verbindingen, indien daar ook elektrolyzers en batterijen gerealiseerd worden (In 1.4 staat uitgebreider omschreven hoeveel windenergie kan aanlanden in Zuid-Holland voordat verdere uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk is. Dit hangt ook samen met de uitrol van kernenergie en hernieuwbare opwek op land en van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag). Het aanleggen van deze nieuwe verbindingen heeft een grote landschappelijke impact. Ook worden meerdere natuurgebieden doorkruist en zijn er enkele ruimtelijke knelpunten waar fysieke ruimte ontbreekt waardoor realisatie in het geding kan komen. Dit is met name rondom de hoogspanningsstations Crayestein, Krimpen aan den IJssel en Bleiswijk. Door effecten van de verbindingen op lintbebouwing, is het realiseren van nieuwe verbindingen in het groene hart nog complexer. Afleidend uit bovenstaande is de conclusie dat vanuit Milieu & Ruimte er een grote kans op effecten is bij het aanlanden van een grote hoeveelheid windenergie op zee op de Maasvlakte.

Bij grootschalige aanlanding van windenergie op zee op de Maasvlakte ontstaat een grote ruimtevraag op de aanlandingslocaties voor nieuwe hoogspanningsstations, extra convertorstations, elektrolyzers en batterijen. Voor de Maasvlakte geldt een ruimtebeslag van circa 445 ha, uitgaande van de ontwikkelingen in de scenario's. Hier is een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid en een grote kans op effecten wat betreft beschikbare ruimte vanwege de grote ruimtevraag. Een dergelijke ruimtevraag lijkt enkel haalbaar indien energie-infrastructuur voorrang krijgt op andere ontwikkelingen of als er herontwikkeling van de ruimte plaatsvindt.

Een alternatief voor het voorkomen van veel verzwaringen aan het 380kV-net in Zuid-Holland is het doortrekken van ondergrondse HVDC-kabels vanaf de windenergiegebieden op zee naar locaties in het binnenland in plaats van aanlanding aan de kust. Dit heet diepe aanlanding. Diepe aanlanding richting

Moerdijk en Geertruidenberg is een mogelijkheid die bekeken wordt in september 2022 gestarte procedure.⁷ Diepe aanlanding nog verder landinwaarts, in Limburg bij Maasbracht, kan ook een optie zijn. Dit is een logische plek aangezien het Nederlandse hoogspanningsnet hier verbonden is met het Duitse en Belgische hoogspanningsnet en Maasbracht in de buurt van industriecluster Chemelot ligt. Met diepe aanlanding in Maasbracht kunnen extra uitbreidingen aan 380kV-infrastructuur in zowel Zuid-Holland als Noord-Brabant en Limburg voorkomen worden. Daarnaast zorgt diepe aanlanding in plaats van aanlanding in Rotterdam voor een minder groot ruimtebeslag in Rotterdam. Vanuit Milieu & Ruimte is er bij een ondergrondse verbinding minder kans op effecten. Door ondergrondse ligging is er geen effect op landschap. Ook effecten op woonkernen en leefomgeving zijn verwaarloosbaar omdat woonkernen makkelijk vermeden kunnen worden en door ondergrondse realisatie dit geen effect heeft op de leefomgeving van omwonenden. Voor natuur is er geen risico op aanvaringsslachtoffers tegen bedradingen en kunnen de effecten bij eventuele doorkruisingen van natuurgebieden worden voorkomen of beperkt door het toepassen van gestuurde boringen.

In de analyses is uitgegaan van de Maasvlakte als enige aanlandingslocatie in Rotterdam. Echter bij Rotterdam zijn Europoort en Simonshaven ook mogelijke aanlandingslocaties, aangezien daar 380kV-stations aanwezig (of gepland) zijn. Een deel van het verwachte ruimtebeslag op de Maasvlakte kan verplaatst worden als een deel van de aanlanding van windenergie op zee op deze locaties plaatsvindt in plaats van op de Maasvlakte. De effecten op de hoogspanningsverbindingen is beperkt, alleen de belasting op de verbindingen Maasvlakte – Europoort en Maasvlakte – Simonshaven kan hierdoor wat lager uitvallen. Dit kan met name bij Simonshaven wel leiden tot negatieve effecten op Milieu & Ruimte door de aanwezigheid van natuurgebieden en waardevol landschap.

Aanlanding windenergie op zee (waterstof)

Het is mogelijk dat een deel van de windenergie op zee in 2050 aanlandt in de vorm van waterstof. De elektriciteit wordt dan op zee al omgezet in waterstof en vervolgens wordt de waterstof via een buisleiding getransporteerd naar land. De meeste transportleidingen voor waterstof in Rotterdam hebben voldoende capaciteit om grote hoeveelheden waterstof af te voeren, behalve op de Maasvlakte. Dat is het geval als er gekozen wordt voor aanlanding van elektriciteit op de Maasvlakte (een deel van de elektriciteit wordt hier omgezet in waterstof via elektrolyzers), maar ook als er gekozen wordt voor aanlanding van windenergie op zee in de vorm van waterstof. Bij aanlanding in de vorm van waterstof op de Maasvlakte moet een passende leiding geplaatst worden. Daarnaast is op de aanlandingslocatie (een beperkte hoeveelheid) ruimte nodig voor een werklocatie met een gasmeetinstallatie. Bij aanlanding in de vorm van waterstof is geen ruimte nodig voor elektrolyzers op de Maasvlakte (wel mogelijk voor het deel van de windenergie dat elektrisch aanlandt). Dit betekent ook dat er geen effecten optreden op het gebied van Milieu & Ruimte. Het plaatsen van elektrolyzers offshore vraagt ruimte op de Noordzee. Dit valt niet binnen de scope van het PEH.

Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

⁷ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/nederwiek-3>

Rotterdam is een geschikte locatie voor het plaatsen van elektrolyzers vanuit beide locatietypes. Er landt namelijk een grote hoeveelheid windenergie op zee aan op de Maasvlakte en er is naar verwachting een omvangrijke waterstofvraag uit de industrie in 2050. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de scenario's is gekeken naar het plaatsen van minimaal 4 GW en maximaal 11,5 GW aan elektrolyzers in Rotterdam. Dit heeft respectievelijk een ruimtebeslag van circa 40 ha en circa 110 ha. Daarnaast is om deze elektrolyzers aan te sluiten ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Indien hiervoor een extra station gerealiseerd moet worden, is dit ruimtebeslag meegenomen onder nieuwe 380kV-stations (bij paragraaf 5.4.2).

Locatie van regelbare centrales

Er zijn op dit moment twee grote kolencentrales en nog enkele grote gascentrales/gas-WKK's in Rotterdam. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden op de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is in Rotterdam. In Rotterdam zou dit, uitgaande van de ontwikkelingen in de scenario's, kunnen leiden tot maximaal 5.000 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van circa 25 ha. Daarbovenop is extra ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Zie paragraaf 5.4 onder Maximaal ruimtebeslag voor aandachtspunten van Milieu & Ruimte. Indien spreiding wordt toegepast, moet in de scenario's een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan zal dan ook in de Zuid-Holland gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gas (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gas richting de centrales nodig zijn.

Nieuwe kerncentrales

De Maasvlakte is aangewezen als potentiële locatie voor nieuwe kerncentrales. Er is voor de IEA onderzocht wat de effecten zijn als er nieuwe kerncentrales geplaatst worden in Rotterdam. Er is in het scenario uitgegaan van twee EPR-kerncentrales van 1,65 GW in het Rotterdam, dus in totaal 3,3 GW.

Uit de analyses volgt dat er knelpunten kunnen ontstaan op de 380kV-verbindingen vanaf Rotterdam naar Simonshaven door de combinatie van aanlanding van 7,5 GW windenergie op zee en 3,3 GW kernenergie, ook als er na 2031 geen additionele windenergie op zee aanlanding op de Maasvlakte

terecht komt. Dit betekent dat hier een nieuw circuit gerealiseerd moet worden, wat een grote ruimtelijke impact heeft. In dit geval moet een nieuwe 380kV-verbinding aangelegd worden met lengte van ongeveer 25 km en een strookbreedte van 100 meter. Bij een nieuwe verbinding worden mogelijk Natura 2000-gebied (Vooronse Duin) of NNN-gebieden geraakt (afhankelijk van tracéopties). Dit nieuwe circuit is nodig doordat er grote regionale overschotten aan elektriciteit ontstaan door de combinatie van aanlanding van windenergie op zee en kerncentrales. De capaciteit van het hoogspanningsnet is onvoldoende om deze overschotten af te voeren. Bij aanlanding van meer windenergie op zee in Rotterdam na 2031 ontstaan naar verwachting ook op andere 380kV-verbindingen in Zuid-Holland knelpunten en zijn vermoedelijk ook daar nieuwe circuits nodig. In paragraaf 5.4 wordt besproken hoeveel windenergie en kernenergie kunnen aanlanden in Zuid-Holland voordat verdere uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. Dit hangt ook samen met de uitrol van hernieuwbare opwek op land en van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag.

Verder is er meer ruimte nodig op de 380kV-stations in Rotterdam om de kerncentrales aan te sluiten. Mogelijk is hier een nieuw 380kV-station voor nodig, bovenop de huidige plannen. Hier is circa 10 ha extra ruimte voor nodig. Daarnaast is in Rotterdam ruimte nodig voor de kerncentrales zelf. Hier is in het scenario circa 30 ha extra ruimte voor nodig. Zie paragraaf 5.4 onder Maximaal ruimtebeslag voor aandachtspunten van Milieu & Ruimte.

Import waterstof

De import van waterstof is afhankelijk van de vraag naar waterstof in Nederland en daarbuiten.

In Nederland is in 2050 naar schatting de import voor Nederlands gebruik ergens tussen de 47 en 291 TWh (Netbeheer Nederland, 2022). Een groot deel daarvan wordt via de Maasvlakte geïmporteerd.⁸ De haven van Rotterdam speelt hierin dus een belangrijke rol.

De import van waterstof kan knelpunten geven op delen van de waterstofleidingen in het havengebied (bijv. het traject Pernis Wijngaarde) als de waterstofdoorvoer de capaciteit overschrijdt. Dit kan het geval zijn vanaf ongeveer 70 TWh waterstofimport via de Maasvlakte. In werkelijkheid is dit afhankelijk van meerdere factoren, zoals bijvoorbeeld piekvolumes, invoedlocatie maar ook in welke vorm waterstof wordt doorgevoerd. Als waterstof in de vorm van ammoniak wordt geïmporteerd, kan deze ook via bestaande ammoniakleidingen of transport over de weg doorgevoerd worden naar een vraaglocatie.

Opslag waterstof

Als grootschalig wordt ingezet op waterstofproductie- en gebruik in Nederland, is er een grotere vraag naar opslag van waterstof. In Zuid-Holland is, in een omtrek van 50 km rondom Rotterdam, een aantal lege gasvelden aanwezig, waarvan onderzocht kan worden of deze geschikt zijn voor opslag. Een aantal bevinden zich op land. Waterstofopslag in lege gasvelden is nog niet eerder gedaan, en brengt een groot aantal vragen met zich mee. Waterstof is een kleiner molecuul met andere eigenschappen dan methaan, waarmee een leeg gasveld ooit gevuld was. Wanneer deze optie overwogen wordt, moet vroegtijdig een onderzoekstraject in gang gezet worden om de mogelijkheden in kaart te brengen. Lege gasvelden zijn middels gasleidingen verbonden met het transportnet van Gasunie. De ruimte die nodig zou zijn voor het gebruik van deze gasvelden is vergelijkbaar met een huidige gasbergingsinstallatie zoals opslag Bergermeer in Alkmaar.

⁸ In het model is ervan uitgegaan dat 60% van de geïmporteerde waterstof op de Maasvlakte in het waterstofnet wordt geïnjecteerd.

Bovenregionaal warmtetransport

In Zuid-Holland kan, op basis van concentratie van de warmtevraag in de gebouwde omgeving en het aanbod van restwarmte en geothermie gekozen worden om een aantal warmtetransportleidingen te leggen. De tracés van de warmtetransportleidingen verschillen wanneer er gekozen wordt voor restwarmte, of wanneer gekozen wordt voor geothermie. In de IEA worden de effecten op Milieu & Ruimte van de bron (restwarmte of geothermie) en de bijbehorende bovenregionale leiding beschreven. Voor beide bronnen geldt dat als er gekozen wordt voor inzet op bovenregionaal warmtetransport, er iets minder vraag naar elektriciteit voor ruimteverwarming is. De effecten hiervan op de hoogspanningsverbindingen (380 kV en 150 kV) in Zuid-Holland zijn beperkt omdat ook bij een inzet van warmte hier veel elektriciteit getransporteerd wordt door aanlanding van windenergie op zee. Toepassing van bovenregionale warmteleidingen leiden in stedelijke gebieden met een hoge dichtheid van bebouwing (zoals hier het geval is) tot mogelijke knelpunten waar fysieke ruimte beperkt is door bestaande infrastructuur en bebouwing. Afhankelijk van de locatie kan dit leiden tot een grote kans op effecten.

Als hoofdbron voor een warmtenet kan gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. In onderstaande tabel staat welke leidingen nodig zijn per bron volgens de scenario's:

Tabel 5-3 – Benodigde verbindingen per bron (geothermie of restwarmte)

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Rotterdam regio		92-116	700	240
	Rotterdam	Leiden	63-78	700	250
Restwarmte	Rotterdam regio		50-75	700	240
	Rotterdam	Den Haag	18-28	700	250

Uitgaande van een gemiddeld vermogen van een geothermiedoublet van ongeveer 7,5 MW betekent dit dat er bijna 70 geothermiedoubletten zouden komen in de regio Rotterdam en tussen Rotterdam en Leiden, indien gekozen wordt voor geothermie als warmtebron. Per 35 km is ongeveer één pompstation nodig voor het warmtenet. Vanuit Milieu & Ruimte is er een middelgrote kans op effecten door geothermiedoubletten door tijdelijke hinder tijdens de aanleg in dichtbebouwde gebieden. De hinder wordt veroorzaakt door geluid en trillingen in de nabijheid van gebouwen.

Als basis voor de scenario's in Zuid-Holland is de WarmtelinQ genomen. Dit is een voorzien plan. Het voorziene traject door WarmtelinQ is weergegeven in Figuur 5-2. WarmtelinQ is een eerste stap in het opzetten van de bovenregionale energie-infrastructuur. Het omvat een deel in de regio Rotterdam (tracé dat de industriële restwarmte met Vlaardingen verbindt over 13 km), en een deel van een mogelijke verbinding tussen Rotterdam en Leiden (tracé dat Vlaardingen met Den Haag verbindt over 22 km).

De verwachting volgens de voor deze IEA gehanteerde scenario's is dat er nog veel meer warmtetransport in de Rotterdamse regio ontwikkeld kan worden. De totale transportleidingen volgens de scenario's (plannen en verwachtingen) staan in bovenstaande tabel. Het gaat hier ook om tracés naar verder gelegen industrie in de Rotterdamse haven richting de Maasvlakte, en naar stedelijk gebied richting Dordrecht. Er zijn plannen om de WarmtelinQ met Leiden te verbinden met een zijdelingse aftakking. Dit projectidee heet de WarmtelinQ+ en is onderdeel van het traject Rotterdam-Leiden uit de tabel. Vooralsnog ligt enkel de aanbouw van de WarmtelinQ (35 km) vast. Verdere uitbreiding zal de toekomst uitwijzen.

Figuur 5-2 - Overzicht van leidingen binnen WarmtelinQ



Bron: <https://www.warmtelinq.nl/project>

Doorvoer hernieuwbare grondstoffen en brandstoffen

De Rotterdamse haven is een logische locatie voor import van grondstoffen en hernieuwbare brandstoffen, zoals waterstof en ammoniak. De eerste importterminals zijn dan ook al gepland. Er kan import plaatsvinden voor binnenlands gebruik (zie kopje Import waterstof), maar er kan ook extra geïmporteerd worden voor doorvoer richting het buitenland (met name Duitsland). Binnen het project van de Delta Rhine Corridor wordt gewerkt aan een buisleidingenbundel van Rotterdam richting Duitsland, maar dit is nog niet definitief. Naast de extra buisleidingen van de Delta Rhine Corridor is in de Rotterdamse haven extra ruimte nodig voor importterminals. Hiervoor kan (deels) vrijkomende ruimte worden gebruikt van overslag van fossiele brandstoffen. De buisleidingen kunnen naar verwachting in bestaande reserveringen worden gerealiseerd en hebben geen effect op Milieu & Ruimte. Het ruimtebeslag voor de importterminals in de Rotterdamse haven is niet bekend. Wel is de ruimtedruk in de haven groot en komt dit bovenop het voorziene ruimtebeslag. Herontwikkeling van de ruimte en bestaande industrie kan mogelijk ruimte bieden voor de terminals.

CO₂-transport

Binnen de Rotterdamse haven wordt gewerkt aan infrastructuur voor CCS. In de toekomst kan CO₂-transport vanuit andere industriegebieden hier ook op aanhaken. Zo zijn er plannen voor CO₂-transport per buisleiding vanaf Chemelot en mogelijk Duitsland (Delta Rhine Corridor), en per schip vanuit Zeeland en mogelijk Antwerpen richting Rotterdam. Hiervoor is geen extra ruimte nodig: de buisleidingen van de Delta Rhine Corridor passen in de bestaande reserveringen. Hiermee is er geen effect op Milieu & Ruimte.

5.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

5.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeem-perspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee in de Rotterdamse Haven kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Daarnaast raakt de keuze voor de aanlanding van windenergie op zee aan de keuze rondom kernenergie in Zuid-Holland. Aanlanding van windenergie op zee in combinatie met een groot vermogen aan kernenergie leidt tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Dit heeft een grote ruimtelijke impact. De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie in Zuid-Holland moet in samenhang bekeken worden om te voorkomen dat dusdanig grote lokale overschotten aan elektriciteit ontstaan waardoor nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn.

De plaatsing van elektrolyzers bij de aanlanding van windenergie op zee in de haven van Rotterdam biedt mogelijkheden om de restwarmte in te zetten als extra bron voor een warmtenet. Elektrolyzers produceren waterstof met een efficiëntie van ongeveer 60%, bij een temperatuur van ongeveer 70 graden Celsius. Dat betekent dat er 40% restwarmte is. Deze bron is dan in principe beschikbaar wanneer de elektrolyzers waterstof produceren, dus bij overschotten van wind. In combinatie met warmteopslag kan dit, gezien de omvang van elektrolysecapaciteit (4 tot 11,5 GW), een aanzienlijke warmtebron zijn.

De keuze voor extra vermogen aan regelbare centrales in Rotterdam raakt niet direct aan de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en kernenergie. Dit komt doordat deze regelbare centrales alleen draaien op momenten dat de andere bronnen weinig produceren, dus op momenten dat er weinig wind of zon is. Het plaatsen van extra regelbare centrales leidt dus niet tot een nieuwe 380kV-verbinding. Wel levert het plaatsen een extra ruimtebeslag op binnen Rotterdam. Bij de plaatsing van kerncentrales, die het hele jaar door draaien, zijn minder regelbare centrales nodig. Elke MW kernenergie kan één MW regelbare centrales vervangen. Dit betekent dat er in dat geval minder ruimte nodig is voor regelbare centrales.

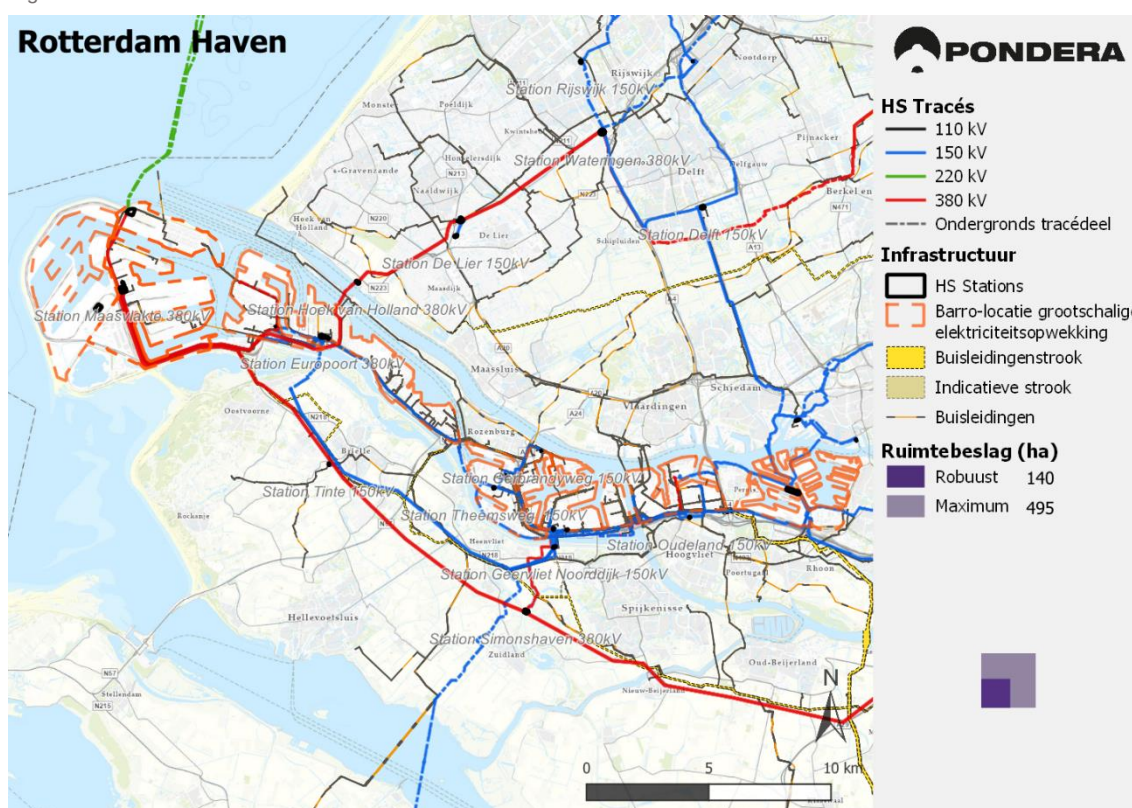
Bijna alle keuzes uit paragraaf 5.3 hebben een ruimtelijke neerslag in Rotterdam. Het havengebied van Rotterdam is een groot gebied waarin keuzes voor de invulling van de ruimte in de toekomst mede bepalend zijn voor de haalbaarheid van de voorziene energie-infrastructuur.

5.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 5-4 - Maximaal ruimtebeslag Rotterdamse haven

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	5.000	25 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	50
Convertoerstations	14.000	35
Elektrolyzers	11.500	110
Kerncentrale	3.300	30
Batterijen	7.900	225

Figuur 5-3 - Rotterdamse haven

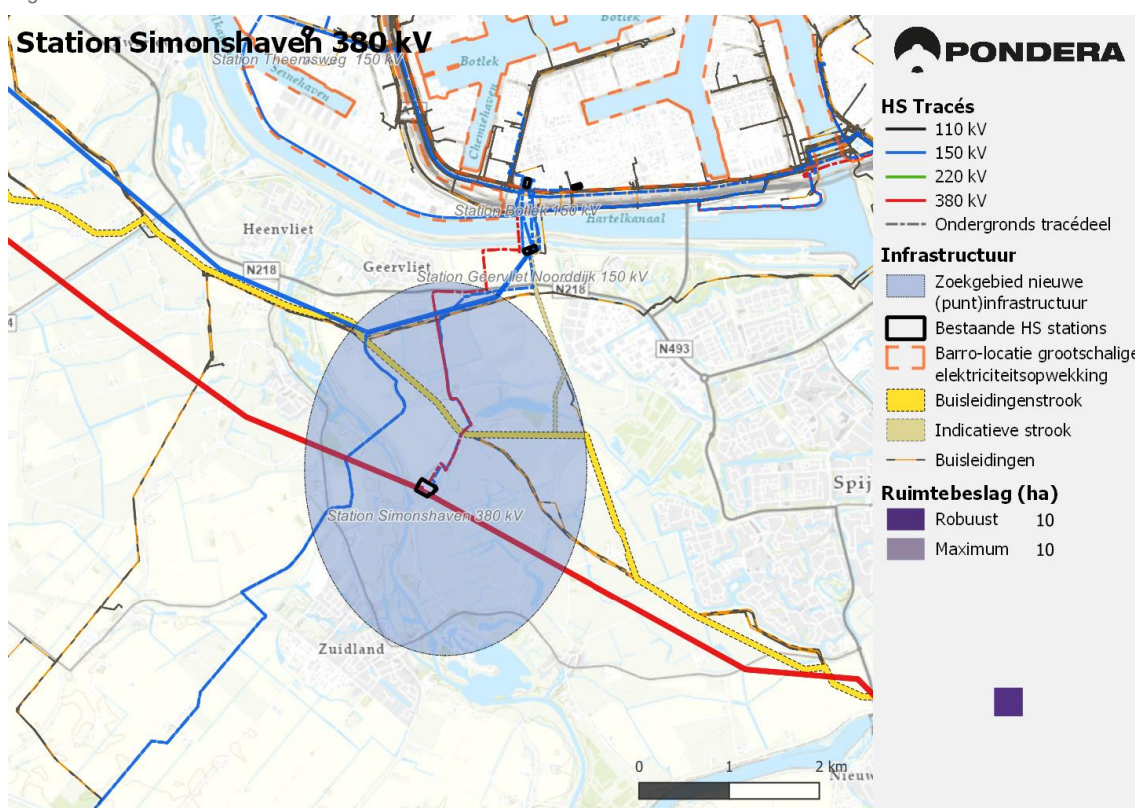


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor de Rotterdamse haven de grootste aandachtspunten de aanwezige risicobronnen en het ruimtebeslag zijn. Er zijn veel risicocontouren aanwezig die een groot deel van de haven bedekken, dit kan knellen met het toevoegen van risicobronnen met onder andere batterijen, elektrolyzers en een kerncentrale. Het maximale ruimtebeslag is groot, het beschikbaar maken van ruimte door herontwikkeling lijkt noodzakelijk om het maximale ruimtebeslag in te passen binnen het havengebied.

Tabel 5-5 - Maximaal ruimtebeslag Simonshaven

Onderdeel	Maximale capaciteit	Maximale ruimte
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10 ha
Convertorstations	-	-
Elektrolyzers	-	-
Batterijen	-	-

Figuur 5-4 - Station Simonshaven



Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Simonshaven blijkt dat de grootste aandachtspunten natuur en landschap zijn. Het bestaande 380kV-station is omringd door NNN-gebied en ten oosten ligt weidevogelgrasland. Daarnaast is het een open agrarisch gebied met het stroomgebied van de Bernisse en de voormalige ambachtsheerlijkheid Biert als landschappelijke waarden. Dit zijn aandachtspunten die mede de haalbaarheid van de ontwikkeling bepalen.

6 Gebiedsanalyse Zeeland

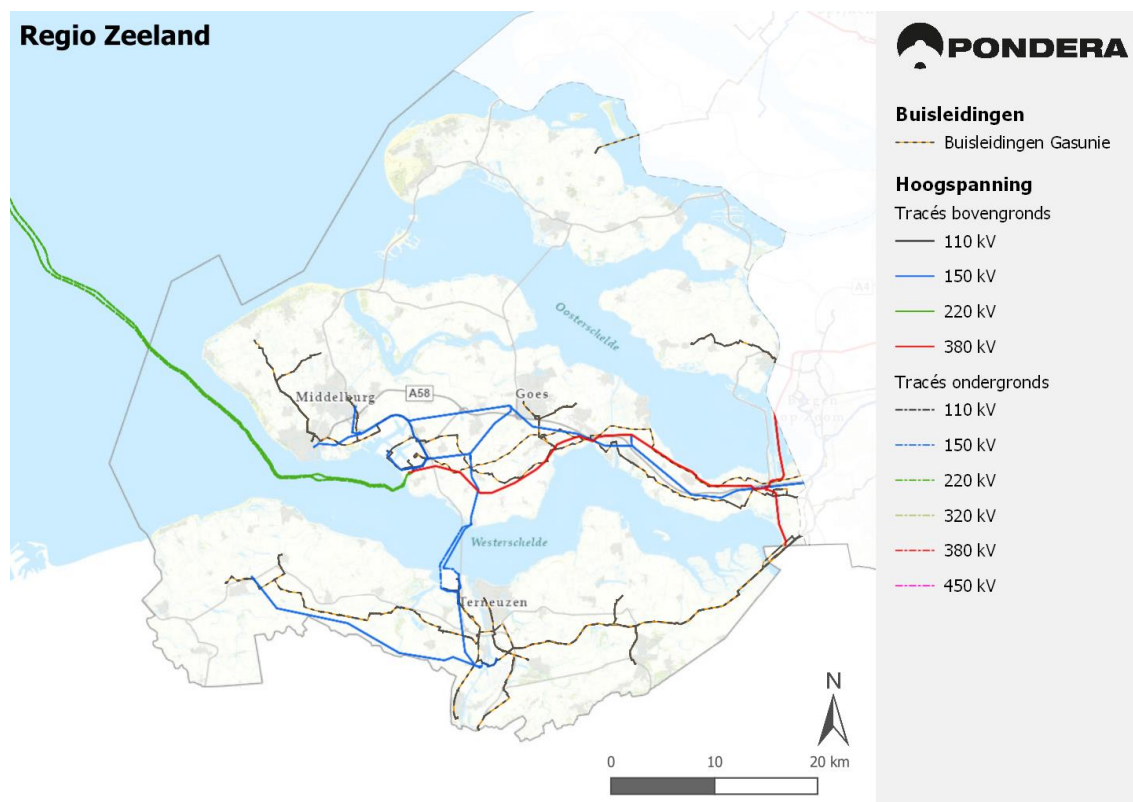
In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincie Zeeland op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur bij de Barro-locaties Borssele/Sloegebied en Terneuzen/Sas van Gent en mogelijke uitbreiding van 380kV-infrastructuur. Op de Barro-locaties is mogelijk sprake van een meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

6.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zeeland?

Figuur 6-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Zeeland. Er loopt een 380kV-verbinding tussen Borssele/Sloegebied en Rilland. Bij Rilland is het 380kV-net verbonden met de rest van het Nederlandse 380kV-net en met het Belgische hoogspanningsnet. In Zeeuws-Vlaanderen, Walcheren en Zuid-Beveland is 150kV-infrastructuur aanwezig.

Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Zeeland. Er loopt een L-gas (laagcalorisch gas/ Groningen-gas) transportleiding richting Borssele/Sloegebied en enkele L-gas- en een H-gas (hoogcalorisch gas) leidingen richting Zeeuws-Vlaanderen. Ook zijn in Zeeland enkele buisleidingen aanwezig voor transport van aardolie(producten) en chemicaliën.

Figuur 6-1 - Overzicht energie-infrastructuur Zeeland



6.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

6.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Het uitgangspunt is dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Zeeland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (Tabel 6-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 6-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Zeeland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Rilland	Uitbreiding station
380kV-station	Borssele/Sloegergebied	Uitbreiding station
380kV-station	Borssele/Sloegergebied	Nieuw station
380kV-station	Schouwen-Duiveland, Tholen & West Brabant	Nieuw station
380kV-verbinding	Rilland – Tilburg	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Zuid-Beveland - Terneuzen	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Borssele/Sloegergebied-Rilland	Toevoegen 3de en 4de circuit
Converterstation	Borssele/Sloegergebied	Ontwikkeling converterstations Net op zee
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwaring circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstof-net en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in Nederland in totaal 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Zeeland.

Tabel 6-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransporting Zeeland

Hoofdtrajecten waterstoftransporting	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Cluster Zeeland	34	n.v.t.	34	2027
Verbinding Rotterdam/Moerdijk - Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding Zeeland-Chemelot	122	122	n.v.t.	2030
Exportverbinding België	8	8	n.v.t.	2030

6.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Zeeland voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 6.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Er zijn plannen om tot 2031 5,4 GW aan windenergie op zee (netten op zee) aangesloten moet worden in het Sloegebied bij Borssele. Er liggen al plannen voor een uitbreiding van een bestaand 380kV-station, een 380kV- nieuw station en converterstations om dit vermogen te kunnen aansluiten (zie Wat staat op de planning tot 2030?).

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. In de scenario's gaat het om minimaal 2.300 MW aan batterijen in Borssele/Sloegebied. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast zijn extra velden bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Terneuzen en Borssele/Sloegebied omgebouwd worden of dat hier nieuwe centrales komen.

In Borssele/Sloegebied is minimaal circa 90 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen in de scenario's tussen 2030 en 2050. Batterijen hebben het grootste ruimtebeslag. In Terneuzen is minimaal 5 hectare nodig voor de robuuste ontwikkelingen in de scenario's. Op beide locaties worden voor het thema Milieu & Ruimte geen grote effecten verwacht. Bij Borssele/Sloegebied bestaat een middelgrote kans op effecten. Dat komt vooral door de aanwezigheid van risicobronnen in het gebied.

6.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

6.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zeeland zijn:

- Hoeveel windenergie op zee wil je aanlanden in Zeeland en waar?
- Hoeveel hernieuwbare opwek op land wil je in Zeeland?
- Waar wil je elektrolyzers in Zeeland plaatsen en hoeveel?
- Waar plaats je regelbare centrales voor elektriciteitsproductie in Zeeland?
- Wil je nieuwe kerncentrales plaatsen in Zeeland en hoeveel?
- Wil je waterstof importeren in Zeeland?
- Wil je CO₂ afvangen bij de industrie en transporteren richting Rotterdam?

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

6.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

Aanlanding windenergie op zee aan de kust

In de huidige plannen voor aanlanding van windenergie op zee is opgenomen dat 5,4 GW aan windenergie op zee aangesloten wordt bij Borssele/Sloegebied tot 2031. Dit is in deze analyses beschouwd als ondergrens van de hoeveelheid windenergie op zee die in 2050 aanlandt in Zeeland.

Er is onderzocht wat de effecten zijn als nog meer windstroom aanlandt in Zeeland. Er is gekeken naar een maximale variant met 7,5 GW aanlanding in Zeeland in 2050. Hierbij is de optie waarbij dit volledige vermogen aanlandt bij Borssele/Sloegebied, beschouwd. Er zijn in dat geval naar verwachting geen nieuwe 380kV-verbindingen noodzakelijk door deze aanlanding. Maar dit is wel afhankelijk van de uitrol van kernenergie en hernieuwbare opwek op land en met de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag in het gebied. Bij de variant met maximale aanlanding in Zeeland is meer ruimte nodig op de 380kV-stations in Borssele/Sloegebied om deze windstroom aan te sluiten (of mogelijk een nieuw station), ruimte voor een extra converterstation en ruimte voor elektrolyzers en batterijen. In totaal is dan maximaal 145 hectare nodig, uitgaande van de ontwikkelingen in dit scenario. Deze ruimte lijkt beschikbaar mits er prioriteit wordt gegeven aan de ontwikkeling van deze onderdelen van het energiesysteem.

Daarnaast is onderzocht wat de effecten zijn als een deel van de windstroom aanlandt in Terneuzen/ Sas van Gent in plaats van Borssele/Sloegebied, tot maximaal 2 GW. Er is in dit geval meer ruimte nodig op 380kV-stations in Terneuzen, voor een mogelijk nieuw station, een extra converterstation, mogelijk elektrolyzers en batterijen. Er is, bij gedeeltelijke aanlanding in Terneuzen, waarschijnlijk geen extra verzwaring nodig van de hoogspanningsverbindingen tussen Zuid-Beveland en Terneuzen.

Locatie van hernieuwbare opwek op land

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er is onderzocht wat de effecten zijn van verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties. Er wordt in het Programma Energiehoofdstructuur geen keuze gemaakt over locaties van wind- en zonneparken. Deze analyse heeft als doel om in kaart te brengen wat de gevolgen zijn van locatiekeuzes van hernieuwbare opwek op land op de benodigde energiehoofdstructuur en om inzicht te bieden in de afwegingen tussen beide keuzes.

Zeeland kan een potentiële locatie zijn voor grootschalige clustering van windturbines op land aangezien de provincie aan de kust ligt (wat leidt tot hogere windsnelheden), de landschappen zich goed lenen voor windturbines en er in de toekomst naar verwachting forse elektriciteitsvraag is in de provincie. Ook voor grootschalige clustering van zon op veld leent Zeeland zich goed. Er is onderzocht wat de effecten zijn voor de energie-infrastructuur als er grootschalige clusters van wind op land en zonnevelden in Zeeland komen. Er is gekeken naar 2,8 GW wind op land en 2,8 GW zon op veld in Zeeland.

Bij plaatsing van grootschalige clusters van windturbines en zonnevelden in Zeeland is het ook wenselijk om meer batterijen te plaatsen bij 150kV-stations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten, bijvoorbeeld bij 150kV-station Westdorpe. Daarnaast zijn extra velden nodig bij de 150kV-stations in Zeeland voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Voor de batterijen en nieuwe velden is dan ruimte nodig in de buurt van deze stations.

Grootschalige clustering van hernieuwbare opwek op land in Zeeland leidt ook tot een grotere transport-behoefte op het hoogspanningsnet. Mogelijk moeten daardoor één of meerdere 150kV-pockets in Zeeland opgesplitst worden in kleinere pockets. In dat geval moet een nieuw 380kV-station geplaatst worden, met een ruimtebeslag van 10 ha. Het is nog onduidelijk hoe de nieuwe pockets er in dat geval uit moeten zien en waar een nieuw station moet komen. Er zijn naar verwachting geen verzwaringen nodig voor de 380kV-verbindingen.

Bij clustering worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen, doordat er minder sprake is van verspreid liggende wind en zon op land. Hiermee wordt de kans op effecten die optreden op de locaties van clustering wel groter.

Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Als elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee worden geplaatst komt er een groot vermogen aan elektrolyzers bij Borssele/Sloegebied. Hoe meer windenergie op zee aanlandt, hoe meer elektrolyzers wenselijk zijn. In de analyse is gekeken naar het plaatsen van maximaal 5,3 GW aan elektrolyzers bij Borssele/Sloegebied. Dit heeft een ruimtebeslag van 55 hectare. Daarnaast is ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations om deze elektrolyzers aan te sluiten. Bij de keuze voor aanlanding van windenergie op zee bij Terneuzen en de keuze voor het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingslocaties krijg je daar ook grootschalige elektrolyse. Er is gekeken naar de effecten van het plaatsen van maximaal 1,9 GW aan elektrolyzers bij Terneuzen. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 15 ha. Daarbovenop is nog ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations.

Als elektrolyzers geplaatst worden bij de industriële waterstofvraag, is een kleine hoeveelheid elektrolyzers bij Borssele/Sloegebied (minder dan 100 MW) nodig. Er is dan wel sprake van een forse hoeveelheid elektrolyse bij Terneuzen/Sas van Gent. Er is hierbij gekeken naar de effecten van het plaatsen van maximaal 1,9 GW aan elektrolyzers bij Terneuzen. Dit heeft een ruimtebeslag van circa 15 ha. Ook hier is daar bovenop nog ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Grootschalige elektrolyse bij Terneuzen zonder aanlanding van windenergie op zee op die locatie leidt tot meer transport van elektriciteit tussen Zuid-Beveland en Terneuzen, maar naar verwachting is de capaciteit van de geplande 380kV-verbinding tussen Zuid-Beveland en Terneuzen voldoende om dit te faciliteren.

Locatie van regelbare centrales

Zeeland heeft op dit moment een grote regelbare gascentrales bij Borssele/Sloegebied (Sloecentrale) en een warmtekrachtcentrale bij DOW in Terneuzen. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren voor elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat de huidige gascentrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden in de toekomst. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare

vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden bij de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is bij de Barro-locaties Borssele/Sloegebied/Vlissingen en Terneuzen-Sas van Gent. Bij Borssele/Sloegebied zou dit kunnen leiden tot maximaal 700 MW extra regelbaar vermogen, met een ruimtebeslag van 5 ha. Bij Terneuzen zou dit tot maximaal 350 MW extra regelbaar vermogen kunnen leiden, met een ruimtebeslag van minder dan 5 ha. Daarbovenop is in beide gevallen ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in de regio Zeeland gerealiseerd worden. Vanuit systeem-perspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gas (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gas richting de centrales nodig is.

Nieuwe kerncentrales

Op dit moment staat bij Borssele/Sloegebied een kerncentrale van bijna 500 MW. Barro-locatie Borssele/Sloegebied/Vlissingen (ook wel Sloegebied) is daarnaast ook aangewezen als potentiële locatie voor nieuwe kerncentrales. Er is met de IEA onderzocht wat de effecten zijn als er nieuwe kerncentrales geplaatst worden in Borssele/Sloegebied/Vlissingen. Er is uitgegaan van drie EPR-kerncentrales van 1,65 GW in het Sloegebied, dus in totaal bijna 5 GW.

Uit de analyses volgt dat er bij een combinatie van 7,5 GW aanlanding wind op zee en 5 GW kerncentrales in Zeeland forse knelpunten op de 380kV-verbindingen van Borssele/Sloegebied naar Rilland en vervolgens Tilburg en Geertruidenberg ontstaan. Dit komt doordat er forse regionale overschotten aan elektriciteit ontstaan door de combinatie van aanlanding van windenergie op zee en kerncentrales. De capaciteit van het hoogspanningsnet is onvoldoende om deze overschotten af te voeren (In paragraaf 6.4 wordt besproken hoeveel windenergie en kernenergie kunnen aanlanden in Zeeland voordat uitbreidingen van het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. Dit hangt ook samen met de uitrol van hernieuwbare opwek op land). Dit heeft als implicatie dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn tussen Borssele/Sloegebied en Rilland, tussen Rilland en Tilburg en tussen Rilland en Geertruidenberg. Dit heeft een forse ruimtelijke implicatie. In dit geval moet een nieuwe 380kV-verbinding aangelegd worden met lengte van ongeveer 50 km en een breedte van 100 meter. Bij elke nieuwe verbinding worden mogelijk Natura 2000-gebieden of NNN-gebieden geraakt.

Verder is er meer ruimte nodig op 380kV-stations in het Sloegebied om de kerncentrales aan te sluiten. Mogelijk is hier een nieuw station voor nodig, bovenop de huidige plannen. Hier is 10 ha extra ruimte voor nodig. Daarnaast is er ruimte nodig voor de kerncentrales zelf. Hier is maximaal 45 ha extra ruimte voor nodig.

Import waterstof

Er wordt een forse potentie voor import van waterstof in de Schelde-Deltaregio benoemd in de CES 2.0: tussen 242 en 726 PJ (2.017 tot 6.015 kton). Import van waterstof is dan in de vorm van ammoniak of Liquid Organic Hydrogen Carriers. Bestaande terminals kunnen hiervoor ingezet worden. Beide waterstofdragers kunnen in de haven omgezet worden in waterstof. Dit is niet meegenomen voor de IEA/ PEH gebruikte scenario's voor deze regio.

Het kan zijn dat de import van de benoemde hoeveelheid waterstof effect heeft op de waterstofinfrastructuur in de Schelde-Deltaregio naar de Delta Corridor toe. Waar, en in welke mate, dat is, vraagt verder onderzoek. Het effect op de ruimte is afhankelijk van de vorm waarin de waterstof wordt doorgevoerd. Als waterstof met name geïmporteerd wordt als ammoniak, kan er ook gekozen worden voor doorvoer van ammoniak i.p.v. waterstof, en omzetting op de vraaglocatie in het buitenland. Omzetting in de Schelde-Deltaregio kan een ruimtelijke impact in de Schelde-Deltaregio hebben.

CO₂-transport

CCS kan een rol spelen bij verduurzaming van de industrie in Zeeland. Richting 2030, maar ook na 2030 richting 2050. Het is de verwachting dat CO₂ tot 2030 vanuit Zeeland afgevoerd wordt per schip. Maar na 2030 kan CO₂-transport mogelijk ook via een buisleiding. Deze buisleiding zou dan vermoedelijk van Zeeland naar Rotterdam lopen.

6.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

6.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeemperspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is om elektriciteit bij de elektrolyzers te krijgen. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij meer aanlanding van windenergie op zee in Zeeland kan het gunstig zijn om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

Daarnaast raakt de keuze voor de aanlanding van windenergie op zee aan de keuze rondom kernenergie in Zeeland. Aanlanding van 7,5 GW windenergie op zee in combinatie met een 5 GW kernenergie in Zeeland leidt tot dusdanig grote overschotten aan elektriciteit dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn. Dit heeft een forse ruimtelijke impact. Clusters van hernieuwbare opwek op land in Zeeland kunnen leiden tot nog meer lokale overschotten. De keuze voor verschillende bronnen van niet-regelbare elektriciteitsproductie in Zeeland moet in samenhang bekeken worden om te voorkomen dat dusdanig grote lokale overschotten aan elektriciteit ontstaan dat nieuwe 380kV-verbindingen nodig zijn.

De keuze voor extra vermogen aan regelbare centrales in Zeeland raakt niet aan de keuze voor aanlanding van windenergie op zee, kernenergie en clusters van hernieuwbare opwek op land. Dit komt doordat deze regelbare centrales alleen draaien op momenten dat de andere bronnen weinig produceren, dus op momenten dat er weinig wind of zon is. Het plaatsen van extra regelbare centrales leidt dus niet tot

Bijna alle keuzes uit paragraaf 6.3 hebben een ruimtelijke neerslag op de Barro-locaties Borssele/Slogebied/Vlissingen en Terneuzen/Sas van Gent. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is waarschijnlijk niet haalbaar om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten keuzes gemaakt worden.

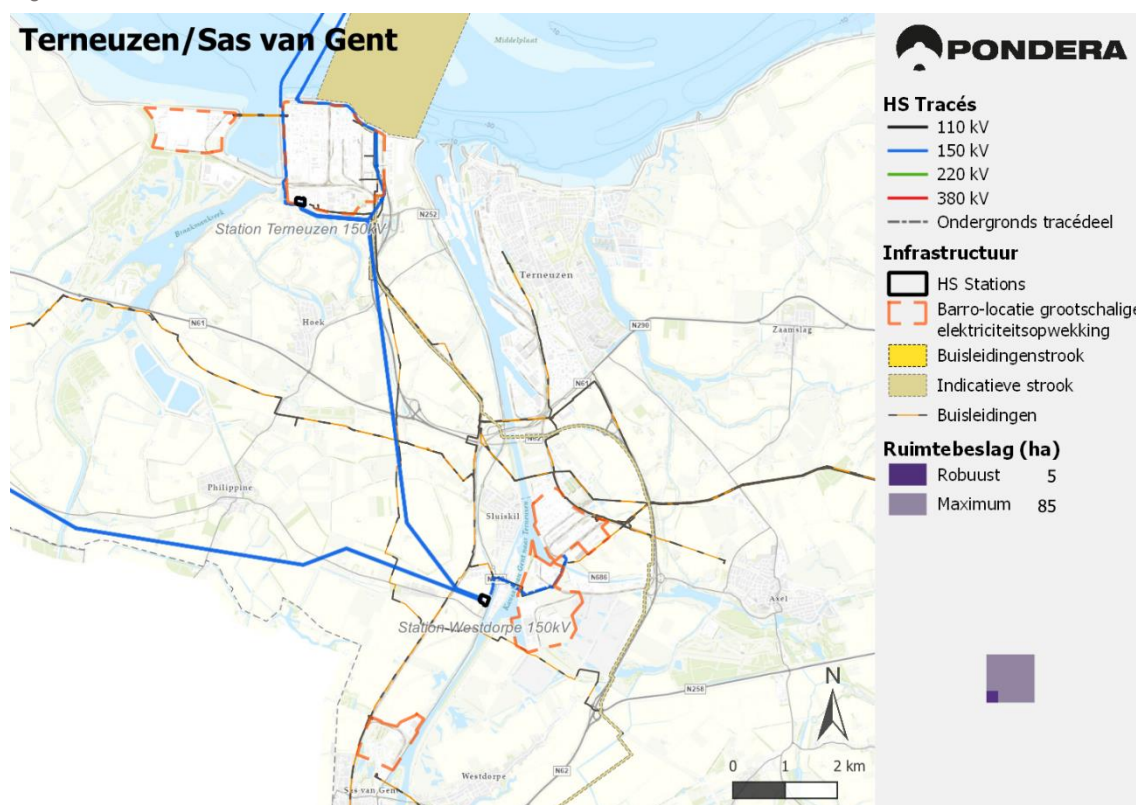
voorzien onderdelen (regelbare centrales, elektrolyzers). Ook de mogelijke effecten op Natura 2000-gebieden behoeven aandacht bij realisatie van de voorzien onderdelen.

Bij extra ruimtebeslag naast de huidige situatie en de ontwikkelingen tot aan 2030 (aanlanding Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1, alsook het nieuwe 380kV-station) is er mogelijk sprake van beperkte ruimte voor geclusterde inpassing van deze onderdelen die worden verwacht tussen 2030 en 2050. Voor het maximum ruimtebeslag lijkt er niet voldoende ruimte beschikbaar. Dit is wel het geval voor inpassing van het minimale ruimtebeslag op deze locatie.

Tabel 6-4 - Maximaal ruimtebeslag Terneuzen/Sas van Gent

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	700	< 5 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	10
Convertoorstations	-	10
Elektrolyzers	1.900	20
Batterijen	1.400	40

Figuur 6-3 - Terneuzen/Sas van Gent



Uit de effectbeoordeling voor Terneuzen/Sas van Gent blijkt dat het grootste aandachtspunt het ruimtebeslag is bij het maximale scenario. De beschikbare ruimte binnen de Barro-locaties is beperkt en nieuwe energie-infrastructuur beperkt ook de mogelijkheden voor uitbreidingen van industrie. Indien er een procedure wordt opgestart voor deze ontwikkelingen, is dit aandachtspunt mede bepalend voor de haalbaarheid van de ontwikkeling van de voorzien onderdelen van het energiesysteem.

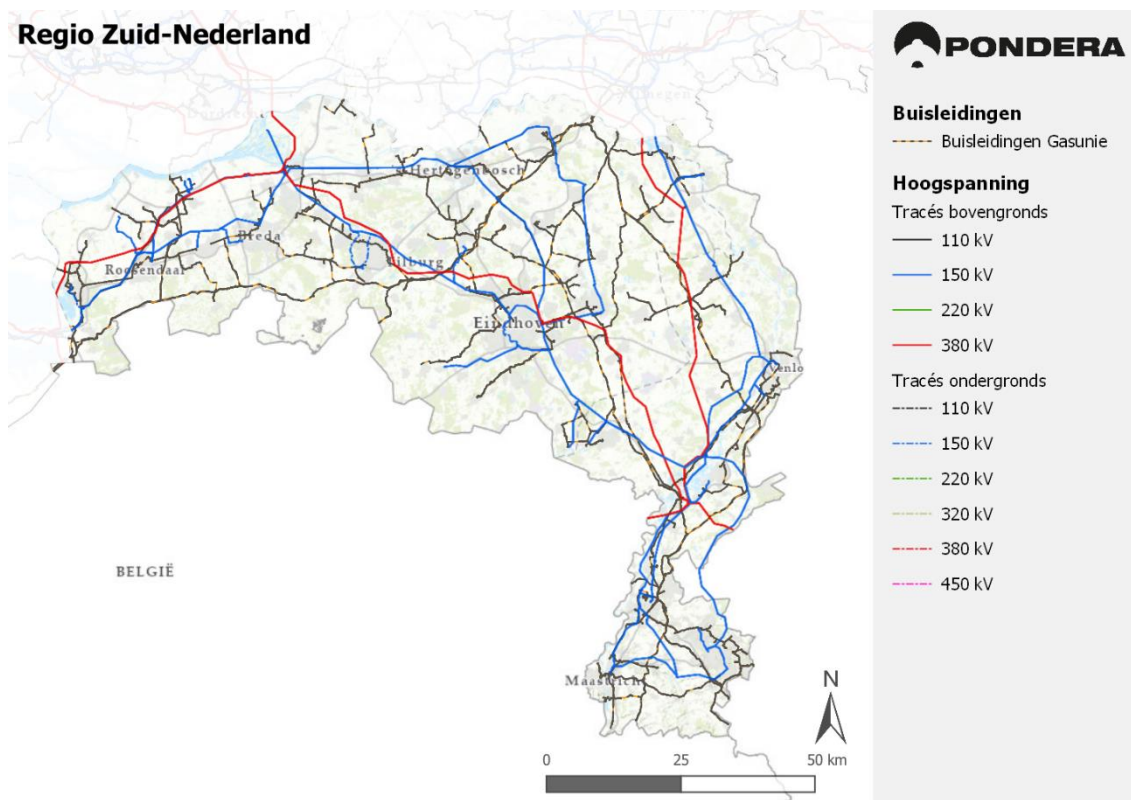
7 Gebiedsanalyse Zuid-Nederland

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen uit de Integrale Effectenanalyse PEH voor de provincie Noord-Brabant en Limburg op een rij gezet. Het totale ruimtebeslag van energie-infrastructuur is afhankelijk van bepaalde systeemkeuzes. De meest kritische ruimtelijke ontwikkelingen zijn de ontwikkeling van nieuwe energie-infrastructuur op de Barro-locaties (Moerdijk, Geertruidenberg, Maasbracht en Chemelot), uitbreiding van 380kV-infrastructuur en ontwikkeling van nieuwe buisleidingen. Op de Barro-locaties is mogelijk sprake van meervoudig ruimtebeslag vanuit het energiesysteem (aanlanding windenergie op zee, hoogspanningsstations, elektrolyzers, batterijen, elektriciteitscentrales), terwijl op deze locaties beperkt ruimte beschikbaar is. Zie Bijlage I voor een toelichting van de meest gebruikte termen.

7.1 Welke energie-infrastructuur is momenteel aanwezig in Zuid-Nederland?

Figuur 7-1 toont de huidige energie-infrastructuur in Zuid-Nederland. Het Brabantse 380kV-net is via Geertruidenberg verbonden met Zeeland en Zuid-Holland. Vanaf Geertruidenberg loopt een 380kV-verbinding door Noord-Brabant in oost-west richting, via Eindhoven naar Maasbracht in Limburg. Daarnaast loopt een 380kV-verbinding vanaf Gelderland via Boxmeer richting Maasbracht. Bij Maasbracht is het 380kV-net verbonden met het Duitse en Belgische hoogspanningsnet. Tevens is een uitgebreid 150kV-net aanwezig in beide provincies.

Figuur 7-1 - Overzicht energie-infrastructuur Zuid-Nederland



Daarnaast lopen er meerdere buisleidingen door Zuid-Nederland. Er loopt onder andere een strook met H-gas (hoogcalorisch gas) en L-gas (laagcalorisch gas) leidingen door Noord-Brabant vanaf Gelderland via Oss, ten zuiden van Tilburg en Breda richting Zeeland. Daarnaast loopt een H-gasleiding vanaf Zuid-

Holland via Moerdijk door Brabant richting Zeeland. Er lopen twee stroken met H-gas- en L-gasleidingen door Limburg. Deze stroken komen vanuit Gelderland via de oostkant van Noord-Brabant. De Nederlandse gastransportnetten zijn op meerdere punten in Noord-Brabant (Hilvarenbeek) en Limburg (Tegelen, Obbicht, Bocholtz, 's Gravenvoeren) verbonden met de netwerken in België en Duitsland.

Ten slotte lopen er enkele stroken met buisleidingen voor overige brandstoffen (aardolieproducten, chemische stoffen) door Noord-Brabant en Limburg. Er loopt een buisleidingstrook vanaf Rotterdam richting Chemelot: de Pijpleiding Rotterdam-Beek (PRB). Via de buisleidingen in deze strook wordt nafta en aardgascondensaat getransporteerd. Daarnaast lopen de buisleidingen vanaf de Rotterdamse haven richting Zeeland (DOW, Total), Duitsland (Rotterdam-Ruhr Pijpleiding, RRP) en België (Rotterdam-Antwerpen, RAPL) gedeeltelijk door Noord-Brabant en Limburg. Daarnaast lopen er ter hoogte van Geleen enkele buisleidingen door Limburg die de Noord-Belgische chemielocaties verbinden met Chemelot.

7.2 Wat komt in ieder geval op de regio af (aanloop naar 2030 en robuuste ontwikkelingen)?

7.2.1 Wat staat op de planning tot 2030?

Elektriciteit

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Verwacht wordt dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. In Zuid-Nederland staan de volgende investeringen op de planning voor de komende 10 jaar (zie Tabel 7-1). Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze worden wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030. Zie Figuur 1-1 voor het landelijke beeld.

Tabel 7-1 - Investeringsplan voor de komende 10 jaar voor Zuid-Nederland

Type asset	Naam	Type investering
380kV-station	Tilburg	Nieuw station
380kV-station	Graetheide	Nieuw station
380kV-station	Moerdijk	Nieuw station
380kV-station	Schouwen Duiveland- Tholen- West Brabant	Nieuw station
380kV-station	Boxmeer	Uitbreiding station
380kV-station	Geertruidenberg	Uitbreiding station
380kV-verbinding	Maasbracht – Graetheide	Opwaarderen van 150 kV naar 380 kV
380kV-verbinding	Maasbracht – Graetheide	Aanleg 3de circuit
380kV-verbinding	Rilland – Tilburg	Nieuwe verbinding (2 circuits)
380kV-verbinding	Eindhoven – Maasbracht	Aanleg 3de circuit
380kV-verbinding	Krimpen – Geertruidenberg	Aanleg 3de circuit
380kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwarende circuits met 4kA-geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
150/110kV-verbindingen		Implementatie pocketstructuur

Waterstof

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstofnet en een methaan (groengas)-net. Het aanleggen van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals omschreven in HyWay 27, is de eerste stap hierin. Hiervoor wordt in totaal in Nederland 980 km aan aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden. Tabel 7-2 geeft een overzicht van de relevante aanpassingen voor HyWay 27 in Zuid-Nederland.

Tabel 7-2 - Hoofdtrajecten waterstoftransportring Zuid-Nederland

Hoofdtrajecten waterstoftransportring	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing [jr.]
Cluster Chemelot	25	25	n.v.t.	2027
Verbinding Rotterdam/Moerdijk – Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding Noord-Nederland - Chemelot	216	200	16	2027
Verbinding Zeeland – Chemelot (Ravestein – Ossendrecht)	122	122	n.v.t.	2030
Exportverbinding België	8	8	n.v.t.	2030

7.2.2 Wat is er in ieder geval nodig tussen 2030 en 2050 (robuuste ontwikkelingen)?

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors. Het is mogelijk dat de capaciteit van de 380kV-verbindingen in Zuid-Nederland dan voldoende is voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem tot 2050. Maar dit is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Hetzelfde geldt voor de waterstofinfrastructuur. Ook hier is het afhankelijk van keuzes of extra uitbreidingen nodig zijn bovenop de geplande ombouw van het aardgasnetwerk. Paragraaf 7.3 gaat verder in op de keuzes die gemaakt kunnen worden en de consequenties hiervan.

Het is de verwachting dat tot 2031 2 GW aan windenergie op zee aangesloten gaat worden in Geertruidenberg of Moerdijk. Hiervoor zijn nieuwe velden nodig bij het bestaande 380kV-station in Geertruidenberg of het geplande 380kV-station in Moerdijk. Daarnaast is een converterstation op een van deze locaties noodzakelijk.

Daarnaast zijn uitbreidingen nodig van de 380kV-stations in Eindhoven en Graetheide. Als deze stations vol zijn moet een nieuw station gerealiseerd worden.

Het is de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden batterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. In de scenario's komt er bij aanlanding van 2 GW windenergie op zee in Moerdijk of Geertruidenberg tot 1 GW aan batterijen op deze locaties. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast is een extra veld bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales, groengascentrales of biomassacentrales met afvang van CO₂. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Geertruidenberg, Moerdijk, Maasbracht en Geleen (Chemelot) omgebouwd worden of vervangen worden door nieuwe centrales.

Bij Graetheide/Chemelot is maximaal 10 ha nodig voor robuuste ontwikkelingen in de scenario's tussen 2030 en 2050. Het gaat hier om uitbreidingen bovenop de geplande investeringen tot 2030. Het gaat om uitbreidingen van de bestaande of aanleg van een nieuw 380kV-station. Bij realisatie in de Barro-locatie zijn veiligheidscontouren een aandachtspunt, bij realisatie nabij bestaand 150kV-station Graetheide is effect op landbouwareaal een aandachtspunt. Bij Eindhoven is een robuuste ontwikkeling van maximaal 15 ha voorzien bestaande uit uitbreiding van een bestaand of aanleg van een nieuw 380kV-station en de in de scenario's voorziene vermogens aan batterijen. Vanuit Milieu & Ruimte zijn potentiële geluidsoverlast op dichtbijgelegen woningen en landschappelijke effecten op stroomgebied de Kleine Dommel aandachtspunten.

7.3 Welke keuzes kunnen gemaakt worden en wat zijn de effecten?

7.3.1 Welke keuzes kunnen gemaakt worden?

Bovenop de ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval plaatsvinden, zijn er ook ontwikkelingen die afhankelijk zijn van mogelijk te maken keuzes. De relevante keuzes voor Zuid-Nederland zijn:

- ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland;
- diepe aanlanding van windenergie op zee in Zuid-Nederland;
- locatie van elektrolyzers;
- plaatsing van regelbare centrales;
- transport van hernieuwbare grondstoffen en CO₂;
- bovenregionaal warmtetransport.

De effecten van deze keuzes zijn hieronder uitgewerkt.

7.3.2 Wat zijn de (ruimtelijke) effecten van de keuzes?

Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland

De ontwikkelingen rondom windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland hebben effect op het hoogspanningsnet in Noord-Brabant. Door de aanlanding van grote volumes windenergie op zee, mogelijk in combinatie met kernenergie bij Borssele/Sloegebied en Rotterdam, kunnen grote lokale overschotten van elektriciteit ontstaan. Deze lokale overschotten kunnen gedeeltelijk opgevangen worden met elektrolyzers, maar een aanzienlijk deel zal ook afgevoerd worden via het 380kV-net, richting Limburg, Duitsland en België. Hierdoor zijn mogelijk nieuwe 380kV-circuits nodig in Noord-Brabant.

Bij de combinatie van 7,5 GW windenergie op zee met 5 GW kernenergie in Zeeland zijn nieuwe 380kV-circuits nodig tussen Rilland en Geertruidenberg (via de nieuwe 380kV-stations Schouwen Duiveland-Tholen- West-Brabant en Moerdijk) en tussen Rilland en Tilburg. Daarnaast zijn mogelijk nieuwe 380kV-circuits nodig tussen Krimpen aan den IJssel en Eindhoven (via Tilburg en Geertruidenberg) als grote hoeveelheden windenergie op zee aanlanden in Rotterdam. Het aanleggen van deze nieuwe 380kV-circuits heeft een grote ruimtelijke impact. Naast het verspreide ruimtebeslag van deze grote hoeveelheid bovengrondse verbindingen is er een groot effect op landschap in Noord-Brabant. Nieuwe verbindingen worden zoveel mogelijk parallel aan bestaande verbindingen gerealiseerd, maar dit zal door ruimtelijke knelpunten niet altijd mogelijk zijn. Dit kan de beleving van het landschap negatief beïnvloeden. Ook zijn er

effecten te verwachten op ecologie door meer aanvaringsslachtoffers (vogels). Met name bij Natura 2000-gebieden Markiezaat en Brabantse Wal is dat een aandachtspunt.

Diepe aanlanding van windenergie op zee in Zuid-Nederland

Naar verwachting zal het grootste gedeelte van de windenergie op zee aanlanden aan de kust. Maar er wordt ook gekeken naar de mogelijkheid om de ondergrondse HVDC⁹-kabels vanaf de windenergie-gebieden op zee door te trekken naar locaties in het binnenland in plaats van aanlanding aan de kust. Dit heet diepe aanlanding. Door diepe aanlanding kunnen forse uitbreidingen aan het hoogspanningsnet vanaf de kust naar het binnenland voorkomen worden.

Er zijn plannen om 2 GW aan windparken op zee aan te sluiten in Geertruidenberg of Moerdijk. Hiervoor moet dus een HVDC-kabel doorgetrokken worden vanaf de kust naar deze locaties. Daarnaast is op deze locaties ruimte nodig voor een convertorstation, nieuwe velden op 380kV-stations en mogelijk batterijen en elektrolyzers. Hier is naar verwachting circa 60 ha voor nodig. Er wordt ook gesproken over het aanlanden van nog grotere vermogens van windenergie op zee bij Geertruidenberg of Moerdijk. Dit levert een groter ruimtebeslag op bij deze locaties. Extra aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant kan twee effecten hebben:

- De belasting op het 380kV-net tussen de Maasvlakte en Geertruidenberg wordt minder als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding op de Maasvlakte, aangezien de windstroom doorgevoerd wordt richting Limburg en België en Duitsland. De belasting op het 380kV-net tussen Borssele/Sloegebied en Geertruidenberg neemt af als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding in Zeeland. Zie ook Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland.
- Er kunnen mogelijk extra knelpunten op 380kV-verbindingen ontstaan rondom Geertruidenberg en Moerdijk als daar grote vermogens windstroom aanlanden. Hier is nog verder onderzoek naar nodig.

Daarnaast is de mogelijkheid voor diepe aanlanding in Maasbracht onderzocht. Er is gekeken naar diepe aanlanding van 6 GW aan windstroom in Maasbracht in plaats van op de Maasvlakte. Maasbracht is een geschikte locatie voor diepe aanlanding aangezien het vlakbij Chemelot ligt en het Nederlandse 380kV-net hier gekoppeld is aan het Belgische en Duitse hoogspanningsnet. Er is naar verwachting veel transport van elektriciteit nodig richting Limburg door de elektriciteitsvraag van Chemelot en mogelijke export van elektriciteit richting België en Duitsland waardoor mogelijk nieuwe 380kV-circuits nodig zijn tussen Krimpen aan den IJssel en Eindhoven (zie Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland). Deze uitbreidingen kunnen voorkomen worden door HVDC-kabels door te trekken naar Maasbracht en een deel van de windstroom daar aan te laten landen in plaats van op de Maasvlakte. Hierdoor worden de negatieve effecten op ruimte en landschap van de nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen (zie Ontwikkelingen windenergie op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland) voorkomen. Wel is ondergronds ruimte nodig voor de aanleg van de HVDC-kabels. Aandachtspunten vanuit Milieu & Ruimte zijn hierbij grondwaterbeschermingsgebieden en wederzijdse beïnvloeding met bestaande buisleidingen bij paralleligging. Daarnaast heb je bij diepe aanlanding circa 165 ha extra ruimte nodig in Maasbracht voor converterstations, nieuwe 380kV-stations en mogelijk batterijen en elektrolyzers. De grootste aandachtspunten vanuit Milieu & Ruimte is het grote ruimtebeslag, dit zal ook ruimte buiten de Barro-locatie vergen en zal met name ten koste gaan van landbouwgrond.

⁹ High Voltage Direct Current. Direct Current is gelijkstroom.

Locatie van elektrolyzers

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyse. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee is vanuit systeemperspectief efficiënter, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is.

Er kan gekozen worden om windenergie op zee dieper in land aan te landen. Maasbracht zou daarvoor een geschikte locatie zijn, omdat de vraag naar elektriciteit daar in de toekomst mogelijk groot is. Bij het clusteren van elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee, wordt in de scenario's ongeveer 5,5 GW aan elektrolyzers geplaatst. Dat heeft een ruimtebeslag van circa 55 ha. Met name de omvang van het ruimtebeslag heeft effect op Milieu & Ruimte omdat dit niet binnen de huidige Barro-locatie lijkt in te passen in combinatie met overige voorziene energie-infrastructuur. Er ontstaan mogelijk knelpunten in de waterstofinfrastructuur tussen Maasbracht en Chemelot door diepe aanlanding van windenergie op zee en de plaatsing van elektrolyzers in Maasbracht. Hiervoor moet een passende aansluitleiding worden gelegd. Dit past naar verwachting binnen de huidige reserveringen.

Er wordt ook gekeken naar aanlanding van 2 GW windenergie op zee in Moerdijk of Geertruidenberg. Dit betekent dat ook op deze locaties elektrolyzers kunnen komen als er gekozen wordt voor clustering bij aanlandingslocaties. Het gaat in de scenario's dan om maximaal 1,9 GW aan elektrolyzers. De ruimtelijke impact voor de elektrolyzers is dan circa 20 ha. In Geertruidenberg lijkt deze ruimte beschikbaar, maar in combinatie met overige benodigde energie-infrastructuur kan knelpunten opleveren met de korte afstand tot de woonkern Geertruidenberg. Bij Moerdijk is meer industriële activiteit en veel bestaande energie-infrastructuur aanwezig. Ook hier lijkt de ruimte beschikbaar, maar kan dit knellen in combinatie met overige benodigde energie-infrastructuur en de bestaande inrichting.

In de keuze van clustering van elektrolyzers bij de vraag naar waterstof van de industrie zou er 4,1 GW aan vermogen voor elektrolyzers geplaatst worden bij Chemelot. Deze hoeveelheid is onder andere afhankelijk van de totale vraag naar waterstof van de industrie, en kan dan ook variëren. Het ruimtebeslag van het clusteren van elektrolyzers op deze locatie is circa 40 ha. Aandachtspunten zijn hier externe veiligheid en ruimtebeslag op landbouwgrond.

Het clusteren van elektrolyzers bij de industrie heeft ook effect op delen van het hoogspanningsnet. Als windenergie op zee aanlandt aan de kust, neemt de belasting van het net tussen de kust (Maasvlakte/Borssele/Slogebied) en Limburg flink toe. Knelpunten op de 380kV-tracés Tilburg – Eindhoven en Eindhoven – Maasbracht worden ernstiger. Door het plaatsen van elektrolyzers bij afnemers van waterstof bij Chemelot, ontstaat mogelijk een knelpunt in de waterstofinfrastructuur tussen Maasbracht en Chemelot. Het oplossen van dit knelpunt kan naar verwachting binnen de huidige reserveringen en heeft hierdoor geen ruimtelijke impact.

Locatie van regelbare centrales

Er zijn één grote biomassa/kolencentrale en enkele grote gascentrales/wkk's actief in Zuid-Nederland, in Geertruidenberg, Moerdijk, Maasbracht en Geleen (Chemelot). In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren door elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

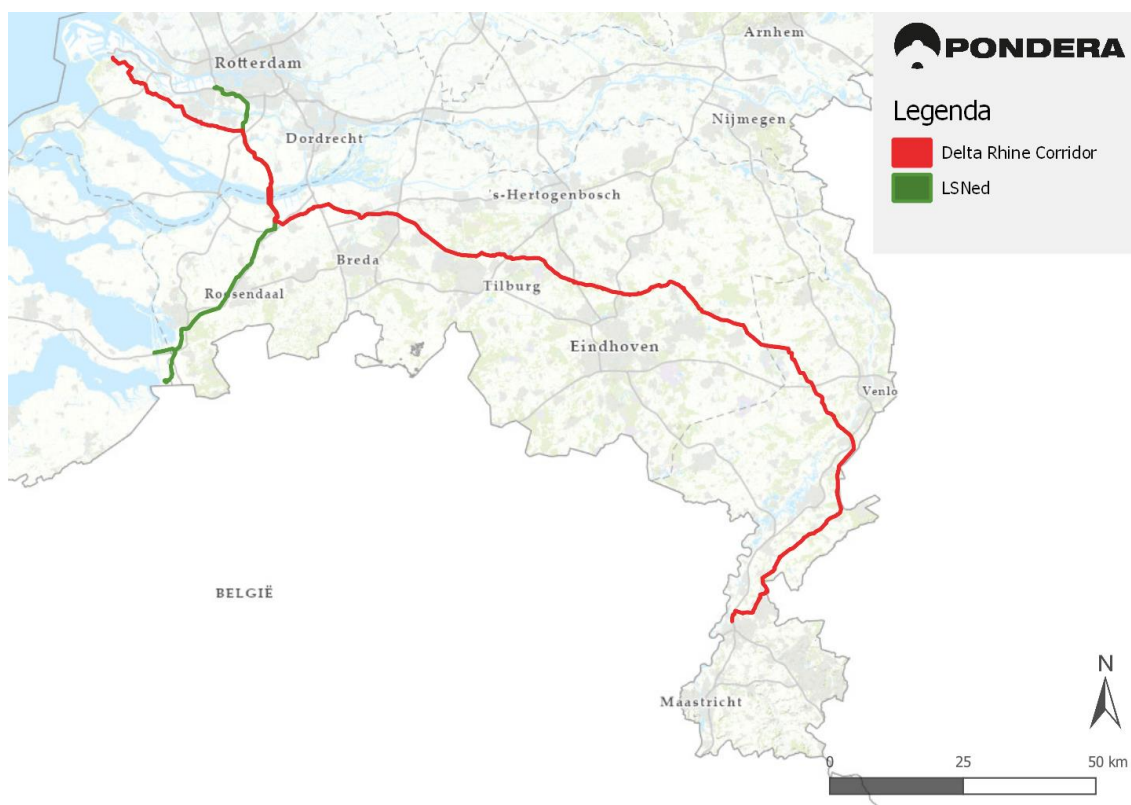
Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige centrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid door het land of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties. Indien er extra grootschalige eenheden op de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is in Geertruidenberg (max 300 MW, <5 ha extra), Moerdijk (max 100 MW, <5 ha extra), Geleen (max 1.100 MW, circa 5 ha extra) en Maasbracht (max 2.300 MW, circa 10 ha extra). Daarnaast kunnen nieuwe regelbare centrales gerealiseerd worden in Buggenum, op het terrein van de voormalige Willem-Alexander centrale (max 650 MW, <5 ha). Daarbovenop is op deze locaties extra ruimte nodig voor extra velden bij 380kV-stations. Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 hectare aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan moet dan ook in Zuid-Nederland gerealiseerd worden. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380kV-, 150kV- of 110kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van regelbare centrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van regelbare centrales. Bij clustering van regelbare centrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig zijn.

Doorvoer hernieuwbare grondstoffen/brandstoffen en CO₂

Er lopen leidingen vanaf Rotterdam naar Zeeland en Antwerpen door Noord-Brabant. De leidingstraat van LSNEED loopt door Noord-Brabant. Deze corridor voor grondstofleidingen van de chemie verbindt Rotterdam met Moerdijk, Zeeland en Antwerpen. Hier zijn geen ruimtelijke reserveringen voor nodig.

Figuur 7-2 – Ligging Delta Rhine Corridor en LSNed



Duitsland heeft in de toekomst een vraag naar grondstoffen en energie, die Nederland kan aanvoeren via import vanuit de Rotterdamse haven. Om dit te faciliteren is er een concreet plan om de Rotterdamse haven via Chemelot met Duitsland door leidingen te verbinden. Het gaat om één leidingstrook met daarin vier leidingen: drie leidingen transporteren stoffen (waterstof, LPG en Propeen) naar Duitsland, en één leiding transporteert CO₂ van Duitsland via Chemelot naar Rotterdam voor opslag onder de Noordzee. Deze leidingen zijn onderdeel van de Delta Rhine Corridor (zie bovenstaand figuur). De Delta Rhine Corridor loopt dwars door Noord-Brabant en Limburg.

De volumes die door de Delta Rhine Corridor worden getransporteerd in 2050 per stof zijn naar verwachting voor CO₂ tot 10.000 kton per jaar; voor LPG ongeveer 1.600 kton per jaar; voor propeen ongeveer 1.400 kton per jaar en voor waterstof¹⁰ ongeveer 2.300 kton per jaar. De leidingen van de Delta Rhine Corridor zijn geen van allen rendabel zonder buitenlandse volumes en komen niet tot stand als er geen vraag vanuit Duitsland is. Binnen de huidige reserveringen is er voldoende ruimte. Er zijn wel knelpunten in de realisatie van deze verbindingen, maar met technische maatregelen zijn deze knelpunten op te lossen.

Daarnaast is het in de toekomst mogelijk om ook nieuwe verbindingen voor kerosine, methanol en ammoniak aan te leggen voor doorvoer naar Duitsland.¹¹ Er is voor deze leidingen geen additioneel

¹⁰ Het gaat hierbij exclusief om waterstof voor doorvoer naar Duitsland, en niet om gebruik in Nederland.

¹¹ In hetzelfde tracé zouden eventueel ook nieuwe leidingen voor groene methaan en/of waterstof als onderdeel van het Nederlandse energiesysteem aangelegd kunnen worden.

ruimtebeslag omdat deze leidingen hetzelfde tracé kunnen volgen als de Delta Rhine Corridor, daar is nog genoeg ruimte voor deze extra buisleidingen.

Bovenregionaal warmtetransport

In Noord-Brabant kan, op basis van concentratie van de warmtevraag in de gebouwde omgeving en het aanbod van restwarmte en geothermie gekozen worden om een aantal warmtetransportleidingen te leggen. Als er gekozen wordt voor de inzet (of uitbreiding) van warmtenetten, is er iets minder vraag naar elektriciteit voor ruimteverwarming.

Als hoofdbron voor een warmtenet kan gekozen worden voor geothermie, of voor restwarmte. Het zou in de praktijk ook mogelijk zijn om beide soorten bronnen te combineren en beide trajecten aan te leggen, in Tabel 7-3 staat welke leidingen nodig zijn per bron:

Tabel 7-3 – Benodigde verbindingen per bron (geothermie of restwarmte)

Bron	Van	Naar	Lengte (km)	Diameter (DN)	Capaciteit (MW)
Geothermie	Lage Zwaluwe	Breda	25-31	400	60
	Land van Cuijk	Nijmegen	18-23	400	60
	Helmond	Eindhoven	54-68	450	90
Restwarmte	Dordrecht	Breda	23-35	400	60
	Land van Cuijk	Nijmegen	9-13	400	60

In Noord-Brabant zouden een aantal nieuwe bovenregionale leidingen kunnen komen, die aansluiten op bestaande leidingen. Deze nieuwe leidingen kunnen dan een restwarmtebron koppelen aan een bestaand leidingennet. Het gaat om de volgende twee bestaande plannen en ideeën:

- Een warmteleiding tussen Moerdijk en Geertruidenberg. Deze sluit een restwarmtebron aan op het bestaande Amernet. Moerdijk kan een belangrijke bron van restwarmte leveren.¹²
- Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht. Chemelot kan een belangrijke bron van restwarmte leveren om in de vraag naar warmte van Maastricht te voorzien. Het gaat om een uitbreiding van het bestaande warmtenet in Maastricht.

De warmteleiding tussen Moerdijk en Breda geldt als alternatief voor de leiding tussen Dordrecht en Breda. Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht is als alternatief voor de leiding van Ede naar Arnhem in Gelderland.

Vanuit de beoordeling Milieu & Ruimte zijn er enkele aandachtspunten voor effecten die mogelijk optreden bij beide opties. Zo zijn er in de omgeving Lage Zwaluwe-Breda en Helmond-Eindhoven kruisingen met NNN-gebieden en is er een complexe kruising met de Maas nodig bij het Land van Cuijk. Tussen Breda en Dordrecht is het kruisen van Hollands Diep en de Biesbosch (Natura 2000-gebieden), een groot ruimtelijk en technisch aandachtspunt.

¹² Plannen en ambities voor regionale netten, zoals bijvoorbeeld Heusden – Hedikhuizen; Bergen op Zoom of Roosendaal zijn geen onderdeel van PEH.

7.4 Wat is de samenhang tussen de keuzes?

7.4.1 Samenhang keuzes

Bovenstaande keuzes kunnen niet allemaal afzonderlijk gemaakt worden. Er zit een samenhang tussen de keuzes; hieronder is beschreven hoe de keuzes aan elkaar raken.

Of ruimte nodig is voor nieuwe 380kV-verbindingen in Noord-Brabant is in grote mate afhankelijk van ontwikkelingen in Zuid-Holland en Zeeland. Het Brabantse hoogspanningsnet wordt namelijk gebruikt voor de doorvoer van elektriciteit van windparken op zee richting Limburg, België en Duitsland.

Er zit samenhang tussen de keuze voor aanlanding van windenergie op zee en de keuze voor elektrolyzers. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee heeft vanuit systeem-perspectief de voorkeur, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is om elektriciteit bij de elektrolyzers te krijgen. En de hoeveelheid elektrolyzers die wenselijk is op een locatie is afhankelijk van de hoeveelheid windenergie op zee die aanlandt. Bij aanlanding van windenergie op zee in Moerdijk, Geertruidenberg of Maasbracht is het opportuun om ook meer elektrolyzers te plaatsen, wat een additioneel ruimtebeslag oplevert.

De plaatsing van elektrolyzers bij de aanlanding van windenergie op zee in Moerdijk of Geertruidenberg biedt mogelijkheden om de restwarmte in te zetten als extra bron voor een warmtenet. Elektrolyzers produceren waterstof met een efficiëntie van ongeveer 60%, bij een temperatuur van ongeveer 70 graden Celsius. Dat betekent dat er 40% restwarmte is. Deze bron is dan in principe beschikbaar wanneer de elektrolyzers waterstof produceren, dus bij overschotten van wind. In combinatie met warmteopslag kan dit, gezien de omvang van elektrolysecapaciteit (bijna 2 GW), een aanzienlijke warmtebron zijn.

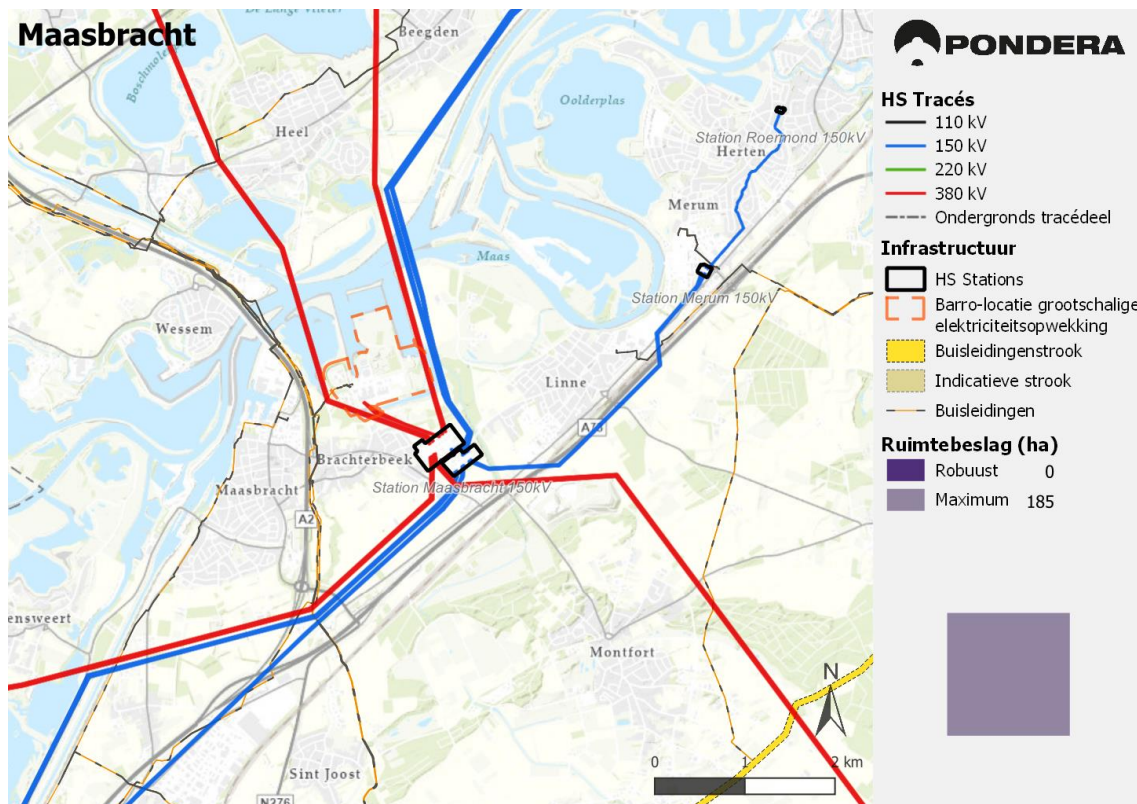
Meerdere keuzes uit paragraaf 7.3 hebben een ruimtelijke neerslag in Moerdijk, Geertruidenberg, Graetheide (Chemelot) en/of Maasbracht. De beschikbare ruimte op deze locaties is beperkt en het is lastig om alle keuzes ruimtelijk te faciliteren (zie uitwerking hieronder). Daarom moeten mogelijk keuzes gemaakt worden.

7.4.2 Maximaal ruimtebeslag

Tabel 7-4 - Maximaal ruimtebeslag Maasbracht

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	2.300	10 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	20
Converterstations	-	15
Elektrolyzers	5.500	55
Kerncentrale	-	-
Batterijen	3.000	85

Figuur 7-3 - Maasbracht

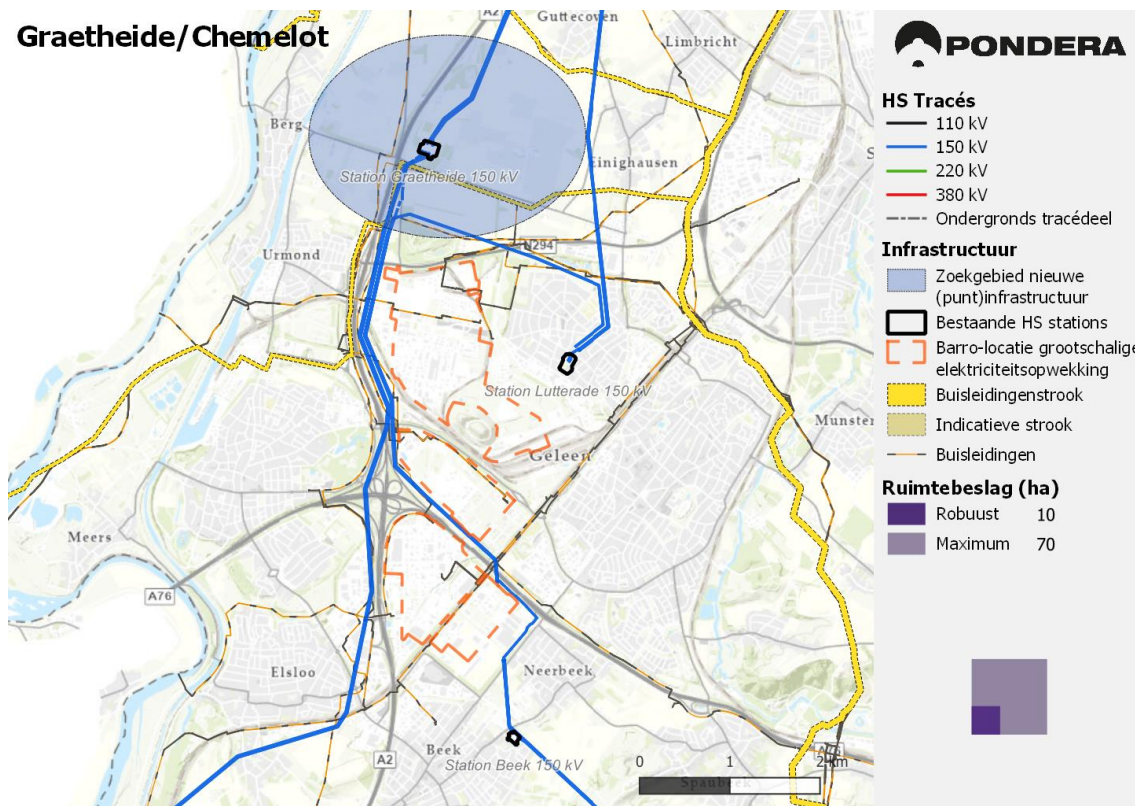


Uit de effectbeoordeling voor Milieu & Ruimte blijkt dat voor Maasbracht het grootste aandachtspunt het ruimtebeslag is. De grote omvang van het maximale ruimtebeslag zal ook ruimte buiten de Barro-locatie vergen en zal met name ten koste gaan van landbouwgrond. Hierbij is het gebied ten noordwesten van de Barro-locatie het meest voor de hand liggend. Dit aandachtspunt bepaalt mede de haalbaarheid van de ontwikkelingen.

Tabel 7-5 - Maximaal ruimtebeslag Graetheide/Chemelot

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte (ha)
Regelbare centrales	1.100	5 (aanvullend)
Nieuwe stations/velden	-	10
Converterstations	-	-
Elektrolyzers	4.100	40
Kerncentrale	-	-
Batterijen	500	15

Figuur 7-4 – Graetheide/Chemelot

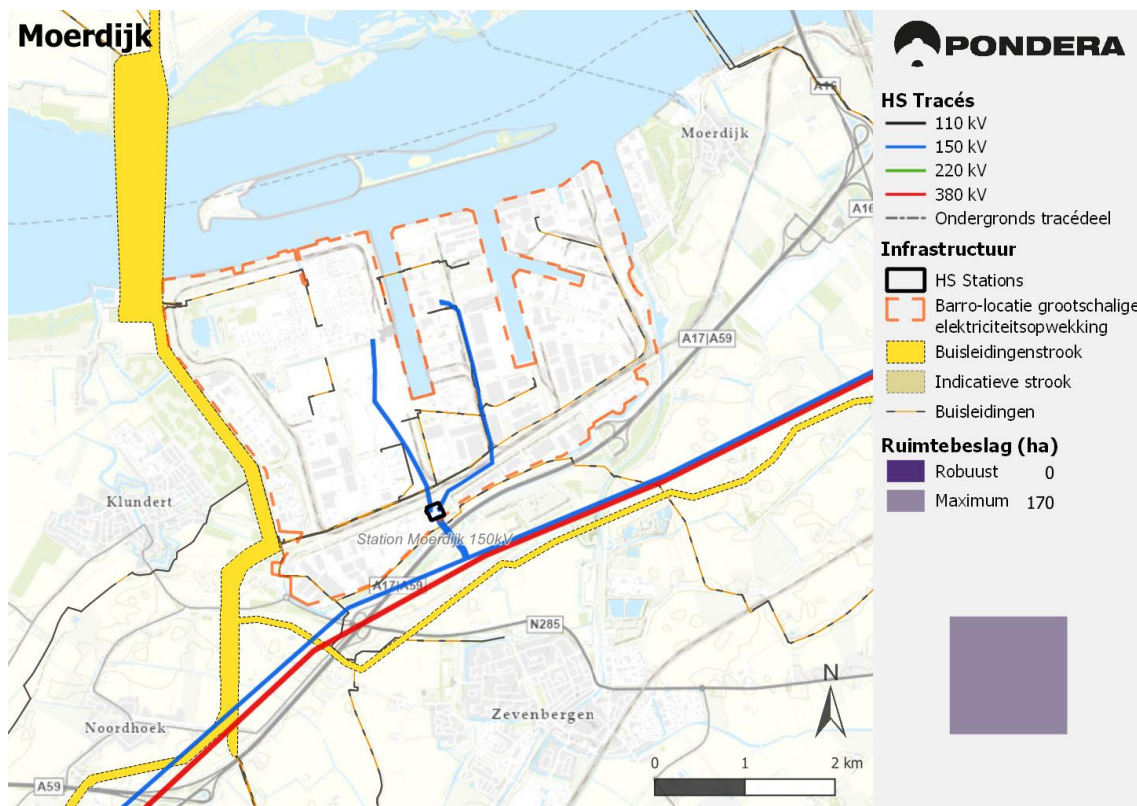


Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Graetheide/Chemelot blijkt dat de grootste aandachtspunten ruimtebeslag op landbouwgebied bij realisatie rondom Graetheide 150kV-station en externe veiligheid wanneer realisatie van het maximale ruimtebeslag binnen de Barro-locatie plaatsvindt. Dit zijn aandachtspunten die mede de haalbaarheid van de ontwikkeling bepalen.

Tabel 7-6 - Maximaal ruimtebeslag Moerdijk

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	20
Converterstations	-	15
Elektrolyzers	5.700	55
Kerncentrale	-	-
Batterijen	2.000	80

Figuur 7-5 - Moerdijk

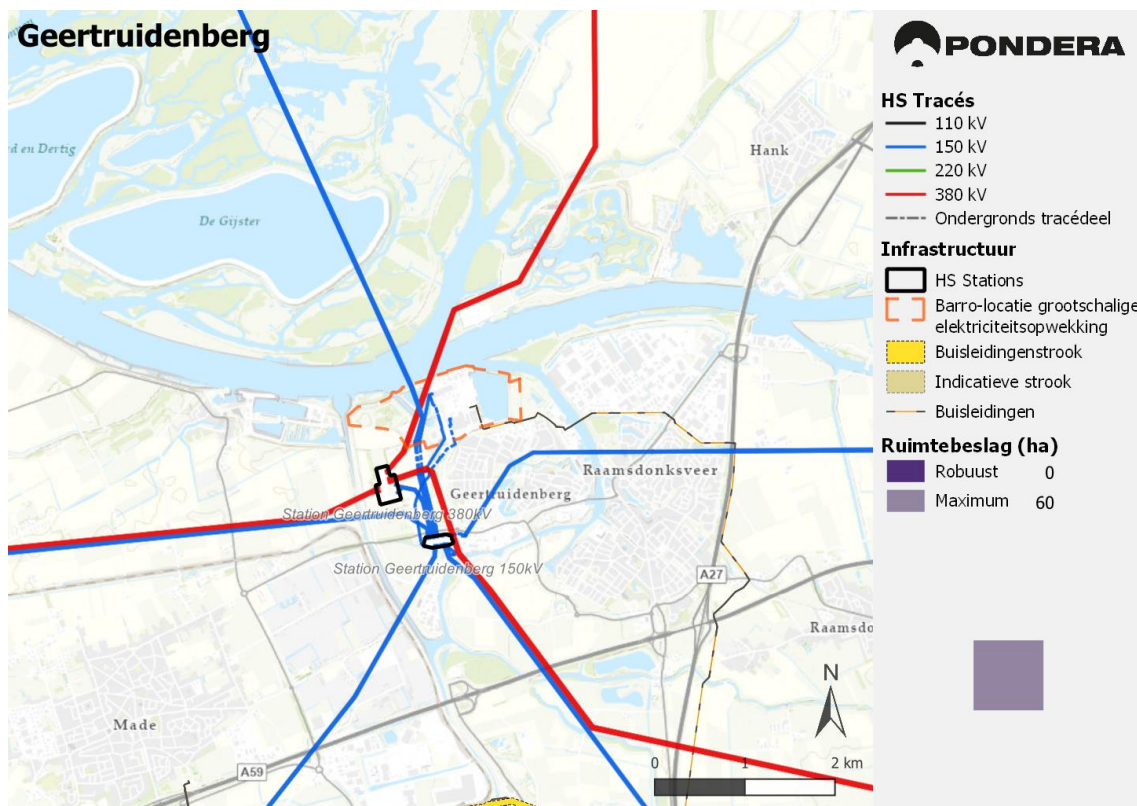


Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Moerdijk blijkt dat het grootste aandachtspunt de hoeveelheid ruimtebeslag is bij aanlanding van 6 GW windenergie op zee. Dit gaat mogelijk ten koste van landbouwgrond in de omgeving. Ook is externe veiligheid een punt van aandacht. Deze punten zijn bepalen mede de haalbaarheid van de ontwikkelingen.

Tabel 7-7 - Maximaal ruimtebeslag Geertruidenberg

Onderdeel	Maximale capaciteit (MW)	Maximale ruimte
Regelbare centrales	-	-
Nieuwe stations/velden	-	10
Converterstations	-	5
Elektrolyzers	1.900	20
Kerncentrale	-	-
Batterijen	900	25

Figuur 7-6 - Geertruidenberg



Uit de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte van Geertruidenberg blijkt dat de grootste aandachtspunten de nabije ligging van de woonkern van Geertruidenberg en aanwezigheid van NNN-gebied zijn. Realisatie van het maximale ruimtebeslag kan negatieve effecten op de leefomgeving hebben. Dit zijn aandachtspunten die mede de haalbaarheid van de ontwikkeling bepalen.

8 Bronnen

NetbeheerNL. (2021). Het Energiesysteem van de Toekomst: II3050.

TenneT. (2022). Retrieved from Ontwerpinvesteringsplan Net op land 2022-2031:

<https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/investeringsplannen>