

BIJLAGE XIb Beoordeling Structuurkeuzes en Systeemonwikkelingen - Milieu & Ruimte

Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur 2023

Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Definitief
02-06-2023



Pondera

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

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
IEA Programma Energiehoofdstructuur 2023

Versienummer
Definitief

Opdrachtgever
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Auteur
Maarten Jaspers Faijer, Roel van Ooij, Joeri de
Bekker, Roland van der Vliet

Nagekeken door
Mariëlle de Sain

Disclaimer

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



Inhoudsopgave

1	Beoordeling van structuurkeuzes	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Overzicht van de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen	2
1.3	Methodiek beoordeling	4
2	Structuurkeuze 1: Aanlanding windenergie op zee, kust of diep	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Opties van de structuurkeuze	5
2.3	Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding aan de kust	8
2.4	Effectbeoordeling van optie 2: diepe aanlanding	10
2.5	Conclusie effectbeoordeling	12
3	Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid	15
3.1	Inleiding	15
3.2	Opties in deze structuurkeuze	15
3.3	Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding dicht bij de vraag	18
3.4	Effectbeoordeling van optie 2: aanlanding op basis van beschikbare transportcapaciteit	20
3.5	Conclusie effectbeoordeling	22
4	Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering	24
4.1	Inleiding	24
4.2	Opties in deze structuurkeuze	24
4.3	Effectbeoordeling van optie 1: spreiding van hernieuwbare opwek	26
4.4	Effectbeoordeling van optie 2: clustering van hernieuwbare opwek	31
4.5	Conclusie effectbeoordeling	35
5	Structuurkeuze 4: Locaties clusters van elektrolyzers	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Opties in deze structuurkeuze	37
5.3	Effectbeoordeling van optie 1: clusters van elektrolyzers bij opwek	40
5.4	Effectbeoordeling van optie 2: clusters van elektrolyzers bij industrieclusters	44
5.5	Conclusie effectbeoordeling	47
6	Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales	49
6.1	Inleiding	49
6.2	Opties in deze structuurkeuze	49
6.3	Effectbeoordeling van optie 1: spreiding regelbare centrales	51
6.4	Effectbeoordeling van optie 2: clustering regelbare centrales op Barro-locaties	53
6.5	Conclusie	58
7	Structuurkeuze 6: Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden	60
7.1	Inleiding	60
7.2	Opties in deze structuurkeuze	61
7.3	Effectbeoordeling van optie 1: opslag waterstof in zoutcavernes	62
7.4	Effectbeoordeling van optie 2: opslag waterstof in lege gasvelden	64
7.5	Conclusie	66

8	Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie	67
8.1	Inleiding	67
8.2	Opties in deze structuurkeuze	67
8.3	Effectbeoordeling van optie 1: geen kernenergie	68
8.4	Effectbeoordeling van optie 2: energiesysteem met kernenergie	71
8.5	Conclusie	77
9	Structuurkeuze 8: Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import	78
9.1	Inleiding	78
9.2	Opties in deze structuurkeuze	78
9.3	Effectbeoordeling van optie 1: 100% import	79
9.4	Effectbeoordeling van optie 2: deels lokale productie	81
9.5	Conclusie	85
10	Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland	86
10.1	Inleiding	86
10.2	Opties in deze structuurkeuze	86
10.3	Effectbeoordeling van optie 2: wel extra doorvoer	87
10.4	Conclusie	88
11	Structuurkeuze 10: Geothermie of restwarmte?	89
11.1	Inleiding	89
11.2	Opties in deze structuurkeuze	89
11.3	Effectbeoordeling van optie 1: geothermie	89
11.4	Effectbeoordeling van optie 2: restwarmte	92
11.5	Conclusie	94
12	Systeemontwikkeling 11: Maximale elektrificatie	95
12.1	Inleiding	95
12.2	Effectanalyse	95
12.3	Conclusie	97
13	Systeemontwikkeling 12: Maximaal gebruik waterstof	98
13.1	Inleiding	98
13.2	Effectanalyse	98
13.3	Conclusie	100
14	Systeemontwikkeling 13: Gebruik groengas/methaan	101
14.1	Inleiding	101
14.2	Effectanalyse	101
14.3	Conclusie	102
15	Bronnen	103

1 Beoordeling van structuurkeuzes

1.1 Inleiding

Op basis van de analyse van de knelpunten die zich niet in alle scenario's voordoen, zijn in totaal dertien structuurkeuzes en systeemontwikkelingen geformuleerd. Deze zijn gebaseerd op de verschillende scenario's die zijn gebruikt.

Voor (bijna) elke structuurkeuze zijn twee verschillende opties uitgewerkt. Elke optie bestaat uit een samenstelling van niet-robuste en robuuste ontwikkelingen van de energie-infrastructuur waarmee knelpunten kunnen worden opgelost. Per structuurkeuze zijn de opties zo geformuleerd dat er tussen de opties inzicht ontstaat in het verschil in knelpunten en bijbehorende ontwikkelingen. De systeemtechnische beschrijving van de structuurkeuzes en de oplossingsrichtingen zijn opgenomen in Bijlage VIII.

De individuele ontwikkelingen zijn op ruimtelijke en milieueffecten beoordeeld in Bijlage XIa (Beoordeling Milieu & Ruimte (robuuste) ontwikkelingen). In deze voorliggende bijlage worden voor de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen de ontwikkelingen in samenhang beschouwd en beoordeeld, dit is op een hoger abstractieniveau gedaan dan de beoordeling van de individuele ontwikkelingen. Zie Bijlage I Woordenboek voor uitleg van gebruikte termen in dit document.

Disclaimer Milieu & Ruimte

Voor de effectbeoordeling van Milieu & Ruimte zijn in deze IEA onderbouwde aannames gedaan over ruimtebeslag, potentiële locaties en ruimtelijke tracéopties van verschillende onderdelen van het energiesysteem. Dit is gedaan om de belangrijkste effecten te beoordelen en op basis hiervan ontwikkelrichtingen voor de energiehoofdstructuur te kunnen opnemen in het PEH. Het is niet bedoeld om exacte locaties en/of tracés te kiezen, dit gebeurt in planologische (vervolg)procedures voor een specifiek(e) locatie of tracé. Voorafgaand aan deze procedures wordt eerst een investeringsbeslissing genomen door een netbeheerder* of andere (private) initiatiefnemer. In de planologische procedures vindt in samenspraak met de omgeving nader (lees meer gedetailleerd) onderzoek plaats naar verschillende opties en effecten aan de hand van de op dat moment meest recente informatie. Op basis hiervan wordt een beslissing genomen over een precieze ligging van een tracé of locatie. Dit kan onder meer betekenen dat informatie uit deze IEA door de tijd achterhaald is en/of aangevuld dient te worden. De bevindingen van de IEA/PEH worden wel meegenomen in deze procedures; het PEH vormt het kader voor de uitwerking in deze vervolgpcedures.

*De netbeheerders maken hierbij een afweging voor de beste nettechnische oplossing.

1.2 Overzicht van de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen

Tabel 1-1 zijn de dertien structuurkeuzes en systeemontwikkelingen opgenomen. Naast de structuurkeuze wordt ook per optie aangegeven op welk scenario dit is gebaseerd. Zie Bijlage VIII voor een uitgebreide beschrijving van de structuurkeuzes en systeemontwikkelingen.

Tabel 1-1 Overzicht structuurkeuzes

Nr.	Structuurkeuze	Scenario optie 1	Scenario optie 2
1	Aanlanding windenergie op zee, kust of diep	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
2	Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid	Nederland Energieland Europese Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
3	Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
4	Locatie clusters van elektrolyzers ¹	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
5	Spreiding of clustering regelbare centrales	Nederland Energieland Europese Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
6	Waterstofopslag in zoutcavernes of lege ² gasvelden	Sterke Knopen Nationale Sturing	Sterke Knopen Europese Sturing
7	Toepassing kernenergie	Sterke Knopen Europese Sturing	Sterke Knopen kernenergie
8	Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import	Nederland Energieland Nationale Sturing	Sterke Knopen Nationale Sturing
9	Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland ³	Nederland Energieland Internationale Sturing, alleen import/export voor Nederlands belang	Nederland Energieland Internationale Sturing, extra import/export voor doorvoer van/naar buitenland
10	Geothermie of restwarmte ⁴	Nederland Energieland Nationale Sturing	Nederland Energieland Europese Sturing
Nr.	Systeemontwikkeling	Scenario optie 1	Scenario optie 2
11	Maximale elektrificatie	Niet gebaseerd op scenario's	
12	Maximaal gebruik waterstof ⁵	Nederland Energieland Internationale Sturing	
13	Gebruik groengas/methaan ⁶	Nederland Energieland Europese Sturing	

¹ Bij deze structuurkeuze verschilt het energetische scenario van de twee opties. Dit betekent dat het lastiger is om deze opties onderling te vergelijken. Hiervoor zijn de effecten van beide opties genormaliseerd (meer hierover in paragraaf 4.4).

² Bij deze structuurkeuze verschilt het energetische scenario van de twee opties. Dit betekent dat het lastiger is om deze te vergelijken. Hiervoor zijn de effecten van beide opties genormaliseerd.

³ Deze structuurkeuze heeft alleen effect op overige buisleidingen en is daarom niet gebaseerd op een doorberekening van de netbeheerders.

⁴ Deze structuurkeuze heeft alleen effect op warmte-infrastructuur en is daarom niet gebaseerd op een doorberekening van de netbeheerders.

⁵ Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de effecten van het scenario Internationale Sturing (maximaal gebruik waterstof) ten opzichte van de robuuste knelpunten en oplossingsrichtingen.

⁶ Bij deze structuurkeuze wordt gekeken naar de effecten van het scenario Internationale Sturing (maximaal gebruik groengas) ten opzichte van de robuuste knelpunten en oplossingsrichtingen.

Leeswijzer

In bijlage 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 Xlb.

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** (zie bijlage Xla H9) en Middenmeer (zie bijlage Xla H13) en voor de niet-robuuste ontwikkelingen van **380kV-verbindingen** (zie bijlage Xla H25) en **Kop van Noord-Holland** (zie 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.

1.3 Methodiek beoordeling

Voor de beoordeling van de (robuuste) ontwikkelingen (zie Bijlage Xla) en de beoordeling van de structuurkeuzes in dit document, wordt dezelfde beoordelingsmethodiek toegepast – zij het op een hoger abstractieniveau. Zie Bijlage X voor een toelichting van de beoordelingsmethodiek Milieu & Ruimte. Elke structuurkeuze bevat een tweetal opties. Een optie kan onderdelen bevatten die niet tot de scope van PEH behoren en waarvoor PEH geen reserveringen, ontwikkelrichtingen en randvoorwaarden bevat. Deze onderdelen kunnen wel (grote) ruimtelijke en milieueffecten tot gevolg hebben. Hierbij kan gedacht worden aan clustering of spreiding van de energie-opwek van wind en zon op land en het wel of niet opwekken van kernenergie. Voor het formuleren van de ontwikkelrichtingen voor PEH is het van belang om ook op hoofdlijnen inzicht te hebben in deze effecten en daarom worden ze meegenomen in de effectbeoordeling van de structuurkeuzes.

In de beoordeling wordt eerst een overzicht gegeven van welke elementen en onderdelen van het energiesysteem deel zijn van de ontwikkelingen per optie en om welk ruimtebeslag het gaat. De onderscheiden elementen en onderdelen van het energiesysteem staan in Tabel 1-2.

Tabel 1-2 Overzicht elementen en te beoordelen onderdelen

Element	Onderdeel	Ruimtebeslag door
Opwek/productie	Regelbare centrales	Nieuw te plaatsen centrales
	Elektrolyzers	Nieuw te plaatsen elektrolyzers
	Kernenergie	Nieuw te plaatsen centrales
	Zon op land	Nieuw te plaatsen zon-pv
	Wind op land	Nieuw te plaatsen wind op land
	Import	Omvang van energie-import, importterminals
Opslag	Batterijen	Nieuw te plaatsen batterijen
	Waterstofopslag in zoutcavernes	Nieuw te creëren zoutcavernes
Elektriciteitsinfrastructuur	Verbindingen	Nieuw aan te leggen bovengrondse verbindingen
	Hoogspanningsstations	Nieuw te plaatsen hoogspanningsstations inclusief velden
Methaan & waterstofinfrastructuur	Verbindingen	Nieuw aan te leggen ondergrondse verbindingen

Alle ontwikkelingen van verbindingen, stations, batterijen, regelbare centrales en elektrolyzers in de structuurkeuzes zijn separaat beoordeeld in Bijlage Xla. Deze beoordelingen zijn gebruikt om op een hoger abstractieniveau de effecten van de structuurkeuzes te beoordelen. Voor ieder onderdeel is het ruimtebeslag weergegeven, zijn vervolgens de effecten van dit ruimtebeslag geanalyseerd en gezamenlijk beoordeeld per optie van een structuurkeuze of systeemontwikkeling.

2 Structuurkeuze 1: Aanlanding windenergie op zee, kust of diep

2.1 Inleiding

In verschillende scenario's wordt een aanzienlijke omvang voor windenergie op zee voorzien in het energiesysteem van 2050. Deze op zee opgewekte energie moet aan land worden gebracht en naar de afnemer worden getransporteerd. In deze structuurkeuze gaat het met name om de elektrische infrastructuur. Door deze energie als elektriciteit aan te landen, is een aanzienlijk transport van de aanlandingslocaties naar het binnenland nodig. Dit kan via het reguliere hoogspanningsnet of (gedeeltelijk) via ondergrondse HVDC-verbindingen. Voor het beoordelen van het thema Milieu & Ruimte is het ruimtebeslag van de benodigde energie-infrastructuur beoordeeld onderverdeeld in puntinfrastructuur en verbindingen. Uitgebreide beoordelingen van specifieke locaties of verbindingen staan in Bijlage Xla.

2.2 Opties van de structuurkeuze

Op basis van het scenario Nationale Sturing – waarin 52 GW windenergie op zee zal aanlanden – worden voor deze structuurkeuze twee opties onderzocht:

- Optie 1: Grootschalige aanlanding van windenergie op zee aan de kust.
- Optie 2: Grootschalige aanlanding zowel aan de kust, maar ook een deel dieper landinwaarts: bij Diemen (6 GW i.p.v. aanlanding bij Middenmeer/Den Helder) en bij Maasbracht (6 GW, i.p.v. aanlanding op de Maasvlakte).

Tabel 2-1 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen (puntinfrastructuur en verbindingen) per optie.

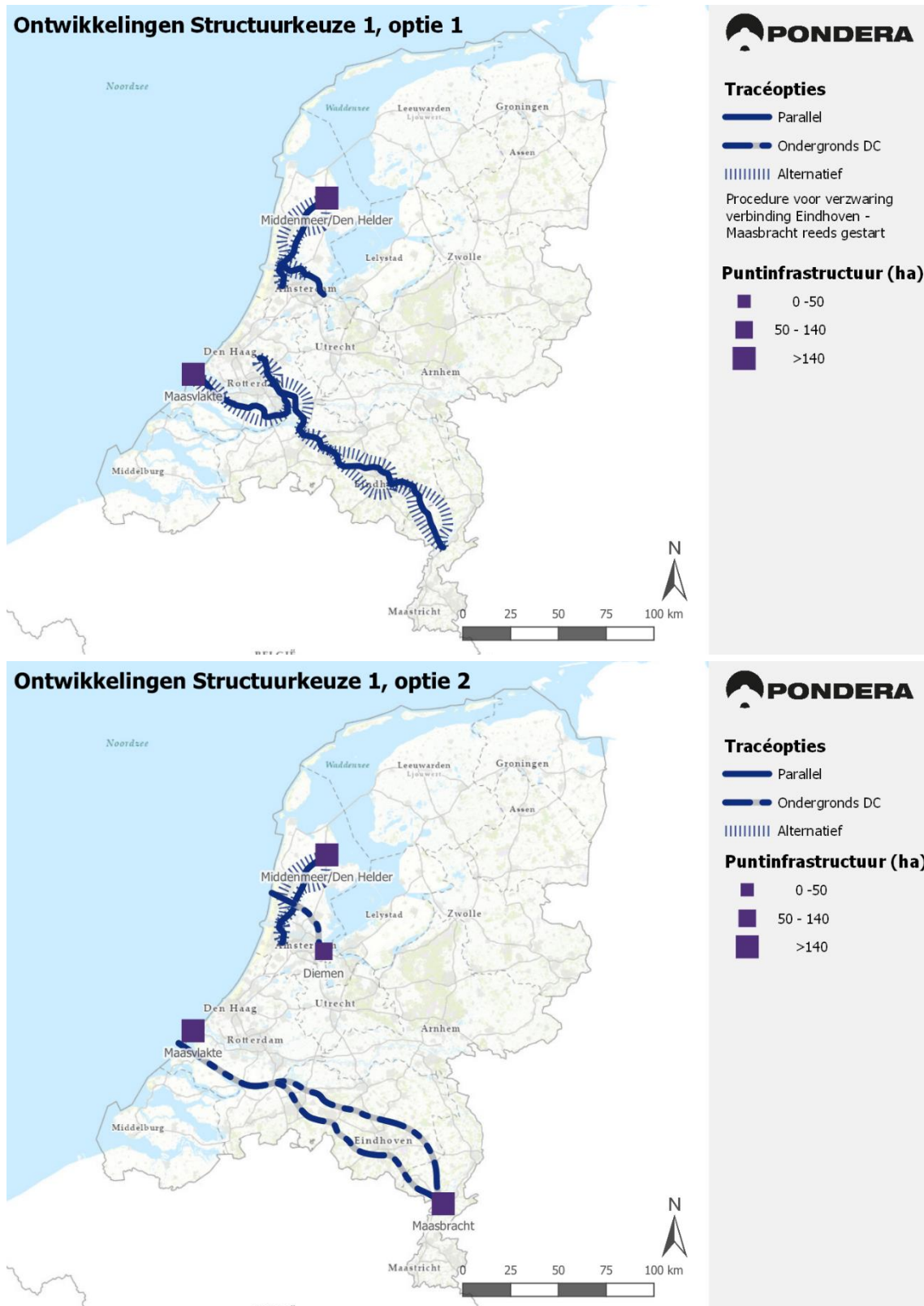
Tabel 2-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland	Eenheid
Elektrolyzers			
Middenmeer/Den Helder	90-145	55-90	ha
Diemen	0	35-55	ha
Maasvlakte	105-170	70-115	ha
Maasbracht	0	35-55	ha
Batterijen			
Middenmeer/Den Helder	180	115	ha
Diemen	0	55	ha
Maasvlakte	200	145	ha
Maasbracht	0	85	ha
380kV-stations			
Middenmeer/Den Helder	50	30	ha
Diemen	0	20	ha
Maasvlakte	40	30	ha
Maasbracht	0	20	ha
Converterstations			
Middenmeer/Den Helder	40	25	ha
Diemen	0	15	ha

Onderdeel	Optie 1: aanlanding aan kust	Optie 2: aanlanding gedeeltelijk in binnenland	Eenheid
Maasvlakte	35	15	ha
Maasbracht	0	15	ha
Verbindingen elektra			
380kV-verbindingstracé (bovengronds) ⁷	335	60	Km
HVDC-kabeltracé (ondergronds)	0	225	Km
Methaan- en waterstofinfrastructuur			
Niet onderscheidend			

⁷ Hier is uitgegaan van de (afgeronde) lengte van bestaande lijnen tussen twee hoogspanningsstations. In de praktijk is het niet altijd mogelijk een verbinding parallel te realiseren en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn. Voor nog niet bestaande verbindingen is de kortste lengte van de onderzochte tracéopties gebruikt.

Figuur 2-1 Oplossingsrichtingen verbindings structuurkeuze 1 optie 1* en optie 2



* Procedure voor verzwaring verbinding Eindhoven – Maasbracht en Kop van NH is reeds gestart/ start op korte termijn.

2.3 Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding aan de kust

2.3.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Figuur 2-1 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en stations. In deze paragraaf wordt het ruimtebeslag van deze onderdelen gezamenlijk per locatie beoordeeld. De effecten van deze nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is veel industriële bebouwing aanwezig en liggen ook voor een groot deel PR10⁻⁶-risicocontouren als gevolg van deze bestaande bebouwing. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Bij Middenmeer/Den Helder geeft het grote ruimtebeslag op agrarisch gebied dat nodig is voor de combinatie van onderdelen (station, batterijen en elektrolyzers), effecten op verspreide woningen en recreatie een grote kans op effecten. De overige aspecten binnen de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

De combinatie van ruimtebeslag voor puntinfrastructuur betekent een grote kans op effecten op de Maasvlakte. De ruimte vraag die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Ook bij Middenmeer/Den Helder geeft de ruimtebehoefte voor puntinfrastructuur een grote kans op effecten. De benodigde ruimte lijkt hiervoor beschikbaar maar gaat ten koste agrarisch bestemde grond. De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

Voor de Maasvlakte is er een middelgrote kans op effecten op Natura 2000-gebieden in de directe omgeving. Voor Middenmeer/Den Helder is er in beperkte mate sprake van zettingsgevoeligheid, maar dit leidt tot een kleine kans op effecten. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

2.3.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 2-2 staan de verbindingen die bij aanlanding aan de kust (optie 1) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door de aanlanding van opgewekte elektriciteit nabij de kust is er veel infrastructuur nodig om deze elektriciteit verder naar het binnenland te transporteren. Met name vanuit de Maasvlakte en de aanlandingslocaties in Noord-Holland is er te weinig capaciteit om het aanbod dieper landinwaarts af te voeren naar de vraag. De effecten van deze 'nieuwe' verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 2-2 Benodigde nieuwe infra bij optie 1 aanlanding bij de kust

Verbinding	Type	Ingreep
Middenmeer – Beverwijk	380kV	Nieuwe infra
Beverwijk – Oostzaan		Nieuwe infra
Beverwijk – Vijfhuizen		Nieuwe infra
Oostzaan – Diemen		Nieuwe infra
Maasvlakte – Simonshaven		Nieuwe infra
Simonshaven – Crayestein		Nieuwe infra
Crayestein – Krimpen		Nieuwe infra
Krimpen – Bleiswijk		Nieuwe infra
Krimpen – Geertruidenberg		Nieuwe infra
Geertruidenberg – Tilburg		Nieuwe infra
Tilburg – Eindhoven		Nieuwe infra
Eindhoven – Maasbracht*		Nieuwe infra

* Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

Occupatielaag

De locaties waar nieuwe verbindingen nodig zijn liggen tussen de Maasvlakte en Maasbracht en in de provincie Noord-Holland. Hierbij geeft met name in het zuiden van Noord-Holland de grote bebouwingsdichtheid een grote kans op effecten. De inschatting is dat meerdere verbindingen in deze provincie op de wijze zoals onderzocht (bovengrondse aanleg) niet haalbaar zijn. Voor de verbindingen tussen Maasvlakte en Maasbracht geeft de aanwezige (lint)bebouwing bij de verbindingen rondom de stations Geertruidenberg, Crayestein, Krimpen aan den IJssel en Bleiswijk een grote kans op effecten. Dit heeft invloed op de haalbaarheid van deze nieuwe verbindingen. De overige aspecten binnen de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

Bij de netwerklaag zijn ruimtebeslag de belangrijkste aspecten die invloed hebben op de beoordeling. Voor verbindingen waar nieuwe infrastructuur nodig is, is er zeer beperkte ruimte in het zuiden van Noord-Holland. Ook de aansluiting op de hoogspanningsstations is complex vanwege beperkt beschikbare ruimte. Dit geeft een grote kans op effecten. Daarnaast geeft het doorsnijden van NNN-gebieden een grote kans op effecten. De aansluiting op de 380kV-stations Geertruidenberg en Crayestein is niet zondermeer mogelijk vanwege de al aanwezige elektriciteitsinfrastructuur en overige aanwezige objecten en belemmeringen. In het industriële gebied van de Maasvlakte is de ruimte zeer beperkt vanwege de aanwezige infrastructuur en industriële activiteiten. Dit geeft een grote kans op effecten. De overige aspecten in de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

In de ondergrondlaag is Natura 2000 een belangrijke factor voor de bovengrondse nieuwe verbindingen. Er zijn verschillende verbindingen die Natura 2000-gebieden kruisen of in de buurt liggen. Er is een grote kans op aanvaringsslachtoffers onder vogels vanwege de nieuwe verbindingen. Ook vinden in Noord-Holland kruisingen met provinciaal beschermde weidevogelgebieden plaats. Dit betekent een grote kans op effecten. Delen van verbindingen in het zuiden van Noord-Holland en ten noorden van Geertruidenberg liggen respectievelijk in werelderfgoed-gebieden Stelling van Amsterdam en Hollandse Waterlinie. Dit geeft een grote kans op effecten. Met betrekking tot landschap geldt op hoofdlijnen dat de kans op negatieve effecten bij optie 1 groot is. Met name in Noord-Holland zijn er meerdere conflictpunten tussen nieuwe bovengrondse verbindingen en de Stelling van Amsterdam en de Bijzondere Provinciale Land-

schappen (BPL's). Verder zijn er negatieve effecten te verwachten in de Nationale Landschappen Hoeksche Waard, Hollandse Waterlinie en Groene Hart. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling op de beoordeling.

2.3.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van aanlanding aan de kust (optie 1) beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

2.4 Effectbeoordeling van optie 2: diepe aanlanding

2.4.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Figuur 2-1 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust en dieper landinwaarts te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en hoogspannings- en convertersstations. Hieronder wordt per locatie het ruimtebeslag van deze onderdelen gezamenlijk beoordeeld, de effecten van nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is er veel industriële bebouwing aanwezig en liggen ook veel PR10⁶-risicocontouren. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Bij Middenmeer/Den Helder leidt het grote ruimtebeslag op agrarisch gebied voor de benodigde ruimte voor de combinatie van een hoogspanningsstation, opslag (batterijen) en opwek/productie (elektrolyzers) tot een middelgrote kans op effecten. Voor Diemen geldt dat de Barro-locatie niet voldoende ruimte biedt, de directe omgeving van deze locatie betreft overwegend woonkernen of recreatiegebied en voor een deel landbouw. De kans op effecten is groot. Bij Maasbracht is er een grote kans op effecten omdat de Barro-locatie niet voldoende ruimte biedt voor de nieuwe hoogspanningsstations in combinatie met opslag en opwek/productie. Eventuele uitbreiding van de Barro-locatie heeft effect op aanwezige woonkernen, recreatiegebieden en landbouwgronden. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

De combinatie van ruimtebeslag voor puntinfrastructuur geeft een grote kans op effecten op de Maasvlakte. De ruimtevraag die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Daarnaast is er een middelgrote kans op effecten voor NNN-gebieden die rondom de Rotterdamse haven liggen. Ook bij Middenmeer/Den Helder is de combinatie van ruimtebehoefte van puntinfrastructuur van invloed, dit betekent een grote kans op effecten. De benodigde ruimte lijkt hiervoor beschikbaar maar gaat ten koste agrarisch bestemde grond. Voor Diemen is het gebrek aan ruimte ook het grootste knelpunt. Door een hoge dichtheid aan infrastructuur (hoogspanningsstations, verbindingen, gasinfrastructuur en wegen) en NNN-gebieden en zeer beperkte uitwijkmogelijkheden is de kans op effecten groot. Het ruimtebeslag dat nodig is in Maasbracht geeft een grote kans op effecten door aanwezigheid van veel bovengrondse hoogspanningsinfrastructuur, een rijksweg en vaarwegen. Ook is NNN-gebied in de directe omgeving aanwezig. De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

Voor de Maasvlakte zijn er geen aandachtspunten voor de ondergrondlaag (kleine kans op effecten). Voor Middenmeer/Den Helder speelt voornamelijk de zettingsgevoeligheid van het gebied, dit geeft een middelgrote kans op effecten. De kans op effecten bij Diemen is middelgroot door ligging aangrenzend aan Natura 2000-gebied en de Stelling van Amsterdam. Bij Maasbracht zijn enkele archeologische waarden aanwezig en zijn er maatregelen nodig tegen overstromingsgevoeligheid van het gebied. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

2.4.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 2-3 staan de verbindingen die bij diepe aanlanding van windenergie op zee (optie 2) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door de aanlanding van opgewekte elektriciteit zowel bij de kust als dieper landinwaarts is de hoeveelheid nieuwe benodigde 380kV-infrastructuur beperkt. Veel knelpunten kunnen met redispatch of verzwaring van de bestaande verbindingen worden opgelost. Voor de diepe aanlanding zijn er wel twee langere ondergrondse gelijkstroomverbindingen nodig vanuit de kust landinwaarts naar Diemen en Maasbracht, waarbij ook een converterstation nodig is om de stroom van gelijkstroom naar wisselstroom om te zetten. De effecten van deze verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 2-3 Benodigde nieuwe infra bij optie 2 diepe aanlanding

Verbinding	Type	Ingereep
Middenmeer – Beverwijk	380kV	Nieuwe infra
Beverwijk – Vijfhuizen		Nieuwe infra
HVDC-kabel Maasvlakte – Maasbracht	HVDC	Drie nieuwe ondergrondse 2 GW-kabels
HVDC-kabel Egmond – Diemen		Drie nieuwe ondergrondse 2 GW-kabels
Converterstation Diemen		Drie nieuwe converterstations
Converterstation Maasbracht		Drie nieuwe converterstations

Onzekerheden modellering diepe aanlanding windenergie op zee

Voor deze studie heeft TenneT een beperkte knelpuntenanalyse gedaan, waarin alleen het Nederlandse hoogspanningsnetwerk is gemodelleerd. Import en export met de omliggende landen (bijvoorbeeld Duitsland) is in deze studie naar rato verdeeld over de capaciteit van de interconnectoren met het desbetreffende land, terwijl in realiteit de elektriciteit (enigszins vereenvoudigd) de weg kiest van de minste weerstand tussen opwek en vraag. Een diepere aanlanding richting Maasbracht (en hiermee een grote verandering in de locatie van invoeding op het net), dat met interconnectoren zowel met België als Duitsland is verbonden, heeft daarom een grote invloed op de stroomrichting van het Europese elektriciteitsnetwerk. De impact van grote hoeveelheden diepere aanlanding van windenergie op zee kan daarom slecht worden ingeschat met het gebruikte Nederlandse model en zou in meer detail verder moeten worden onderzocht.

Occupatielaag

De verbindingen waarbij nieuwe infrastructuur benodigd is voor het 380kV-net concentreren zich rondom 380kV-station Beverwijk. Dit station ligt in bebouwd gebied met weinig uitbreidingsmogelijkheden vanwege een bedrijventerrein met winkels inclusief parkeerterrein en op iets grotere afstand woningen van de kern van Beverwijk. De aanlanding op dit station geeft daarom een grote kans op effecten. Het tracé richting Vijfhuizen ligt ook grotendeels in recreatief of bebouwd gebied. Hier is een grote kans op effecten. De ondergrondse HVDC-kabel naar Diemen heeft meer flexibiliteit om bebouwd gebied te vermijden. Nabij het IJ en Diemen is de ruimte zeer beperkt te midden van recreatiegebied en woningen bij IJburg, dit is

een middelgrote kans op effecten. Ook voor de HVDC-kabel naar Maasbracht geldt dat er veel flexibiliteit is om bebouwing te vermijden. Tijdens de aanleg in agrarisch gebied is er hinder, maar na de aanlegfase is er geen tot weinig effect. Dit leidt tot een middelgrote kans op effecten. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

Er is beperkt beschikbare ruimte voor de bovengrondse 380kV-verbindingen rondom station Beverwijk en tussen Beverwijk en Vijfhuizen. Voor de verbinding Beverwijk–Vijfhuizen geldt dat de ruimte zeer beperkt is en daarmee is de kans op effecten op bestaand ruimtegebruik groot. Ook het doorsnijden van NNN-gebieden geeft een grote kans op effecten.

Voor de ondergrondse HVDC-kabels is het kruisen van primaire waterkeringen een aandachtspunt. Met name de kruising van de waterkeringen bij de kust (duinen en de Haringvlietdam) zijn complex. Ook is het kruisen van de Maas met grindige bodem nabij Maasbracht complex. Het doorkruisen van meerdere NNN-gebieden betekent een middelgrote kans op effecten. Maar de verbindingen kunnen ook kansen bieden voor de netwerkfunctie van NNN door een habitatype te stimuleren die goed te combineren is met een bovengrondse of ondergrondse verbinding. De overige aspecten in de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

Voor de bovengrondse 380kV-verbindingen zijn landschap en cultuurhistorie belangrijke aspecten. De verbindingen liggen (deels) in werelderfgoed Stelling van Amsterdam en Bijzonder Provinciaal Landschap Westfriese Omringdijk. Hier bestaat er een grote kans op negatieve effecten op landschap. Voor de ondergrondse HVDC-kabel Egmond-Diemen is zettingsgevoeligheid een belangrijke factor. Dit maakt de ondergrondse aanleg in veengebieden complex. Bij de aanleg is er ook een kans op effecten op Natura 2000-gebieden Noordhollands Duinreservaat en Markermeer & IJmeer. De verbinding Haringvliet–Maasbracht kruist meerdere grondwaterbeschermingsgebieden. Dit betekent een grote kans op effecten en maakt de realisatie (ruimtelijk) complex. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling of de effecten kunnen met tracéoptimalisaties worden beperkt.

2.4.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van een diepe aanlanding (optie 2) beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

2.5 Conclusie effectbeoordeling

Deze paragraaf bevat voor deze structuurkeuze de grootste aandachtspunten van de effectbeoordeling per optie. Daarna volgt een conclusie waarin de twee opties naast elkaar worden beschouwd.

2.5.1 Optie 1: aanlanding aan de kust

Voor aanlanding aan de kust moet een groot aantal bovengrondse 380kV-verbindingen gerealiseerd worden om de geproduceerde windenergie op zee verder het land in te transporteren. Het gaat hier om verbindingen tussen de Maasvlakte en Maasbracht en verschillende verbindingen in Noord-Holland. Daarnaast is het ruimtebeslag van de puntinfrastructuur gebundeld op twee locaties (Maasvlakte en Middenmeer/Den Helder). De kans op effecten van de grote hoeveelheid bovengrondse 380kV-verbindingen op het landschap is groot, zeker als blijkt dat nieuwe verbindingen niet parallel aan

bestaande verbindingen kunnen worden aangelegd. De hoogspanningsverbindingen resulteren in een grote kans op effecten op vogels door aanvaringsslachtoffers. Daarnaast is de beschikbare ruimte voor realisatie van de verbindingen een groot aandachtspunt. In Noord-Holland zijn de combinatie van gebrek aan ruimte, stedelijk gebied en de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam belangrijke aandachtspunten waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van enkele verbindingen op bovengrondse wijze niet haalbaar is. Ook lijkt de haalbaarheid van de verbindingen op bovengrondse wijze ten oosten van Rotterdam klein vanwege de aanwezige lintbebouwing. Specifiek bij de 380kV-stations Geertruidenberg en Crayestein is er rondom deze locatie weinig ruimte voor de aanlanding van nieuwe verbindingen.

Voor puntinfrastructuur geldt dat de ruimtedruk hoog is omdat deze infrastructuur op twee locaties wordt voorzien. Dit levert een groot ruimtebeslag op voor de Rotterdamse haven en Middenmeer/Den Helder. Als er prioriteit wordt gegeven aan de realisatie van energie-infrastructuur en ruimte vrijgemaakt wordt, is deze ruimte beschikbaar. Dit kan wel ten koste gaan van andere gebruiksfuncties. In Rotterdam gaat dit om overige industrie en in Middenmeer gaat dit ten koste van landbouwgrond of glastuinbouw.

Vanuit nationaal perspectief gekeken heeft aanlanding aan de kust een grote impact op een deel van Nederland door de grote hoeveelheid bovengrondse infrastructuur. Deze effecten treden met name op in de netwerklaag (ruimtebeslag, NNN) en de ondergrondlaag (landschap, Natura 2000).

2.5.2 Optie 2: diepe aanlanding

Bij een diepe aanlanding zijn er in Noord-Holland een aantal bovengrondse 380kV-verbindingen en twee ondergrondse HVDC-kabels vanuit de windenergiegebieden op zee naar Diemen en Maasbracht nodig. Op deze manier wordt het landelijk hoogspanningsnet ontlast door windenergie op zee gedeeltelijk direct landinwaarts aan te sluiten in plaats van enkel bij de Maasvlakte en Middenmeer/Den Helder. Dit betekent ook dat het ruimtebeslag van puntinfrastructuur verdeeld wordt over de vier bovengenoemde locaties.

De kans op effecten van de bovengrondse 380kV-verbindingen in Noord-Holland op het landschap is groot, zeker als blijkt dat nieuwe verbindingen niet parallel aan bestaande verbindingen kunnen worden aangelegd. Ook de invloed op vogels door aanvaringsslachtoffers geeft een grote kans op effecten. Daarnaast is de beschikbare ruimte een groot aandachtspunt. In Noord-Holland is de combinatie van gebrek aan ruimte, stedelijk gebied en de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam een belangrijk aandachtspunt waardoor er ingeschat wordt dat de realisatie van enkele verbindingen op bovengrondse wijze niet haalbaar is.

De ondergrondse HVDC-verbinding naar Diemen geldt dat het kruisen van zettingsgevoelig gebied (zoals veengronden) een aandachtspunt is met grote kans op effecten. Dit maakt de aanleg van de kabel complex. Voor de HVDC-verbinding naar Maasbracht geldt dat het kruisen van enkele waterwingebieden in Brabant een grote kans op effecten heeft. Ook dit compliceert de aanleg. Deze gebieden kunnen mogelijk door tracéoptimalisatie deels ontweken worden.

Voor puntinfrastructuur geldt dat het ruimtebeslag wordt verdeeld tussen vier locaties. Bij de locatie Diemen is hiervoor echter niet/nauwelijks ruimte beschikbaar, ook bij Maasbracht lijkt het lastig om de benodigde ruimte te vinden. Dit geeft een grote kans op effecten.

Vanuit nationaal perspectief heeft diepe aanlanding een iets minder grote impact op de netwerklaag (ruimtebeslag, NNN) en de ondergrondlaag (landschap, Natura 2000) dan aanlanding aan de kust als gevolg van het deels ondergronds aanleggen van de infrastructuur. Ondergrondse aanleg is echter complex en ook niet zonder kans op effecten.

2.5.3 Conclusie

De effecten van deze structuurkeuze worden opgedeeld in de delen noord en zuid. Bij noord gaat het voornamelijk om infrastructuur benodigd in Noord-Holland, zuid betreft de lijn Maasvlakte-Maasbracht.

Noord

Er zijn verschillende aandachtspunten en een grote kans op effecten bij de realisatie van verbindingen in Noord-Holland Noord. Dit is grotendeels gelijk voor beide opties. Door toepassing van diepe aanlanding (optie 2) bij Diemen vormen de verbindingen Beverwijk–Oostzaan en Oostzaan–Diemen geen knelpunt, waardoor in tegenstelling tot aanlanding aan de kust (optie 1) hier geen kans op effecten ontstaat. De ondergrondse HVDC-verbinding die hiervoor in de plaats komt heeft een kleiner ruimtebeslag en grotere flexibiliteit in de ligging van het tracé. Hierdoor is realisatie van een ondergrondse HVDC-verbinding over het algemeen ruimtelijk makkelijker haalbaar dan een bovengrondse 380kV-verbinding.

De puntinfrastructuur in noord wordt bij aanlanding aan de kust (optie 1) volledig voorzien in Middenmeer/Den Helder. Bij diepe aanlanding (optie 2) is Diemen ook onderdeel van deze verdeling waardoor de ruimtedruk per locatie minder is. De verlichting van de ruimtedruk op locatie Middenmeer/Den Helder en verschillende verbindingen leveren bij diepe aanlanding een ruimtelijk knelpunt bij Diemen op. Door het gebrek aan ruimte bij Diemen heeft de puntinfrastructuur een grote kans op effecten en wordt hiermee niet als haalbaar geacht. Er kan overwogen worden om de diepe aanlanding bij Diemen te verplaatsen naar een nader te bepalen locatie waar meer ruimte is voor de bijbehorende puntinfrastructuur.

Zuid

In zuid zijn bij aanlanding aan de kust nieuwe bovengrondse verbindingen tussen Maasvlakte en Eindhoven nodig, deze hebben een grote kans op effecten. Dit betreft met name landschap, natuur (aanvaringsslachtoffers) en ruimtebeslag. Bij diepe aanlanding is er sprake van een ondergrondse HVDC-kabel naar Maasbracht. Hier is een grote kans op effecten op bodem en grondwater. Zoals eerder genoemd is de realisatie van een ondergrondse HVDC-verbinding over het algemeen ruimtelijk beter haalbaar dan een bovengrondse 380kV-verbinding vanwege de flexibiliteit voor de tracéligging en het kleinere ruimtebeslag.

De puntinfrastructuur in zuid wordt bij aanlanding aan de kust volledig voorzien op de Maasvlakte, bij optie 2 wordt Maasbracht hieraan toegevoegd. Dit levert een vermindering van de ruimtedruk per locatie op bij optie 2 en dit betekent dat de kans op effecten kleiner is bij diepe aanlanding (optie 2) dan bij aanlanding aan de kust (optie 1).

Vanuit nationaal ruimtelijk perspectief heeft diepe aanlanding minder grote kans op effecten dan aanlanding aan de kust. In deze optie is er een minder grote kans op effecten op landschap, natuur en ruimtebeslag. Wel is er in deze optie lokaal sprake van een grote kans op effecten (bijvoorbeeld Diemen). Daarnaast is naar verwachting realisatie van de ondergrondse verbindingen makkelijker haalbaar is dan de bovengrondse verbindingen. Dit neemt niet weg dat er bij diepe aanlanding (optie 2) aandachtspunten zijn bij de aanleg van de HVDC-kabels en bij de bovengrondse verbindingen in Noord-Holland. Daarnaast kan overwogen worden om de diepe aanlanding bij Diemen naar een andere nader te bepalen locatie te verplaatsen met meer beschikbare ruimte, waardoor er minder effecten op Milieu & Ruimte optreden.

3 Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee, geconcentreerd of verspreid

3.1 Inleiding

In de Nederland Energieland scenario's zijn zes locaties aan de kust meegenomen voor de aanlanding van windenergie op zee. In elk scenario is dezelfde relatieve verdeling over deze aanlandingslocaties meegenomen. Bij deze verdeling landt het grootste gedeelte van de elektriciteit uit windenergie op zee aan in Noord- en Zuid-Holland, aangezien de elektriciteitsvraag daar het hoogste is. Het idee hierachter is dat op die manier een groter gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt kan worden en dat er in totaal minder transport van elektriciteit nodig is.

Dit is echter niet de enige denkbare verdeling. Een andere mogelijkheid is om de verdeling te baseren op de beschikbare transportcapaciteit op het 380kV-net. Bij deze verdeling wordt nog steeds een groot gedeelte van de elektriciteit direct gebruikt, maar wordt het deel dat niet direct nabij de aanlandingspunten verbruikt wordt anders verdeeld over de aanlandingslocaties zodat deze beter aansluiten bij de beschikbare afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet. Bij deze verdeling zal een groter gedeelte van de windenergie op zee aanlanden in Zeeland en in Groningen bij Eemshaven. Uitgebreide beoordelingen van specifieke locaties of verbindingen staan in Bijlage XIa.

3.2 Opties in deze structuurkeuze

Bij deze structuurkeuze vormt het scenario 'Europese Sturing' de basis. Voor het Sterke Knopen is er een alternatieve verdeling over de aanlandingslocaties meegenomen met focus op beschikbare transportcapaciteit. Deze verdeling is gebaseerd op het 32 GW scenario van de studie Systeemintegratie wind op zee 2030-2040 (RVO, 2021). Er worden twee opties bij deze structuurkeuze bekeken:

- Optie 1: Aanlanding van 30 GW dicht bij de vraag, volgens de verdeling van Nederland Energieland Europese Sturing. Bij deze verdeling landt een groot deel van de energie aan op de Maasvlakte en in Noord-Holland. De aanlanding in Groningen en Zeeland is relatief beperkt.
- Optie 2: Aanlanding van 30 GW op basis van beschikbare transportcapaciteit. Dit is gebaseerd op de verdeling van het 32 GW scenario van de studie Systeemintegratie wind op zee 2030-2040. Bij deze verdeling is gezocht naar een optimale verdeling over de aanlandingspunten aan de kust vanuit netperspectief. Hier landt een stuk minder aan in Noord-Holland en fors meer in Groningen en Zeeland.

In deze structuurkeuze gaat het met name om de elektrische infrastructuur. Tabel 3-1 geeft een overzicht van de verdeling over de aanlandingslocaties bij beide opties. Tabel 3-2 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 3-1 Verdeling totaalvermogen aanlandingslocaties bij de opties voor structuurkeuze 2

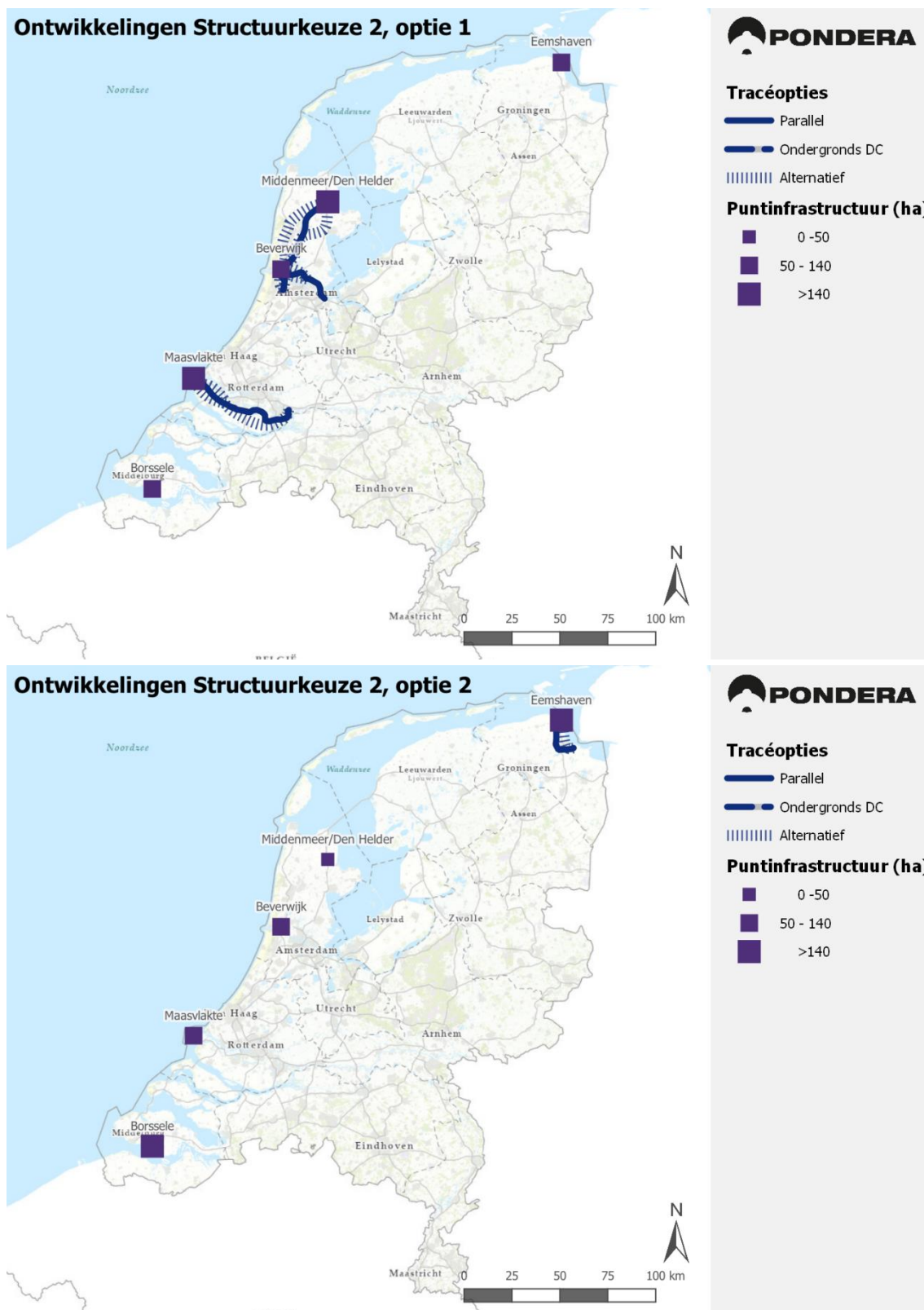
Aanlandingslocatie	Optie 1: Aanlanding bij vraag	Optie 2: Aanlanding op basis van beschikbare capaciteit
Middenmeer/Den Helder	9 GW	2 GW
Beverwijk/Noordzeekanaalgebied	3 GW	3 GW
Maasvlakte	10,5 GW	7,5 GW
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	3 GW	7,5 GW
Eemshaven	4,5 GW	10 GW

Tabel 3-2 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: aanlanding bij vraag	Optie 2: aanlanding op basis van beschikbare capaciteit	Eenheid
Elektrolyser			
Middenmeer/Den Helder elektrolyser	35-60	5-15	ha
Maasvlakte elektrolyser	40-65	30-40	ha
Eemshaven elektrolyser	15-30	35-65	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen elektrolyser	10-20	30-50	ha
Beverwijk/NZKG elektrolyser	10-20	10-20	ha
Batterijen			
Middenmeer/Den Helder	115	30	ha
Maasvlakte	145	85	ha
Eemshaven	55	115	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	30	85	ha
Beverwijk/NZKG	30	30	ha
380kV-stations			
Middenmeer/Den Helder	20	10	ha
Maasvlakte	20	10	ha
Eemshaven	10	20	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	10	20	ha
Beverwijk/NZKG	10	10	ha
Converterstations			
Middenmeer/Den Helder	25	5	ha
Maasvlakte	30	20	ha
Eemshaven	5	20	ha
Borssele/Sloegebied/Terneuzen	0	5	ha
Beverwijk/NZKG	10	10	ha
Verbindingen elektra			
380kV-verbindingentracé ⁸	155	-	Km
380kV-verbindingencircuits	310	-	Km
220kV-verbindingentracé	0	25	Km
220kV-verbindingencircuits	0	50	Km
Methaan- en waterstofinfrastructuur			
-			

⁸ Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee hoogspanningsstations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

Figuur 3-1 Oplossingsrichtingen verbindingen structuurkeuze 2 optie 1* en 2



* Procedure voor verzwaring verbinding Kop van NH start op korte termijn.

3.3 Effectbeoordeling van optie 1: aanlanding dicht bij de vraag

3.3.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Tabel 3-2 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en (converter)stations. In deze paragraaf wordt het ruimtebeslag per locatie van deze onderdelen gezamenlijk beoordeeld. De effecten van deze nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is er veel industriële bebouwing aanwezig en liggen ook over een groot deel PR10⁻⁶ risicocontouren. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Ditzelfde geldt voor het gebied Borssele/Sloegedijk/Terneuzen. Bij Middenmeer/Den Helder geeft het grote ruimtebeslag op agrarisch gebied, nodig voor de combinatie van ruimte voor opslag (batterijen) en opwek/productie (elektrolyzers), een middelgrote kans op effecten. De locatie Beverwijk⁹ heeft een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid vanwege PR10⁻⁶-contouren. Voor de Eemshaven zijn er geen grote aandachtspunten voor de occupatielaag. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

De combinatie van ruimtebeslag voor opslag, opwek/productie en nieuwe hoogspanningsstations betekenen een grote kans op effecten op de Maasvlakte. De ruimtevraag die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de huidige beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Ook bij Middenmeer/Den Helder geeft de combinatie van ruimtebehoefte voor opslag, opwek/productie en een nieuw 380kV-station een middelgrote kans op effecten. De benodigde ruimte lijkt hiervoor wel beschikbaar ten koste van agrarisch bestemde grond. Voor Borssele/Sloegedijk/Terneuzen is er een grote kans op effecten wederom vanwege een grotere ruimtevraag dan beschikbaar is binnen de Barro-locaties. Buiten de Barro-locaties is ruimte beschikbaar, dat gaat dan ten koste van landbouwgrond. Bij Beverwijk is de beschikbare ruimte zeer beperkt door NNN-gebied en Stelling van Amsterdam waardoor met het benodigde ruimtebeslag de kans op effecten groot is en de haalbaarheid hiervan niet realistisch lijkt. In de Eemshaven is de kans op effecten middelgroot omdat naast het ruimtebeslag voor deze optie ook ruimte nodig is voor de verbindingen vanuit Programma Aansluiting Windenergie op zee (PAWOZ)¹⁰. De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

Voor de Maasvlakte is er een middelgrote kans op effecten vanwege externe werking op Natura 2000. Voor Middenmeer/Den Helder zijn er geen grote aandachtspunten. In Borssele/Sloegedijk/Terneuzen spelen overstromingsgevoeligheid en bij Borssele/Sloegedijk specifiek archeologie een rol. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Bij Beverwijk is de kans op effecten groot omdat de benodigde ruimte gezocht moet worden in het gebied van de Stelling van Amsterdam. Voor de Eemshaven zijn geen grote aandachtspunten in de ondergrondlaag. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

⁹ Deze IEA is gebaseerd op scenario's waarbij is uitgegaan van de locatie Beverwijk, echter deze ontwikkeling kan ook in het bredere Noordzeekanaalgebied plaatsvinden.

¹⁰ Zie de Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-09/Concept-Notitie-Reikwijdte-en-Detailniveau-PAWOZ-Eemshaven.pdf> Er is nog geen besluitvorming over PAWOZ.

3.3.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 3-3 staan de verbindingen die bij aanlanding dicht bij de vraag (optie 1) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door de aanlanding van opgewekte elektriciteit nabij de kust, is er veel infrastructuur nodig om deze elektriciteit naar het binnenland te transporteren. Er is met name vanuit de Maasvlakte en de aanlandingslocaties in Noord-Holland momenteel te weinig capaciteit om het aanbod dieper landinwaarts af te voeren naar de vraag. De effecten van deze verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 3-3 Benodigde nieuwe infra bij optie 1 aanlanding windenergie op zee

Verbinding	Type	Ingreep
Middenmeer – Beverwijk	380kV	Nieuwe infra
Beverwijk – Oostzaan		Nieuwe infra
Beverwijk – Vijfhuizen		Nieuwe infra
Oostzaan – Diemen		Nieuwe infra
Maasvlakte – Simonshaven		Nieuwe infra
Simonshaven – Crayestein		Nieuwe infra

Occupatielaag

De verbindingen waarbij nieuwe infrastructuur benodigd is, bevinden zich vanaf de Maasvlakte landinwaarts en in Noord-Holland. Hierbij geeft met name in het zuiden van Noord-Holland de grote bebouwingsdichtheid en de aanwezigheid van het werelderfgoed Stelling van Amsterdam een grote kans op effecten, wat er toe leidt dat realisatie een grote uitdaging is. Bij de Maasvlakte geeft de grote dichtheid aan risicocontouren en de aanwezige recreatiefuncties in de buurt van de verbindingen een middelgrote kans op effecten. Overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

Bij de netwerklaag heeft ruimtebeslag de meeste invloed op de beoordeling. Voor de verbindingen in het zuiden van Noord-Holland is zeer beperkt ruimte, ook de aansluiting van de verbindingen op de 380kV-stations is lastig wat betreft beschikbare ruimte rondom de stations. Dit geeft een grote kans op effecten. Bij het industriële gebied van de Maasvlakte is de ruimte zeer beperkt vanwege de aanwezige infrastructuur en industriële activiteiten. Ook de aanwezigheid van NNN-gebieden aan de zuidkant van de Maasvlakte is een aandachtspunt. De aanlanding van de verbinding bij 380kV-station Crayestein is complex door de aanwezige infrastructuur rondom het station. Er is een grote kans op effecten. De overige aspecten in de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

In de ondergrondlaag is Natura 2000 een belangrijke factor voor de bovengrondse nieuwe verbindingen in Noord-Holland en bij de Maasvlakte. Er zijn verschillende verbindingen die Natura 2000-gebieden kruisen of in de buurt liggen en daarmee een grote kans op effecten hebben. Het aantal extra aanvaringsslachtoffers onder vogels ligt hoger dan bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit (optie 2) vanwege meer nieuwe bovengrondse verbindingen en de locatie daarvan. Ook vinden in Noord-Holland kruisingen van provinciaal beschermde weidevogelgebieden plaats. In Noord-Holland liggen delen van verbindingen in werelderfgoed Stelling van Amsterdam. Dit geeft een grote kans op effecten. De verbinding Simonshaven–Crayestein doorkruist Nationaal Landschap Hoeksche Waard, dit geeft een grote kans op effecten. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

3.3.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van aanlanding dicht bij vraag beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

3.4 Effectbeoordeling van optie 2: aanlanding op basis van beschikbare transportcapaciteit

3.4.1 Effectbeoordeling van puntinfrastructuur

Zoals te zien in Tabel 3-2 is er verschillende puntinfrastructuur nodig om de aanlanding van windenergie op zee aan de kust te faciliteren. Het gaat om elektrolyzers, batterijen en (converter)stations. In deze paragraaf wordt per locatie het ruimtebeslag van deze onderdelen gezamenlijk beoordeeld. De effecten van deze nieuwe infrastructuur worden hieronder per laag beschreven.

Occupatielaag

In de Rotterdamse haven is er veel industriële bebouwing aanwezig waar ook voor een groot deel PR10⁶ risicocontouren liggen. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Ditzelfde geldt voor Borssele/Sloegebied/Terneuzen en Beverwijk. Voor de locaties Middenmeer/Den Helder en Eemshaven zijn er geen grote aandachtspunten voor de occupatielaag. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

Het grote ruimtebeslag van puntinfrastructuur geeft een middelgrote kans op effecten op de beschikbare ruimte op de Maasvlakte. De ruimtevraag die ontstaat vereist dat er keuzes gemaakt moeten worden voor de invulling van de huidige beschikbare ruimte en herontwikkeling van het gebied. Bij Middenmeer/Den Helder zijn er geen grote aandachtspunten in de netwerklaag. Voor Borssele/Sloegebied/Terneuzen is er een grote kans op effecten vanwege een grotere ruimtevraag dan aanwezig binnen de Barro-locaties. Bij Beverwijk is de beschikbare ruimte zeer beperkt door NNN-gebied en Stelling van Amsterdam waardoor met het benodigde ruimtebeslag de kans op effecten groot is en de haalbaarheid hiervan niet realistisch lijkt. In de Eemshaven is de kans op effecten middelgroot omdat naast het ruimtebeslag voor deze optie ook ruimte nodig is voor de verbindingen vanuit Programma Aansluiting Wind op zee (PAWOZ).¹⁰ De overige aspecten binnen de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

Voor zowel de Maasvlakte als voor Middenmeer/Den Helder zijn er geen aandachtspunten voor de ondergrondlaag (kleine kans op effecten). In Borssele/Sloegebied/Terneuzen spelen overstromingsgevoeligheid en bij Borssele/Sloegebied specifiek archeologie een rol. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Bij Beverwijk is de kans op effecten groot omdat de benodigde ruimte gezocht moet worden in het gebied van de Stelling van Amsterdam. Voor de Eemshaven zijn geen grote aandachtspunten in de ondergrondlaag. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

3.4.2 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur: verbindingen

In Tabel 3-4 staan de verbindingen die bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit (optie 2) nieuwe infrastructuur nodig hebben aan de behoefte van elektriciteitstransport te voldoen. Door meer verspreide aanlanding van opgewekte elektriciteit door windenergie op zee nabij de kust is er, in vergelijking met

aanlanding bij vraag (optie 1) beperkt nieuwe infrastructuur nodig om deze elektriciteit verder te transporteren. Het gaat om enkele verbindingen in Groningen bij de Eemshaven en richting Weiwerd. De effecten van deze verbindingen worden hieronder per laag beschreven.

Tabel 3-4 Benodigde nieuwe infra bij optie 2 aanlanding windenergie op zee

Verbinding	Type	Ingreep
Eemshaven – Eemshaven Oudeschip ¹¹	380kV	Nieuwe infra
Eemshaven – Robbenplaat ¹²	220kV	Nieuwe infra
Robbenplaat – Weiwerd		Nieuwe infra

De hoogspanningsstations voor de verbinding Eemshaven–Robbenplaat liggen fysiek tegen elkaar aan waardoor er in werkelijkheid niet echt sprake is van een nieuw tracé. Deze verbinding is niet meegenomen in de beoordeling omdat hier geen noemenswaardige effecten te verwachten zijn vanuit Milieu & Ruimte.

Occupatielaag

Voor de verbinding Robbenplaat–Weiwerd is de bebouwing rondom Appingedam een aandachtspunt, zeker voor het oostelijk tracé. De kans op effecten is klein, bij toepassing van tracéoptimalisatie. Voor Eemshaven–Eemshaven Oudeschip zijn aanwezige windturbines een ruimtelijk aandachtspunt vanwege externe veiligheid. De kans op effecten is klein. De overige aspecten van de occupatielaag zijn minder grote invloed op de beoordeling.

Netwerklaag

Er zijn voor Robbenplaat–Weiwerd geen grote aandachtspunten voor de netwerklaag. Er is een kleine kans op effecten. Voor Eemshaven–Eemshaven Oudeschip is ruimtebeslag een aandachtspunt door aanwezige bovengrondse verbindingen en windturbines. De kans op effecten is klein. De overige aspecten van de netwerklaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

Ondergrondlaag

Voor Eemshaven–Eemshaven zijn er geen aandachtspunten voor de ondergrondlaag. Als bij Robbenplaat–Weiwerd een tracéoptie wordt gekozen die nabij of aan de Waddenzee ligt, is er een grote kans op effecten op aanvaringsslachtoffers bij het Natura 2000-gebied. De overige aspecten binnen de ondergrondlaag zijn minder van invloed op de beoordeling.

3.4.3 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De effecten van aanlanding op basis van beschikbare capaciteit beperken zich tot de elektriciteitsinfrastructuur en hebben geen invloed op de methaan/waterstofinfrastructuur.

¹¹ Deze uitbreiding is al meegenomen in het nieuwe investeringsplan van 2022 van TenneT.

¹² Toename belasting komt voornamelijk door elektrolyse bij Delfzijl in plaats van Eemshaven in scenario Sterke Knopen Europese Sturing (zie paragraaf 4.4). Geldt ook voor verbinding Robbenplaat–Weiwerd.

3.5 Conclusie effectbeoordeling

Deze paragraaf bevat per optie een algemene effectbeoordeling waarbij de grootste aandachtspunten (grootste kans op effecten) een belangrijke rol spelen. Daarna volgt een conclusie waarin de twee opties naast elkaar worden beschouwd.

3.5.1 Optie 1: aanlanding dicht bij de vraag

Bij aanlanding dicht bij de vraag ligt het zwaartepunt van het vermogen van aan te landen windenergie op zee in Noord- en Zuid-Holland met het idee dat hier ook de meeste elektriciteit direct verbruikt wordt. Door de grote concentratie aan aanlanding van windenergie op zee is het aanbod hier echter groter dan de vraag. Dit is terug te zien in de nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen die op basis van de doorrekening/knelpuntenanalyse nodig zijn voor het transporteren van elektriciteit van windenergie op zee landinwaarts in Noord-Holland en bij de Maasvlakte. Daarnaast is er ruimtebeslag van de puntinfrastructuur in Eemshaven, Middenmeer/Den Helder, Beverwijk, Maasvlakte en Borssele/Slogebied/Terneuzen.

In Noord-Holland betekent de combinatie van de aandachtspunten van weinig ruimte, stedelijk gebied, de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam, doorkruising van open landschappen en grote kans op effecten op natuur vanwege aanvaringsslachtoffers (vogels) dat de realisatie van enkele verbindingen op bovengrondse wijze waarschijnlijk niet haalbaar is.

Door de grote vermogens windenergie op zee die aanlanden op de locaties Maasvlakte en Middenmeer/Den Helder is er een groot ruimtebeslag voor puntinfrastructuur op deze locaties. Als er prioriteit wordt gegeven aan de realisatie van energie-infrastructuur is deze ruimte beschikbaar door herontwikkeling van deze gebieden. Dit gaat naar verwachting ten koste van andere gebruiksfuncties. In Rotterdam gaat dit om overige industrie en in Middenmeer/Den Helder gaat dit ten koste van landbouwgrond of glastuinbouw.

Vanuit nationaal perspectief gekeken heeft aanlanding dicht bij de vraag (optie 1) lokaal een grote impact (met name in Noord-Holland) door de nieuwe bovengrondse infrastructuur die op de aanlandingslocaties nodig is om de elektriciteit afkomstig van windparken op zee landinwaarts te transporteren.

3.5.2 Optie 2: aanlanding op basis beschikbare capaciteit

Bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit is de aanlanding van windenergie op zee geoptimaliseerd naar de capaciteit beschikbaar op het 380kV-netwerk. Dit betekent dat er minder vermogen van windenergie op zee aan land komt bij Middenmeer/Den Helder en Maasvlakte en meer bij Borssele/Slogebied/Terneuzen en Eemshaven. Door deze spreiding aan vermogen is het aantal knelpunten op het 380kV-netwerk beperkt tot de regio Eemshaven. Dat laatste heeft met name te maken met het plaatsen van elektrolyzers in Delfzijl waardoor nieuwe verbindingen tussen Eemshaven en Delfzijl nodig zijn.

Een nieuwe bovengrondse 220kV-verbinding Robbenplaat–Weiwerd geeft een kleine kans op effecten als deze parallel kan worden aangelegd aan de bestaande verbinding. Als dit niet mogelijk is, is de kans op effecten op Natura 2000 (aanvaringsslachtoffers nabij de Waddenzee) een aandachtspunt.

De puntinfrastructuur is bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit (optie 2) verdeeld tussen verschillende locaties. Hierbij is er een relatief gelijke verdeling tussen de locaties Middenmeer/Den Helder en Maasvlakte en de locaties Borssele/Slogebied/Terneuzen en Eemshaven. Optie 2 heeft ruimtebeslag op

deze locaties, en dit heeft met name een kans op effecten bij Beverwijk, de Maasvlakte en Borssele/Slogebied/Terneuzen. Als er prioriteit wordt gegeven aan de realisatie van energie-infrastructuur is deze ruimte beschikbaar door herontwikkeling van deze gebieden. Dit gaat naar verwachting ten koste van andere gebruiksfuncties van industrie en/of landbouw.

Vanuit nationaal perspectief is de impact van aanlanding op basis beschikbare capaciteit beperkter omdat het enkel gaat om nieuwe verbindingen bij de Eemshaven en de ruimtedruk van puntinfrastructuur verdeeld is over meerdere locaties.

3.5.3 Conclusie

Uit optie 1 en 2 komt naar voren dat het voor het landelijk hoogspanningsnet zinvol is om goed te analyseren waar het vermogen van windenergie op zee het beste kan aanlanden. Duidelijk is dat optie 2 voor 380kV-verbindingen een minder grote kans op effecten heeft. Er zijn veel minder nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen nodig waarbij ook de meest complexe tracés (met de grootste kans op effecten) niet hoeven te worden uitgebreid (voornamelijk in Noord-Holland).

Voor de puntinfrastructuur geldt dat bij aanlanding bij vraag met name concentratie in Noord- en Zuid-Holland is waardoor er hier een hoge ruimtedruk ontstaat. Bij aanlanding op basis beschikbare capaciteit wordt deze ruimtedruk verdeeld door een groter vermogen van windenergie op zee te laten aanlanden in Borssele/Slogebied en Eemshaven wat tot gevolg heeft dat hier ook meer puntinfrastructuur aanwezig is. Hierdoor is er meer ruimtebeslag op de twee laatstgenoemde locaties, maar deze ruimte lijkt beschikbaar als er prioriteit gegeven wordt aan de realisatie van energie-infrastructuur.

Vanuit nationaal perspectief heeft aanlanding op basis van beschikbare capaciteit duidelijk een minder grote kans op effecten. Bij deze optie wordt de locatie van de aanlanding van windenergie op zee bepaald op basis van de transportcapaciteit van het 380kV-netwerk. Hiermee wordt het aanwezige landelijke hoogspanningsnet beter benut en zijn er minder nieuwe verbindingen nodig. Voor puntinfrastructuur beperkt de spreiding over meer locaties bij aanlanding op basis van beschikbare capaciteit de ruimtedruk in Middenmeer/Den Helder en Maasvlakte. Een kanttekening hierbij is dat de haalbaarheid van de netten op zee naar deze aanlandingslocaties buiten de scope van dit onderzoek valt en daarmee niet is meegenomen. Het Programma Aanlanding Wind Op Zee (PAWOZ)¹⁰ en Programma Verbinding Wind Op Zee (VAWOZ)¹³ gaan hier verder op in. Het is mogelijk dat door omstandigheden op zee de keuze voor de aanlandingslocaties mede worden bepaald.

¹³ Zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/vawoz-2031-2040>

4 Structuurkeuze 3: Locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering

4.1 Inleiding

De locaties voor de realisatie van hernieuwbare opwek op land worden tot 2030 in de Regionale Energie Strategieën (RES'en) vastgelegd. Deze locaties zijn (al dan niet indicatief) opgenomen in de RES'en 1.0¹⁴. Deze locaties zijn het uitgangspunt voor de plaatsing van hernieuwbaar op land tot 2030. De resterende opgave – indien uitgegaan wordt van de plaatsing van aanvullende opwekcapaciteit hernieuwbaar op land - van 2030 tot 2050 kan op verschillende manieren ruimtelijk worden geplaatst. Voor deze IEA is voor de scenario's voor Sterke Knopen een ordeningsprincipe van (vergaande) clustering gehanteerd; plaatsing van een groot deel van de opgave tot 2050 bij elkaar op enkele locaties, waardoor plaatsing op andere locaties niet nodig is om de opgave in te vullen. De plaatsing van hernieuwbare opwek op land in de Nederland Energieland scenario's gaan uit van evenredige spreiding over de beschikbare ruimte¹⁵. Deze structuurkeuze gaat in op de effecten van deze twee ordeningsprincipes.

De structuurkeuze beperkt zich tot een vergelijking van de scenario's Nationale Sturing en Europese Sturing. In de voor PEH ontwikkelde scenario's Sterke Knopen wordt de hernieuwbare opwek op land geplaatst in vijf clusters:

- Kop van Noord-Holland
- Zeeland
- Noordoost Brabant
- Flevoland
- Noordoost Nederland

In het scenario Sterke Knopen Europese Sturing wordt er geen zon op land geplaatst (nadat de opgave voor de RES 1.0 is ingevuld). In de scenario's Nederland Energieland Nationale en Europese Sturing is spreiding van de hernieuwbare opwek op land evenredig verdeeld over alle beschikbare locaties (conform de analysekaarten NPRES, zie Figuur 4-1).

4.2 Opties in deze structuurkeuze

De twee opties in deze structuurkeuze gaan in op de effecten van plaatsing van hernieuwbare opwek op land. De twee opties in deze structuurkeuze betreffen het ruimtelijk spreiden of clusteren van de opgave voor 2050:

- Optie 1: Evenredige verspreiding van de opgave voor 2050 over het hele land op basis van beschikbare ruimte.
- Optie 2: Clustering van de additionele opgave in vijf clusters. De volledige opgave na 2030 komt in deze clusters terecht, zowel voor zon op land als voor wind op land. De vijf clusters zijn gekozen op

¹⁴ De RES 1.0 is door de dertig RES regio's op 1 juli 2021 ingediend bij het Rijk en is door de verschillende bestuursorganen (gemeenteraad, provinciale Staten en besturen van Waterschappen) vastgesteld. Er volgt een actualisatie in de RES 2.0 die in 2023 moet worden opgeleverd door de regio's. Er wordt voor de analyse in dit hoofdstuk uitgegaan van de bestuurlijk vastgestelde RES 1.0.

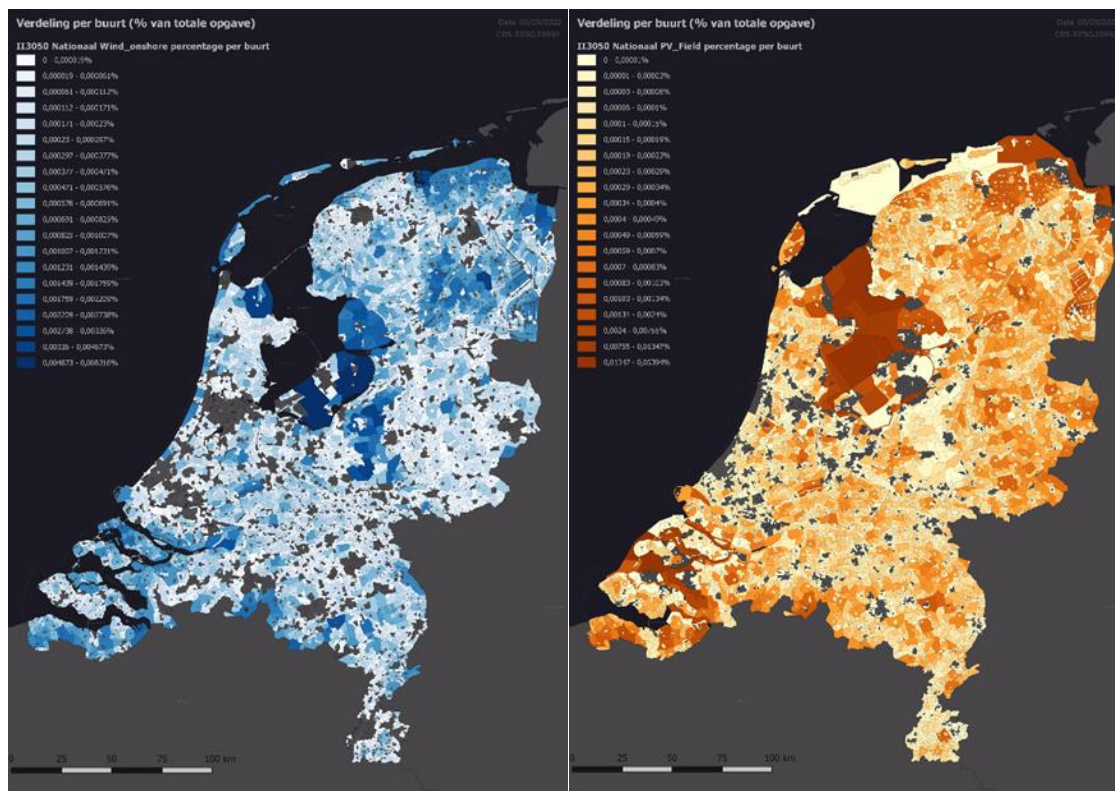
¹⁵ Ook in dit scenario is sprake van clustering van windturbines en zonnepanelen (dus niet overal solitaire turbine en kleine zonnenvelden), echter in mindere mate dan het scenario Sterke Knopen waarin specifieke enkele gebieden in Nederland worden aangewezen waar de totale opgave wordt gerealiseerd.

basis van verschillende criteria, waaronder windaanbod, landschapkenmerken, bodemgesteldheid in relatie tot landbouw en noodzaak tot gebruik beschermde natuurgebieden (zie ook Bijlage IV).

Het aanwijzen van locaties voor hernieuwbare opwek op land behoort niet tot de scope van het PEH. Daarom zijn de locaties van opwek niet exact gedefinieerd voor de effectbeoordeling. Op basis van 'Heat Maps' wordt een inschatting gegeven voor de locaties van wind en zon op land. Deze Heat Maps zijn het uitgangspunt voor de effectbeoordeling en meer informatie hierover is opgenomen in Bijlage IV. Onderstaande figuren geven de Heat Maps weer voor het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.

De kleurcodering in de kaarten geeft de relatieve verdeling (het percentage) van het totaal opgestelde vermogen aan wind en zon op land weer. Voor wind op land betreft dit een totaal direct ruimtebeslag van ongeveer 1.333 hectare¹⁶ en voor zon op land ongeveer 38.000 hectare.

Figuur 4-1 Heat Maps voor gespreide plaatsing wind (links) en zon (rechts) op land



¹⁶ Dit betreft direct ruimtebeslag, benodigd voor de realisatie van de windturbine plus kraanopstelplaats (0,4 ha per windturbine). Omdat windturbines onderlinge afstand nodig hebben vanwege windafvang is het indirect ruimtebeslag veel groter. Hiervoor wordt uitgegaan van ongeveer 12 MW per km². Het totale indirect ruimtebeslag voor het scenario is dan ook ongeveer 166.665 ha. Hierbinnen kan wel dubbel ruimtegebruik worden toegepast (o.a. landbouw)

4.2.1 Ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen

De volgende tabel bevat een totaaloverzicht van het ruimtebeslag per optie in deze structuurkeuze. In de effectanalyse van deze structuurkeuze is uitgegaan van het scenario Nationale Sturing omdat in dit scenario is rekening gehouden met de grootste omvang aan wind en zon op land. Daarmee is dit vanuit Milieu & Ruimte effecten het 'worst-case'-scenario.

Tabel 4-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: Spreiding van hernieuwbare opwek		Optie 2: Clustering van hernieuwbare opwek		Eenheid	Opmerking
	Nationaal	Europees	Nationaal	Europees		
Regelbare centrales	35	36	35	36	GW	Zowel grote als regelbare centrales
	280	290	280	290	ha	
Elektrolyzers	51	19	51	19	GW	
	510	190	510	190	ha	
Kernenergie	-	-	-	-		
	-	-	-	-		
Zon op land	57	34	49	0	GW	In PEH Europees scenario alle zon op daken
	38.000	22.500	32.500	0	ha	
Wind op land	20	10	20	10	GW	
	1.335	665	1.335	665	ha	Dit betreft direct ruimtebeslag
Batterijen	54	33	56	33	GW	
	1.550	940	1.600	940	ha	
Waterstofopslag	51	65	51	65	TWh	
	10.200	13.000	10.200	13.000	ha	Bovengronds ruimtebeslag
Totaal	13.085	14.605	13.135	14.605	ha	

4.3 Effectbeoordeling van optie 1: spreiding van hernieuwbare opwek

4.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Occupatielaag

Bij toepassing van spreiding in de plaatsing van hernieuwbare opwek, wordt wind en zon op land daar geplaatst waar dit volgens de analysekaarten van NPRES mogelijk is. In deze analysekaarten is onder andere uitgegaan van een minimale afstand van 400 meter rond geluidgevoelige objecten. Uitgaande van het toepassen van spreiding conform de heat map (Figuur 4-1), blijkt dat het relatief grootste deel van wind op land wordt geplaatst in Noordoost Nederland, Flevoland, Kop van Noord-Holland, Zeeland, het zuiden van Noord-Brabant en in het midden van Gelderland. Naast deze gebieden is in het scenario spreiding een windturbine geplaatst in ieder ander gebied waar dit op basis van de heat map mogelijk is, om daarmee de intensiteit van wind op land in de eerder genoemde gebieden te verminderen.

Wind op land

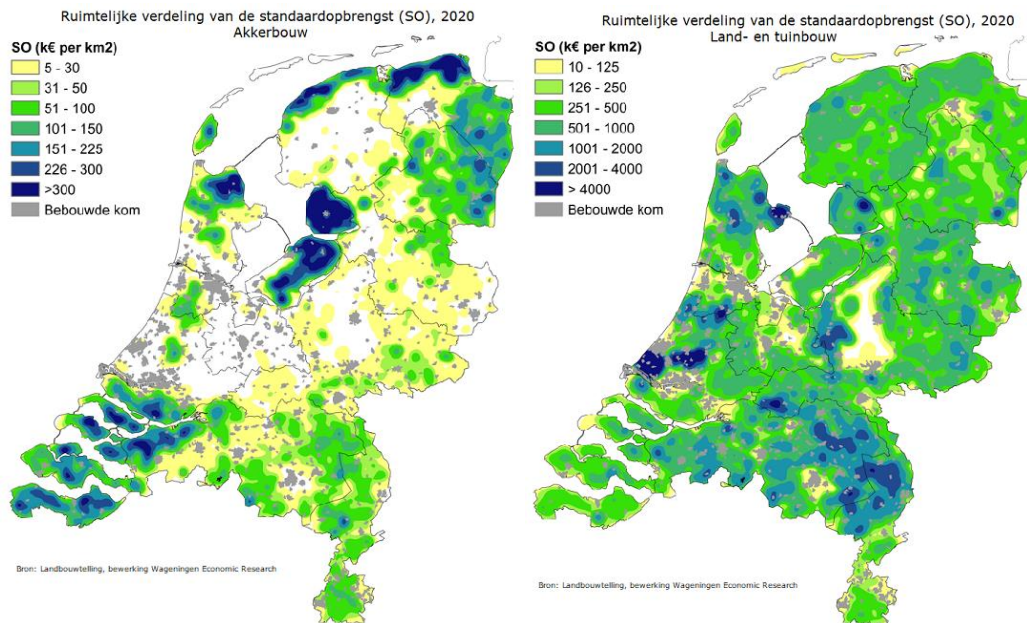
De verspreid liggende bebouwing in Friesland en het oosten van Overijssel en Gelderland resulteert in een geringer aandeel in de plaatsing van wind op land dan andere provincies. In deze provincies wordt bij spreiding in totaal 20% van het totaal aan wind op land opgesteld. Voor Flevoland en Zeeland is dit aandeel gezamenlijk 20%, maar over een aanzienlijk geringer oppervlak (ca. 8.000 km² voor Friesland, Overijssel en Gelderland ten opzichte van ca. 3.500 km² voor Flevoland en Zeeland). Het zuiden van Noord-Brabant voorziet in deze optie voor ca 10% van het opgestelde vermogen aan wind op land. De Randstad (ruwweg het gebied tussen Amsterdam, Rotterdam en Amersfoort) voorziet in ca 15% van het opgestelde vermogen aan wind op land, op een totaaloppervlakte van ongeveer 4.000 km². Uit deze verdeling en Figuur 4-1 blijkt dat rondom grootstedelijke gebieden een relatief gering aandeel voor wind op land wordt geplaatst. Door de plaatsing van windturbines op locaties die volgens de NPRES mogelijk zijn is de kans op effecten op bebouwing en veiligheid klein, aangezien hierin al rekening is gehouden met afstanden tot bebouwing en risicocontouren¹⁷. De plaatsing van wind op land richt zich deels op gebieden van industriële aard, maar de functies hiervan worden niet belemmerd omdat de industriële invulling voorrang heeft plaatsing van windturbines. De plaatsing van windturbines is met name in landbouwgebieden, aangezien daar de benodigde ruimte (afstand tot woningen) kan worden gevonden. Vanwege de mogelijkheid tot meervoudig ruimtegebruik zijn de effecten op landbouw wel omvangrijk, maar is de kans op effecten voor ruimtegebruik voor landbouw klein.

Zon op land

De plaatsing van zon op land in deze optie richt zich met name op plaatsing op het water en op landbouwgebieden. Meer dan 25% wordt op water geplaatst (Eems – Dollard, IJsselmeer, Haringvliet en Oosterschelde). Dit betekent ongeveer 95 km² aan wateroppervlakte dat beschikbaar moet zijn voor opwek door zonne-energie. De effecten van een dergelijke realisatie op recreatie, scheepvaart en visserij zijn aanzienlijk en niet mitigeerbaar. Voor de plaatsing van zon op land op landbouwgebied is het van belang dat goede landbouwgrond zo veel als mogelijk wordt gebruikt voor landbouw, en minder geschikte gebieden voor landbouw in eerste instantie worden benut voor zon op land. In Figuur 4-2 is opgenomen om welke gebieden dit gaat.

¹⁷ Deze aangehouden afstand is gebaseerd op een vuistregel en betekent niet dat in alle mogelijke configuraties van een individueel windpark geen of kleine kans op effecten bestaat. Dit moet in individuele onderzoeken in de vergunningprocedure worden onderzocht. Voor het hier beoordeelde abstractieniveau kan echter worden volstaan met deze afstanden als indicatie voor de kans op effecten.

Figuur 4-2 Standaardopbrengst akkerbouw (links) en land- en tuinbouw (rechts) per km² (WUR – Agrimatie, 2020)



Er zal echter wel een groot deel van de zon op land opgave terecht komen op landbouwgrond. De plaatsing van zon op land heeft in deze optie dan ook een overlap met de voor de akkerbouwgebieden (economisch) productieve gebieden. Het relatieve aandeel van zon op land dat overlapt met relatief economisch waardevolle akkerbouwgronden concentreert zich in Zeeland, Flevoland en het noordoosten van Groningen en Friesland. Elk van deze regio's geven in deze optie ruimte aan 10% aan het opgestelde vermogen aan zon op land. In totaal 30%, wat een totaal ruimtebeslag is van ca. 70 km² op deze economisch productieve akkerbouwgronden. Ten aanzien van land- en tuinbouw blijkt dat er met name in het Westland en in Oost-Brabant en Noord-Limburg economisch belangrijke gronden zijn. Gekeken naar de plaatsing van zon op land is de overlap hier beperkt. Ongeveer 25% van het opgestelde vermogen is geplaatst in de voor akkerbouw relatief minder economisch belangrijke gebieden en voor land- en tuinbouw niet onderscheidende gronden (Friesland, Drenthe, Overijssel en Gelderland). Vanwege de benodigde oppervlakte en de aanzienlijke overlap met economisch productieve akkerbouwgebieden is de kans op effecten groot. De totale kans op effecten van de verspreide realisatie van zon en wind op land op de occupatielaag is groot.

Netwerklaag

Uit Tabel 4-1 blijkt dat spreiding van hernieuwbare opwek (optie 1) een ruimtebeslag heeft van ongeveer 39.335 ha. Dit betreft het directe ruimtebeslag van wind op land en van zon op land en water. Hiervan wordt ongeveer 9.500 ha op water voorzien en het overige op land. Uit onderzoek¹⁸ blijkt dat er een totaal van 22.500 km² aan landbouwareaal in Nederland aanwezig is. Het te realiseren ruimtebeslag op land betreft daarmee ongeveer 1,3% van het totaal beschikbare landbouwareaal. Doordat in de kaarten van NP RES al rekening gehouden is met aanwezige infrastructuur (waterkeringen, buisleidingen, wegen, spoorwegen en hoogspanningsverbindingen) geldt er daarvoor een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag is echter groot, waardoor er een grote kans op effecten bestaat op de netwerklaag.

¹⁸ Ruimtelijke Uitwerking Energiescenario's, Generation Energy – Posad Maxwan (2020).

Ondergrondlaag

De spreiding van wind en zon, zoals in optie 1 is opgenomen, heeft grote kans op effecten op Natura 2000-gebieden. Dit manifesteert zich met name op en rond de Veluwe (ca. 8% van wind op land). Dit is – onder de huidige wet- en regelgeving – waarschijnlijk niet haalbaar, vanwege beperkte mogelijkheden tot mitigatie. Daarnaast is ca. 1% van wind op land voorzien rondom de Biesbosch. Ook daar ontstaat een grote kans op effecten op Natura 2000 als gevolg van aanvaringsslachtoffers onder vogels. Gezien deze potentiële effecten is de invulling van wind op land op deze gespreide manier niet realistisch. Voor groot-schalig zon op water geldt dat er ook sprake kan zijn van areaalverlies en verstoring binnen Natura 2000-gebieden, aangezien alle grote wateren als zodanig zijn aangewezen. Daarmee is er een grote kans op effecten.

Naast deze directe effecten zal er voor verschillende gebieden sprake zijn van externe effecten op beschermde gebieden zoals rondom de waterrijke gebieden van Waddenzee, IJsselmeergebied en de Delta. Door plaatsing van zon op land in weidegebieden gaat broedgebied voor weidevogels en foerageergebieden voor ganzen verloren. Kijkend naar de windmolenrisicokaart voor vogels¹⁹, blijkt dat de hoogste risico's voor vogels zich voordoen bij weide, bos- en waterrijke gebieden.

Voor landschap dient er onderscheid te worden gemaakt tussen zon en wind op land, aangezien de kans op effecten op landschap voor beide vormen van opwek verschillend zijn, met name wat betreft de afstand waarop effecten waarneembaar zijn. Toch geldt dat spreiding van opwek grote kans op effecten op landschap heeft, die niet goed mitigeerbaar zijn. Ongeveer 20% van Nederland is betiteld als Nationaal Landschap, waar deze effecten het grootst zullen zijn.

Figuur 4-3 Kaart ligging Nationale Landschappen



Dit areaal is in principe niet beschikbaar noch geschikt voor wind of zon op land. Uitgaande van verspreiding zoals geprojecteerd in deze optie is er sprake van overlap van zon en wind op land met Nationale Landschappen. Gezien de grote kans effecten op Natura 2000 en de overlap met Nationale

¹⁹ De nationale windmolenrisicokaart voor vogels, SOVON, 2021
<https://www.sovon.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/energietransitie/windenergie-gevoeligheidskaart>

Landschappen en daarmee kans op effecten op landschap is voor de totale ondergrondlaag geoordeeld dat er een grote kans op effecten op de ondergrondlaag is voor deze optie.

4.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Deze structuurkeuze heeft geen effect op de opslag van waterstof; zowel niet op de totale benodigde hoeveelheid als op de locaties van waterstofopslag. Wel is er een verschil in locaties van de behoefte aan batterijen. Die locaties waar een verschil in ruimtebeslag is, staan in Figuur 4-3.

Tabel 4-2 Overzicht ruimtebeslag batterijen

Station	Gemeente	Cluster	Optie 1: Spreiding hernieuwbare opwek op land	Ruimtebeslag (ha)
Delfzijl Oosterhorn 220kV	Delfzijl	Noordoost Nederland	635 MW	20
Station Winsum Ranum 110kV	Winsum	Noordoost Nederland	389 MW	10
Station Zeewolde 150kV	Zeewolde	Flevoland	180 MW	5
Station Dronten 150kV	Dronten	Flevoland	244 MW	5
Station Vijfhuizen 150kV	Haarlemmermeer	Kop NH	151 MW	5
Station Velsen 150kV	Velsen	Kop NH	317 MW	10
Station Westdorpe 150kV	Terneuzen	Zeeland	290 MW	10
Station Geervliet Noorddijk 150kV	Nissewaard	Zeeland	161 MW	5
Station Meeden 110kV	Midden-Groningen	Noordoost Nederland	192 MW	5

Uit de beoordeling van de plaatsing van batterijen nabij de aangegeven hoogspanningsstations (zie ook hoofdstuk 16 in Bijlage Xla) blijkt dat met name plaatsing bij de hoogspanningsstations Geervliet Noorddijk en Velsen een grote kans op effecten heeft. Dit speelt met name in de netwerklaag, omdat er rond de beide stations veel infrastructuur aanwezig is. Bij plaatsing bij Vijfhuizen, Westdorpe en Meeden (zie ook hoofdstuk 22 in Bijlage Xla) is sprake van een middelgrote kans op effecten. Die kans op effecten doen zich met name voor in de netwerklaag (voor Vijfhuizen ook in de ondergrondlaag vanwege de Stelling van Amsterdam). Bij alle hier opgenomen hoogspanningsstations is er – in vergelijking met clustering – sprake van een afname in het opgestelde vermogen van batterijen bij toepassing van spreiding (optie 1). Hier staat wel tegenover dat op overige locaties voor hoogspanningsstations – buiten de clusters – sprake is van een geringe toename ten opzichte van clustering. Dit verschil is echter zeer gering en daarom niet meegenomen in de analyse.

4.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Er treden geen aanvullende knelpunten op bij toepassing van de optie spreiding. De robuuste knelpunten (beschreven in VII) zijn uiteraard ook in dit geval van toepassing, maar niet onderscheidend. Hiervoor zijn in Bijlage Xla ook al robuuste oplossingen beschouwd. Wel is er sprake van knelpunten bij twee verbindingen in het 150kV-netwerk, die zich manifesteren in Flevoland. Deze knelpunten kunnen worden opgelost door een kleinere pocketstructuur te hanteren of door de opwek direct aan te sluiten op het 380kV-netwerk. Hiervoor zijn nieuwe velden en/of stations nodig binnen de 380kV-structuur. De locaties waar dit precies moet plaatsvinden kunnen op het huidige abstractieniveau niet worden aangewezen, waardoor ook geen effectbeoordeling wordt gemaakt van de eventuele benodigde aanpassingen.

4.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

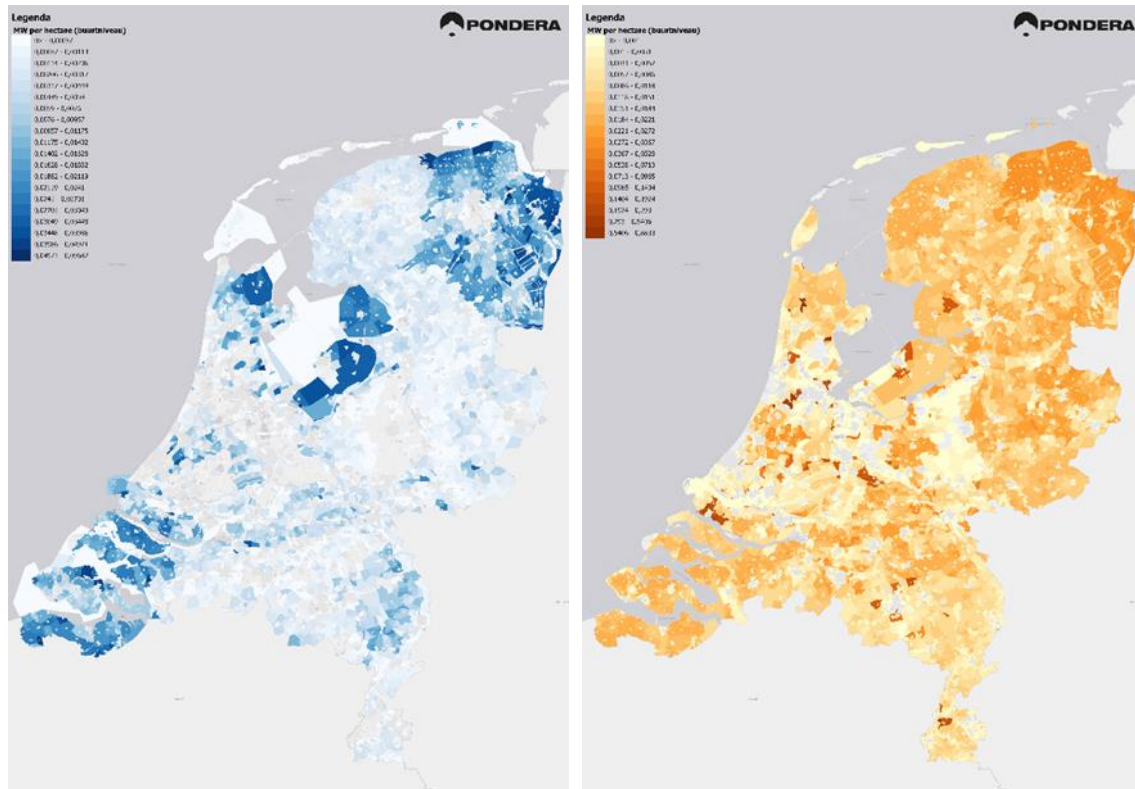
De plaatsing van elektrolyzers bij de opwek locaties resulteert in het geval van spreiding in een verspreide realisatie van kleinere elektrolyzers. Het effect van deze spreiding is dat er potentieel nieuwe aansluit-leidingen moeten worden aangelegd. In de occupatielaag leidt dit tot een kleine kans op effecten, omdat dit op voldoende afstand van bebouwing kan worden aangelegd en rekening gehouden kan worden met externe veiligheidscontouren. In de netwerklaag geldt eenzelfde uitgangspunt en is er eveneens een kleine kans op effecten. Uitgaande van het bestaande buisleidingennetwerk en het beperkte ruimtebeslag van een buisleiding is ook de kans op effecten op de ondergrondlaag klein.

4.4 Effectbeoordeling van optie 2: clustering van hernieuwbare opwek

4.4.1 Effecten van opwek/productie

De locaties van opwek zijn ook in de optie clustering niet exact gedefinieerd. Op basis van 'Heat Maps' wordt ook voor deze optie een inschatting gegeven voor de locaties van wind en zon op land. Volgende figuren geven de Heat Maps weer voor het scenario Sterke Knopen Nationale Sturing. In deze kaarten zijn de locaties gedefinieerd die potentieel geschikt zijn voor de optie clustering. In deze optie wordt 80% van de opgave geplaatst in vijf gebieden: Kop van Noord-Holland, Zeeland, Noordoost Brabant, Flevoland en Noordoost Nederland.

Figuur 4-4 Heat Maps voor geclusterde plaatsing wind (links) en zon (rechts) op land



Occupatielaag

Door het toepassen van clustering hoeft in een gedeelte van Nederland minder wind en zon op land te worden geplaatst. In enkele gebieden is daarom in deze optie weinig tot geen hernieuwbaar op land voorzien. In de aangewezen clusteringsgebieden juist zeer veel.

Wind op land

Uit de Heatmaps blijkt dat de beoogde windenergieopgave in relatieve nabijheid van bebouwing wordt geplaatst in Zeeland (20%), Regio Rotterdam (5%), Kop van Noord-Holland (5%), Flevoland (15%) en Noordoost Nederland (35%). In deze gebieden is sprake van relatief groter aaneengesloten beschikbaar geschikt oppervlak voor windenergie. Daardoor kan clustering in deze gebieden plaatsvinden. Dit betekent per definitie dat in deze regio's minder verspreid liggende woningen aanwezig zijn. De resterende 20% van de te plaatsen windenergie wordt in deze optie geplaatst in Noord-Brabant, Friesland, Gelderland, Overijssel, de Randstad en Zuid-Limburg (allen minder dan 5%). Met name voor de provincies Gelderland en Overijssel is er sprake van relatief veel verspreid liggende bebouwing. De regio's waar een grote concentratie aan bebouwing is, hebben ook een kleiner aandeel in de plaatsing van wind op land. De stedelijke regio's in Zuid-Holland (behalve Rotterdam) en Noord-Holland geven plaats aan een beperkt deel voor de plaatsing van wind op land in het geval van clustering. In het geval van grootschalige clustering van wind op land is de gehanteerde afstand tot bebouwing in de analysekaarten van NP RES mogelijk te beperkt om effecten te voorkomen of beperken. In de optie clustering wordt daarom de kans op effecten als middelgroot beoordeeld voor de occupatielaag.

Zon op land

Omdat er op basis van de heat maps op meer plekken ruimte is voor zon op land is ook in de optie clustering wel sprake van een bepaalde mate van spreiding over Nederland (in tegenstelling tot wind-energie). De clustergebieden bevatten weliswaar de grootste concentratie zon op land, maar ook buiten deze gebieden wordt nog een aanzienlijk deel geplaatst. De plaatsing van zon op land is relatief geringer in de Randstad, Friesland, Midden-Brabant en Zuid-Limburg. Ook bevat deze optie een overlap met voor land- en akkerbouw geschikte gebieden. Clustering voorkomt deze overlap niet, maar wordt juist geïntensiveerd doordat de clustergebieden veel overlap hebben met de economisch productieve akkerbouwgronden (Zeeland, Flevoland en Noordoost Nederland).

Door de plaatsing van wind en zon op land in clusters gaat een deel van het landbouwareaal verloren. In Sterke Knopen Nationale Sturing is er sprake van een plaatsing van 37 GW (ca 24.500 ha) zon op landbouwgebied. Door wind en zon gezamenlijk in bepaalde gebieden te realiseren kan voorkomen worden dat er twee keer sprake is van areaalverlies (zon en wind kunnen samen in één gebied gerealiseerd worden). Het gaat in totaal om een verlies aan landbouwareaal van ongeveer 1,1%. In totaal is er sprake van een middelgrote kans op effecten op de occupatielaag.

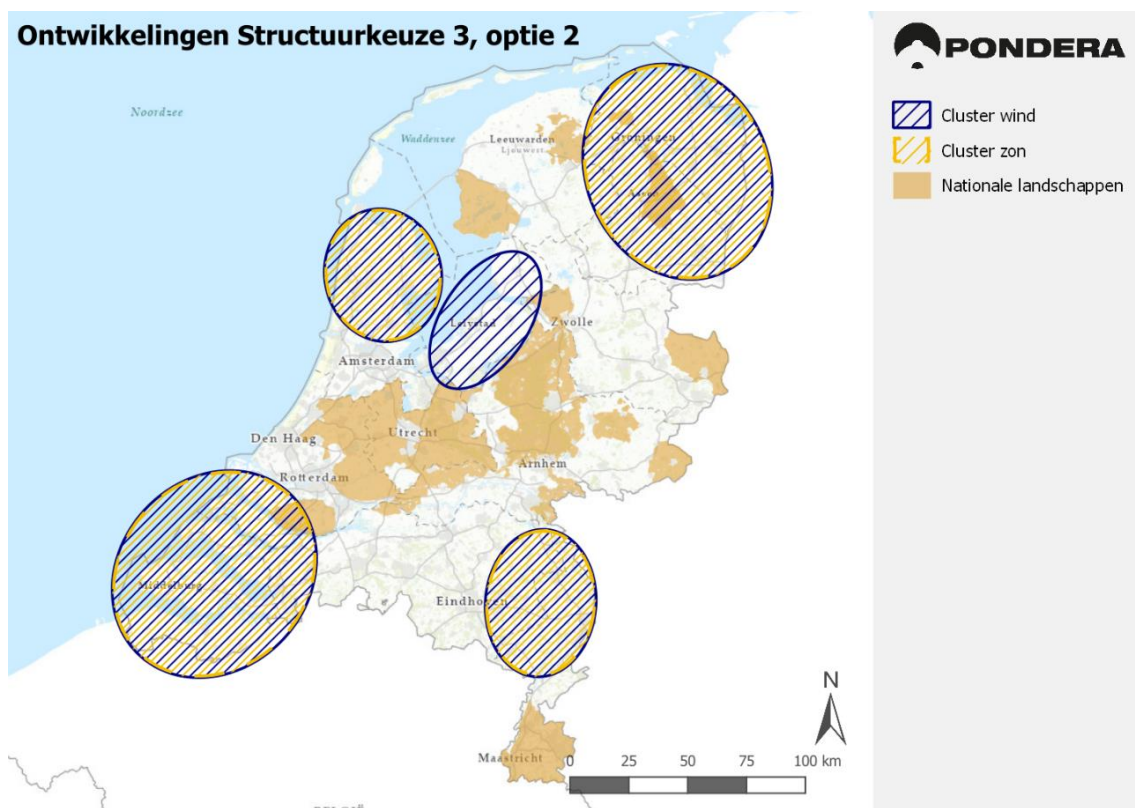
Netwerklaag

Uit Tabel 4-1 blijkt dat clustering van hernieuwbare opwek een ruimtebeslag heeft van ongeveer 13,5 km² voor wind op land en ongeveer 325 km² voor zon op veld. Dit betreft het directe ruimtebeslag van wind op land en van zon op land en water. Doordat in de kaarten van NP RES al rekening gehouden is met aanwezige infrastructuur (waterkeringen, buisleidingen, wegen, spoorwegen en hoogspanningsverbindingen) geldt er daarvoor een kleine kans op effecten. Het ruimtebeslag is (met name voor zon) groot, waarbij er geen dubbel ruimtegebruik mogelijk is, waardoor er een grote kans op effecten bestaat op de netwerklaag.

Ondergrondlaag

De clustering van wind en zon op land kan bijdragen aan het ontzien van ecologisch gevoelige gebieden en soorten. De locatie van de clusters is hierbij het meest bepalend. Door clustering toe te passen kunnen gebieden en soorten in (nabijheid van) de Veluwe en de Waddenzee worden ontzien. In de plaatsing van hernieuwbaar op land is rekening gehouden met ecologisch beschermde gebieden, waardoor directe effecten op deze gebieden (als gevolg van ruimtebeslag) beperkt kunnen blijven. Er is echter wel sprake van externe effecten op beschermde gebieden. De voor windenergie gevoelige ecologische gebieden en soorten in Zeeland en Noordoost Nederland zullen aanzienlijke effecten ondervinden bij de toepassing van een cluster. Met name het cluster in Zeeland kent een overlap met gebieden die aangemerkt zijn als gebied met het 'hoogste risico' op de Windmolenrisicokaart voor vogels.

Figuur 4-5 Indicatieve locaties clusters en Nationale Landschappen



Voor de plaatsing van zon op land is met name de intensiteit en dichtheid van de panelen bepalend voor het effect op ecologie. Zoals aangegeven wordt er geen zon geplaatst in beschermde natuurgebieden, waardoor hier geen direct effect als gevolg van ruimtebeslag zal optreden. Bij clustering van opwek worden Nationale Landschappen vrijgehouden (zie Figuur 4-5)²⁰. Dit betekent dat er ter plekke geen effect zal optreden. Lokaal kunnen landschappelijke effecten, zeker bij grote clusters van zonneparken, wel groot zijn. Voor de ondergrondlaag geldt dat clustering een grote kans op effecten heeft, voornamelijk als gevolg van effecten op Natura 2000 en lokaal op landschap.

²⁰ In de figuur ligt Nationaal Landschap Drentse Aa in een van de clusteringsgebieden. Er zijn in deze optie echter geen windturbines binnen het nationale landschap voorzien.

4.4.2 Effecten van opslag

Deze optie heeft geen effect op de opslag van waterstof; niet op de totale benodigde hoeveelheid noch op de locaties van waterstofopslag. Wel is er een verschil in locatie van de behoefte aan batterijen.

Die locaties waar een verschil in ruimtebeslag is, staan in de volgende tabel.

Tabel 4-3 Overzicht ruimtebeslag batterijen

Station	Gemeente	Cluster	Optie 2: Clustering hernieuwbare opwek op land	Ruimtebeslag (ha)
Delfzijl Oosterhorn 220kV	Delfzijl	Noordoost Nederland	739 MW	20
Station Winsum Ranum 110kV	Winsum	Noordoost Nederland	493 MW	15
Station Zeewolde 150kV	Zeewolde	Flevoland	296 MW	10
Station Dronten 150kV	Dronten	Flevoland	459 MW	15
Station Vijfhuizen 150kV	Haarlemmermeer	Kop NH	319 MW	10
Station Velsen 150kV	Velsen	Kop NH	455 MW	15
Station Westdorpe 150kV	Terneuzen	Zeeland	394 MW	10
Station Geervliet Noorddijk 150kV	Nissewaard	Zeeland	419 MW	10
Station Meeden 110kV	Midden-Groningen	Noordoost Nederland	315 MW	10

Uit de beoordeling van de plaatsing van batterijen (zie Bijlage XIa) nabij de aangegeven hoogspanningsstations blijkt dat met name plaatsing bij de hoogspanningsstations Geervliet Noorddijk en Velsen een grote kans op effecten kennen en Vijfhuizen, Westdorpe en Meeden een middelgrote kans op effecten kennen. Dit speelt voornamelijk in de netwerklaag. Bij alle hier opgenomen hoogspanningsstations is er sprake van een toename in het opgestelde vermogen van batterijen bij toepassing van clustering (optie 2). Hier staat wel tegenover dat op overige locaties – buiten de clusters – sprake is van een geringe afname ten opzichte van de toepassing van spreiding (optie 1). Dit verschil is echter zeer gering en leidt daarom niet tot een andere effectbeoordeling.

4.4.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

Er treden geen aanvullende knelpunten in het 380kV-netwerk op bij toepassing van de optie clustering. De robuuste knelpunten (beschreven in VII) zijn uiteraard ook in dit geval van toepassing, maar niet onderscheidend. Hiervoor zijn in Bijlage XIa ook al robuuste oplossingen beschouwd. Wel is er sprake van knelpunten bij acht verbindingen in het 150kV-netwerk, die zich manifesteren in Flevoland, Zuidoost Groningen en Zeeuws-Vlaanderen. Deze kunnen worden opgelost door een kleinere pocketstructuur te hanteren dan wel de opwek direct aan te sluiten op het 220kV- of 380kV-netwerk. Hiervoor zijn nieuwe velden en/of stations nodig binnen deze netwerken, maar de exacte locatie van deze infrastructuur is op dit moment niet bekend, aangezien dit sterk afhankelijk is van de exacte plaatsing en aansluiting van de opwekcapaciteit.

4.4.4 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

In deze optie worden de elektrolyzers niet (kleinschalig) bij de opwek op land geplaatst, maar geconcentreerd bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee. Het effect van deze clustering is in structuurkeuze 4 geanalyseerd en beoordeeld (zie voor nadere details hoofdstuk 5).

De plaatsing van de elektrolyzers nabij de aanlandingslocaties van windenergie op zee, resulteert in een ruimtebeslag op industriële locaties van puntinfrastructuur waar al een aanzienlijk ruimtebeslag is voorzien. Wat betreft verbindingen zijn er met name knelpunten in het 150kV-netwerk die mogelijk met een pocketstructuur kunnen worden opgelost. Ook de robuuste ontwikkeling in de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht behoeft verzwaring in deze optie, maar dit is in alle gevallen nodig.²¹

De locaties waar de elektrolyzers worden geplaatst liggen voornamelijk dicht bij het nationale waterstofnetwerk waardoor er beperkt aansluitelingen nodig zijn. De kans op effecten is met name in de industrieclusters waar aanlanding van windenergie op zee plaatsvindt door het gebrek aan beschikbare ruimte.

4.5 Conclusie effectbeoordeling

4.5.1 Optie 1: spreiding van hernieuwbare opwek op land

Uit de effectanalyse blijkt dat er geen (anders dan robuuste) knelpunten optreden in de elektriciteitsverbindingen bij toepassing van het ordeningsprincipe van spreiding bij hernieuwbare opwek op land, op een enkel knelpunt op het 150kV-netwerk na. Daarnaast is er sprake van – een op nationaal niveau – geringe toename in het benodigde vermogen aan batterijen. De effecten van het ruimtebeslag door oplossingsrichtingen – anders dan het opgestelde vermogen aan hernieuwbaar op land – zijn beperkt, er is dus sprake van een kleine kans op effecten als gevolg van deze oplossingsrichtingen.

Voor wind op land is het opvallend dat er, ook bij de toepassing van spreiding, enkele gebieden naar voren komen die relatief het grootste deel van het opgestelde vermogen herbergen. Dit zijn gebieden in Noord-oost Nederland, Flevoland, Kop van Noord-Holland, Zeeland, het zuiden van Noord-Brabant en in het midden van Gelderland. Daarnaast zijn in deze optie alle beschikbare gebieden gebruikt om de intensiteit aan wind op land in deze ‘concentratie’ gebieden te laten afnemen. De kans op effecten van wind op land voor ecologie worden als groot beoordeeld. Dit komt onder andere door de kans op aanvaringsslachtoffers, doordat over het gehele landoppervlak windturbines worden gerealiseerd, maar met name ook door de voorziene plaatsing van wind op land in of nabij Natura 2000-gebieden in deze optie (o.a. de Veluwe en de Biesbosch). Ook is er een grote kans op effecten op landschap, omdat niet voorkomen kan worden dat windturbines invloed hebben op dan wel overlappen met de Nationale Landschappen en uiteraard lokaal ook landschappelijke impact hebben. Door een grotere spreiding zal op meer plaatsen sprake zijn van een landschappelijke impact.

Wat betreft zon op water is er sprake van een grote kans op effecten op ecologie (IJsselmeer) en andere gebruiksfuncties (Dollard). Wat betreft zon op land is er sprake van een grote kans op effecten op landbouw. Er bestaat een overlap met clustergebieden voor zon op land en (economisch) productieve landbouwgronden (Zeeland, Flevoland, Noordoost Nederland). De opgave voor hernieuwbare opwek op land, inclusief voor deze structuurkeuze relevante infrastructurele knelpunten, betreft ongeveer 1,3% van het totale Nederlandse landbouwareaal.

4.5.2 Optie 2: clustering van hernieuwbare opwek op land

Ook bij clustering van hernieuwbare opwek blijkt uit de effectanalyse dat er geen knelpunten optreden in de elektriciteitsverbindingen bij toepassing van het ordeningsprincipe van clustering bij hernieuwbare opwek op land, op enkele knelpunten op het 150kV-netwerk na. Daarnaast is er sprake van een op natio-

²¹ Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

naal niveau geringe toename in het benodigde vermogen aan batterijen. De effecten van het ruimtebeslag door infrastructuur is beperkt en daar is dan ook sprake van een kleine kans op effecten. Dit geldt niet voor het opgestelde opwekvermogen aan hernieuwbaar op land. Daarvoor geldt dat de kans op effecten groot is binnen de clusteringsgebieden.

Door clustering van wind op land ontstaat er in een vijftal gebieden een grote kans op effecten; Zeeland (incl. Regio Rotterdam), Kop van Noord-Holland, Flevoland, en Noordoost Nederland (35%). De clustering in Noordoost Brabant (De Peel) is relatief beperkt. De overige gebieden worden vervolgens gevrijwaard van (op de RES aanvullende) opgave van wind op land. Er zijn geen windturbines voorzien binnen ecologisch beschermde gebieden. Wel is er een middelgrote kans op effecten op ecologie vanwege externe werking op Natura 2000-gebieden en aanvaringsslachtoffers. Ten aanzien van landschap worden de Nationale Landschappen vrijgehouden, maar is er lokaal een grote kans op effecten.

Wat betreft zon op land is er ook bij clustering sprake van een grote kans op effecten op landbouw. Er bestaat een overlap met clustergebieden voor zon op land en (economisch) productieve landbouwgronden (Zeeland, Flevoland, Noordoost Nederland). Het ruimtelbeslag is vergelijkbaar met optie 1. De opgave voor hernieuwbare opwek op land, inclusief voor deze structuurkeuze relevante infrastructurele knelpunten (excl. robuuste knelpunten) betreft 1,1% van het totale Nederlandse landbouwareaal. De kans op effecten op landschap is lokaal groot.

4.5.3 Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat het totale ruimtebeslag van de opties onderling nauwelijks verschilt. Er is geen efficiëntie in ruimtegebruik te behalen door de opwek ruimtelijk te clusteren. Dit is inclusief het ruimtebeslag als gevolg van nieuwe verbindingen. De opties van de structuurkeuze kennen geen onderscheid in effecten als gevolg van nieuwe verbindingen en infrastructuur.

De effecten als gevolg van de keuzes in opwek verschillen echter wel. De effecten verschillen met name op de aspecten landschap en ecologie. Door de toepassing van clustering, worden minder windturbines en zonnepanelen geplaatst in of nabij ecologische gevoelige gebieden en Nationale Landschappen. De verschillen treden daarbij vooral lokaal op.

De gebieden in Zeeland, Flevoland en Noordoost Nederland (Groningen en Drenthe) hebben in beide opties een grote bijdrage aan de realisatie van de opgave voor hernieuwbare opwek op land. De kans op effecten is dan ook groot in deze gebieden, met name op landschap, natuur en landbouw. De gebieden in Friesland, Overijssel, Gelderland en Limburg hebben een relatief kleiner aandeel, voornamelijk vanwege de verspreid liggende bebouwing.

5 Structuurkeuze 4: Locaties clusters van elektrolyzers

5.1 Inleiding

Deze structuurkeuze gaat in op de gevolgen van nieuw te plaatsen elektrolyzers aan de hand van een tweetal ordeningsprincipes. De eerste optie gaat uit van het ordeningsprincipe dat elektrolyzers dichtbij de opwek van elektriciteit worden geplaatst, de tweede optie gaat uit van het ordeningsprincipe dat elektrolyzers dicht bij de vraag naar waterstof worden geplaatst. In beginsel worden elektrolyzers ingezet om overschotten van elektriciteit om te zetten naar waterstof. De ordeningsprincipes hebben betrekking op de wijze van transport van de betreffende energiedrager: bij toepassing van optie 1 wordt energie als waterstof naar de vraag getransporteerd, bij toepassing van optie 2 is dit als elektriciteit. Deze structuurkeuze heeft geen betrekking op de omvang van de hoeveelheid energie of de wijze van opslag van energie. Hierin verschillen de opties van deze structuurkeuze niet.

5.2 Opties in deze structuurkeuze

In deze structuurkeuze wordt gekeken naar locaties voor clusters van elektrolyzers op land. Uitgangspunt is dat waterstof met elektrolyzers die gekoppeld zijn aan het elektriciteitssysteem geproduceerd wordt uit overschotten van elektriciteit. Dit is wanneer het totale aanbod van elektriciteit groter is dan de vraag. Elektrolyzers worden dus ingezet als flexibiliteitsmiddelen om het elektriciteitsnet te ontzien en om waterstof te produceren, onder andere voor de industrie. De structuurkeuze bevat twee opties voor het ruimtelijk inpassen van elektrolyzers.

- Optie 1: Clustering van elektrolyzers bij de aanlandingslocaties van windenergie op zee. De verdeling van de elektrolyzers over de aanlandingslocaties is evenredig met het vermogen aan windenergie op zee dat elektrisch aanlandt.
- Optie 2: Clustering van elektrolyzers bij grote industriële clusters. De verdeling van de elektrolyzers over de industriële locaties is evenredig met de waterstofvraag per locatie (conform gevoeligheidsanalyse 6 van II3050 (Netbeheer Nederland, 2021)).

Tabel 5-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: clustering elektrolyser bij aanlandingslocaties windenergie op zee	Optie 2: clustering elektrolyser bij industrieclusters	Eenheid	Opmerking
Regelbare centrales	-	-		
Elektrolyzers	505	190	Ha	Zie Tabel 5-2 voor een nadere uitsplitsing
Kernenergie	-	-		
Zon op land	-	-		
Wind op land	-	-		
Import	-	-		
Batterijen	-	-		
Waterstofopslag cavernes	-	-		
Verbindingen (elektrisch)				
380kV-verbindingentracé ²²	43	80	Km	

²² Hier wordt uitgegaan van de hemelsbrede lijnen tussen twee hoogspanningsstations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

Onderdeel	Optie 1: clustering elektrolyser bij aanlandingslocaties windenergie op zee	Optie 2: clustering elektrolyser bij industrieclusters	Eenheid	Opmerking
380kV-verbindingencircuits	86	160	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
220kV-verbindingentracé	0	35	Km	
220kV-verbindingencircuits	0	70	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
Stations en velden	60	20	Ha	
Verbindingen (gassen)				

Locaties van de elektrolyzers

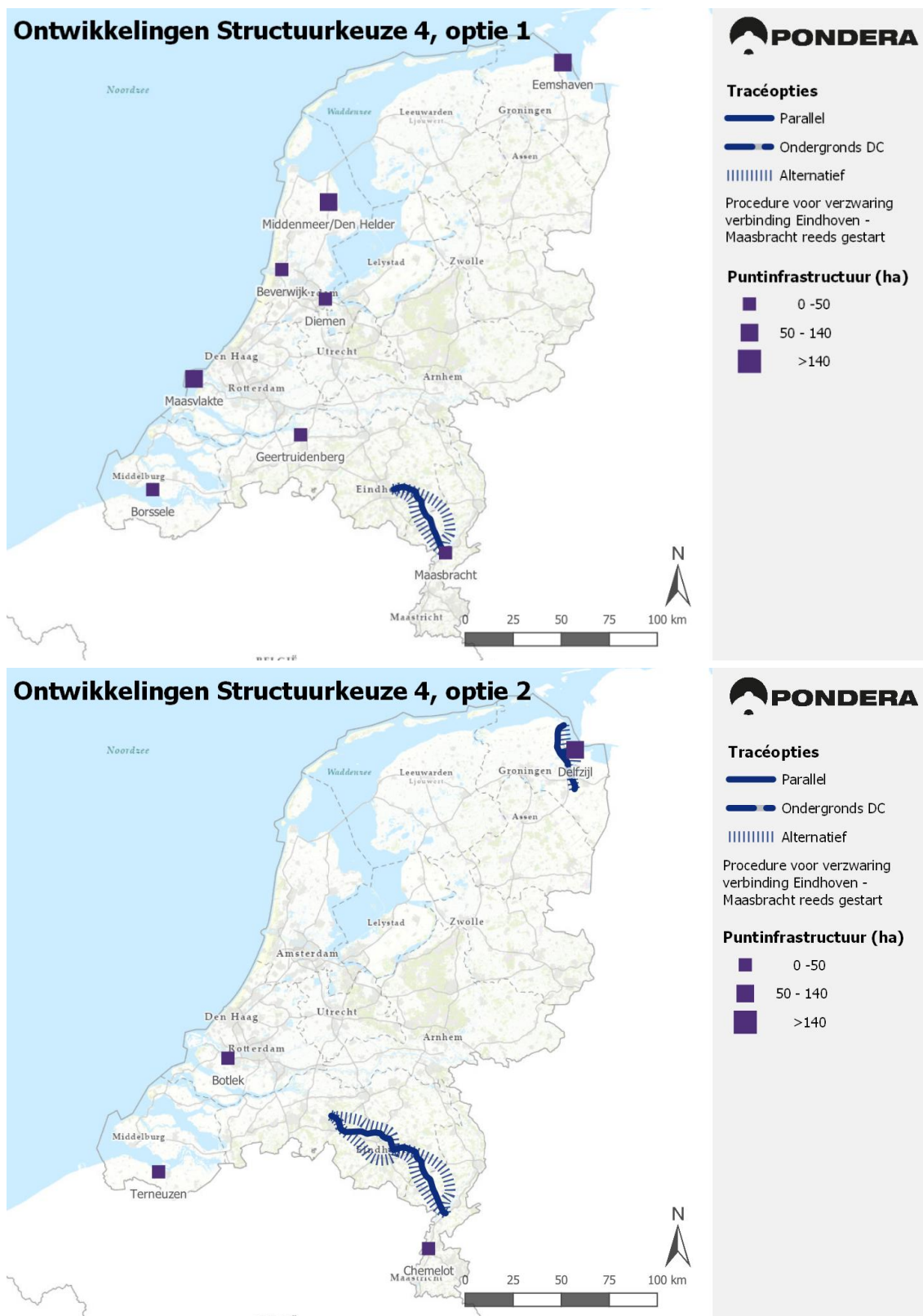
In optie 1 worden de elektrolyzers geclusterd opgesteld bij plekken waar overschotten elektriciteit ontstaan: bij de opwek. Dit zijn de locaties waar windenergie op zee aanlandt. In optie 2 worden de elektrolyzers geclusterd geplaatst bij de locaties waar een grote vraag naar waterstof bestaat. De locaties zijn industriegebieden. In Tabel 5-2 staat de verdeling naar locatie per optie. De effecten op infrastructuur zijn weergegeven in Figuur 5-1.

Tabel 5-2 Verdeling elektrolyzers naar locatie per optie in vermogen en ruimtebeslag

Locatie elektrolyser	Optie 1: Clustering elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee		Optie 2: Clustering elektrolyzers bij industrieclusters	
	GW	Ha	GW	Ha
Terneuzen	0	0	1,9	20
Borssele/Sloegebied	5,2	50	0,1	0
Maasvlakte	10,8	105	0	0
Botlek	0	0	6,2	60
Chemelot	0	0	4,1	40
Maasbracht	5,5	55	0	0
Middenmeer/ Den Helder	8,5	85	0	0
Diemen	5,5	55	0	0
Beverwijk/NZKG	4,8	50	0	0
Eemshaven	8,5	85	0	0
Delfzijl	0	0	6,6	65
Bergen op Zoom	0	0	0,3	5
Geertruidenberg	1,8	20	0	0
Totaal	50,6	505	19,2	190

De clustering van elektrolyzers bij aanlandingslocaties windenergie op zee (optie 1) kent een aanzienlijk groter ruimtebeslag van 505 ha ten opzichte van clustering elektrolyzers bij industrieclusters (optie 2) (190 ha). Omdat in optie 1 (Sterke Knopen Nationale Sturing) een ander scenario is gehanteerd dan bij optie 2 (Sterke Knopen Europese Sturing), is er ook sprake van een verschil in vraag. Het vergelijken van het totale ruimtebeslag is daarom niet zinvol. Het Nationale scenario gaat uit van een grotere mate van zelfvoorziening, waar het Europese scenario meer op methaan en op import is gebaseerd.

Figuur 5-1 Overzicht van nieuwe infrastructuur benodigd voor de verschillende opties van de structuurkeuze



5.3 Effectbeoordeling van optie 1: clusters van elektrolyzers bij opwek

5.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De effecten van opwek en productie beperken zich in deze structuurkeuze alleen tot het ruimtebeslag van de elektrolyzers (zie Tabel 5-2).

Occupatielaag

Het plaatsen van elektrolyzers nabij het aanbod van elektriciteit resulteert in het plaatsen van elektrolyzers bij locaties van aanlanding windenergie op zee. Dit zijn het merendeel industrieclusters aan de kust. Dit betekent dat op deze locaties weinig tot geen woonkernen op korte afstand aanwezig zijn. Uitzonderingen zijn Diemen en Geertruidenberg, waar woonkernen in de nabijheid liggen. Hier geldt een grote kans op effecten op woonkernen. Bij de haven van Rotterdam, Borssele/Slogebied en Beverwijk is er een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid vanwege de aanwezigheid van (zware) industrie met risico-contouren. Bij Middenmeer/Den Helder is externe veiligheid geen groot aandachtspunt, maar gaat het ruimtebeslag mogelijk ten koste van landbouwgrond, wat een middelgrote kans op effecten heeft. Voor recreatie is de kans op effecten groot bij Diemen, bij de overige locaties speelt recreatie minder vanwege het overwegend industriële karakter van de locaties.

Netwerklaag

Voor de netwerklaag is met name het ruimtebeslag voor enkele locaties relevant. De locaties Beverwijk en Diemen hebben geen tot zeer beperkte ruimte voor nieuwe ontwikkelingen. Dit is een grote kans op effecten waarbij dit niet als haalbaar wordt ingeschat. Bij de haven van Rotterdam, Borssele/Slogebied en in mindere mate Geertruidenberg (middelgrote kans) is de kans op effecten ook groot door het ruimtebeslag. Door het maken van keuzes en/of herinrichting van gebieden lijkt dit ruimtebeslag mogelijk. Bij de andere locaties lijkt er meer ruimte, echter de industrieclusters zijn dynamische gebieden met veel ontwikkelingen. De ruimte in de omgeving van de locaties wordt vaak beperkt omdat hier NNN-gebieden of infrastructuur aanwezig is.

Ondergrondlaag

De locaties liggen veelal aan de kust op industrie- en haventerreinen. Wanneer aanvullende ruimte wordt gezocht buiten de bestaande begrenzingen, die aansluit bij dergelijke industrieclusters, is er vaak sprake van zettingsgevoelige en overstromingsgevoelige gebieden. Dit potentiële effect is te beperken door op-hoging van het terrein toe te passen. Omdat de elektrolyzers worden geplaatst nabij bestaande haven- en industrieclusters is het de verwachting dat er een kleine kans op effecten op Natura 2000-gebieden zal optreden. Uitzondering hierop is Diemen, dat omsloten wordt door stedelijk gebied en Natura 2000-gebied. De kans op effecten op landschap is klein, aangezien een industriële activiteit wordt toegevoegd aan bestaande industriële clusters. Beverwijk wijkt hier af vanwege de aanwezigheid van de Stelling van Amsterdam. Dit is een grote kans op effecten.

5.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Er zijn geen onderscheidende effecten ten aanzien van opslag in deze structuurkeuze, zie Tabel 5-1.

5.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Tabel 5-3 geeft de verbindingen weer welke nieuwe infrastructuur voor verbindingen moet worden aangelegd.

Tabel 5-3 Benodigde nieuwe infra

Verbinding	Type	Ingerep
Eindhoven – Maasbracht*	380kV	Nieuwe infra
Maasvlakte – Europoort	150kV	Nieuwe infra
Europoort – Theemsweg		Nieuwe infra
Theemsweg – Botlek		Nieuwe infra
Borssele/Slogebied – Terneuzen**		Nieuwe infra

* Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

* Dit circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022) en wordt verzwakt naar 380 kV.

Door elektrolyse toe te passen dicht bij het aanbod van windenergie op zee, wordt een aanzienlijk deel in transport van elektriciteit voorkomen. Alleen de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht wordt van nieuwe infrastructuur voorzien. Dit is echter ook een robuust knelpunt en niet onderscheidend ten opzichte van clusteren van elektrolyzers bij industriecusters. Daarnaast zal voor een viertal verbindingen in het 150kV-netwerk een nieuwe pocketstructuur gerealiseerd worden om de (aanzienlijke) overschrijdingen op het net te kunnen opvangen. De precieze omvang van het ruimtebeslag van deze pocketstructuren is niet aan te geven omdat het nog onbekend is hoe deze pocketstructuren er precies uit komen te zien en hoeveel/welke nieuwe infrastructuur hiermee gemoeid is. Dit is daarom verder niet in beschouwing genomen in dit onderzoek. Ook dit is niet onderscheidend ten opzichte van clustering elektrolyzers bij industriecusters. Hieronder worden de effecten van de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht beschreven, zie ook hoofdstuk 3 in Bijlage XIa.

Occupatielaag

De verbinding Eindhoven–Maasbracht heeft een middelgrote kans op effecten door het kruisen van stedelijke gebieden. Afhankelijk van de tracéoptie worden (niet uitputtend) bijvoorbeeld Helmond, Mierlo, Someren en/of Weert gekruist. Overige aspecten van de occupatielaag hebben een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

Netwerklaag

Voor de netwerklaag geldt er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van NNN-gebieden met lange ontwikkelingsduur. De tracéoptie parallel aan de bestaande bovengrondse verbinding heeft hier een kleine kans op effecten vanwege de parallellegging. Overige aspecten van de netwerklaag hebben een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

Ondergrondlaag

De verbinding bevindt zich niet in zettingsgevoelig gebied of drinkwaterbeschermingsgebieden. Door de ligging nabij Natura 2000-gebied de Groote Peel is de kans op effecten middelgroot. De tracéopties die

niet parallel liggen aan de bestaande verbinding hebben een middelgrote kans op effecten op landschap door doorkruising en cultuurhistorie (beschermde dorpsgezichten). Overige aspecten van de ondergrondlaag hebben een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

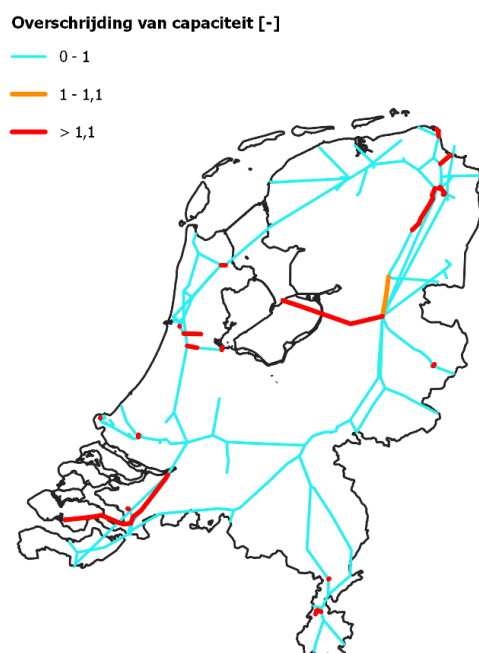
5.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Bij optie 1 wordt er gekeken naar Sterke Knopen Nationale Sturing waarbij er sprake is van clustering van elektrolyzers bij de locaties van aanlanding windenergie op zee (opwek). In deze paragraaf wordt ook een vergelijking gemaakt met het Nederland Energieland scenario Nationale Sturing, hier zijn elektrolyzers verspreid over het land neergezet op locaties waar overschot is van elektriciteitsopwekking. Het plaatsen van de elektrolyzers bij de locaties van overschotten in elektriciteitsopwekking zorgt voor een lagere belasting op het elektriciteitsnet omdat er geen elektriciteit getransporteerd hoeft te worden. Echter, de capaciteit van de (huidige) aansluitleidingen van de clusters van elektrolyzers is niet overal voldoende om aan te kunnen sluiten op het nationale waterstofnetwerk. Ook is er niet overal een waterstofleiding, waardoor een nieuwe aansluitleiding nodig is. Figuur 5-2 geeft de knelpunten weer die ontstaan na het toepassen van clusters bij de locaties voor aanlanding windenergie op zee (Sterke Knopen Nationale Sturing). Dit staat ook in Tabel 5-4.

Tabel 5-4 Overzicht knelpunten optie 1 bij Sterke Knopen Nationale Sturing

Traject
Delfzijl (deel)
Traject Moerdijk/Midden Zeeland
Maasbracht-Chemelot
Eemshaven

Figuur 5-2 Knelpunten in H₂-netwerk in clusters bij opwek. Blauw is geen knelpunt, oranje is een gering knelpunt, rood is een knelpunt. De afbeelding laat ook andere knelpunten zien die optreden in de scenario's



Verbindingen nabij Delfzijl

Door clustering van elektrolyzers bij opwek neemt de lengte in kilometers van het knelpunt in de verbinding bij Delfzijl toe. Dit betekent dat een langere aansluiting op het nationale waterstofnetwerk gerealiseerd moet worden, dan wel gekozen moet worden om in te voeden op de aldaar aanwezige verbinding met Duitsland. In de beoordeling wordt uitgegaan van een nieuw aan te leggen aansluitverbinding.

Effecten occupatielaag

Bij toepassing van clustering is het noodzakelijk de gehele aansluitverbinding te verzwaren. Hier dient rekening gehouden te worden met nabijgelegen woonkernen Delfzijl en Meedhuizen. Daarnaast zijn er verschillende risicobronnen aanwezig in het havengebied Delfzijl. Deze zijn echter niet van invloed op de buisleiding. Er zijn enkele recreatieterreinen aanwezig nabij de verbinding, door de ondergrondse aanleg is de kans op effecten klein. De kans op effecten op de occupatielaag is klein.

Effecten netwerklaag

In de omgeving van Delfzijl zijn meerdere bestaande buisleidingen aanwezig, waardoor er mogelijkheden voor bundeling bestaan. De primaire waterkering nabij Delfzijl wordt niet gekruist. Er is geen NNN-gebied in de nabijheid waardoor er een kleine kans op effecten is. De kans op effecten op de netwerklaag is klein.

Effecten ondergrondlaag

Het gebied is gedeeltelijk zettingsgevoelig, dit heeft een middelgrote kans op effecten. Verder zijn er enkele archeologische waarden aanwezig, deze kunnen worden vermeden waardoor er een kleine kans op effecten is. Door de ondergrondse aanleg is de kans op effecten voor landschap klein. De kans op effecten op de ondergrondlaag is middelgroot.

Verbinding Moerdijk–Midden/Zeeland

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

Verbinding Maasbracht–Chemelot

Effecten occupatielaag

Het knelpunt in de verbinding tussen Maasbracht en Chemelot betreft voornamelijk de aansluiting van laatstgenoemde op de bestaande hoofdleiding in de buisleidingenstrook. Het betreft met name een verzwaring vanaf Geleen tot aan Chemelot. Op dit tracé wordt voornamelijk landbouwgrond gekruist, deze functie wordt niet permanent gehinderd en heeft daarom een kleine kans op effecten. Daar waar het tracé dicht bij de woonkernen en de industrie komt, volgt deze de aanwezige infrastructuur (rijksweg A2). De risicobronnen rondom het Chemelot-terrein behoeven aandacht bij verdere inpassing, maar zullen geen belemmering zijn voor realisatie. De kans op effecten op de occupatielaag is klein.

Effecten netwerklaag

In de directe omgeving van het tracé zijn zowel bestaande buisleidingen, rijkswegen en spoorwegen aanwezig. Het tracé kan hier bij aansluiten. Het betreft hier een spoor in particulier beheer. Zoals aangegeven wordt de rijksweg A2 gevolgd om langs Urmond Chemelot binnen te komen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de bestaande reservering voor buisleidingen. De kans op effecten op de netwerklaag is klein.

Effecten ondergrondlaag

De huidige reservering voor buisleidingen loopt door een archeologisch monument. Effecten op archeologie zijn niet op voorhand uit te sluiten als de huidige reservering wordt gevolgd. Dit is een middelgrote kans op effecten. Voor de overige aspecten is een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de ondergrondlaag is middelgroot.

Verbinding Eemshaven

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

5.4 Effectbeoordeling van optie 2: clusters van elektrolyzers bij industrieclusters

5.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De effecten van opwek en productie beperken zich in deze structuurkeuze alleen tot het ruimtebeslag van de elektrolyzers (zie Tabel 5-2).

Occupatielaag

In optie 2 worden de elektrolyzers geclusterd geplaatst bij de locaties waar een grote vraag naar waterstof bestaat. De locaties zijn ook industriegebieden, die verder van de kust en meer landinwaarts liggen. Meerdere locaties met meervoudig ruimtebeslag worden in deze optie ontzien (Borssele/Sloegebied, Maasvlakte, Den Helder/Middenmeer, Beverwijk, Eemshaven). Er blijven echter effecten op havengebieden, aangezien een deel van de elektrolyzers alsnog daar worden geplaatst in havengebieden. Hierbij is er ruimtebeslag voorzien in Terneuzen en Delfzijl en de haven van Rotterdam. Daarnaast is er bij Graetheide een middelgrote kans op effecten door mogelijk ruimtebeslag op landbouwgrond en externe veiligheid. Ook in Terneuzen is er een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid.

Netwerklaag

Voor de netwerklaag is met name het ruimtebeslag voor enkele locaties relevant. Haven van Rotterdam, Chemelot en Delfzijl zijn de locaties met een grote vraag, waarbij voor de Rotterdamse haven er beperkte ruimte voor nieuwe ontwikkelingen is. Dit betekent een grote kans op effecten. Bij de andere locaties lijkt er meer ruimte, maar de industrieclusters zijn dynamische gebieden met veel ontwikkelingen. De beperkt beschikbare ruimte is het gevolg van ofwel aanwezige industrie of infrastructuur. Plaatsing van clusters van elektrolyzers bij de vraag resulteert op enkele locaties in een cumulatieve vraag naar koelwater met regelbare centrales of met industriële processen. Op enkele locaties kan dit tot een aanvullend ruimtebeslag leiden, omdat een koeltoren benodigd lijkt om te voorzien in de benodigde koelcapaciteit. De verwachting is echter dat restwarmte zoveel mogelijk gebruikt zal worden in plaats van verbruik van koelwater.

Ondergrondlaag

Plaatsing nabij industrieclusters zorgt ervoor dat de elektrolyzers verder van de kust en meer landinwaarts worden geplaatst. Dit is niet voor alle locaties het geval, maar wel bij Chemelot (Graetheide), Maasbracht, en Bergen op Zoom. Voor zettingsgevoeligheid betekent dit dat er een kleine kans op effecten is omdat deze gebieden verder van de kust liggen en veelal minder zettingsgevoelig gebied betreft. Omdat de elektrolyzers worden geplaatst nabij bestaande industrieclusters is er een kleine kans op effecten op

Natura 2000-gebieden. Ook de kans op effecten op landschap is klein, aangezien een industriële activiteit wordt toegevoegd aan bestaand industriële clusters.

5.4.2 Effectbeoordeling van opslag

Er zijn geen onderscheidende effecten ten aanzien van opslag in deze structuurkeuze.

5.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Verbinding	Type	Ingereep
Eindhoven – Maasbracht*	380kV	Nieuwe infra
Tilburg – Eindhoven		Nieuwe infra
Weiwerd – Meeden	220kV	Nieuwe infra
Robbenplaat - Weiwerd		Nieuwe infra
Maasvlakte – Europoort	150kV	Nieuwe infra
Europoort – Theemsweg		Nieuwe infra
Theemsweg – Botlek		Nieuwe infra
Borssele/Sloegebied – Terneuzen		Nieuwe infra

*Dit nieuwe circuit is al opgenomen in het nieuwe Investeringsplan van TenneT (IP2022).

Naast de nieuwe 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht (robuuste ontwikkeling), is voor clustering elektrolyzers bij industrieclusters ook een nieuwe bovengrondse 380kV-verbinding nodig tussen Tilburg–Eindhoven en nieuwe bovengrondse 220kV-verbindingen rond Weiwerd (Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd). Dit komt vanwege de plaatsing van de elektrolyser nabij de vraag (industriecluster Delfzijl).

Occupatielaag

De verbindingen Eindhoven–Maasbracht en Tilburg–Eindhoven hebben een middelgrote kans op effecten door het kruisen van stedelijke gebieden. Hierbij worden bijvoorbeeld (niet uitputtend) Helmond, Weert, Tilburg en Son en Breugel gekruist. Ook voor Robbenplaat–Weiwerd is er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van de woonkernen Appingedam en Delfzijl. Daarnaast is er een middelgrote kans op effecten voor externe veiligheid voor Tilburg–Eindhoven. De kans op effecten op de occupatielaag bij de 220kV-verbinding rondom Weiwerd–Meeden is klein.

Netwerklaag

Voor de netwerklaag geldt er een middelgrote kans op effecten door het kruisen van NNN-gebieden voor Eindhoven–Maasbracht, Tilburg–Eindhoven en Weiwerd–Meeden (enkel bij de niet-parallele tracéoptie, zie hoofdstuk 41 Bijlage XIa). Bij de zuidelijke tracéoptie van Tilburg–Eindhoven is de kans op effecten groot vanwege kruisen NNN en weidevogelrijk grasland. Overige aspecten van de netwerklaag hebben een kleine kans op effecten.

Ondergrondlaag

Door bovengrondse aanleg is er een kleine kans op effecten op drinkwaterbeschermingsgebieden voor Tilburg–Eindhoven. De verbindingen rondom Weiwerd bevinden zich mogelijk in zettingsgevoelig gebied, maar de kans op effecten is klein vanwege bovengrondse aanleg. De tracéopties van Tilburg–Eindhoven een middelgrote of grote kans op effecten op Natura 2000 en landschap. De tracéopties rondom Weiwerd hebben een kleine of middelgrote kans op effecten op landschap, bij Natura 2000 is er sprake van een

grote kans op effecten bij een tracéoptie nabij de Waddenzee. Overige aspecten van de ondergrondlaag hebben een kleine kans op effecten.

5.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

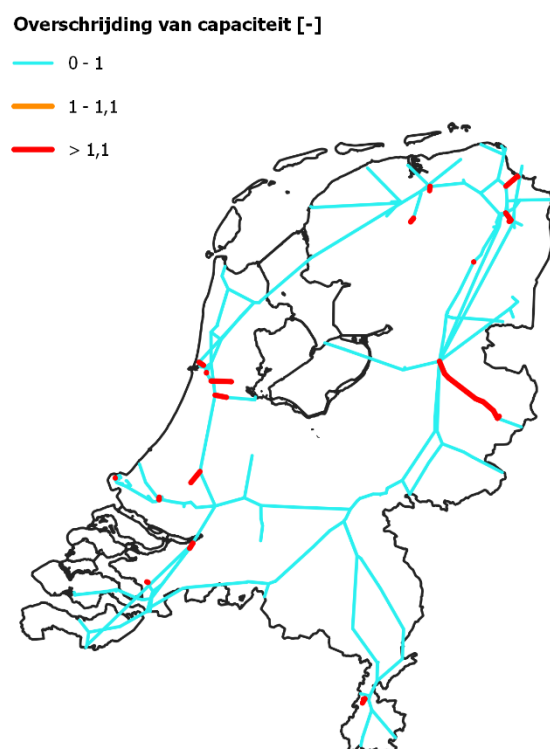
De clustering van de elektrolyzers bij de industrie geeft een aantal nieuwe knelpunten op aansluitleidingen van het nationale waterstofnetwerk naar de industrie. In Tabel 5-5 staat welke knelpunten ontstaan als er voor clustering gekozen wordt bij de industrieclusters. Die verbindingen waarbij een onderscheid is te maken bij het toepassen van het clusteringsprincipe worden hierna beoordeeld.

Tabel 5-5 Overzicht knelpunten optie 2

Traject
Traject Moerdijk/Midden Zeeland
Maasbracht–Chemelot
Eemshaven

Figuur 5-3 geeft de knelpunten weer die ontstaan na het toepassen van clusters bij de vraag.

Figuur 5-3 Knelpunten in H₂-netwerk in clusters bij vraag. De afbeelding laat ook andere knelpunten zien die optreden in de scenario's



Verbinding Zeeland – Brabant

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

Verbinding Maasbracht – Chemelot

Effecten occupatielaag

Het knelpunt in de verbinding tussen Maasbracht en Chemelot betreft voornamelijk de aansluiting van laatstgenoemde op de bestaande hoofdleiding in de buisleidingenstrook. Het betreft met name een verzwaring vanaf Geleen tot aan Chemelot. Op dit tracé wordt voornamelijk landbouwgrond gekruist, deze functie wordt niet permanent gehinderd en heeft daarom een kleine kans op effecten. Daar waar het tracé dicht bij de woonkernen en de industrie komt, volgt deze de aanwezige infrastructuur (rijksweg A2). De risicobronnen rondom het Chemelot-terrein behoeven aandacht bij verdere inpassing, maar zullen geen belemmering zijn voor realisatie. De kans op effecten op de occupatielaag is klein.

Effecten netwerklaag

In de directe omgeving van het tracé zijn zowel bestaande buisleidingen, rijkswegen en spoorwegen aanwezig. Het tracé kan hier bij aansluiten. Het betreft hier een spoor in particulier beheer. Zoals aangegeven wordt de rijksweg A2 gevolgd om langs Urmond Chemelot binnen te komen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de bestaande reservering voor buisleidingen. De kans op effecten op de netwerklaag is klein.

Effecten ondergrondlaag

De huidige reservering voor buisleidingen loopt door een archeologisch monument. Effecten op archeologie zijn niet op voorhand uit te sluiten als de huidige reservering wordt gevolgd. Dit is een middelgrote kans op effecten. Voor de overige aspecten is een kleine kans op effecten. De kans op effecten op de ondergrondlaag is middelgroot.

Verbinding Eemshaven

Het uitgangspunt is dat de bestaande parallel gelegen buisleidingen gekoppeld kunnen worden, zodat er een passende afweging gemaakt kan worden in de verdeling van gebruik voor het methaannetwerk en het gebruik voor het waterstofnetwerk. Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat er voldoende capaciteit beschikbaar is, waardoor geen aanvullend ruimtebeslag op dit tracé wordt verwacht.

5.5 Conclusie effectbeoordeling

5.5.1 Optie 1: elektrolyzers bij aanlandingslocaties

De plaatsing van de elektrolyzers nabij de aanlandingslocaties van windenergie op zee, resulteert in een ruimtebeslag op industriële locaties van puntinfrastructuur waar al een aanzienlijk ruimtebeslag is voorzien. Wat betreft verbindingen zijn er met name knelpunten in het 150kV-netwerk die mogelijk met een pocketstructuur kunnen worden opgelost. Ook de robuuste ontwikkeling in de 380kV-verbinding tussen Eindhoven en Maasbracht behoeft verzwaring in deze optie, maar dit is in alle gevallen nodig. De locaties waar de elektrolyzers worden geplaatst liggen voornamelijk dicht bij het nationale waterstofnetwerk waardoor er beperkt aansluitleidingen nodig zijn. De kans op effecten is met name in de industrieclusters waar aanlanding van windenergie op zee plaatsvindt door het gebrek aan beschikbare ruimte.

5.5.2 Optie 2: elektrolyzers bij industrieclusters

De plaatsing van elektrolyzers nabij industrieclusters, en bij de H₂-vraag, betekent ruimtebeslag van puntinfrastructuur op locaties waar een kleinere opgave is dan bij locaties waar aanlanding van windenergie op zee is. Dit betekent een kleinere ruimtedruk op de grote aanlandingslocaties van windenergie op zee. Dit betekent echter wel dat er nieuwe verbindingen nodig zijn om de elektrolyzers te voorzien van elektriciteit. Dit leidt tot nieuwe verbindingen tussen Tilburg–Eindhoven, Eindhoven–Maasbracht (robuuste ontwikkeling), Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd. Dit leidt voornamelijk tot kans op effecten in de occupatielaag door kruisen van woonkernen en externe veiligheid, de netwerklaag door kruising van NNN-gebieden en de ondergrondlaag door landschappelijke effecten en effecten op Natura 2000-gebieden.

5.5.3 Conclusie

De plaatsing van de geclusterde elektrolyzers nabij de aanlanding van windenergie op zee heeft een positief effect op de knelpunten in het elektriciteitsnet en resulteert in enkele lokale knelpunten in de waterstofinfrastructuur. De plaatsing van geclusterde elektrolyse verder landinwaarts op locaties waar H₂-vraag aanwezig is resulteert in drie (aanvullend op de robuuste) nieuwe bovengrondse verbindingen in het elektriciteitsnet (380kV/220kV). Dit is het gevolg van het benodigde transport van de elektriciteit van aanlandingslocaties van windenergie op zee naar de elektrolyzers toe.

De kans op effecten door plaatsing van de geclusterde elektrolyzers nabij de vraag neemt af op locaties waar veel industrie is en veel toekomstige ontwikkelingen zijn voorzien (o.a. havens van Rotterdam, Amsterdam, Borssele/Sloegebied en Eemshaven). Door minder benodigde puntinfrastructuur is er minder ruimte nodig op deze locaties. De locaties bij de H₂-vraag hebben over het algemeen meer ruimte beschikbaar en/of minder voorziene ontwikkelingen. Plaatsing van elektrolyzers bij de H₂-vraag leidt tot kleinere kans op effecten van puntinfrastructuur op de netwerklaag (ruimtebeslag) bij aanlandingslocaties windenergie op zee, maar zorgen voor grotere kans op effecten op de occupatielaag (woonkernen), netwerklaag (NNN-gebieden) en ondergrondlaag (landschap en Natura 2000) door nieuwe hoogspanningsverbindingen ten opzichte van plaatsing van elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee.

6 Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales

6.1 Inleiding

In 2050 is er aanzienlijk meer regelbaar vermogen nodig. Dit vanwege de toename in de vraag naar elektriciteit en de toename van het aandeel duurzame en variabele opwek. Er is regelbaar vermogen in de vorm van elektriciteitscentrales nodig. Dit wordt voor een deel ingevuld door grootschalige centrales die een aanzienlijk gedeelte van het jaar draaien. Deze komen op dezelfde locaties als waar de centrales nu staan. Naast deze centrales zijn er ook regelbare centrales nodig die ingezet worden om de absolute pieken op te vangen en slechts enkele honderden uren per jaar draaien. Afhankelijk van het scenario is er tot 20 GW aan regelbare centrales nodig. De regelbare centrales kunnen op verschillende locaties worden geplaatst. In deze structuurkeuze worden twee opties onderzocht, ruimtelijke clustering of spreiding vanuit het oogpunt van netoptimalisatie.

Het scenario dat gehanteerd is voor deze structuurkeuze is Europese Sturing. In dit scenario is in totaal 36 GW aan regelbaar vermogen nodig, waarvan 18 GW aan kleinschalige regelbare centrales en 18 GW aan grootschalige regelbare centrales.

6.2 Opties in deze structuurkeuze

De volgende opties worden in deze structuurkeuze onderzocht.

- Optie 1: Verspreiding van regelbare centrales over het hele land op basis van de lokale tekorten. Op deze manier wordt het transport van elektriciteit geminimaliseerd. De basis is het Nederland Energieland alternatief met het scenario Europese Sturing.
- Optie 2: Clustering van regelbare centrales op Barro-locaties. De centrales worden zo dicht mogelijk bij de lokale tekorten geplaatst, onder voorbehoud dat op die Barro-locaties voldoende fysieke ruimte beschikbaar is. De basis is het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.

Tabel 6-1 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie. In Figuur 6-1 staan de Barro-locaties in Nederland waar grootschalige elektriciteitsopwekking is toegestaan.

Tabel 6-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

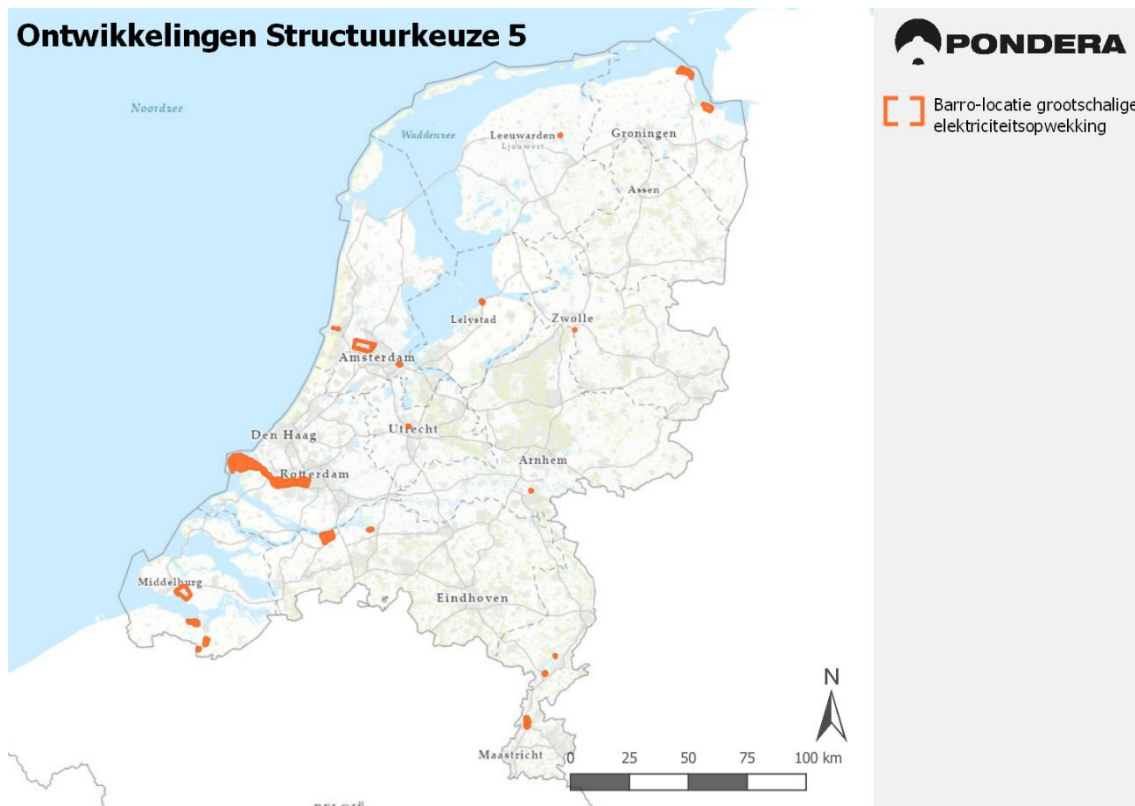
Onderdeel	Optie 1: spreiding regelbare centrales (MW)	(ha)	Optie 2: clustering regelbare centrales (MW)	(ha)	Eenheid	Opmerking
Opwek/productie (regelbare centrales binnen vestigingsplaatsen)						
Amsterdam (Hemweg)	513	5	4.254	35	MW/ha	
Borssele/Slogebied	1.319	10	1.722	15	MW/ha	
Buggenum	92	0	604	5	MW/ha	
Burgum	717	5	1.097	10	MW/ha	
Delfzijl	597	5	947	10	MW/ha	
Diemen	625	5	769	5	MW/ha	
Eemshaven	4.872	40	8.731	70	MW/ha	
Flevoland/Lelystad	909	10	813	10	MW/ha	
Geertruidenberg (Amercentrale)	660	5	917	10	MW/ha	
Geleen (Graetheide/ Chemelot)	331	5	1.151	10	MW/ha	

Onderdeel	Optie 1: spreiding regelbare centrales (MW)	(ha)	Optie 2: clustering regelbare centrales (MW)	(ha)	Eenheid	Opmerking
Maasbracht	1.261	10	3.626	30	MW/ha	
Moerdijk	909	10	821	10	MW/ha	
Rotterdam Botlek	1.264	10	792	5	MW/ha	
Rotterdam Maasvlakte	2.381	20	7.055	55	MW/ha	
Rotterdam RoCa	321	5	203	0	MW/ha	
Rotterdam Vondelingenplaat	815	10	749	5	MW/ha	
Terneuzen, Sas van Gent	454	5	704	5	MW/ha	
Utrecht Lage Weide	547	5	437	5	MW/ha	
Velsen	900	10	803	5	MW/ha	
Verspreid buiten Barro-locaties gebieden	16.713	135*	0	0	MW/ha	*720 hectare als uitgegaan wordt van minimaal 5 ha per locatie (144 locaties met 120 MW) ²³
Totaal binnen Barro- locaties	19.485	175	36.194	300	MW/ha	Incl. grote centrales
Totaal	36.198	310	36.194	300	MW/ha	
Totaal buiten Barro- locaties	16.713	135	0	0	MW/ha	
Opslag						
Geen effecten a.g.v. optie	-		-			
Elektriciteitsinfrastructuur						
380kV- verbindingentracé ²⁴	-		-		Km	
380kV- verbindingencircuits	-		-		Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
380kV-velden (bij Barro-locaties)	2	10	17	20	Velden/ha	Inclusief velden voor elektrolyzers.
Methaan- en waterstofinfrastructuur						
Knelpunten verbindingen methaan (>10%)	5		6			Oplossingsrichting zonder ruimtebeslag
Knelpunten verbindingen waterstof (>10%)	4		6			Oplossingsrichting zonder ruimtebeslag
Totaal		320*		320		*895 hectare bij uitgangspunt 144 locaties van elk 120 MW en 5 ha

²³ Zie ook paragraaf 2.1 van Bijlage X.

²⁴ Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee stations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

Figuur 6-1 Barro-locaties voor grootschalige elektriciteitsopwekking in Nederland



6.3 Effectbeoordeling van optie 1: spreiding regelbare centrales

6.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De plaatsing van regelbare centrales op locaties waar tekorten ontstaan, levert een totaal van 161 locaties op. Op 144 van deze locaties is in de huidige situatie geen (grootschalige) elektriciteitscentrale aanwezig. Twee van deze 144 locaties zijn voorzien op een aangewezen vestigingsplaats grootschalige elektriciteitsopwekking in het Barro. Per locatie wordt een gemiddeld vermogen van 120 MW opgesteld, wat betekent dat op elk van deze locaties het minimale ruimtebeslag van 5 hectare wordt toegevoegd. Dit ruimtebeslag wordt niet per individuele locatie beoordeeld, omdat dit een regionale inpassing betreft. De effecten van de plaatsing van grote elektriciteitscentrales op de Barro-vestigingsplaatsen worden niet beoordeeld, omdat het huidige opgestelde regelbaar vermogen hierin wordt vervangen door grote centrales. Het uitgangspunt is dat de effecten van dit regelbaar vermogen gelijk is aan de huidige situatie.

Occupatielaag

Buiten aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking

Een ruimtebeslag van vijf hectare per locatie is op nationaal niveau gering. Echter heeft het plaatsen van een omvangrijk bouwwerk en ook risicobron, inclusief het benodigde koelwater een effect op de omgeving. De piekvraag van elektriciteit wordt met name veroorzaakt door industrie, waardoor het aannemelijk is dat de centrales voornamelijk op of in de nabijheid van industriegebieden worden geplaatst. De kans dat het ruimtebeslag neerslaat op landbouwterreinen is aanwezig, met name wanneer er geen plaats is op de industrieterreinen zelf. Dit kan resulteren in verlies van landbouwareaal van maximaal 720 hectare. Dit is een middelgrote kans op effecten op landbouw. Wat betreft externe veiligheid kan gesteld worden dat er

op 144 locaties een risicobron wordt toegevoegd. Er is daarmee een middelgrote kans op effecten op de occupatielaag.

Netwerklaag

Buiten aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking

Er is geen effectbeoordeling mogelijk van de kans op effecten op het Natuurnetwerk Nederland, aangezien exacte locaties buiten de Barro-locaties in de effectanalyse ontbreken. Wel kan gesteld worden dat de kans op effecten op NNN zal toenemen ten opzichte van clustering in de Barro-locaties. Dit vanwege het grotere ruimtebeslag en de plaatsing buiten de meer industriële Barro-locaties. Effecten zijn dus niet uit te sluiten, dit leidt tot een middelgrote kans op effecten. Het totale ruimtebeslag voor deze optie is, uitgaande van een minimaal benodigd ruimtebeslag van 5 hectare per locatie buiten de bestaande locaties en een totaal van 144 locaties met een vermogen van 120 MW, 720 hectare. Het ruimtebeslag binnen de Barro-locaties is 175 hectare. Dit is inclusief het ruimtebeslag van de reguliere (grote) centrales. Het totale ruimtebeslag van deze optie is dan 895 hectare. Voor de netwerklaag is er een middelgrote kans op effecten.

Ondergrondlaag

Buiten aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking

Er is een middelgrote kans op effecten voor wat betreft de beschikbaarheid van koelwater. De locaties die buiten de vestigingsplaatsen liggen zijn niet exact ingetekend. De beschikbaarheid van koelwater voor de locaties buiten de Barro-locaties zijn niet exact bekend. Er kan geen analyse uitgevoerd worden over de beschikbaarheid per locatie. Echter, kijkend naar de restopgave van 16.713 MW aan opgesteld vermogen buiten de Barro-locaties en kijkend naar Figuur 6-2 kan gesteld worden dat er een aanzienlijke behoefte aan koelwater is, die lastig verspreid over het land kan worden gerealiseerd indien gebruik gemaakt moet worden van oppervlaktewater voor koeling. Het is mogelijk dat voor een groot deel van het te plaatsen opgesteld vermogen er koeltorens of andere manieren van koeling dan gebruik van oppervlaktewater moet worden toegepast. Dit kan leiden tot een groter ruimtebeslag. Dit betekent een grote kans op effecten door koelwater. Er is ook een verwachte correlatie tussen de locaties met beschikbaar koelwater uit oppervlaktewater en de overstromingsgevoeligheid van de locatie. Dit is niet alleen het geval aan de kust-locaties, maar ook nabij rivieren. Dit is een middelgrote kans op effecten. Ook is het van belang om de locaties voor regelbare centrales - vanwege de koelwaterbehoefte - op afstand te plaatsen van grondwaterbeschermingsgebieden en drinkwatervoorzieningsgebieden, dan wel voorzieningen te treffen waardoor opwarming van het infiltrerende water zo veel als mogelijk wordt voorkomen. Met betrekking tot landschap is de verwachting dat spreiding tot een groter negatief totaaleffect zal leiden dan clustering in bestaande Barro-locaties. Naar verwachting is de kans op effecten van zettingsgevoeligheid klein, aangezien hier in de aanlegmethode rekening mee gehouden kan worden. Voor de ondergrondlaag is er een grote kans op effecten.

6.3.2 Effectbeoordeling van opslag

De structuurkeuze heeft geen ruimtelijk effect op de locaties van opslag.

6.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Door het spreiden van de regelbare centrales zijn aanvullende velden nodig bij hoogspanningsstations nabij de locaties van deze centrales, die worden aangesloten op het 110kV- of het 150kV-netwerk.

De exacte locatie en de omvang van het ruimtebeslag van deze velden is onbekend en is daarom niet meegenomen in de beoordeling.

6.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er zijn enkele aansluitleidingen voor methaan en waterstof die als knelpunt naar voren komen in de uitgevoerde berekeningen zoals bijvoorbeeld de Maxima centrale bij Lelystad. In de berekeningen is er echter een bepaalde verdeling in leidingen gemaakt tussen waterstof en methaan. Door deze verdeling anders te maken zijn verschillende knelpunten opgelost. Hierdoor zijn er voor methaan geen ruimtelijke effecten te verwachten. Bij waterstof treden er dan nog knelpunten op bij de aansluiting regelbare centrales bij Amsterdam Hemweg en Eemshaven omdat de huidige aansluitleiding niet toereikend is. Een aansluiting met grotere capaciteit (grotere diameter) is hiervoor nodig. Dit is mogelijk in hetzelfde traject als de ligging van de huidige leiding (vervanging). Hierdoor is er geen ruimtelijk effect en is dit niet verder meegenomen. De benodigde capaciteit van deze aansluitleidingen is bij spreiding regelbare centrales (optie 1) kleiner dan bij clustering regelbare centrales (optie 2), maar dit heeft geen onderscheidende effecten.

Wat wel onderscheidend kan zijn, maar buiten de scope van de IEA valt is zijn gevolgen voor het regionale netwerk. Door spreiding van regelbare centrales zijn er aansluitleidingen nodig naar deze locaties. Dit is niet verder meegenomen in de beoordeling omdat het regionale netwerk niet onder de scope van de IEA valt, maar kan wel regionaal leiden tot nieuwe leidingen en daarmee mogelijk regionale effecten op Milieu & Ruimte.

6.4 Effectbeoordeling van optie 2: clustering regelbare centrales op Barro-locaties

6.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

In deze optie worden alle regelbare centrales geplaatst binnen de grenzen van de vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking. De regelbare centrales worden over 12 van deze locaties verdeeld. Op tien van deze locaties zijn ook grote centrales voorzien. Het gemiddelde vermogen per locatie is hier ongeveer 1.500 MW.

Occupatielaag

Binnen aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking

Het plaatsen van een omvangrijk bouwwerk en ook risicobron, inclusief het benodigde koelwater (eventueel met een koeltoren) heeft een effect op de omgeving. De locaties zijn echter veelal al voorzien van elektriciteitscentrales, waardoor het effect op de omgeving beperkt wordt. De locaties zijn hier namelijk voor aangewezen en er is al soortgelijke industrie aanwezig. Dit betekent niet dat er geen effect optreedt. De locaties Geertruidenberg, Diemen en Amsterdam Hemweg liggen nabij woonkernen, dit is een middelgrote kans op effecten. Daarnaast is er een middelgrote kans op effecten in de occupatielaag in het kader van externe veiligheid en de nabijheid van risicobronnen. Dit speelt met name bij de haven van Rotterdam, Borssele/Slogebied en Moerdijk. De kans op effecten op de occupatielaag is middelgroot.

Netwerklaag

Binnen aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking

Het ruimtebeslag van de centrales is met name op de locaties Maasbracht, Amsterdam Hemweg, Eemshaven en de Maasvlakte omvangrijk (30-70 hectare). In combinatie met andere voorziene ontwikkelingen voor energie-infrastructuur of havengebonden ontwikkelingen is sprake van een tekort aan beschikbare ruimte. In de Rotterdamse haven is een grote kans op effecten door ruimtebeslag, op de overige locaties gaat dit om een middelgrote kans op effecten. De kans op effecten op de netwerklaag is groot.

Ondergrondlaag

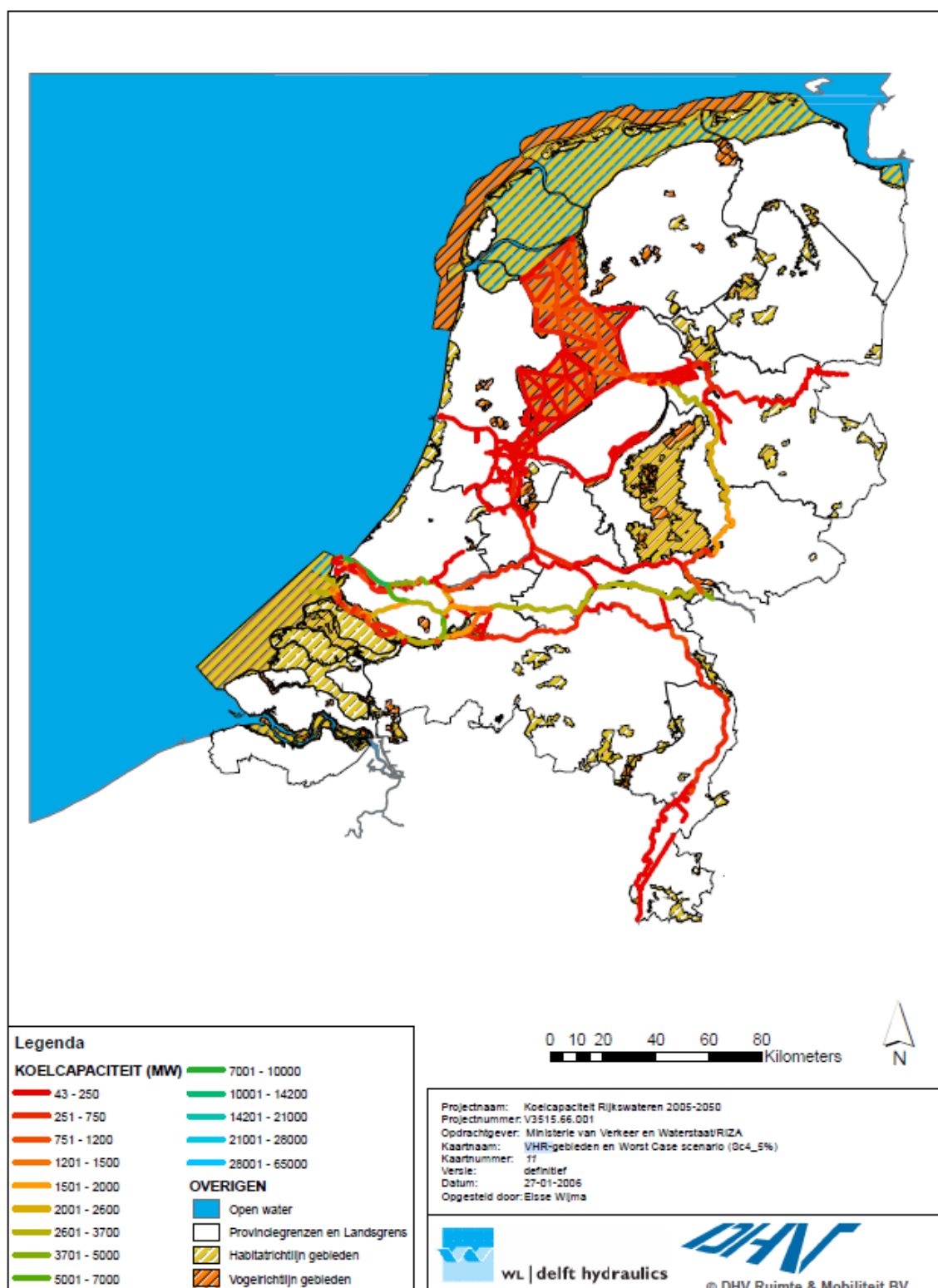
Binnen aangewezen vestigingsplaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking

Naar verwachting is de kans op effecten van zettingsgevoeligheid en overstromingen klein, aangezien hier in de aanlegmethode rekening mee gehouden kan worden. De kans op effecten op de beschikbaarheid van koelwater zijn middelgroot tot groot voor enkele locaties. In Tabel 6-2 is per locatie aangegeven wat de verwachte beschikbaarheid van koelwater uit nabijgelegen oppervlaktewater is (zie ook Figuur 6-2). Daarnaast is een inschatting gegeven – mede op basis van de effectbeoordeling in Bijlage XIa – of er mogelijk ruimte is voor de toepassing van koeltorens. Per optie is een beoordeling gegeven voor de kans op effecten (tweede en derde kolom Tabel 6-2). De kans op effecten voor de ondergrondlaag is middelgroot tot groot.

Tabel 6-2 Beschikbaar koelwater uit oppervlaktewater en ruimte voor koeltorens

Barro-locatie	Optie 1: spreiding regelbare centrales MW	Optie 2: clustering regelbare centrales MW	Beschikbaar koelwater uit oppervlaktewater	Gebruik koeltorens
Amsterdam (Hemweg)	513	4.254	Beperkte capaciteit aanwezig.	Beperkte ruimte aanwezig
Borssele/Sloegebied	1.319	1.722	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Westerschelde)	Ruimte aanwezig
Buggenum	92	604	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan de Maas	Ruimte aanwezig
Burgum	717	1.097	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan Bergemer Meer	Ruimte aanwezig
Delfzijl	597	947	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Waddenzee)	Ruimte aanwezig
Diemen	625	769	Beperkte capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (IJsselmeer)	Geen ruimte aanwezig
Eemshaven	4.872	8.731	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Waddenzee)	Ruimte aanwezig
Flevoland/Lelystad	909	813	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (IJsselmeer)	Ruimte aanwezig
Geertruidenberg (Amercentrale)	660	917	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Biesbosch)	Ruimte aanwezig
Geleen (Graetheide/Chemelot)	331	1.151	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan de Maas	Ruimte aanwezig
Maasbracht	1.261	3.626	Beperkte capaciteit aanwezig door ligging aan de Maas	Ruimte aanwezig
Moerdijk	909	821	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Biesbosch)	Ruimte aanwezig
Rotterdam Botlek	1.264	792	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Rotterdam Maasvlakte	2.381	7.055	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Rotterdam RoCa	321	203	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Rotterdam Vondelingenplaat	815	749	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Terneuzen, Sas van Gent	454	704	Voldoende capaciteit aanwezig, mogelijk ecologische effecten op habitatgebieden (Westerschelde)	Ruimte aanwezig
Utrecht Lage Weide	547	437	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig
Velsen	900	803	Beperkte capaciteit aanwezig	Beperkte ruimte aanwezig

Figuur 6-2 Potentiële koelcapaciteit voor droog jaar met maximale klimaatverandering (VWS, 2005)



6.4.2 Effectbeoordeling van opslag

De structuurkeuze heeft geen ruimtelijk effect op de locaties van opslag.

6.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Door het clusteren van de regelbare centrales op 12 locaties zijn aanvullende velden nodig op deze locaties. De centrales worden aangesloten op het 220kV- of 380kV-netwerk. In Tabel 6-3 zijn de locaties en bijbehorend ruimtebeslag aan velden opgenomen.

Tabel 6-3 Ruimtebeslag voor uitbreiding velden bij 220kV-/380kV-stations

Vestigingsplaats	Ruimtebeslag (ha)
Amsterdam (Hemweg)	10
Borssele/Sloegergebied	10
Eemshaven	10
Geleen (Graetheide/Chemelot)	10
Maasbracht	10
Maasvlakte	10
Totaal	60

De realisatie van extra velden op een locatie hebben met name een ruimtebeslag als effect. Uit de effectbeoordeling van de knelpunten lijkt dat op alle locaties het beoogde ruimtebeslag gevestigd kan worden met een kleine kans op effecten bij toepassing van enkel het robuuste ruimtebeslag. Bij toepassing van het maximale ruimtebeslag is dit anders. Hieronder wordt kort de beoordeling besproken als de nieuwe velden onderdeel zijn van het maximale ruimtebeslag op de locaties.

Occupatielaag

Voor Hemweg, Borssele/Sloegergebied, Graetheide/Chemelot geldt een middelgrote kans op effecten door externe veiligheid en/of nabijgelegen woonkernen. Bij Maasbracht is er een grote kans op effecten door aanwezige recreatiegebieden en landbouw. Bij de Eemshaven is er een kleine kans op effecten. De occupatielaag heeft een grote kans op effecten.

Netwerklaag

Voor de netwerklaag geldt er een grote kans op effecten is door het grote ruimtebeslag bij Borssele/Sloegergebied en de Rotterdamse haven. Bij de andere locaties gaat het om middelgrote kans op effecten door ruimtebeslag. Verder is er een middelgrote kans op effecten op NNN bij Borssele/Sloegergebied en de Rotterdamse haven. De netwerklaag heeft een grote kans op effecten.

Ondergrondlaag

Borssele/Sloegergebied heeft een grote kans op effecten door archeologie. Voor de haven van Rotterdam is de nabijheid van Natura 2000 reden voor een middelgrote kans op effecten. Bij Maasbracht is er een middelgrote kans op effecten door aardkundige waarden en aanwezige rijksmonumenten. De overige locaties hebben een kleine kans op effecten voor de ondergrondlaag.

6.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er zijn enkele aansluitleidingen voor methaan en waterstof die als knelpunt naar voren komen in de uitgevoerde berekeningen zoals bijvoorbeeld de Maxima centrale bij Lelystad. In de berekeningen is er echter een bepaalde verdeling in leidingen gemaakt tussen waterstof en methaan. Door deze verdeling anders te maken zijn verschillende knelpunten opgelost. Hierdoor zijn er voor methaan geen ruimtelijke effecten te verwachten. Bij waterstof treden er dan nog knelpunten op bij de aansluiting regelbare centrales bij Amsterdam Hemweg en Eemshaven omdat de huidige aansluitleiding niet toereikend is. Een aansluiting met grotere capaciteit (grotere diameter) is hiervoor nodig. Dit is mogelijk in hetzelfde traject als de ligging van de huidige leiding (vervanging). Hierdoor is er geen ruimtelijk effect en is dit niet verder meegenomen. De benodigde capaciteit van deze aansluitleidingen is bij spreiding (optie 1) kleiner dan bij clustering van regelbare centrales (optie 2) door meer vermogen bij de Barro-locaties, maar dit heeft geen onderscheidende effecten.

6.5 Conclusie

6.5.1 Optie 1: spreiding regelbare centrales

Bij het verspreiden van regelbare centrales zijn er voornamelijk effecten te verwachten door de plaatsing van de centrales buiten de Barro-locaties. De precieze locatie van deze centrales is niet vastgesteld. Er is een middelgrote kans op effecten op de occupatielaag omdat er op 144 locaties buiten de Barro-locaties een risicobron wordt toegevoegd aan de omgeving. Ook voor de netwerklaag is er een middelgrote kans op effecten door het grote ruimtebeslag (maximaal ongeveer 720 ha) dat verspreid over Nederland gebruikt wordt voor de plaatsing van regelbare centrales. Daarnaast zijn effecten op NNN-gebieden niet uit te sluiten, ook hier geldt een middelgrote kans op effecten. Voor de ondergrondlaag is er sprake van een grote kans op effecten door de verwachte beperkte beschikbaarheid van koelwater. De verspreiding van locaties kan ook leiden tot effecten in het regionale elektriciteitsnetwerk en het buisleidingennetwerk. Dit valt buiten de scope van de IEA en is niet nader onderzocht.

6.5.2 Optie 2: clustering regelbare centrales bij Barro-locaties

Bij de clustering van regelbare centrales op de Barro-locaties is er sprake van een middelgrote kans op effecten in de occupatielaag door externe veiligheid door het toevoegen van een risicobron. Ook is er bij Geertruidenberg en Hemweg een middelgrote kans op effecten op bebouwing door de nabijgelegen woonkernen. Voor de netwerklaag is de kans op effecten groot door een tekort aan beschikbare ruimte op de Barro-locaties. Door het clusteren van elektriciteitscentrales is er weinig ruimte beschikbaar in combinatie met andere mogelijke ontwikkelingen van de energie-infrastructuur, denk hierbij aan nieuwe stations, batterijen, elektrolyzers en infrastructuur voor aanlanding van windenergie op zee. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten middelgroot tot groot door een gebrek aan beschikbaar koelwater.

6.5.3 Conclusie

De keuze van clustering of het verspreid plaatsen van de regelbare centrales heeft beperkt impact op de nationale buisleidingen- en elektriciteitsinfrastructuur. Er zullen enkele aansluitleidingen verzwaard moeten worden, dit heeft geen ruimtelijk effect. De clustering van regelbare centrales op de Barro-locaties heeft een positief effect voor landschap in vergelijking met de verspreide plaatsing (nabij vraag). Het totale ruimtebeslag neemt aanzienlijk toe bij verspreide plaatsing van regelbare centrales. De kans op effecten

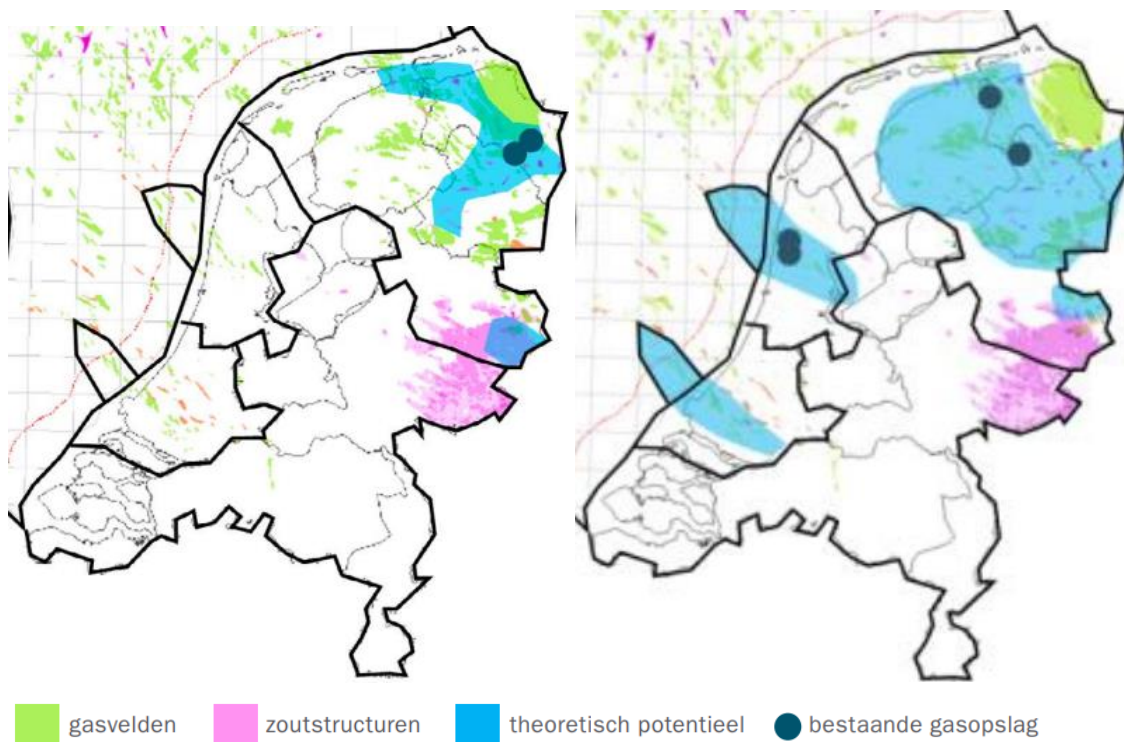
van het ruimtebeslag is echter kleiner dan het ruimtebeslag als gevolg van geclusterde plaatsing op de Barro-locaties. De reden hiervoor is dat op de Barro-locaties erg weinig ruimte beschikbaar is. Het ruimtebeslag van de verspreide plaatsing kan worden gerealiseerd op locaties waar een lagere ruimtedruk bestaat dan de bestaande Barro-locaties. De geclusterde plaatsing van de regelbare centrales vraagt op verschillende Barro-locaties om aanvullende ruimte vanwege de beperkte beschikbaarheid van koelwater en de benodigde toepassing van koeltorens. Deze ruimte is op verschillende locaties niet beschikbaar. Daarnaast kunnen er effecten (bijvoorbeeld nieuwe aansluitingen) op het regionale net optreden voor zowel elektriciteit als methaan en waterstof bij verspreide ligging van regelbare centrales. Dit valt buiten de scope van de IEA en is niet nader onderzocht.

7 Structuurkeuze 6: Waterstofopslag in zoutcavernes of lege gasvelden

7.1 Inleiding

Voor langetermijnopslag, bijvoorbeeld om een seizoen te overbruggen, is een groot opslagvolume vereist (tussen de 10 en 47 TWh), dat veel ruimte in beslag neemt. Ondergrondse opslag van waterstof is hiervoor geschikt. In 2050 wordt waterstof in alle Nederland Energieland scenario's ingezet om in vraag naar lange termijn (ook wel seizoens-)opslag te voorzien. De opslag wordt gevuld op momenten van overschot aan waterstof en levert op momenten van schaarste. In alle scenario's is opslag in zoutcavernes in Zuidwending voorzien, waarvoor geschikte cavernes ontwikkeld moeten worden (zie ook Bijlage IV). Er is een technisch potentieel van 60 cavernes met een totaal vermogen van 43,3 TWh in Nederland voorzien (TNO, Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES, 2020). In Figuur 7-1 is de onshore potentie van zoutstructuren (links) en gasvelden (rechts) voor gasopslag weergegeven. De blauwe velden geven de regio's aan waar het potentieel zich bevindt.

Figuur 7-1 Zoutstructuren (links) en gasvelden (rechts) potentieel voor gasopslag (TNO, 2021)



Deze structuurkeuze gaat over opslaglocaties voor de opslag van waterstof (10 TWh bij Europese Sturing en 37 TWh bij Nationale Sturing). Eén mogelijkheid is om de opslag alleen in – nog te ontwikkelen – zoutcavernes op te slaan. Dit is het geval bij het scenario Europese Sturing. De andere mogelijkheid is om de opslag te verdelen over enkele nieuw te ontwikkelen zoutcavernes nabij bestaande locaties en dit aan te vullen met opslag in bestaande gasopslagen. Dit is het geval bij het scenario Nationale Sturing. De opties zijn onderzocht met een aanzienlijk onderling verschil in omvang van opslagcapaciteit. Voor het vergelijken van de effecten van de beide opties is het van belang om dit verschil in omvang in ogenschouw te nemen.

Zoutcavernes kennen naast opslag van waterstof andere gebruiksmogelijkheden, waaronder opslag van perslucht, olieafvalproducten of andere gassen zoals stikstof of helium. Olieafvalproducten worden gebruikt voor het opvullen van instabiele zoutcavernes in zoutkussens (rond Hengelo en Enschede). De voorziene zoutcavernes in Noord-Nederland zijn stabiele smalle diepe cavernes in zoutpilaren. Opvullen met olieafvalproducten is daarmee geen prioritaire gebruiksmogelijkheid. Perslucht opslag, met een capaciteit van ordegrootte 100 MW en flexibiliteit voor een uur tot minder dan een week, is een andere gebruiksmogelijkheid van zoutcavernes. Vanuit leveringszekerheid van energie voor seizoensfluctuaties (meerdere weken) heeft waterstofopslag een hogere prioritering dan perslucht. Opslag van andere gassen zoals stikstof of helium zijn niet noodzakelijk onderdeel van het energiesysteem van de toekomst.

7.2 Opties in deze structuurkeuze

De opties in deze structuurkeuze zijn als volgt:

- Optie 1: Een geografische spreiding van opslag in zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe. Deze optie is gebaseerd op het scenario Europese Sturing en gaat uit van 10 TWh aan waterstofopslag. Dit gaat om ongeveer 36 cavernes.
- Optie 2: Opslag in beschikbare huidige gasopslagen en in lege gasvelden, aangevuld met opslag in nieuw aan te leggen zoutcavernes nabij bestaande locaties. Deze optie is gebaseerd op het scenario Nationale Sturing. De optie gaat uit van 45% van de benodigde opslagcapaciteit in de bestaande gasopslag Norg, 40% in de bestaande gasopslagen in Noord-Holland, 5% in een leeg gasveld in Zuid-Holland en 5% in cavernes bij Zuidwending.

De seizoensopslag van methaan vindt plaats in de overige bestaande gasopslaglocaties. Het totale beschikbare opslagvolume hiervan is toereikend en kent dan ook geen nieuw ruimtebeslag.

7.2.1 Ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen

De volgende tabel geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 7-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: zoutcavernes	Optie 2: lege gasvelden	Een heid	Opmerking
Opwek/productie				
Niet relevant voor structuurkeuze	-	-		
Opslag				
Waterstof in cavernes	125	25	ha	Bovengronds ruimtebeslag
Waterstof in gasopslagen	0	10	ha	Bovengronds ruimtebeslag
Elektriciteitsinfrastructuur				
Niet relevant voor structuurkeuze	-	-		
Methaan- en waterstofinfrastructuur				
Aansluitleiding binnen bestaand tracé	0	8	km	Indicatieve lengte vanwege modelmatige inpassing opslaglocaties
Nieuwe gasverbindingen	186	0	km	Indicatieve lengte vanwege modelmatige inpassing opslaglocaties
Nieuwe waterleidingen	186	0	km	Indicatieve lengte vanwege modelmatige inpassing opslaglocaties

Onderdeel	Optie 1: zoutcavernes	Optie 2: lege gasvelden	Eenheid	Opmerking
Putten	72	0	-	
Gasstation injectie	5	0	-	
Gasstation productie	5	0	-	
Pekelverwerking	1	0	-	
Waterfabriek	1	0	-	

7.3 Effectbeoordeling van optie 1: opslag waterstof in zoutcavernes

7.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De scenario's die de basis zijn voor de opties verschillen in omvang van opwek, waar voor deze structuurkeuze de import van waterstof van belang is; het scenario Europese Sturing gaat uit van een grotere omvang van import dan het scenario Nationale Sturing. De effecten van opwek zijn hierdoor verschillend en niet direct onderling vergelijkbaar. De effecten van opwek in het scenario Nationale Sturing zijn beoordeeld in structuurkeuze 3: Clustering extra wind en zon op land.

7.3.2 Effectbeoordeling van opslag

De kans op effecten van opslag gaat over de effecten die kunnen ontstaan door de ondergrondse opslag van waterstof. De kans op effecten door bovengrondse installaties wordt geanalyseerd en beoordeeld bij de effecten van methaan/waterstofinfrastructuur (paragraaf 7.3.4).

Occupatielaag

De scenario's gaan ervan uit dat de 36 zoutcavernes worden ontwikkeld binnen het potentiegebied in het noorden van Nederland (zie Figuur 7-1). De locaties in Twente zijn beperkt geschikt voor de opslag van waterstof, vanwege de overwegend geringere diepte. De zoutcavernes worden ontwikkeld in de provincies Groningen, Drenthe en een klein deel in Friesland. De bebouwingsdichtheid in deze gebieden is op nationaal niveau gezien relatief gering. Ook ligt de stad Groningen buiten het potentiegebied. Er is sprake van een concentratie van de opslag in het Noordoosten van Nederland.

De beoordeling voor het aspect externe veiligheid gaat in op de kans van het optreden van een blow-out tijdens de aanleg van de caveerne, de kans op geïnduceerde bevingen en de kans op het ontstaan van lekkages. De laatste twee voor zowel tijdens de aanleg als tijdens het gebruik van de opslagen. Uit het eerder uitgevoerd milieueffectrapport voor de Structuurvisie Ondergrond blijkt dat de kans op een blow-out en de kans op bevingen klein is, waardoor deze geen relevante invloed hebben op de effectbeoordeling (I&W, Structuurvisie Ondergrond, 2018)). De kans op lekkages is groter en kan zich voordoen tijdens de aanleg en gebruik (injectie en productie). Dit onderdeel wordt behandeld bij de 'ondergrondlaag'. Het benodigde ruimtebeslag zal waarschijnlijk ten kosten gaan van landbouwgrond en betekent een middelgrote kans op effecten. Dit is dan ook een middelgrote kans op effecten voor de totale occupatielaag.

Netwerklaag

Het ruimtebeslag van de bovengrondse installaties van de cavernes is in deze optie in totaal 125 ha. Het potentiegebied waar dit ruimtebeslag terecht zal komen beslaat een totaaloppervlak van ongeveer 2.500 km². In deze vergelijking is het ruimtebeslag klein. Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag.

Ondergrondlaag

De aanleg van cavernes heeft bodemdaling tot gevolg. De mate waarin zich dit voordoet, is onder andere afhankelijk van de nabijheid van andere cavernes, de geomechanische eigenschappen van het zout, de diepteligging, de temperatuur, de operationele druk in de caverne en de duur van (lagere) drukcondities. Ter indicatie; de voorspelde bodemdaling voor de huidige gasbuffer in de cavernes bij Zuidwending is 8,2 tot 16,4 centimeter in 2050 (Gasunie, 2016). Als de zoutcavernes dicht bij elkaar geplaatst worden, bijvoorbeeld in clusters van zes zoals bij Zuidwending, kan de impact van de nieuw aan te leggen infrastructuur beperkt worden. Maar het cumulatieve effect van een cluster van meerdere (tientallen) cavernes kan tot een sterkere bodemdaling leiden. Vanwege het aantal cavernes dat in het gebied is voorzien en de potentiële bodemdaling die als gevolg van zoutwinning en gasopslag kan optreden, is er sprake van een grote kans op effecten door bodemdaling.

De kans op effecten door overstroming is in het potentiegebied over het algemeen gering, maar middelgroot in de omgeving van Winschoten (inclusief locatie Heiligerlee). Hier bestaat een middelgrote kans op effecten door een overstromingsdiepte van ongeveer 3 meter.

De kans is op lekkage van waterstof naar grondwater is klein, omdat het ontwerp van de put hierop is aangepast en omdat de put gemonitord wordt op lekdichtheid tijdens exploitatie. In het geval er een lekkage optreedt kan dit gemitigeerd worden door de exploitatie stil te leggen om de afsluiting te herstellen. Hiermee wordt ook een grotere lekkage voorkomen.

De boring van een put kan door één of meerdere scheidende grondlagen worden uitgevoerd. Hierdoor ontstaat de kans op vermenging van grondwater van verschillende kwaliteiten. De kans op het optreden van effecten door vermenging van watervoerende lagen is klein omdat de effecten van vermenging door een gat in de scheidende laag zeer gering en lokaal van aard zijn. Ook zijn deze effecten te mitigeren door meervoudige casings toe te passen. Als een scheidende grondlaag wordt geraakt stopt de casing en wordt verder geboord met een kleinere diameter, tot een volgende scheidende grondlaag wordt geraakt.

Als bovengrondse installaties in open weidevogelgebied en Natura 2000-gebieden worden geplaatst, hebben deze een grote kans op effecten. Als de plaatsing hierbuiten wordt gerealiseerd is er – zeker bij clustering van installaties – een kleine kans op effecten. Landschappelijk gezien is er bij waterstofopslag vooral op lokaal schaalniveau een kans op effect, door de aanleg van benodigde bovengrondse installaties. Bodemdalingen hebben alleen een negatief effect als er bovengronds duidelijk waarneembare schade optreedt. Ook dit zal naar verwachting een lokaal effect zijn. Er is een grote kans op effecten op de ondergrondlaag. Effecten voor de aspecten natuur, landschap en overstromingsgevoeligheid kunnen variëren afhankelijk waar de cavernes daadwerkelijk worden gerealiseerd.

7.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Er zijn in deze structuurkeuze geen relevante effecten op de elektriciteitsinfrastructuur.

7.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De kans op effecten van de methaan/waterstofinfrastructuur is afhankelijk van de plaatsing van pekelverwerkingslocaties of de aanwijzing van locaties voor lozing, gasstations voor gasinjectie en -stations voor gasproductie en aansluiting op het gasnet per cluster van cavernes.

Voor de aanleg van nieuwe zoutcavernes moet eerst zout gewonnen worden. Het gewonnen zout moet afgevoerd worden. In Nederland wordt jaarlijks voldoende zout geproduceerd om in 2050 voldoende cavernes te hebben voor 15 TWh waterstofopslag. Dit is voldoende voor de behoefte in deze optie. Voorwaarde is wel dat de winning op de juiste locaties en op de juiste wijze gebeurt. Voor de productie van pekkel is nieuwe infrastructuur nodig in het potentiegebied. Dit betekent dat in dit gebied een pekkel-verwerkingsfabriek en een waterfabriek (voor productie zuurstofvrij water) moet worden gerealiseerd. Daarnaast is per cluster een gasstation nodig dat de aanvoer (levering van waterstof) regelt, en een station dat de injectie regelt. Hiermee worden aanvullende risicobronnen in het potentiegebied geïntroduceerd, die ook blootgesteld kunnen worden aan effecten van bodemdaling. Deze infrastructuur heeft een ruimtebeslag van ongeveer 125 ha in het potentiegebied. Afhankelijk van de locatie kan dit lokaal een negatief effect op landschap veroorzaken.

Naast deze infrastructuur is ook een aansluiting nodig op het gasnetwerk. Aansluitleidingen in (waarschijnlijk nieuwe) tracés verbinden de nieuwe (clusters van) cavernes met het nationale waterstofnetwerk. Nieuwe aansluitleidingen van de cavernes naar het nationale waterstofnetwerk hebben een ruimtebeslag dat ook ingepast moet worden in het potentiegebied. Op basis van modelberekeningen en aannames²⁵ wordt uitgegaan van een totaal van ongeveer 185 kilometer aan nieuwe aansluitleidingen. Deze kennen een onderlinge afstand van 5 meter en worden ondergronds aangelegd. Vanwege de lage bebouwingsdichtheid, weinig zettingsgevoeligheid en het overwegend agrarisch landschap (goed te combineren met ondergrondse buisleidingen) wordt de kans op effecten van deze ondergrondse leidingen als klein beoordeeld voor de occupatielaag, netwerklaag en ondergrondlaag.

7.4 Effectbeoordeling van optie 2: opslag waterstof in lege gasvelden

Deze optie gaat uit van waterstofopslag in lege gasvelden. Dit betreft een nog niet bewezen technische toepassing en er zijn meerdere leemten in kennis die moeten worden beantwoord voordat deze opslagtechniek kan worden toegepast. Eén van de belangrijkste leemten betreft de mogelijke chemische reacties die kunnen ontstaan tussen het waterstof en de in het lege gasveld aanwezige materialen en microben.

7.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

De scenario's die de basis zijn voor de opties verschillen in omvang van opwek, waar voor deze structuurkeuze de import van waterstof van belang is; het scenario Europese Sturing gaat uit van een grotere omvang van import dan het scenario Nationale Sturing. De effecten van opwek zijn hierdoor verschillend en niet direct onderling vergelijkbaar. De effecten van opwek in het scenario Nationale Sturing zijn beoordeeld in structuurkeuze 3: Clustering extra wind en zon op land.

7.4.2 Effectbeoordeling van opslag

De effectanalyse van opslag richt zich op de effecten die kunnen ontstaan door de ondergrondse opslag. De effecten door bovengrondse installaties worden geanalyseerd en beoordeeld bij de effecten van methaan/waterstofinfrastructuur (paragraaf 7.4.4).

In deze optie worden huidige gasopslagen voor methaan omgebouwd naar opslagen voor waterstof, en wordt een leeg gasveld gereed gemaakt voor waterstofopslag. Voor de huidige gasopslagen betekent dit

²⁵ 36 cavernes, verdeel over 5 clusters, per cluster een verbinding naar zoutverwerking en waterfabriek met een gemiddelde afstand van 30 kilometer, aangevuld met 1 kilometer per caverne.

dat de methaanopslagen gefaseerd omgebouwd worden tussen 2030 en 2050. De haalbaarheid en veiligheid van opslag van waterstof in lege gasvelden is nog niet voldoende onderzocht.

Occupatielaag

De kans op effecten in de occupatielaag is klein, omdat er slechts een beperkte toevoeging is aan de gasopslagcapaciteit. Uitgaande van de mogelijkheid tot het transformeren van de huidige gasopslagen voor methaan tot opslag voor waterstof, wordt alleen in Zuid-Holland een leeg gasveld in gebruik genomen voor gasopslag, dat nu nog niet als zodanig wordt gebruikt. In Figuur 7-1 is in de linker afbeelding aangegeven waar het potentiegebied voor gebruik van lege gasvelden voor gasopslag ligt. Dit gebied beslaat de regio Rotterdam – Den Haag, en strekt zich uit tot de Biesbosch. Er is voor een groot deel van het gebied dus sprake van een hoge bebouwingsdichtheid. Naast deze gasopslag, worden er enkele cavernes gerealiseerd in de nabijheid van de huidige gasopslagen in zoutcavernes; Zuidwending en Heiligerlee. Dit gaat waarschijnlijk ten koste van landbouwgrond en is een middelgrote kans op effecten.

Er is ook een middelgrote kans op effecten op externe veiligheid. Vooropgesteld dat er nog veel onduidelijkheid is over de technische haalbaarheid van de opslag van waterstof in lege gasvelden, is wel bekend dat er mogelijk een reactie van waterstof kan ontstaan met het gesteente in het lege gasveld. Hierdoor kan waterstofsulfide (H_2S) ontstaan, wat een giftig gas is. Dit gas is zeer corrosief en kan de integriteit van het gasveld en de put aantasten. De kans dat dit gas ontsnapt naar de omgeving is gering door het treffen van maatregelen bij de put. De omvang van het effect op de werking van de gasopslag is echter onbekend en dient nader onderzocht te worden voordat toepassing kan worden gegeven aan deze opslagtechniek (TNO, Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES, 2020). Ook is er nog nader onderzoek nodig om de kans op effecten op externe veiligheid vast te stellen.

Netwerklaag

Het bovengrondse ruimtebeslag van opslag in deze optie komt voort uit de aan te leggen gasopslag in een leeg gasveld en enkele cavernes en beslaat ongeveer 10 ha voor een leeg gasveld en ongeveer 25 ha voor enkele zoutcavernes. Dit is een gering ruimtebeslag wanneer gekeken wordt vanuit de potentiegebieden voor opslag in lege gasvelden en zoutcavernes. Er is een kleine kans op effecten op de netwerklaag.

Ondergrondlaag

Zoals in paragraaf 7.3.2 ook is beschreven, hebben zoutcavernes bodemdaling tot gevolg, die wordt veroorzaakt door de zoutwinning en de exploitatie van de gasopslag. De mate waarin de bodemdaling optreedt, is afhankelijk van meerdere factoren en dient nader onderzocht te worden voor de specifieke bestaande locaties bij Zuidwending en Heiligerlee. De kans op effecten door bodemdaling zijn hier als middelgroot beoordeeld vanwege het beperkt aantal zoutcavernes dat wordt gebruikt. De kans is op lekkage van waterstof naar grondwater is klein, omdat het ontwerp van de put hierop is aangepast (dubbele casing) en omdat de put gemonitord wordt op lekdictheid tijdens exploitatie. In het geval er een lekkage optreedt kan dit gemitigeerd worden door de exploitatie stil te leggen om de afsluiting van de casing te herstellen. Hiermee wordt ook een grotere lekkage voorkomen. De kans op effecten door overstroming nabij de bestaande locaties met zoutcavernes is middelgroot beoordeeld door de overstromingsdiepte van ongeveer 1,5 meter (Zuidwending) tot 3 meter (Heiligerlee).

De boring van een put kan door één of meerdere scheidende grondlagen worden uitgevoerd. Hierdoor ontstaat de kans op vermenging van grondwater van verschillende kwaliteiten. De kans op het optreden van effecten door vermenging van met watervoerende lagen is klein omdat de effecten van vermenging

door een gat in de scheidende laag zeer gering en lokaal van aard zijn. Ook zijn deze effecten – indien opgemerkt – te mitigeren. Zie ook de Structuurvisie Ondergrond (I&W, Structuurvisie Ondergrond, 2018). Landschappelijk gezien is er vooral op lokaal schaalniveau een kans op negatieve effecten. De kans op effecten is klein. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten middelgroot door bodemdaling en overstromingsgevoeligheid.

7.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Er zijn in deze structuurkeuze geen relevante effecten op de elektriciteitsinfrastructuur.

7.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er wordt geen ruimtebeslag door nieuwe verbindingen verwacht in deze optie, omdat de huidige aansluitelingen voldoende zijn, dan wel op dezelfde locatie verzwaard kunnen worden. Dit heeft geen ruimtelijk effect.

7.5 Conclusie

De keuze om waterstof ten behoeve van seizoensopslag in zoutcavernes op te slaan is technisch mogelijk. De effecten als gevolg hiervan zijn groot voor bodemdaling, middelgroot voor landbouw. Door de opslag van waterstof in zoutcavernes te realiseren ontstaat er lokaal bodemdaling en gaat de bovengrondse infrastructuur waarschijnlijk ten koste van landbouwgrond. Daarnaast zijn er ondergrondse aansluitelingen op het nationale waterstofnetwerk nodig. Lokaal kan er door de te realiseren infrastructuur negatieve effecten op landschap en natuur ontstaan, afhankelijk van de (nog nader te bepalen) locatie.

De keuze om waterstof op de slaan in bestaande gasopslagen en een leeg gasveld behoeft nader onderzoek naar de technische haalbaarheid. De praktische toepassing is nog niet aangetoond. Voor de occupatielaag is er is een middelgrote kans op effecten van externe veiligheid door het mogelijk ontstaan van waterstofsulfide in de gasopslagen. Verder heeft het gebruik van bestaande gasopslagen, een leeg gasveld en enkele zoutcavernes een geringer bovengronds ruimtebeslag ten opzichte van enkel gebruik maken van zoutcavernes. Ook is er minder sprake van bodemdaling.

8 Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie

8.1 Inleiding

Aan de hand van deze structuurkeuze wordt het effect van het toepassen van kernenergie in het energiesysteem onderzocht. Dit wordt gedaan aan de hand van het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, dat is aangepast door het toevoegen van kernenergie en een afname van regelbare centrales en wind op land. De kerncentrales worden geplaatst op de locaties waarvoor het waarborgingsbeleid²⁶ geldt, met uitzondering van de locatie in Eemshaven.

8.2 Opties in deze structuurkeuze

Er is sprake van twee opties in deze structuurkeuze:

- Optie 1: Keuze voor opwek uit hernieuwbaar op zee en op land en import van waterstof. Dit is uitgewerkt in het scenario Sterke Knopen Europese Sturing. Hierin is uitgegaan van geclusterde plaatsing van regelbare centrales en de plaatsing van wind en zon op land.
- Optie 2: Keuze voor opwek uit kerncentrales, hernieuwbaar op zee en import van waterstof. Dit is uitgewerkt in het scenario Sterke Knopen Europese Sturing, waarin kernenergie is toegevoegd. Dit alternatief is gebaseerd op Sterke Knopen Europese Sturing maar met in totaal 8,25 GW kerncentrales. Er is daardoor minder capaciteit en inzet van regelbare centrales benodigd en er is na 2030 geen plaatsing meer van extra zon en wind op land.

De volgende tabel geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 8-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: zonder kernenergie	Optie 2: met kernenergie	Eenheid	Opmerking
Regelbare centrales	36,2	27,9	GW	Zowel grote als regelbare centrales
	300	225	ha	
Elektrolyzers	19,2	18,4	GW	
	190	185	ha	
Kernenergie	0	8,3	GW	Exclusief opslag kernaafval
	0	75	ha	
Zon op land	0	0	GW	In Sterke Knopen Europees scenario alle zon op daken.
	0	0	ha	
Wind op land	10	0	GW	
	665 ²⁷	0	ha	
Batterijen	32,6	27,1	GW	
	930	770	ha	
Waterstofopslag	15,3	13,9	TWh	Bovengronds ruimtebeslag
	750	700	ha	
Totaal	2.835	1.955	ha	

²⁶ Besluit algemene regels ruimtelijke ordening, artikel 2.8.4 en 2.8.5.

²⁷ Het betreft hier direct ruimtebeslag van windenergie. Het indirecte ruimtebeslag van 10 GW windenergie op land is ongeveer 83.335 ha. Er is gekozen voor het directe ruimtebeslag voor zowel kernenergie als windenergie om een zo eerlijk mogelijke vergelijking te maken. De bredere effecten door de verspreide plaatsing van windenergie op (windturbines kunnen namelijk niet pal naast elkaar geplaatst worden) land worden behandeld in de aspecten landschap en natuur.

Onderdeel	Optie 1: zonder kernenergie	Optie 2: met kernenergie	Eenheid	Opmerking
Elektriciteitsinfrastructuur				
380kV-verbindingentracé ²⁸	45	174	Km	100 m ruimtebeslag
380kV-velden	10	10	ha	
Totaal	460	17.410	ha	
Methaan- en waterstofinfrastructuur				
Verbindingen	-	-		

8.3 Effectbeoordeling van optie 1: geen kernenergie

8.3.1 Effecten van opwek/productie

De effecten van opwek van optie 1 zijn vergelijkbaar met de analyse van structuurkeuzes 3 en 4. Hieronder worden de belangrijkste uitkomsten van de effectanalyse van de daar relevante opties gepresenteerd.

Occupatielaag

Voor wind op land is er sprake van een aanzienlijke opgave in enkele gebieden, zijnde Zeeland (20%), Regio Rotterdam (5%), Kop van Noord-Holland (5%), Flevoland (15%) en Noordoost Nederland (35%). Er is, relatief gezien, een beperkte plaatsing van windenergie in Noord-Brabant, Friesland, Gelderland en Overijssel, als ook in de Randstad en Zuid-Limburg (allen minder dan 4%). In het geval van grootschalige clustering van wind op land is de gehanteerde afstand tot bebouwing in de analysekaarten van NP RES mogelijk te beperkt om effecten te voorkomen of beperken (zie ook structuurkeuze 4).

In totaal is ongeveer 190 ha aan elektrolyzers voorzien in deze optie. Deze worden voornamelijk voorzien op locaties voor aanlanding windenergie op zee. Dit zijn locaties waar nu sprake is van havengebonden activiteiten en waar dus mogelijk een conflicterend ruimtebeslag kan optreden.

De kans op effecten wordt als middelgroot beoordeeld voor de occupatielaag.

Netwerklaag

Het totale (directe) ruimtebeslag van de opwek in de toepassing van een energiesysteem zonder kernenergie is ongeveer 665 ha. Wanneer ook gekeken wordt naar het indirecte ruimtebeslag is dit uiteraard groter, echter in de onderlinge vergelijking wordt enkel gekeken naar het directe ruimtebeslag, aangezien het indirecte ruimtebeslag voor kernenergie niet goed te definiëren is. Bij indirect ruimtebeslag van windenergie is meervoudig ruimtegebruik met bijvoorbeeld agrarische toepassing mogelijk. Wel is er mogelijk sprake van effecten op NNN-gebieden. Er is daarmee sprake van een middelgrote kans (lichtblauwe beoordeling) op effecten op de netwerklaag.

Ondergrondlaag

De clustering van wind op land kan bijdragen aan het ontzien van ecologisch gevoelige gebieden en soorten. De locatie van de clusters is hierbij het meest bepalend. Door clustering toe te passen kunnen gebieden en soorten in (nabijheid van) de Veluwe en de Waddenzee worden ontzien. In de plaatsing van wind op land is rekening gehouden met ecologisch beschermde gebieden, waardoor directe effecten op

²⁸ Hier wordt uitgegaan van de directe lijnen tussen twee stations. In de praktijk is dit niet mogelijk en zal de lengte van de nieuwe verbindingen langer zijn.

deze gebieden (als gevolg van ruimtebeslag) beperkt kunnen blijven. Er is echter wel sprake van externe effecten op beschermde gebieden. De voor windenergie gevoelige ecologische gebieden en soorten in Zeeland en Noordoost Nederland zullen aanzienlijke effecten ondervinden bij de toepassing van een cluster. Met name het cluster in Zeeland kent een overlap met gebieden die aangemerkt zijn als gebied met het 'hoogste risico' op de Windmolenrisicokaart voor vogels.

Bij clustering van wind op land worden Nationale Landschappen vrijgehouden (zie ook hoofdstuk 4). Dit betekent dat er ter plekke geen effect zal optreden. Lokaal kunnen landschappelijke effecten, zeker bij grote clusters, wel aanzienlijk zijn. Voor de ondergrondlaag geldt dat er een grote kans op effecten is, voornamelijk als gevolg van effecten op Natura 2000.

De plaatsing van elektrolyzers nabij industrieclusters zorgt ervoor dat de elektrolyzers verder van de kust en meer landinwaarts worden geplaatst. Dit is niet voor alle locaties het geval, maar wel bij Chemelot (Graetheide), Maasbracht, en Bergen op Zoom. Dit heeft een positief effect voor de zettingsgevoeligheid, die op deze locaties kleiner is. Omdat de elektrolyzers worden geplaatst nabij bestaande industrieclusters is het de verwachting dat er geringe effecten op Natura 2000-gebieden zullen optreden. Ook het effect op landschap is gering, aangezien een industriële activiteit wordt toegevoegd aan bestaand industriële clusters. In totaal wordt de kans op effecten door opwek op de ondergrondlaag als groot beoordeeld, met name vanwege potentiële effecten op Natura 2000.

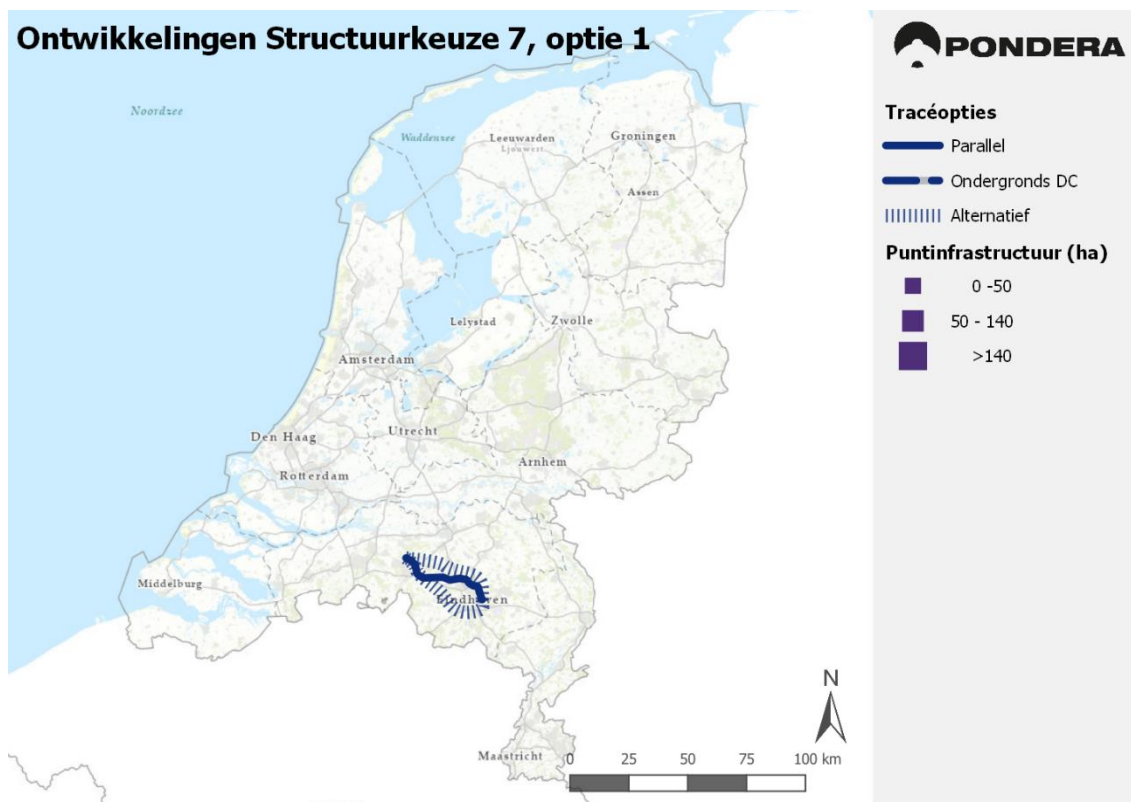
8.3.2 Effecten van opslag

Door toepassing te geven aan wind op land (en zon op dak) is een grotere capaciteit aan batterijen nodig, dit is ongeveer 5 GW meer dan wanneer toepassing wordt gegeven aan kernenergie in het energiesysteem (optie 2). Dit betekent een totaal oppervlak van ongeveer 160 hectare dat aanvullend bij hoogspanningsstations gevonden moet worden (in vergelijking met optie 2). Dit aanvullende ruimtebeslag zal mogelijk landen in de regio's Zeeland, Flevoland, Kop van Noord-Holland en Noordoost Nederland, aangezien hier bij een energiesysteem zonder kernenergie de clusters voor wind op land voorzien zijn. Hier is op dit moment echter geen zekerheid over te geven. In hoofdstuk 16 en 22 van Bijlage XIa zijn de effecten van het plaatsen van batterijen nabij hoogspanningsstations beoordeeld. Voor de effectbeoordeling wordt dan ook daarnaar verwezen.

8.3.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

In de volgende figuur zijn de knelpunten in het elektriciteitsnetwerk (380kV/220kV) weergegeven die optreden bij toepassing van het scenario Sterke Knopen Europese Sturing.

Figuur 8-1 Knelpunten in hoogspanningsnet bij scenario Sterke Knopen Europese Sturing



De effecten op het hoogspanningsnet, relevant voor deze structuurkeuze, staan in de volgende tabel. De lengtemaat van de hoogspanningsverbinding betreft een hemelsbrede lijn, die een indicatie geeft van de afstand van de verbinding waarvoor mogelijk nieuwe infrastructuur moet worden aangelegd.

Tabel 8-2 Overzicht effecten op elektriciteitsinfrastructuur optie 1

Component	Lengte (km)/oppervlak (ha)	Type
Tilburg – Eindhoven	45 km	380kV-tracé (nieuwe infra)

Hieronder wordt een samengevatte beoordeling van deze aanpassingen aan de infrastructuur gegeven. In totaal is ongeveer 45 km aan nieuwe hoogspanningsverbinding nodig bij realisatie van deze optie. Deze is gebaseerd op de beoordelingen in Bijlage XIa. Voor de volledige beoordeling van het tracé wordt verwezen naar hoofdstuk 40 in deze bijlage.

8.3.4 Effectbeoordeling tracé

Occupatielaag

Deze tracéoptie sluit nauw aan bij het bestaande 380kV-verbinding en loopt dicht langs grote stedelijke gebieden en door landbouwgebied. Er is overlap met meerdere (middel)grote woonkernen: Tilburg, Berkel-

Enschot, Son en Breugel, en Eindhoven. Daarbij is overlap met ongeveer 10-15 recreatieve gebieden. Dit geeft een middelgrote kans op effecten op recreatie. Ook liggen er ongeveer tien PR10⁻⁶-contouren (installatie en inrichting) bij bedrijventerreinen die worden gekruist, dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale occupatielaag is de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

Netwerklaag

De tracéoptie doorkruist op meerdere locaties verschillende bestaande (netwerk)infrastructuur, waarbij in de meeste gevallen geen sprake is van een parallelligging. Rondom Tilburg worden zowel (gas)buisleidingen, spoorwegen, rijkswegen en een bovengrondse 150kV-verbinding gekruist. Buiten stedelijke gebieden wordt ten zuiden van Moergestel opnieuw een (gas)buisleiding en rijksweg A65 gekruist. Richting het noorden van Oirschot worden opnieuw een bovengrondse 150kV-verbinding, (gas)buisleidingen, en een waterweg gekruist. Ten noorden van Best worden vervolgens nog een (gas)buisleiding, spoorweg en rijksweg gekruist. Op weg naar het 380kV-station Eindhoven vindt nog een kruising plaats met een (gas)buisleiding, rijksweg en een 150kV-verbinding. De functies van deze infrastructuur worden niet beperkt. Dit betekent een kleine kans op effecten op infrastructuur. Over het hele tracé worden op verschillende plaatsen NNN-gebieden doorkruist. Dit geeft een middelgrote kans op effecten. Voor de totale netwerklaag is de kans op effecten, vooral vanwege het kruisen van NNN-gebieden, als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

Ondergrondlaag

De bodem is niet zettingsgevoelig vanwege het zandige karakter. Grondwaterbeschermingsgebieden zijn aanwezig tussen Moergestel en Oisterwijk en bij Son en Breugel. Door de bovengrondse aanleg is de kans op effecten klein. Er is geen kruising van Natura 2000-gebieden. De parallelle tracéoptie scheert langs de Mortelen en doorsnijdt het stroomgebied van de Beerze. Dit betekent een middelgrote kans op effecten voor landschap. Er is overlap met archeologische monumenten op elf plekken. Met name tussen Eindhoven, Nuenen en Son en Breugel liggen veel van deze locaties. Hier liggen ook gebieden met een landschappelijk aardkundige waarde en een rijksmonument. Vanwege de bovengrondse aanleg is de kans op effecten op archeologie beperkt tot de locaties van de masten. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

8.3.5 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

Er treden geen relevante ruimtelijke effecten op in de methaan/waterstofinfrastructuur.

8.4 Effectbeoordeling van optie 2: energiesysteem met kernenergie

8.4.1 Effecten van opwek/productie

Occupatielaag

Het plaatsen van nieuwe kerncentrales in de waarborgingsgebieden betekent dat in totaal 75 hectare in het gebied van het waarborgingsbeleid in de Maasvlakte I en Borssele wordt ingenomen door kerncentrales van het type EPR (European Pressurised Reactor). Dit gaat ten koste van aanwezige of toekomstige industriefuncties. Echter, omdat in het alternatief ook een geringer opgesteld vermogen aan regelbare centrales nodig is, kan voor de plaatsing onder andere gebruik gemaakt worden van de locaties van de nu binnen de gebieden aanwezige elektriciteitscentrales. Deze zullen dan worden verwijderd.

De toepassing van kerncentrales op deze locaties verhoogt het risico op stralingseffecten in de nabije en grotere omgeving van deze centrales.²⁹ In navolging van het Landelijk Crisisplan Straling (I&W M. , Landelijk Crisisplan Straling, 2021) is gekeken naar het aantal kwetsbare objecten³⁰ dat binnen drie verschillende afstandscontouren tot de kerncentrales ligt. Deze staan in Tabel 8-3. Deze zogenoemde preparatiezones (gebaseerd op de huidige Borssele centrale) vragen verschillende acties bij een ongeval. Zie hiervoor het kopje Stralingsongevallen hieronder.

Hieruit blijkt dat er een grotere dichtheid in kwetsbare objecten is in de afstandscontour tot 10 kilometer van de centrales in Borssele dan de centrales op de Maasvlakte. Het aantal kwetsbare objecten binnen de 20 kilometer contour is groter bij de Maasvlakte en binnen de 100 kilometer contour is het aantal objecten bij de Maasvlakte meer dan twee keer zo groot als bij de centrales bij Borssele.

Tabel 8-3 Aantal kwetsbare objecten binnen drie afstandscontouren tot kerncentrales

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

Stralingsongevallen

Een zwaar ongeval bij een kerncentrale kan in potentie resulteren in het vrijkomen van radioactieve splijtingsproducten ('radioactieve wolk'). Er kan dan sprake zijn van een radiologische noodsituatie. In een dergelijk geval kan het noodzakelijk zijn om de bevolking te beschermen door het nemen van beschermingsmaatregelen zoals schuilen, jodiumprofylaxe (innemen van jodiumtabletten), evacuatie en landbouwmaatregelen (o.a. graasverbod, ophokplicht of oogstverbod), zie Tabel 8-4. Afhankelijk van de (weers)omstandigheden zal er in werkelijkheid in een deel van deze cirkel/contour maatregelen van kracht zijn.

Tabel 8-4 Preparatiezones voor radiologische noodsituatie bij een kerncentrale

Maatregel	Afstand tot kerncentrale	Duur van de maatregel
Evacuatie	10 km	7 dagen
Schuilen	20 km	7 dagen
Jodiumprofylaxe (volwassenen 18 t/m 40 jaar)	20 km	7 dagen
Jodiumprofylaxe (kinderen tot 18 jaar en zwangere vrouwen)	100 km	7 dagen

Naast de maatregelen zoals in bovengenoemde tabel, is er in het als gevolg van neergeslagen radioactief materiaal ook sprake van de maatregel relocatie en deze is van toepassing op een gebied dat blootgesteld wordt aan een bepaalde mate van straling. Relocatie is het niet-urgent verplaatsen (herhuisvesten) van

²⁹ Hierbij is vanuit het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) opgenomen dat de maximale kans op een dodelijk slachtoffer buiten de inrichting PR10⁻⁶ per jaar mag zijn door een buiten-ontwerpongeval.

³⁰ Kwetsbare objecten vanuit het Bevi (zoals woningen, ziekenhuizen en scholen) zijn gebruikt om een inschatting weer te geven van de kans op effecten op leefomgeving, woonkernen en inwoners. Dit geeft bij benadering de hoeveelheid mensen weer binnen de afstandscontouren.

personen, om blootstelling aan in de omgeving neergeslagen radioactief materiaal als gevolg van een radioactieve lozing op langere termijn te voorkomen. Relocatie kan voor een onbepaalde, of voor een vastgestelde bepaalde tijd zijn, veelal in termijnen van jaren.

De ongeval-scenario's waarin een radiologische noodsituatie of radioactieve lozing zich kan voordoen bij een kerncentrale zijn een gevolg van technisch of menselijk falen, al dan niet moedwillig. Ook een natuur-ramp kan een oorzaak zijn. Het is aannemelijk dat de kans op het voorkomen van deze scenario's zeer gering is. Een exacte kans kan niet gegeven worden op basis van de nu beschikbare informatie. Wel kan gesteld worden dat de faalkans gering is, echter de effecten kunnen mogelijk zeer omvangrijk zijn. De kans op effecten in de occupatielaag wordt daarom als groot (donkerblauw) beoordeeld³¹.

Radioactief afval

Hoogradioactief afval dient vele duizenden jaren tot een kwart miljoen jaar veilig te worden opgeslagen. Na opwerking gaat het om ongeveer 10.000 jaar totdat het stralingsniveau is gedaald zodat het niet meer gevaarlijk is. Voor laag- en middelradioactief afval is deze periode honderden tot duizenden jaren. Het huidige beleid is gericht op bovengrondse opslag van tenminste 100 jaar. Om veilig beheer van het radioactief afval te realiseren is het beleid gericht op het isoleren, beheersen en controleren (IBC-principe). Bovenstaande is opgenomen in het 'Nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen' (I&W M. , 2016) en wordt ook wel beschreven als afscherming van radioactieve materialen en straling, beheersing van de nucleaire kettingreacties en koeling van de splijtstoffen. De huidige opslaglocatie is hiervoor ontworpen voldoet aan deze vereisten. De opslaglocatie is zo ontworpen dat het water niet bij het afval kan komen tijdens een overstroming. De koelluchtinlaat zit op 12 meter hoogte, zodat de koeling ook bij overstroming nog functioneert. Op die manier zijn overstromingen beheerst tot een hoogte van tien meter boven NAP. Ook is het gebouw bestand tegen windstormen van 450 km/uur (= wind van 125 m/s). In het geval van een extreme hittegolf is er natuurlijke koeling en elektrische ventilatie (COVRA, 2020). Het huidige beleid betreft bovengrondse opslag tot het jaar 2130, wanneer besluitvorming moet plaatsvinden over eindberging.

Netwerklaag

Het ruimtebeslag voor de vijf kerncentrales is 75 hectare binnen de waarborgingslocaties bij Borssele en de Maasvlakte. Wat betreft opslag van kernafval voorziet het huidige beleid in besluitvorming over eindberging van radioactief afval in het jaar 2130. Bij toepassing van kernenergie is er sprake van de productie van radioactief afval door vijf kerncentrales. Het continueren van de bovengrondse opslag, inclusief de voorziene productie van afval door de nieuwe kerncentrales, resulteert in een aanvullend ruimtebeslag. De huidige capaciteit van opslag van hoogradioactief afval is in ieder geval voldoende voor de bovengrondse berging van de productie van de huidige kerncentrale in Borssele en de onderzoeks-reactoren in Delft en Petten. Daarnaast zijn er nog uitbreidingsmogelijkheden binnen het terrein. Er wordt aangenomen dat het toekomstige afval dezelfde verdeling tussen laag-, midden- en hoogradioactief heeft als nu het geval is, dit kan echter in werkelijkheid afwijken. Voor hoogradioactief afval is recentelijk de capaciteit met 50 m³ uitgebreid (gebouw HABOG). Voor midden en laagradioactief afval en container-opgeslagen afval is er nog meer dan 5 jaar ruimte voor nieuw afval (COVRA, Jaarrapport 2021, 2021).

³¹ De kans op een nucleair ongeval is uiterst klein, echter de effecten zijn verstrekkend en er zijn weinig mitigerende maatregelen mogelijk om de effecten te beperken of teniet te doen. Daarom is, conform de beoordelings-systeematiek, de kans op effecten als groot beoordeeld. Dit zegt echter niets over de kans op een nucleair ongeval.

Op dit moment loopt een vergunningprocedure³² om de opslagfaciliteit voor laag- en middelradioactief afval uit te breiden met 4.000 m³.

Voor hoogradioactief afval geldt dat Borssele 4,5 m³ per jaar produceert met een reactorvermogen van bijna 0,5 GW (Rijksoverheid, 2023). Uitgaande van vergelijkbare afvalproductie van toekomstige kerncentrale (worst case) is bij een geïnstalleerd vermogen van 8,25 GW een jaarlijkse productie van ruim 74 m³. Voor laag- en middelradioactief afval wordt er momenteel ongeveer 70 m³ per jaar geproduceerd in Borssele (COVRA, Nationale Radioactief Afval Inventarisatie, 2022). Dit gaat dan bij 8,25 GW vermogen kernenergie om ongeveer 1.155 m³ afval per jaar (worst case). Met een vermogen van 8,25 GW aan kernenergie is de verwachting dat de opslaggebouwen en het terrein van COVRA uitgebreid dienen te worden om de aanvullende productie van kernafval op een goede wijze op te slaan. Er is nog voldoende uitbreidingsmogelijkheid op het terrein van COVRA aanwezig.

Het ruimtebeslag bij een energiesysteem met kernenergie richt zich op een tweetal locaties in Zeeland en Zuid-Holland. Het ruimtebeslag en de effecten van elektrolyzers worden niet voorkomen door de toepassing van kernenergie. Er is een middelgrote kans op effecten van ruimtebeslag door radioactief afval. Door nieuwe kerncentrales is de verwachting dat het terrein van COVRA uitgebreid dient te worden. Ook is er mogelijk ruimtebeslag de noodzaak van koeltorens door een tekort aan koelwatercapaciteit in Borssele. De kans op effecten op de totale netwerklag wordt als middelgroot (middenblauw) beoordeeld.

Ondergrondlaag

De koelwatervoorziening uit oppervlaktewater in het gebied in Borssele/Sloegebied is naar verwachting onvoldoende voor drie kerncentrales met een vermogen van 5 GW op deze locatie. Uit een studie (Arcadis, 2011) blijkt dat significant negatieve effecten op ecologie niet zijn uit te sluiten bij een vermogen van kernenergie van 2,5 GW door een verhoging van de watertemperatuur. Dit suggereert dat dit ook niet het geval zal zijn bij de voorziene 5 GW in dit scenario, waardoor gebruik van koeltorens nodig is. Om dit vast te stellen is actueel en gedetailleerder onderzoek nodig. Op de Maasvlakte is er voldoende koelwater uit oppervlaktewater beschikbaar. Er is geen interferentie met strategische watervoorraden voorzien.

De locaties voor de kerncentrales liggen nabij de kust, waardoor overstromingen als gevolg van buitengewone gebeurtenissen kunnen optreden. In de risicokaart zijn de gebieden in Borssele gecategoriseerd als een kleine kans op overstroming met een mogelijke hoogte minder dan 0,5 meter. In het ontwerp van de kerncentrales kan hier voldoende rekening mee worden gehouden. Wat betreft de kernafvalopslag, is de koelluchtinlaat op 12 meter hoogte gebouwd, zodat de koeling ook bij overstroming nog functioneert. Op die manier zijn effecten als gevolg van overstromingen beheerst tot een hoogte van tien meter boven NAP. De bodem is niet zettingsgevoelig bij de locatie Maasvlakte. Bij Borssele/Sloegebied is dit wel het geval. Dit betekent dat bij de aanleg hier rekening mee moet worden gehouden.

Landschappelijk gezien zijn de effecten van de nieuwe centrales op beide locaties beperkt tot lokale effecten. In beide gevallen is er sprake van een (sterk) industrieel landschap dat door de toevoeging van een centrale nog meer industrieel wordt. De kans op effecten op de totale ondergrondlaag wordt als klein (lichtblauw) beoordeeld, mits gebruik wordt gemaakt van koeltorens in plaats van oppervlaktewater, om daarmee effecten op Natura 2000 te kunnen voorkomen.

³² Op 14 december 2022 is de ontwerpvergunning gepubliceerd:
<https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/covra/nieuws/2022/12/14/ontwerpvergunning-nieuwbouw-covra-openbaar>

8.4.2 Effecten van opslag

In de optie met kernenergie is er geen invulling meer van wind op land na 2030, waardoor een geringe capaciteit aan batterijen nodig is. Het verschil is ongeveer 5 GW tussen een energiesysteem zonder kernenergie (optie 1) en een energiesysteem met kernenergie (optie 2). Dit betekent een totaal oppervlak van ongeveer 160 hectare dat niet benut wordt door batterijen in optie 2. Deze afname in ruimtebeslag zal met name optreden in de regio's Zeeland, Flevoland, Kop van Noord-Holland en Noordoost Nederland, aangezien hier bij een energiesysteem zonder kernenergie clusters voor wind op land zijn voorzien (en er niet zijn bij een energiesysteem met kernenergie). In hoofdstuk 16 en 22 van Bijlage X1a zijn de effecten van het plaatsen van batterijen nabij hoogspanningsstations in detail beoordeeld. Voor de effectbeoordeling wordt dan ook daarnaar verwezen.

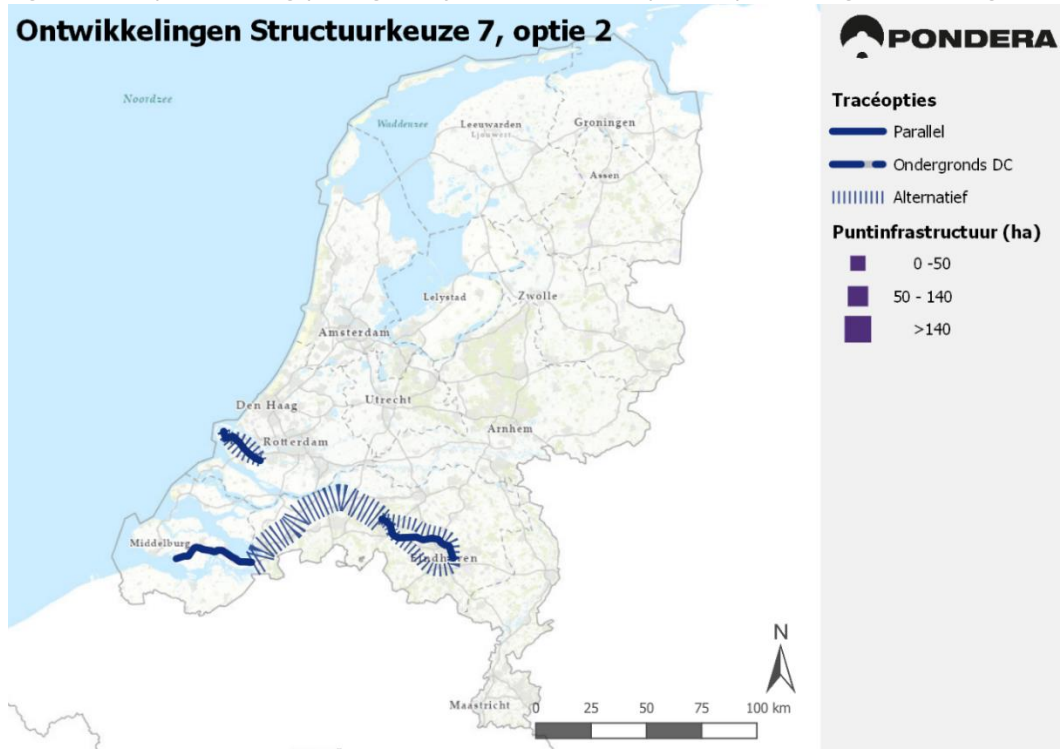
8.4.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

Uit de doorrekening komt naar voren dat de transportcapaciteit een relevant aandachtspunt is bij grote volumes kernenergie in combinatie met grote volumes aanlanding wind op zee. Dit uit zich met name op de verbindingen vanuit Borssele/Slogebied naar Rilland en vanaf de Maasvlakte naar Geertruidenberg en verder naar het oosten in Brabant.

Het figuur laat zien dat de belasting op de 380kV-verbindingen op enkele punten toeneemt bij toepassing van 8,3 GW kernenergie, waardoor hier volgens de analyse nieuwe infrastructuur noodzakelijk is:

1. Van de Maasvlakte tot Crayestein. Dit komt door de combinatie van vollast-productie van 3,3 GW kerncentrales op de Maasvlakte samen met aanlanding van 7,5 GW windenergie op zee.
2. Vanaf Zeeland richting Oost-Brabant. Dit komt door combinatie van vollast-productie van 5,0 GW kerncentrales in Borssele/Slogebied samen met 7,5 GW aanlanding van windenergie op zee.

Figuur 8-2 Knelpunten in hoogspanningsnet bij scenario Sterke Knopen Europese Sturing met kernenergie



De effecten op het hoogspanningsnet, relevant voor deze structuurkeuze, staan per tracé in de volgende tabel. De lengtemaat van de hoogspanningsverbinding betreft een hemelsbrede lijn, die een indicatie geeft van de afstand van de verbinding waarvoor mogelijk nieuwe infrastructuur moet worden aangelegd.

Tabel 8-5 Overzicht effecten op elektriciteitsinfrastructuur optie 2

Component	Lengte (km)/oppervlak (ha)	Type
Borssele/Sloegebied – Rilland	34 km	380kV-tracé (nieuwe verbinding)
Rilland – Halsteren	13 km	
Rilland – Tilburg	62 km	
Halsteren – Geertruidenberg	44 km	
Maasvlakte – Simonshaven	21 km	

Op dit moment wordt een nieuwe bovengrondse 380kV-verbinding tussen Borssele/Sloegebied en Rilland gerealiseerd. In deze structuurkeuze is hier nog een extra verbinding nodig. Er zijn geen nieuwe stations voorzien in deze optie. In totaal is ongeveer 174 km aan nieuwe hoogspanningsverbinding nodig bij realisatie van deze optie.

8.4.4 Effectbeoordeling tracés

Occupatielaag

De tracéopties Borssele/Sloegebied–Rilland, Rilland–Tilburg en Halsteren–Geertruidenberg lopen overwegend over landbouwgronden en overlappen met een klein aantal woonkernen. Een aandachtspunt hierbij is de overlap met enkele bedrijventerreinen, kassen en risicocontouren. Naar verwachting zijn er mogelijkheden om de potentiële effecten hierop te verminderen. Voor het tracé Maasvlakte–Simonshaven is sprake van een kans op effecten op recreatie en externe veiligheid. De kans op effecten voor de totale occupatielaag is voor de gezamenlijke tracés in een energiesysteem met kernenergie, vanwege relatief beperkte kans op effecten, als klein beoordeeld (lichtblauwe aanduiding).

Netwerklaag

Bij de tracéopties Borssele/Sloegebied–Rilland, Rilland–Halsteren en Halsteren–Geertruidenberg wordt relatief veel bestaande (netwerk)infrastructuur gekruist. Ondanks de grote mate van parallelligging met bestaande (netwerk)infrastructuur, worden bestaande (gas)buisleidingen en -stroken, rijks- en waterwegen, en spoorbanen meerdere keren gekruist. Ook worden er kleine stukken NNN-gebied doorkruist, maar dit heeft een kleine kans op effecten. Het tracé Maasvlakte–Simonshaven heeft een kans op mogelijke effecten op het aspect externe veiligheid. Voor dat tracé en het tracé Rilland–Tilburg geldt dat er slechts heel beperkt ruimte is bij de aanlanding, waardoor de kans op effecten daar groter is dan voor de andere. Voor de totale netwerklaag is voor de gezamenlijke tracés in een energiesysteem met kernenergie de kans op effecten daarom als middelgroot beoordeeld (middelblauwe aanduiding).

Ondergrondlaag

De tracéoptie voor Borssele/Sloegebied–Rilland, Rilland–Halsteren en Maasvlakte–Simonshaven liggen (deels) over Natura 2000-gebieden, maar met tracéoptimalisatie (van de ligging) kan voorkomen worden dat deze gebieden worden doorkruist. De ligging nabij deze vogelrichtlijngebieden leidt tot een grote kans op effecten. De tracéoptie doorsnijdt het waardevolle landschap Zak van Zuid-Beveland. Voor de andere tracés Rilland–Tilburg en Halsteren–Geertruidenberg is de kans op effecten middelgroot. De kans op effecten voor de totale ondergrondlaag is voor de gezamenlijke tracés in een energiesysteem met kernenergie, vanwege effecten op natuur en landschap, als groot beoordeeld (donkerblauwe aanduiding).

Samenhang met aanlanding windenergie op zee

In het scenario waarin de inzet van kernenergie meegenomen wordt, zijn ook aannames gemaakt over aanlanding van windenergie op zee in Borssele/Sloegergebied en op de Maasvlakte. Op beide locaties is uitgegaan van 7,5 GW windenergie op zee in het scenario. Bij de Maasvlakte komt dit overeen met de plannen tot 2031, maar in Borssele/Sloegergebied staat tot 2031 5,5 GW windenergie op zee gepland. De resultaten van optie 2 (met kernenergie) laten zien dat extra aanlanding van windenergie op zee in Borssele na 2031, samen met de ontwikkeling van nieuwe kerncentrales, tot forse knelpunten op het 380kV-net leidt. Daarom moet de keuze voor extra aanlanding van windenergie op zee in Borssele/Sloegergebied na 2031 in samenhang met de keuze voor eventuele nieuwe kerncentrales in Borssele/Sloegergebied gemaakt worden.

8.4.5 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

Er treden geen relevante ruimtelijke effecten op in de methaan/waterstofinfrastructuur.

8.5 Conclusie

Bij toepassing van kernenergie in het energiesysteem (optie 2) worden effecten ten aanzien van bebouwing en landbouw voorkomen, omdat een geringer opgesteld vermogen nodig is voor wind op land. De kans op effecten op externe veiligheid differentiëren zich in uiting in de twee opties. Bij de optie zonder kernenergie is er sprake van een grotere kans op effecten (als gevolg van de aantallen windturbines), maar betreft het effecten van een kleinere omvang. In optie 2 (met kernenergie) is er een kleinere kans op effecten, maar met een grote omvang. Bij toepassing kernenergie is het niet goed mogelijk deze effecten te mitigeren. In een energiesysteem zonder kernenergie is dit, door rekening te houden met mogelijke risico's bij de plaatsing van windturbines wel mogelijk.

Daarnaast zijn de effecten van het ruimtebeslag met name afwijkend ten aanzien van landschap en ecologie. In de optie zonder kernenergie is er sprake van een direct ruimtebeslag als gevolg van opwek en opslag van ongeveer 2.835 ha ten opzichte van ongeveer 1.955 ha in de optie met kernenergie. Bij plaatsing van 5,0 GW kerncentrales in Borssele/Sloegergebied en 3,3 GW op de Maasvlakte is er op basis van de knelpuntenanalyse, door de combinatie met aanlanding van wind op zee op die locaties, in totaal echter wel ongeveer 175 kilometer aan nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig, specifiek in Zeeland, Rotterdam en West-Brabant. Dit vormt een belangrijk aandachtspunt bij de optie met kernenergie. Bij de toepassing van veel wind op land is er naar verwachting een grotere kans op effecten op ecologisch beschermde gebieden en soorten dan bij de toepassing van kernenergie, inclusief de realisatie van nieuwe verbindingen in het elektriciteitsnet.

Voor deze structuurkeuze geldt dat de optie met kernenergie zorgt voor een kleiner ruimtebeslag van de opwek en opslag en daarmee kleinere kans op effecten op die locaties, echter een aanzienlijk groter ruimtebeslag van nieuwe elektrische infrastructuur in vergelijking met de optie zonder kernenergie. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de optie met kernenergie voorzien wordt binnen de reserveringslocaties Borssele/Sloegergebied en Maasvlakte, waar ook al een aanzienlijk vermogen aanlanding windenergie op zee plaatsvindt.

9 Structuurkeuze 8: Binnenlandse productie synthetische brandstoffen of import

9.1 Inleiding

Er bestaat in 2050 een grote behoefte aan synthetische brandstoffen, ook wel synfuels genoemd. Deze behoefte komt met name voort uit de internationale lucht- en scheepvaart. Aan de hand van deze structuurkeuze wordt onderzocht wat de effecten zijn van het zelf produceren van zowel de synthetische brandstoffen als van de energie die daarvoor nodig is ten opzichte van het importeren van deze synthetische brandstoffen. In de beoordeling van deze structuurkeuze wordt uitgegaan van het scenario Nationale Sturing voor beide opties. Dit vanwege de grootste omvang van de productie van synthetische brandstoffen die in dit scenario aan de orde is.

9.2 Opties in deze structuurkeuze

De ruimtelijke effecten van de volgende twee opties voor het voorzien in de behoefte van synthetische brandstoffen worden onderzocht (Figuur 9-1):

- Optie 1: 100% import uit het buitenland. Import van hernieuwbare kerosine en scheepsbunkers uit het buitenland. De import van kerosine gaat via Rotterdam (1/3) en Amsterdam (2/3), de import van scheepsbunkers via Rotterdam en het transport naar afnemers gaat via bestaande infrastructuur (schepen en buisleidingen).
- Optie 2: Binnenlandse productie, aangevuld met import. De productie in Nederland gebruikt groene waterstof en CO₂ geproduceerd met elektriciteit uit windenergie op zee. De resterende behoefte wordt geïmporteerd. Hierin is uitgegaan van een 50/50 verdeling tussen de locaties Maasvlakte en Eemshaven voor het deel eigen productie van synfuels. In deze optie wordt 80% van de elektriciteit uit windenergie op zee ingezet voor offshore waterstofproductie en vindt de aanlanding van deze waterstof plaats in Eemshaven en Den Helder. De overige 20% van de elektriciteit uit windenergie op zee wordt ingezet voor Direct Air Capture (DAC). Het transport van de synthetische brandstoffen naar de afnemers gaat als volgt:
 - Vanaf Maasvlakte met bestaande buisleidingen voor kerosine en bunkers.
 - Vanaf Eemshaven per schip naar Amsterdam (kerosine) en Rotterdam (bunkers):
 - i. De aanvullend benodigde import van kerosine gaat via Rotterdam (1/3) en via Amsterdam (2/3). De import van scheepsbunkers via Rotterdam en het transport van deze import via bestaande infrastructuur (schepen, buisleidingen).

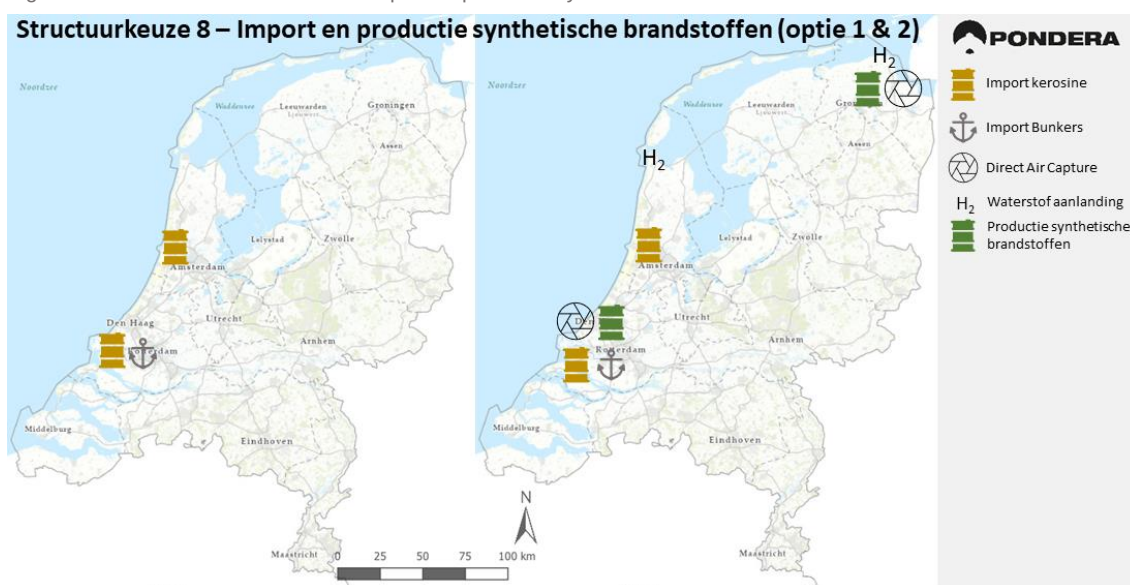
Tabel 9-1 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de oplossingsrichtingen per optie.

Tabel 9-1 Overzicht totale ruimtebeslag van de opties

Onderdeel	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid	Opmerking
Opwek/productie				
Regelbare centrales	0	1,24	GW	Aanvullend bij al benodigde vermogen in Nationale Sturing
Elektrolyzers	0	1,5	GW	Benodigd voor balancerend aanvullende regelbare centrales
Opslag				
Importterminal kerosine	5.200.000	3.800.000	m ³	

Onderdeel	Optie 1: 100% import	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid	Opmerking
Importterminal scheepsbunkers	16.400.000	12.000.000	m ³	
Batterijen	0	60	ha	
Elektriciteitsinfrastructuur				
380kV-verbindingen-tracé	0	Offshore, buiten scope	Km	
380kV-verbindingen-circuits	0	Offshore, buiten scope	Km	Aanname 2 circuits bij uitbreiding
HVDC-kabeltracé	0	Offshore, buiten scope	Km	Aanname parallel aan huidige 380kV-infra
HVDC-kabels	0	Offshore, buiten scope	Km	Per tracé 3 kabels
380kV-velden	-	-	Aantal velden	
Methaan- en waterstofinfrastructuur				
Pijpleidingen voor waterstof	0	Offshore, buiten scope	Km	
Overige buisleidingen	0	0	Km	Import via scheepvaart, transport via bestaande leidingen

Figuur 9-1 Overzicht van locaties met import en productie synthetische brandstoffen



9.3 Effectbeoordeling van optie 1: 100% import

9.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

100% import heeft geen effect op de omvang van opwek. Het opgestelde vermogen van windenergie op zee, wind en zon op land, en de regelbare centrales blijft gelijk aan de omvang zoals opgenomen in het scenario van Nationale Sturing. De opties van clustering of spreiding van enkele van deze onderdelen zijn nader uitgewerkt in andere structuurkeuze (3, 4, en 5).

Tabel 9-2 Aanvullend benodigde energie voor binnenlandse productie synfuels

Parameter	Optie 1: 100% import	Eenheid
Windenergie op zee	0	GW
Direct Air Capture	0	PJ/j
Fabriek synfuels	0	PJ/j
-waarvan kerosine	0	PJ/j
-waarvan scheepsbunkers	0	PJ/j

Tabel 9-3 Aanvullend benodigde energie en locaties voor binnenlandse productie synfuels

Type installatie	Locatie	Optie 1: 100% import	Eenheid
Direct Air Capture	Eemshaven	0	PJ/j
	Maasvlakte	0	PJ/j
Productie syn. kerosine	Eemshaven	0	PJ/j
	Maasvlakte	0	PJ/j
Productie syn. bunkers	Eemshaven	0	PJ/j
	Maasvlakte	0	PJ/j

9.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Vanwege de import van de synfuels is (tijdelijke) opslag nodig in de vorm van terminals, zowel voor de import als voor de export³³. Bij de optie 100% import wordt er voor gekozen om alle benodigde synfuels via import te voorzien. Hierdoor ontstaat een behoefte aan terminals in de havens van Amsterdam en Rotterdam (zie Tabel 9-4). Voor de behoefte aan opslag in terminals is uitgegaan van een energie-dichtheid van 42,8 MJ/kg en 775 kg/m³ voor alle synfuels (zowel kerosine als bunker). De gehanteerde doorvoertijd is vier weken.

Tabel 9-4 Benodigde hoeveelheid opslag (in PJ) voor import/export in terminals

Type infra	Locatie	Optie 1: 100% import	Eenheid
Importterminal kerosine	Amsterdam	113	PJ/jaar
	Rotterdam	57	PJ/jaar
Importterminal scheepsbunkers	Rotterdam	543	PJ/jaar

Uitgaande van de bestaande capaciteit aan terminals in de verschillende havens en het wegvallen van de fossiele energie-industrie waarmee opslagruimte beschikbaar komt, is er geen sprake van een aanvullend ruimtebeslag in de havens van Rotterdam Amsterdam en de Eemshaven bij import en export van de synfuels.

9.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

100% import heeft geen verandering in knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur tot gevolg ten opzichte van de knelpunten voortkomend uit de alternatieven gebaseerd op het scenario Nationale Sturing.

³³ Nederland is momenteel netto exporteur van kerosine en scheepsbunkers, echter bij aanvullend eigen gebruik is het mogelijk dat deze exportfunctie deels niet gehandhaafd kan blijven zonder nieuwe infrastructuur aan te leggen.

9.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Waterstofverbindingen

Er is geen aanvullende waterstofbehoefte bij 100% import, waardoor er door de toepassing van deze keuze geen wijziging in het ruimtebeslag ontstaat voor buisleidingen voor het transport van waterstof.

Kerosineleidingen

Er treden geen knelpunten op voor de kerosineleidingen. De bestaande leidingen zijn voldoende voor alle alternatieven.

9.4 Effectbeoordeling van optie 2: deels lokale productie

9.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Voor de binnenlandse productie van synfuels is er een aanvullend opgesteld vermogen aan windenergie op zee nodig. De omvang hiervan is een gevolg van het voorziene maximaal mogelijk op te stellen vermogen op het Nederlands Continentaal Plat en het verschil met de al benutte capaciteit in het scenario Nationale Sturing. Hieruit blijkt dat er nog een resterend potentieel is voor 20,5 GW aan windenergie op zee. In deze optie wordt dit restpotentieel volledig benut voor de productie van energie die nodig is voor de binnenlandse productie van synfuels. De resterende behoefte vanuit de lucht- en scheepvaart wordt ingevuld door import.

Tabel 9-5 Aanvullend benodigde energie voor binnenlandse productie synfuels

Parameter	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Windenergie op zee	20,5	GW
Direct Air Capture	47	PJ/j
Fabriek synfuels	188	PJ/j
-waarvan kerosine	45	PJ/j
-waarvan scheepsbunkers	143	PJ/j

Tabel 9-6 Aanvullend benodigde energie en locaties voor binnenlandse productie synfuels

Type installatie	Locatie	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Direct Air Capture	Eemshaven	23,5	PJ/j
	Maasvlakte	23,5	PJ/j
Productie syn. kerosine	Eemshaven	23	PJ/j
	Maasvlakte	23	PJ/j
Productie syn. bunkers	Eemshaven	72	PJ/j
	Maasvlakte	72	PJ/j

Regelbare centrales

De aanvullende productie door windenergie op zee resulteert in een aanvullende behoefte van regelbare centrales. Er moet namelijk een constante levering van elektriciteit zijn voor continue toepassing van Direct Air Capture (DAC), dus ook als er geen productie is door windenergie op zee. Vanuit een optimale invulling van het elektriciteitsnet, is het logisch deze regelbare centrales op de locatie te zetten waar de

vraag zich bevindt, in dit geval de Eemshaven en de Maasvlakte. Dit betekent een aanvullend ruimtebeslag op deze locaties.

Deze keuze heeft echter ook een relatie met structuurkeuze 5, die gaat over de clustering of spreiding van regelbare centrales. Indien de aanvullende behoefte aan regelbare centrales als gevolg van de binnenlandse productie van synfuels verspreid in plaats van enkel op de Maasvlakte en in de Eemshaven plaatsvindt heeft dit gevolgen voor de effecten zoals beschreven in structuurkeuze 5, clustering. In dat geval is sprake van een beperkte toename in het ruimtebeslag en de grotere spreiding, die ervoor zorgt dat er op meer locaties een kans op effecten is in vergelijking met de optie spreiding van structuurkeuze 5.

Elektrolyzers

Voor de productie van synfuels is waterstof nodig. Deze waterstof wordt offshore geproduceerd en valt daarmee buiten de scope van de beoordeling in deze studie voor PEH. Als gevolg van de aanvullende plaatsing van regelbare centrales neemt de vraag naar waterstof toe, waardoor aanvullende elektrolyzers geplaatst moeten worden. De omvang hiervan is naar verwachting beperkt (circa 1,5 GW, ongeveer 15 ha) en de locaties waar deze geplaatst zouden moeten worden is niet bekend. In structuurkeuze 4 is de productie van waterstof met elektrolyzers beoordeeld. Indien een beperkt aanvullend vermogen aan elektrolyzers nodig is als gevolg van binnenlandse productie van synfuels werkt dit door in de effecten die beschreven zijn in structuurkeuze 4 en doet zich voor in beide opties van die structuurkeuze.

De verwachting is dat die licht toenemen, maar omdat de locatie niet bekend is kan op dit moment geen gedetailleerde effectbeoordeling worden gemaakt.

9.4.2 Effectbeoordeling van opslag

Binnenlandse productie van synfuels kan niet voorzien in de volledige behoefte. Er is nog altijd import nodig, waardoor ook in deze optie terminals noodzakelijk zijn. In onderstaande tabel staat de omvang van de opslag per soort en per locatie.

Tabel 9-7 Benodigde hoeveelheid opslag (in PJ) voor import/export in terminals

Type infra	Locatie	Optie 2: deels lokale productie	Eenheid
Importterminal kerosine	Amsterdam	113	PJ/j
	Rotterdam	12	PJ/j
Exportterminal kerosine	Eemshaven	23	PJ/j
Importterminal scheepsbunkers	Rotterdam	472	PJ/j
Exportterminal scheepsbunkers	Eemshaven	72	PJ/j

Uitgaande van de bestaande capaciteit aan terminals in de verschillende havens en het wegvallen van de fossiele energie-industrie, is er geen sprake van een aanvullend ruimtebeslag in de havens van Rotterdam Amsterdam en de Eemshaven bij import en export van de synfuels.

Batterijen

Doordat de additionele elektriciteitsproductie en vraag niet gelijktijdig plaatsvinden, is extra opslag met batterijen noodzakelijk. Bij deels lokale productie is 2 GW aanvullend vermogen nodig in batterijen. Deze opslag is nodig bij de Eemshaven en de Maasvlakte. Dit is een totaal ruimtebeslag van ongeveer 70 hectare.

In Bijlage X1a (zie hoofdstuk 10 en 14 in Bijlage X1a) is een beoordeling gemaakt van de effecten van de realisatie van aanvullende opslag binnen deze locaties. In het daar beoordeelde maximum ruimtebeslag is dit al meegenomen.

Uit de beoordeling van deze puntinfrastructuur blijkt dat er bij de Eemshaven een middelgrote kans op effecten in de netwerklaag is vanwege het ruimtebeslag en aanwezige infrastructuur op deze locatie. In geval van het maximum ruimtebeslag is het noodzakelijk uit te breiden buiten de bestaande Barro-grenzen. In de occupatielaag en ondergrondlaag is ook in het maximum ruimtebeslag sprake van een kleine kans op effecten.

Voor de locatie Rotterdam is er sprake van een middelgrote kans op effecten in de occupatie- en ondergrondlaag, en een grote kans op effecten in de netwerklaag. De hoeveelheid ruimtebeslag geeft een grote kans op effecten, de beschikbare ruimte buiten de Barro-locaties is beperkt. Zo goed als het volledige gebied is omringd door NNN-gebied; overlap is beperkt tot beheertypen met een korte ontwikkelingsduur. De kans op effecten is als groot beoordeeld voor de totale netwerklaag (donkerblauwe aanduiding) door met name de omvang van het ruimtebeslag.

Waterstofopslag

Een grotere toename aan binnenlandse productie van waterstof bij deels lokale productie heeft mogelijk een grotere vraag naar opslag tot gevolg en heeft daarmee invloed op de keuze voor opslag en ruimtegebruik. Het gaat om ongeveer 61 PJ (circa 210 ha). In structuurkeuze 6 is ingegaan op de mogelijkheden en effecten van ondergrondse waterstofopslag, waarbij in het maximale scenario (47 TWh/169 PJ aan ondergrondse waterstofopslag) al rekening is gehouden met de benodigde opslag in geval van binnenlandse productie van synfuels. Voor de effectbeoordeling wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

9.4.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

Deels lokale productie heeft geen verandering in knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur tot gevolg ten opzichte van de knelpunten voortkomend uit de alternatieven gebaseerd op het scenario Nationale Sturing.

9.4.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

Er ontstaat een knelpunt in de waterstofinfrastructuur tussen de Maasvlakte en Rotterdam bij toepassing van deels lokale productie. Het knelpunt tussen de Maasvlakte en Rotterdam wordt veroorzaakt door de afvoer van waterstof. Door de productie van synfuels op de Maasvlakte is minder afvoer en wordt juist (iets) verlicht door extra lokale vraag.

Verbinding Pernis–Wijngaarden

Effecten occupatielaag

De omgeving van de verbinding van Pernis naar Wijngaarden kenmerkt zich door de aanwezigheid van woonkernen en industrieterreinen. De woonkernen Pernis, Hoogvliet, Poortugaal, Rhoon, Barendrecht, Ridderkerk, Alblasserdam, Hendrik-Ido-Ambacht en Papendrecht liggen nabij een mogelijk tracé. De havengebonden bedrijvigheid van de haven van Rotterdam (Vondelingenplaat en de Waalhaven) liggen ook nabij. Deze hoge concentratie van gebruiksfuncties in de occupatielaag maken dat het realiseren van een nieuwe verbinding in dit gebied een grote kans op effecten heeft.

Effecten netwerklaag

Er zijn meerdere rijkswegen in de nabijheid van het tracé, waarbij de A15 kansen geeft voor parallelligging van een buisleiding van Pernis naar Wijngaarden. Ook is hier sprake van een al aanwezig buisleidingstracé. Door de west-oost oriëntatie van het tracé zal ook het spoor tussen Rotterdam en Barendrecht worden gekruist. Nabij Ridderkerk en Hendrik-Ido-Ambacht wordt de Noord gekruist, inclusief de bijbehorende primaire waterkeringen. Hierbij wordt ook het Natuurnetwerk Nederland gebied dat rondom de Noord is aangewezen, gekruist. De effecten op de netwerklaag zijn alleen gerelateerd aan de aanleg en tijdelijk van aard. In de totale netwerklaag is sprake van een middelgrote kans op effecten, met name als gevolg van kruising NNN-gebied.

Effecten ondergrondlaag

De bodem betreft een relatief zettingsgevoelig gebied. Hier dient bij de aanleg rekening mee gehouden te worden. Er zijn geen Natura 2000-gebieden in de directe omgeving van het tracé. Er zijn verschillende aardkundige waarden aanwezig en het Groene Hart (Nationaal Landschap) wordt doorsneden. Laatstgenoemde betreft een tijdelijk effect als gevolg van de aanleg. Door de combinatie van zettingsgevoeligheid en aanwezigheid aardkundige waarden wordt dit beoordeeld als een middelgrote kans op effecten in de totale ondergrondlaag.

Verbinding Pernis – Maasvlakte

Effecten occupatielaag

De omgeving van dit tracé kenmerkt zich door een hoge dichtheid van industrie. Dit betekent ook dat er meerdere risicobronnen in de omgeving liggen. Er zijn enkele woonkernen in de nabijheid; Hoogvliet, Rozenburg, Geervliet, Heenvliet, Zwartewaal en Brielle. Door tracéoptimalisatie kunnen effecten vermeden worden. Naast de vaarwegen zijn op vele locaties recreatieterreinen aanwezig, die tijdens de aanleg effecten kunnen ondervinden. Dit betreft echter tijdelijke effecten. Door de aanwezigheid van risicobronnen in de omgeving wordt de kans op effecten op de totale occupatielaag als middelgroot beoordeeld.

Effecten netwerklaag

De bestaande buisleidingenstraat tussen Pernis en Maasvlakte kan worden gebruikt voor de aanleg van een nieuwe verbinding. Er is weinig ruimte nodig voor de aanleg van één verbinding. In de huidige reservering is beperkt ruimte beschikbaar voor nieuwe buisleidingen. Bij het volgen van deze reservering worden geen waterkeringen gekruist. Wel worden enkele watergangen gekruist, die ook zijn aangemerkt als Natuurnetwerk Nederland. Er is sprake van een kleine kans op effecten op de totale netwerklaag.

Effecten ondergrondlaag

Er zijn nagenoeg geen aardkundige waarden, provinciale monumenten of Nationale Landschappen aanwezig. Rondom de Maasvlakte is een Natura 2000-gebied aanwezig, dat is aangemerkt als habitatrichtlijn gebied. De verbinding zal echter buiten het Natura 2000-gebied worden aangelegd. Effecten op dit gebied zijn daarom niet te verwachten. Er is daarmee sprake van een kleine kans op effecten op de totale ondergrondlaag.

Kerosineleidingen

Er treden geen knelpunten voor kerosineleidingen. De bestaande leidingen zijn voldoende voor alle scenario's.

9.5 Conclusie

Bij 100% import zijn er met name effecten te verwachten in de havens van Rotterdam en Amsterdam. De import van grondstoffen resulteert in een grotere behoefte aan terminals. De effecten hiervan treden vooral lokaal op. Vanwege de sterk industriële omgeving waar deze gerealiseerd moeten worden, treden de effecten met name op in de occupatie- en netwerklaag. De inpassing van terminals in deze gebieden met hoge ruimtedruk behoeft nader onderzoek. Er is weinig uitgeefbare grond beschikbaar, maar er zijn ook kansen voor de herontwikkeling van delen van de haven waar zich nu voornamelijk fossiel gedreven industrie bevindt.

De effecten van deels lokale productie door opslag zijn nagenoeg gelijk aan 100% import, maar van (beperkt) kleinere omvang omdat er minder import plaatsvindt. Door zoveel als mogelijk te voorzien in de binnenlandse productie van synthetische brandstoffen, is er een aanvullende behoefte aan windenergie op zee, aan regelbare centrales en aan een buisleiding van de haven van Rotterdam naar het nationale waterstofnet (Wijngaarden). Een dergelijke verbinding is lastig te realiseren lettende op de ruimtedruk op deze locatie. De locaties van de regelbare centrales bepalen de effecten voor dat onderdeel. Indien gekozen wordt voor de plaatsing in of nabij de havengebieden waar ook import plaatsvindt, wordt de ruimtedruk op deze locaties groter. Belangrijkste effect bij deels lokale productie is echter de aanzienlijke behoefte aan opslag van waterstof die dit scenario met zich meebrengt (61 PJ). Het bovengrondse ruimtebeslag hiervan – in geval van ondergrondse opslag in zoutcavernes of lege gasvelden – bedraagt ongeveer 210 hectare.

De kans op effecten is het kleinst bij 100% import vanwege het geringere ruimtebeslag. Indien gekozen wordt voor het zoveel als mogelijk binnenlands produceren van synthetische brandstoffen, ontstaat een aanzienlijke aanvullende opgave voor windenergie op zee en een aanvullend ruimtebeslag in gebieden die al een hoge ruimtedruk en een omvangrijke opgave in de energietransitie kennen (havens van Rotterdam, Amsterdam en Eemshaven).

10 Structuurkeuze 9: Faciliteren doorvoer grondstoffen naar buitenland

10.1 Inleiding

Om de huidige rol van Nederland in de doorvoer van energie en grondstoffen ook in 2050 te kunnen faciliteren, is een andere invulling van het energiesysteem nodig dan wanneer dit niet het geval is. Om inzicht te krijgen in deze verschillen, is een tweetal opties onderzocht in deze structuurkeuze; één waarin er wél invulling wordt gegeven aan deze rol en één waarin dit niet het geval is. Beide opties baseren zich op hetzelfde scenario: Internationale Sturing.

10.2 Opties in deze structuurkeuze

De opties in deze structuurkeuze zijn als volgt:

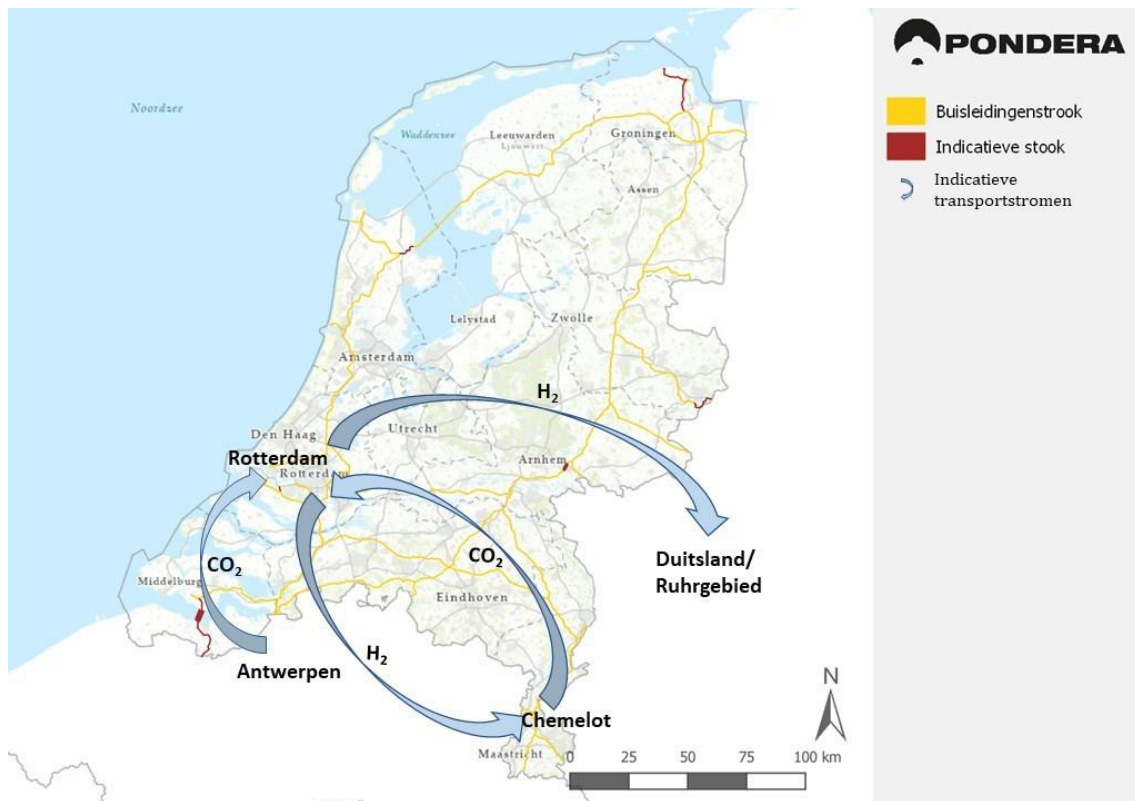
- Optie 1: er vindt alleen import en export plaats voor het Nederlandse belang. Er is geen sprake van doorvoer van energie en grondstoffen naar Duitsland. Deze optie dient als vergelijk om te bezien welke aanvullende effecten optreden in het geval optie 2 wordt toegepast (referentieoptie).
- Optie 2: er vindt wél import en export plaats ten behoeve van aangrenzende landen. De doorvoer vanuit Nederland richt zich hier primair op de energiebehoefte van Duitsland. Wel vindt er import van CO₂ plaats vanuit België, maar zij kunnen zichzelf van import van energie en andere grondstoffen bedienen via de eigen havens.

Tabel 10-1 geeft een overzicht van de benodigde buisleidingen van de oplossingsrichtingen van de optie extra doorvoer, ook te zien in Figuur 10-1. De optie geen extra doorvoer vergt geen nadere aanpassingen aan het energiesysteem, waardoor deze verder ook niet beschouwd en beoordeeld wordt.

Tabel 10-1 Overzicht totale ruimtebeslag van optie 2

Molecuul	Van	Naar	Diameter	Capaciteit (kton/j)	Inbedrijfname
Waterstof	Rotterdam	Chemelot	36"	2.000	<2030
		Duitsland	36"	2.000	2040
Ammoniak	Rotterdam	Duitsland	n.t.b.	>970	<2030
Methanol			n.t.b.	>660	<2030
Kerosine			16"	3.500	>2030
Lpg			12"	2.900	<2030
Propeen			12"	1.500	<2030
CO ₂	Chemelot	Rotterdam	24"	15.000 (dense phase)	<2030
	Antwerpen	Rotterdam	n.t.b.	>9.500	<2030

Figuur 10-1 Buisleidingenstroken en transportstromen



10.3 Effectbeoordeling van optie 2: wel extra doorvoer

10.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Aangenomen wordt dat de waterstof wordt aangevoerd als ammoniak en vervolgens als waterstof via buisleidingen wordt getransporteerd. Dit betekent dat de ammoniak gekraakt moet worden, voordat deze ingevoerd kan worden in het buisleidingennetwerk. Hiervoor zijn installaties nodig die de ammoniak tot de benodigde temperatuur brengen. De optie extra doorvoer gaat uit van de invoeding van de doorvoer vanaf Rotterdam. De plaatsing van deze ammoniakkrakers zal dan ook in of nabij de haven van Rotterdam geplaatst worden, omdat hier zowel het bunkeren als de invoeding plaatsvindt. Voor de invoeding zijn nieuwe gasontvangststation (inclusief compressoren) nodig.

Het exacte ruimtebeslag van deze onderdelen is onduidelijk, omdat zowel de omvang van de grondstoffen als de toepassing niet bekend is. Wel blijkt uit de effectbeoordeling van de Rotterdamse haven in Bijlage XIa dat er weinig beschikbare ruimte is. Herontwikkeling van het gebied is nodig om beschikbare ruimte te creëren. Het ruimtebeslag leidt tot een grote kans op effecten op ruimtebeslag bij de haven van Rotterdam. Voor de occupatielaag is de kans op effecten middelgroot vanwege externe veiligheid. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten ook middelgroot, dit komt door nabijgelegen Natura 2000-gebieden.

10.3.2 Effectbeoordeling van opslag

Voor de doorvoer van grondstoffen naar het buitenland zijn op de locaties van import terminals nodig om de aanvoer tijdelijk op te kunnen slaan. Uitgaande van de import via scheepvaart via de haven van

Rotterdam, betekent dit dat er voldoende kaderuimte en terminals moeten zijn om de doorvoer naar Duitsland te kunnen realiseren. Het totale volume aan opslag in terminals is onbekend. Ook dient er rekening te worden gehouden met de externe veiligheidscontouren van deze terminals.

Het exacte ruimtebeslag van deze onderdelen is onduidelijk, omdat zowel de omvang van de grondstoffen als de toepassing niet bekend is. Wel blijkt uit de effectbeoordeling van de Rotterdamse haven in Bijlage Xla dat er weinig beschikbare ruimte is. Herontwikkeling van het gebied is nodig om beschikbare ruimte te creëren. Het ruimtebeslag leidt tot een grote kans op effecten op ruimtebeslag bij de haven van Rotterdam in de netwerklaag. Voor de occupatielaag is de kans op effecten middelgroot vanwege externe veiligheid. Voor de ondergrondlaag is de kans op effecten ook middelgroot, dit komt door nabijgelegen Natura 2000-gebieden.

10.3.3 Effectbeoordeling van elektriciteitsinfrastructuur

De omvang en locaties van de elektriciteitsinfrastructuur veranderen niet. De opties in deze structuurkeuze hebben geen ruimtelijk relevant effect ten aanzien van de elektriciteitsinfrastructuur.

10.3.4 Effectbeoordeling van methaan/waterstofinfrastructuur

De doorvoer van waterstof kan via het nationale waterstofnetwerk van Gasunie worden getransporteerd. Vervolgens kan een internationale aansluiting bij Zevenaar of Winterswijk worden gebruikt voor de aansluiting met het Ruhrgebied in Duitsland. Er is geen ruimtebeslag, omdat volledig gebruik kan worden gemaakt van deze verbindingen.

Wat betreft de overige grondstoffen biedt de realisatie voor 2030 van de Delta Rhine Corridor binnen de huidige reserveringen uit de Structuurvisie Buisleidingen voldoende ruimte om de doorvoer naar Duitsland en de export van CO₂ te kunnen faciliteren (zie Bijlage V). Er zijn echter knelpunten voor de realisatie van deze verbindingen³⁴. Deze knelpunten zijn naar verwachting op te lossen met toepassing van technische maatregelen (gestuurde boringen) of relatief kleine omleidingen buiten de bestaande reserveringen (I&W, 2021). Dit betekent dat er geen nieuwe infrastructuur gerealiseerd hoeft te worden na 2030. Hierdoor is er een kleine kans op effecten.

10.4 Conclusie

Het doorvoeren van grondstoffen naar het buitenland geeft een aanvullend ruimtebeslag op de locaties van import en invoeding in het buisleidingen netwerk door terminals, in de structuurkeuze is dit voorzien in de haven van Rotterdam. De ruimtedruk is hier groot door bestaande industrie en een omvangrijke opgave voor het invullen van de energietransitie. Wel is er een mogelijkheid tot herontwikkeling van bestaande locaties als gevolg van deze energietransitie. De kans op effecten bij Rotterdam is hierdoor groot. Er is een middelgrote kans op effecten bij externe veiligheid.

De realisatie van de Delta Rhine Corridor geeft voldoende capaciteit om de doorvoer in optie 2 (extra doorvoer) mogelijk te maken zonder extra buisleidingen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de bestaande reserveringen zoals opgenomen in de Structuurvisie Buisleidingen. Wel zijn er voor de realisatie hiervan (gepland voor 2030) lokale knelpunten geconstateerd.

³⁴ Uit de onderzoeken die momenteel (2023) worden uitgevoerd in het kader van de Delta Rhine Corridor blijkt dat er in de praktijk ruimtelijke knelpunten optreden binnen de gereserveerde ruimte. Hiervoor moeten passende oplossingen worden gevonden.

11 Structuurkeuze 10: Geothermie of restwarmte?

11.1 Inleiding

Volgens de Klimaatneutrale Energiescenario's 2050 (Berenschot, 2020) zullen 15% tot 45% van de huishoudens en gebouwen aansluiten op een warmtenet. Aan de hand van deze structuurkeuze worden de benodigde warmtetransportleidingen onderzocht die nodig zijn om te voorzien in de warmtebehoefte met behulp van bovenregionale warmtenetten. Afhankelijk van de warmtebron hebben de warmtetransportleidingen verschillende vertrekpunten.

11.2 Opties in deze structuurkeuze

Deze structuurkeuze bevat twee opties, waarbij de tweede optie twee varianten kent. De eerste optie gaat uit van zo veel mogelijk geothermische bronnen als voeding van de bovenregionale warmtenetten. Deze optie baseert zich op het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing. De concentratie van de warmtevraag is niet altijd nabij de nu bekende geothermische bronnen in de diepe ondergrond. De vraag en het aanbod worden met bovenregionale warmtetransportleidingen aan elkaar verbonden.

De tweede optie gaat uit van maximaal gebruik van restwarmte van de industrie. Waar de restwarmte en de vraag naar warmte niet dicht bij elkaar liggen, ontstaat een transportbehoefte. Deze optie is uitgewerkt in het scenario Nederland Energieland Europese Sturing en aangevuld met recente ontwikkelingen met bestaande plannen en ideeën voor bovenregionaal warmtetransport. De aanvulling van bestaande plannen en ideeën bestaat uit:

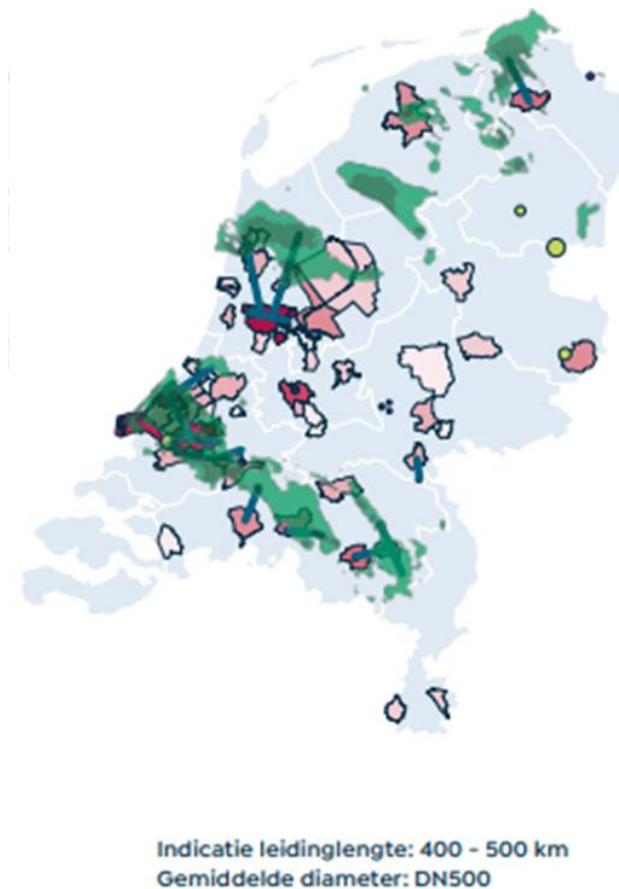
- Optie 1: Een warmteleiding tussen Moerdijk en Breda. Deze sluit een restwarmtebron aan op het bestaande Amernet. Moerdijk kan een belangrijke bron van restwarmte leveren.
- Optie 2: Een warmteleiding tussen Chemelot en Maastricht. Chemelot kan een belangrijke bron van restwarmte leveren om in de vraag naar warmte van Maastricht te voorzien. Het gaat om een uitbreiding van het bestaande warmtenet in Maastricht.

11.3 Effectbeoordeling van optie 1: geothermie

11.3.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Om zo veel als mogelijk gebruik te maken van geothermische bronnen, is een leiding gemodelleerd tussen de grotere concentraties van warmtevraag met nabijgelegen gebieden met een hoog geothermisch potentieel (weergegeven in Figuur 11-1). Hierbij wordt aangesloten bij de regionalisatie van I13050 (Netbeheer Nederland, 2021).

Figuur 11-1 Indicatieve ligging van geothermische putten



Occupatielaag

De ligging van een geothermisch doublet nabij bebouwing heeft een kleine kans op effecten omdat eventuele geluidhinder kan worden beperkt door het binnen plaatsen van bijvoorbeeld de pompen. Wel is er mogelijk sprake van tijdelijke hinder tijdens de aanleg op bebouwing (indien aanwezig) in de nabijheid van het doublet. Geothermie nabij bebouwing speelt mogelijk in de regio's Alkmaar, Rotterdam en Dordrecht en Midden- en Zuidoost-Brabant.

Er is een kleine kans op effecten op externe veiligheid. Door toepassing van geologisch vooronderzoek en van de juiste boortechnieken is het risico op een blow-out klein. Hierbij is het wel van belang dat de werkzaamheden conform wet- en regelgeving wordt verricht. Ook is er een kleine kans op het veroorzaken van kleine bevingen door het injecteren van water nabij geologische breuklijnen. Met behulp van geologisch onderzoek is de kans op dit effect goed te mitigeren en is de kans op effecten klein. De kans op effecten voor de occupatielaag is klein.

Netwerklaag

Er zijn tussen de 40 en 90 geothermiedoubletten nodig om aan de warmtebehoefte te voldoen met geothermie in het gebruikte scenario. Het terrein dat het bovengrondse ruimtebeslag van een geothermisch doublet vormgeeft, heeft een oppervlakte van ongeveer 30x30 meter met daarop een gebouw. Tussen de doubletten is ongeveer minimaal 1,2 km afstand nodig om vermenging tussen warme en koude bronnen te voorkomen. In dit scenario is er sprake van minimaal 5 ha en maximaal 10 ha nodig verspreid

over Nederland. Door het kleine formaat van het terrein is er een kleine kans op effecten op de netwerklaag.

Ondergrondlaag

De kans is op effecten door lekkage van proceswater naar grondwater is klein, omdat het ontwerp van de put hierop is aangepast (dubbele casing). Ook wordt de put gemonitord op lektheid tijdens exploitatie. In het geval er een lekkage optreedt kan dit gemitigeerd worden door de exploitatie stil te leggen om de afsluiting van de casing te herstellen. Hiermee wordt ook een grotere lekkage voorkomen.

Ook zijn deze effecten te mitigeren door meervoudige casings toe te passen. Als een scheidende grondlaag wordt geraakt stopt de casing en wordt verder geboord met een kleinere diameter, tot een volgende scheidende grondlaag wordt geraakt.

De boring van een put kan door één of meerdere scheidende grondlagen worden uitgevoerd. Door meervoudige casings toe te passen wordt voorkomen dat er vermenging van verschillende kwaliteit grondwater plaatsvindt. Als een scheidende grondlaag wordt geraakt stopt de casing en wordt verder geboord met een kleinere diameter, tot een volgende scheidende grondlaag wordt geraakt. De kans op effecten door het optreden van effecten door vermenging van met watervoerende lagen is hiermee klein. Ook zijn de mogelijke kleine en lokale effecten te mitigeren. De kans op effecten op de ondergrondlaag is klein.

11.3.2 Effectbeoordeling van warmtetransport

Tabel 11-1 bevat de bovenregionale leidingen die worden aangelegd om met maximale inzet van geothermie de warmtevraag te bedienen. Voor de effectbeoordeling is uitgegaan van een hemelsbrede lijn tussen de woonkernen. Hierbij is gekeken naar welke (ruimtelijke) functies en kenmerken – waarop effecten kunnen plaatsvinden – zich in de omgeving van deze lijn bevinden. Vervolgens is per leiding en per laag de kans op effecten beoordeeld in Tabel 11-1.

Tabel 11-1 Te realiseren bovenregionale warmtetransportleidingen optie 1, inclusief effectbeoordeling per laag

Van	Naar	Lengte (km)	Occupatie	Netwerk	Ondergrond
Dordrecht	Breda	23-35	Geringe dichtheid	Doorkruising Maas/Hollands Diep	Doorkruising Biesbosch/Hollands Diep
Rotterdam regio		50-75	Hoge dichtheid	Doorkruising Nieuwe Maas en belangrijke infra	Relatief zettingsgevoelig
Rotterdam	Den Haag	18-28	Hoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen en spoorwegen	Relatief zettingsgevoelig
Amsterdam regio		16-23	Hoge dichtheid	Doorkruising Noordzeekanaal	Relatief zettingsgevoelig
Alkmaar	Amsterdam	25-37	Middelhoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen, spoorwegen, Noordzeekanaal en NNN	Relatief zettingsgevoelig en doorkruising weidevogelgebieden
Purmerend	Amsterdam	15-23	Geringe dichtheid	Geen bijzonderheden	Doorkruising IJperveld, Varkensland,

Van	Naar	Lengte (km)	Occupatie	Netwerk	Ondergrond
					Oostzanerveld en Twiske (N2000)
Land van Cuijk	Nijmegen	9-13	Geringe dichtheid	Doorkruising Maas/Maas-Waalkanaal en rijksweg	Kans op archeologische waarden.
Ede	Arnhem	19-29	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen en spoorwegen	Doorkruising Veluwe (N2000)
Delfzijl	Groningen	25-37	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen	-

11.4 Effectbeoordeling van optie 2: restwarmte

11.4.1 Effectbeoordeling van opwek/productie

Er zijn geen effecten als het gevolg van opwek van warmte in deze optie, aangezien opwek hier een restproduct is van bestaande bronnen en er dus geen opweklocaties bijkomen. De restwarmte wordt in andere regio's opgewekt ten opzichte van geothermie. Ten opzichte van de regionalisatie uit II3050 (Netbeheer Nederland, 2021) is op een tweetal locaties afgeweken. Dit staat in Figuur 11-2, de leidingen in rood zijn doorgehaald vallen af bij een focus op restwarmte. Dit zijn Dordrecht–Breda en Ede–Arnhem. De leidingen in geel zijn toegevoegd, dit zijn leidingen tussen Moerdijk en Breda en Chemelot en Maastricht.

Figuur 11-2 Regionalisatie warmtetransportleidingen voor restwarmte (Netbeheer Nederland, 2021; bewerkt door Pondera). Rode verbindingen vallen af bij restwarmte, gele verbindingen zijn toegevoegd bij restwarmte



11.4.2 Effecten van warmtetransport

De volgende tabel bevat de bovenregionale leidingen die worden aangelegd om met maximale inzet van restwarmte de warmtevraag te bedienen. Voor de effectbeoordeling is uitgegaan van een hemelsbrede lijn tussen de woonkernen. Hierbij is gekeken naar welke (ruimtelijke) functies en kenmerken – waarop effecten kunnen plaatsvinden – zich in de omgeving van deze lijn bevinden. Vervolgens is per leiding en per laag de kans op effecten beoordeeld. In deze optie wordt het bovenregionale warmtetransport op twee onderdelen gewijzigd ten opzichte van focus op geothermie (zie Figuur 11-2). Hierbij is vooral het verschil in de kans op effecten op de ondergrondlaag (doorkruising Natura 2000-gebieden bij geothermie, niet bij restwarmte) een verschil tussen de wijziging in leidingen.

Tabel 11-2 Te realiseren bovenregionale warmtetransportleidingen optie 2, inclusief effectbeoordeling per laag

Van	Naar	Lengte (km)	Occupatie	Netwerk	Ondergrond
Lage Zwaluwe	Breda	25-31	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen, spoorwegen en NNN	-
Land van Cuijk	Nijmegen	18-23	Geringe dichtheid	Doorkruising Maas/Maas-Waalkanaal en rijksweg	Kans op archeologische waarden.
Helmond	Eindhoven	54-68	Middelhoge dichtheid	Doorkruising NNN-gebied	-
Rotterdam regio		92-116	Hoge dichtheid	Doorkruising Nieuwe Maas en belangrijke infra	Relatief zettingsgevoelig
Rotterdam	Leiden	63-78	Hoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen en spoorwegen	Relatief zettingsgevoelig
Amsterdam regio		29-36	Hoge dichtheid	Doorkruising Noordzeekanaal	Relatief zettingsgevoelig
Purmerend	Amsterdam	47-59	Geringe dichtheid	Geen bijzonderheden	Doorkruising IJperveld, Varkensland, Oostzanerveld en Twiske (N2000)
Alkmaar	Amsterdam	40-50	Middelhoge dichtheid	Doorkruising rijkswegen, spoorwegen, Noordzeekanaal en NNN	Relatief zettingsgevoelig en doorkruising weidevogelgebieden
Het Hoge Land	Groningen	32-40	Geringe dichtheid	Doorkruising rijkswegen	Geen bijzonderheden
Chemelot	Maastricht	10-15	Middelhoge dichtheid	Doorkruising rijksweg	Geen bijzonderheden

11.5 Conclusie

De opties verschillen onderling met name ten aanzien van de effecten van opwek; door (maximale) toepassing te geven aan geothermie (optie 1) worden er bronnen aangeboord die bij focus op restwarmte (optie 2) niet worden ingezet. Dit betekent met name een toename in de kans op tijdelijke effecten op de directe omgeving (geluid) en op de bodem (trillingen), al zijn deze effecten goed te mitigeren bij juiste toepassing van de techniek (kleine kans op effect). Bij het gebruik van restwarmte zijn er geen effecten voorzien als gevolg van opwek omdat de restwarmte al aanwezig is met de aanname dat er geen extra productie van warmte plaatsvindt om aan de vraag van te voldoen.

De effecten als gevolg van de bovenregionale leidingen zijn onderling gering afwijkend. Indien toepassing wordt gegeven aan geothermie, zal meer transport plaatsvinden vanuit de omgeving Rotterdam regio – Den Haag – Dordrecht. Dit wordt (enigszins) ontzien in de optie met restwarmte, omdat dan Breda wordt voorzien vanuit Moerdijk, en niet vanuit Dordrecht. Hiermee wordt een complexe kruising met de Biesbosch en het Hollands Diep voorkomen. Dit is ook aangewezen als Natura 2000-gebied. Hetzelfde geldt voor de leiding tussen Ede en Arnhem (kruising Natura 2000-gebied Veluwe) voor geothermie die bij restwarmte niet aanwezig is. De in plaats daarvan toegevoegde restwarmteleiding Chemelot-Maastricht doorkruist geen Natura 2000. De effecten in het Noorden van Nederland blijven nagenoeg gelijk; in beide gevallen is er sprake van bovenregionale leidingen met soortgelijke effecten.

Er is sprake van een klein onderscheid in de kans op effecten als gevolg van de aanleg en het gebruik van bovenregionale warmtetransportleidingen in de hier onderzochte opties. In de praktijk is het logischer om een combinatie van geothermie en restwarmte te gebruiken.

12 Systeemontwikkeling 11: Maximale elektrificatie

12.1 Inleiding

Het energiesysteem van de toekomst kan niet drijven op één energiedrager. Elektriciteit, waterstof, groen-gas en warmte vervullen allemaal een rol in het systeem. De verhouding tussen deze energiedragers in het toekomstig energiesysteem is echter nader in te vullen. In de zeven scenario's die ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling in deze IEA is dit verschillend ingevuld. De systeemontwikkeling voor maximale elektrificatie baseert zich dan ook op het alternatief dat maximaal invulling geeft aan de energiedrager elektriciteit. Dit is het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing. De effectanalyse van deze systeemontwikkeling sluit aan bij de kwalitatieve beschrijving zoals opgenomen in Bijlage VIII. Vanwege het hoge abstractieniveau is er geen effectbeoordeling gedaan zoals bij de structuurkeuze 1 t/m 10, maar een korte abstracte effectanalyse uitgevoerd van mogelijke effecten van de beide opties binnen deze systeemontwikkeling.

Deze systeemontwikkeling bevat de volgende opties voor maximale elektrificatie:

- Optie 1: Om te voldoen aan de maximaal geëlektrificeerde vraag wordt het aanbod ingevuld met hernieuwbare opwek. Deze optie baseert zich (kwalitatief) op het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.
- Optie 2: Om te voldoen aan de maximaal geëlektrificeerde vraag wordt het aanbod ingevuld met regelbare centrales. Deze optie baseert zich (kwalitatief) op het scenario Nederland Energieland Nationale Sturing.

Omdat de effecten van de beide opties niet kwantitatief zijn berekend in deze IEA, worden de opties niet separaat geanalyseerd. Om de effecten in samenhang te analyseren en naast elkaar te zetten, worden de opties in één paragraaf behandeld.

12.2 Effectanalyse

12.2.1 Effectanalyse van opwek/productie

Elektrificatie van de energievraag leidt tot extra elektriciteitsproductie en mogelijk tot verlaging van vraag naar andere energiedragers. Deze elektriciteitsvraag kan worden ingevuld door opwek in Nederland of import van elektriciteit, waterstof en methaan. De effectanalyse van de systeemontwikkeling gaat in op de effecten van de opties voor het realiseren van de aanvullend benodigde opwek in hernieuwbare energie of door inzet van regelbare centrales, dit is hieronder kort uitgelegd.

Aanvullend hernieuwbare opwek

Om maximaal gebruik te maken van elektriciteit neemt de hoeveelheid opgesteld vermogen zonne- en windenergie op land toe. In structuurkeuze 3 'locaties hernieuwbare opwek op land, spreiding of clustering' zijn de verschillen tussen clustering en spreiding van hernieuwbaar op land nader bekeken. In deze systeemontwikkeling worden de effecten uit structuurkeuze 3 uitvergroot door een groter opgesteld vermogen zon en wind. Bij spreiding van opwek is de kans op effecten op landschap groter door meer aantasting door plaatsing van wind en zon in bijvoorbeeld Nationale Landschappen. Ook zijn de effecten op Natura 2000-gebieden nog groter door meer vermogen windenergie verspreid over het land. Bij clustering betekent het dat er nog intensiever in een aantal gebieden in Nederland hernieuwbare opwek wordt gerealiseerd. Dit heeft lokaal zeer grote effecten op leefomgeving, landschap en natuur maar vrijwaart hiermee effecten op delen van Nederland waar geen extra hernieuwbaar op land wordt

gerealiseerd. Windenergie op zee is in dit alternatief maximaal ingevuld (72 GW). Omdat de piekvraag naar elektriciteit toeneemt, is er naast het aanvullend ruimtebeslag door meer hernieuwbaar op land, zeer waarschijnlijk ook meer ruimte nodig voor de plaatsing van aanvullende regelbare centrales. Dit betekent dat er bij clustering van piekcentrales op Barro-locaties ruimtelijke knelpunten ontstaan omdat er niet voldoende beschikbare ruimte is. Mogelijk moeten Barro-locaties worden uitgebreid. Bij spreiding van meer kleinschalige regelbare centrales worden er op nog meer plaatsen centrales (risicobronnen) geplaatst. Zie ook structuurkeuze 5 'Spreiding of clustering regelbare centrales'.

Aanvullend regelbaar vermogen

Door bij maximale elektrificatie de opwek te realiseren met regelbaar vermogen, betekent dat er aanvullend grote centrales geplaatst moeten worden. De opties en bijbehorende effecten van structuurkeuze 5 zijn hier ook van toepassing, aangezien de centrales qua ruimtebeslag nagenoeg gelijk zijn, alleen het aantal vollasturen dat de centrales draaien is aanzienlijk groter. Dit betekent dat er ten opzichte van de regelbare centrales een grotere beschikbaarheid van koelwater benodigd is voor de grote centrales. De grote centrales worden gevoed door waterstof of methaan. Als er voor wordt gekozen om deze energiedragers in Nederland te produceren, is er een aanvullend opgesteld hernieuwbaar vermogen nodig. Zie voor effecten van meer vermogen hernieuwbaar op land de optie 'aanvullend hernieuwbare opwek' hierboven. Indien gekozen wordt voor import van waterstof en methaan, worden de effecten grotendeels afgewenteld op het buitenland. Voor de import zijn er voorzieningen noodzakelijk zoals opslagterminals en voldoende internationale transportcapaciteit. De effecten hiervan zijn geanalyseerd in structuurkeuze 9. De kans op effecten is met name in de netwerklaag door het toegenomen ruimtebeslag in de havenindustriële gebieden. Hier zullen importterminals ruimte vergen, naast andere industriële ontwikkelingen en overige opgaven binnen de energietransitie. De afwenteling naar het buitenland betreft mogelijke effecten door de opwek van energie en de realisatie van exportterminals.

12.2.2 Effecten van opslag

De extra elektriciteitsvraag leidt niet persé tot een grotere behoefte aan opslag. Dit hangt af van hoe de vraag ingevuld wordt. Als dit wordt ingevuld met hernieuwbaar vermogen is er waarschijnlijk extra opslag nodig in de vorm van batterijen. De kans op effecten door meer batterijen is sterk afhankelijk van de plaatsing hiervan. Als er een grote of middelgrote kans op effecten is voor de plaatsing van batterijen blijkt uit Bijlage XIa dat dit voornamelijk in de netwerklaag is. Specifiek gaat het om het ruimtebeslag dat niet beschikbaar is.

Bij de optie van het plaatsen van aanvullende regelbare centrales om te voldoen aan de vraag bij maximale elektrificatie, is er waarschijnlijk geen aanvullende opslag nodig met batterijen. Het is onduidelijk of er meer of minder opslag nodig is voor waterstof. Elektrificatie verminderd weliswaar het gebruik van waterstof primair, maar als regelbare centrales waterstof en geen methaan als brandstof gebruiken is er alsnog een grote waterstofvraag.

12.2.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

Het is niet te zeggen op welke plekken knelpunten optreden en waar extra elektriciteitsinfrastructuur noodzakelijk is. Het is van belang om de locaties van vraag en aanbod zo dicht mogelijk bij elkaar te brengen, waardoor knelpunten mogelijk zelfs opgelost kunnen worden. Als de elektrificatie van de vraag zich bijvoorbeeld voornamelijk manifesteert in de nabijheid van de aanlandingslocaties van windenergie op zee, worden knelpunten die ontstaan door het transport van deze elektriciteit naar locaties elders in

Nederland opgelost. Als de additionele vraag en de extra productie geografisch ver uit elkaar liggen, dan leidt dit tot extra belasting op het elektriciteitsnet. Het is waarschijnlijk dat dan elektriciteit verder landinwaarts getransporteerd dient te worden. Dit kan bijvoorbeeld spelen bij de verbindingen in Noord-Holland waar grote kans op effecten op Natura 2000, woonkernen en Stelling van Amsterdam is. Ook verbindingen vanaf de Maasvlakte richting Maasbracht/Duitsland/België. Hierbij wordt Noord-Brabant doorkruist met nieuwe bovengrondse verbindingen. Dit heeft een grote kans op effecten op landschap en Natura 2000. Ditzelfde geldt ook voor verbindingen vanaf Borssele landinwaarts.

12.2.4 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

De invulling van de benodigde aanvullende opwek door hernieuwbare bronnen ontstaan er overschotten in productie die omgezet worden in waterstof. Dit resulteert in een grotere transportbehoefte van de elektrolyzers naar het Nationaal Waterstofnetwerk. Ook hier kunnen knelpunten ontstaan ten op de aansluitleidingen.

De grootste belasting van het nationaal waterstofnetwerk wordt echter veroorzaakt door transport vanaf de waterstofopslag naar centrales. De keuze voor het invullen van de vraag met regelbare centrales leidt vermoedelijk tot intensivering van de knelpunten in de aansluitleidingen naar de centrales. Het is de verwachting dat er geen knelpunten ontstaan op het Nationaal Waterstofnetwerk aangezien deze voldoende capaciteit heeft.

12.3 Conclusie

Het maximaal inzetten op de elektrificatie van het energiesysteem resulteert in een grotere vraag naar hernieuwbare opwek op land en regelbare centrales. Bij meer hernieuwbare opwek zijn er grote effecten op landschap en natuur te verwachten. Bij regelbare centrales is er voornamelijk ruimtegebruik bij de Barro-locaties, die mogelijk uitgebreid moeten worden. Door meer hernieuwbare opwek is er ook meer behoefte aan batterijen. De effecten zijn afhankelijk van de locatie, maar kunnen groot zijn door een gebrek aan ruimte op meer industriële of dichtbebouwde locaties. Het is onduidelijk of de vraag naar waterstof toe- of afneemt. Door meer elektriciteitsgebruik kan er minder waterstofvraag zijn, maar als regelbare centrales gevoed worden door waterstof en niet door methaan kan er een hogere waterstofvraag ontstaan.

De kans op effecten in de elektriciteitsinfrastructuur is niet goed in te schatten omdat niet duidelijk is waar vraag en aanbod zullen toe of afnemen. Als er niet gekozen wordt om opwek zo dicht mogelijk bij de vraag te plaatsen, is het aannemelijk dat er nieuwe verbindingen nodig zullen zijn. De verwachting is dat dit in Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en Noord-Brabant tot nieuwe verbindingen zal leiden. Dit heeft een grote kans op effecten op landschap, natuur en bebouwing.

13 Systeemontwikkeling 12: Maximaal gebruik waterstof

13.1 Inleiding

Het energiesysteem van de toekomst kan niet drijven op één energiedrager. Elektriciteit, waterstof, groengas en warmte vervullen allemaal een rol in het systeem. De verhouding tussen deze energiedragers in het toekomstig energiesysteem is echter nader in te vullen. In de zeven scenario's die ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling in deze IEA is dit verschillend ingevuld. De systeemontwikkeling voor het maximale gebruik van waterstof baseert zich dan ook op het scenario dat maximaal invulling geeft aan de energiedrager waterstof. Dit is het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing. De effectanalyse van deze systeemontwikkeling sluit aan bij de kwalitatieve beschrijving zoals opgenomen in Bijlage VIII. Vanwege het hoge abstractieniveau is er geen effectbeoordeling gedaan zoals bij de structuurkeuze 1 t/m 10, maar een korte abstracte effectanalyse uitgevoerd van mogelijke effecten van maximaal gebruik waterstof. In deze systeemontwikkeling worden geen opties met elkaar vergeleken. Er wordt gekeken welke knelpunten ontstaan bij toepassing van het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing.

13.2 Effectanalyse

13.2.1 Effecten van opwek/productie

Bij maximaal gebruik van waterstof moet in een grotere primaire vraag worden voorzien dan in het geval van maximale elektrificatie omdat bij de productie van waterstof met elektriciteit de energie voor een deel wordt omgezet in warmte. Dit kan door middel van import en door middel van binnenlandse productie van waterstof. Als de aanvullende vraag volledig wordt bediend door import is er geen ruimtebeslag als gevolg van opwek. Productie van waterstof wordt dan in het buitenland gedaan, wat betekent dat de effecten voor Milieu & Ruimte hiervan ook naar het buitenland worden afgewenteld. Als de aanvullende waterstofvraag wordt gerealiseerd met behulp van aanvullende binnenlandse productie is er sprake van meer ruimtebeslag door opwek van elektriciteit (wind en zon) en productie van waterstof (elektrolyzers).

Aanvullende opwek door wind en zon

De aanvullende behoefte aan opwek door wind kan offshore worden aangevuld met 20,5 GW. Dit kan worden ingezet voor de aanvullende primaire vraag. Ook kan er – in vergelijking met andere scenario's – nog 10 GW aan wind op land worden toegevoegd. Afhankelijk van de keuze om deze opwek op land te spreiden of te clusteren is een toename in de kans op effecten ten aanzien van landschap en ecologie. Bij clustering zijn er grote effecten op landschap en natuur op meer lokale schaal (in de clusters). Bij spreiding is er een grote kans op effecten op landschap en ecologie op nationale schaal. Zie ook hoofdstuk 4.

Aanvullende productie door elektrolyzers

Indien gekozen wordt voor binnenlandse productie van waterstof, is naast de aanvullende opwek door wind en zon ook aanvullend vermogen in elektrolyzers nodig. Deze kunnen bij de vraag van H₂ of bij het aanbod van elektriciteit worden geplaatst. Indien gekozen wordt voor plaatsing bij de vraag is een aanvullend ruimtebeslag verwacht in bovengrondse hoogspanningsverbindingen tussen aanlandingslocaties van windenergie op zee en locaties van de H₂-vraag. Dit komt mogelijk overeen met nieuwe verbindingen nodig bij structuurkeuze 4 optie 2 plaatsing elektrolyzers bij de vraag (zie hoofdstuk 5). Hier zijn er nieuwe verbindingen nodig op de trajecten Tilburg–Eindhoven, Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd. Zie effecten onder elektriciteitsinfrastructuur. Als elektrolyzers worden geplaatst bij de aanlandingslocaties, neemt de ruimtedruk toe op deze locaties. Dit meest kritische locaties zijn de haven van Rotterdam en

Borssele/Sloegebied. Hier ligt al een grote opgave voor de realisatie van de energietransitie die veel ruimte vergt. Door het toevoegen van elektrolyzers wordt het ruimtelijk knelpunt enkel groter. Mogelijke uitbreiding van de industriegebieden heeft mogelijk grote effecten op omliggende landbouw, natuur en woonkernen.

13.2.2 Effecten van opslag

In het scenario Nederland Energieland Internationale Sturing wordt bijna alle gebruikte waterstof geïmporteerd. Als waterstof via havens wordt geïmporteerd, en niet offshore geproduceerd met windenergie op zee, zijn hiervoor terminals nodig en is er minder seizoensopslag in bijvoorbeeld zoutcavernes benodigd. Waterstof kan op verschillende manieren via schepen geïmporteerd worden: vastgelegd in een Liquefied Organic Hydrogen Carrier (LOHC); opgenomen in een drager zoals ammoniak of methanol of gekoeld tot -253 graden Celsius. In de haven zal dan ruimte gereserveerd moeten worden voor opslag; en afhankelijk van de vorm, voor 'dehydrogenation'. Dehydrogenation is het proces om waterstof van de drager te ontdoen. Dat is nodig om waterstof als zodanig in het waterstofnetwerk in te kunnen voeden. Ook dit ruimtebeslag zal hoogstwaarschijnlijk in de havengebieden landen. Het is onduidelijk hoeveel ruimtebeslag dit betekent, maar de ruimtedruk op de industriële havengebieden is al groot door de huidige invulling en de overige opgaves vanuit de energietransitie. Mogelijke uitbreiding van de havenindustriegebieden heeft mogelijk grote effecten op omliggende landbouw, natuur en woonkernen.

Bij een groot gebruik van waterstof wordt een deel van de waterstof direct ingezet, en een deel voor de levering van elektriciteit via regelbare centrales. Omdat waterstof wordt geïmporteerd en er minder sprake is van een groot aandeel hernieuwbare opwek, is er minder vraag naar opslag voor het leveren van flexibiliteit bij maximaal gebruik van waterstof.

13.2.3 Effecten van elektriciteitsinfrastructuur

Inzet op maximaal gebruik van waterstof zorgt, ten opzichte van maximale elektrificatie, voor een lagere belasting op het elektriciteitsnet. Er ontstaan daardoor in het algemeen minder knelpunten op het elektriciteitsnet. Maar om hier iets verder op in te gaan; als elektrolyzers bij de H₂-vraag geplaatst worden is het mogelijk dat er nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Mogelijk zijn dit Tilburg–Eindhoven, Weiwerd–Meeden en Robbenplaat–Weiwerd. Bij Tilburg–Eindhoven is er een middelgrote kans op effecten door ligging nabij woonkernen en effecten op landschap. Voor alle genoemde verbindingen is NNN en Natura 2000 een aandachtspunt vanwege doorkruising of nabije ligging waardoor er een toename in aanvaringslachtoffers zal zijn.

13.2.4 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

Door een maximaal gebruik van waterstof kunnen er knelpunten ontstaan in de infrastructuur. Deze knelpunten treden met name op bij aanlandingslocaties en aftakkingen van het Nationaal Waterstofnetwerk. Voorbeelden zijn Maasvlakte–Wijngaarden en Vlissingen–Bergen op Zoom. Of verzwaring hier nodig is moet nader onderzocht worden. Waarschijnlijk is een eventuele verzwaring mogelijk binnen de huidige buisleidingstrook, er zijn daarom geen ruimtelijke effecten te verwachten.

13.3 Conclusie

Om te kunnen voorzien in de vraag naar waterstof in het geval gekozen wordt voor maximale inzet van waterstof, is eerst een keuze nodig ten aanzien van de bron die ruimtelijk relevant is; importeren of binnenlandse productie.

Bij import is er sprake van een relatief beperkt ruimtebeslag voor importterminals in havengebieden.

De effecten van de opwek van de energie benodigd om waterstof te produceren wordt afgewenteld naar het buitenland. Bij binnenlandse productie is er sprake van een groot extra ruimtebeslag door meer opgesteld vermogen zon en wind op land. Bij clustering van de opwek heeft dit grote effecten op natuur en landschap op lokale schaal. Bij spreiding heeft dit grote effecten op natuur en landschap op nationale schaal. Daarnaast hebben elektrolyzers nog ruimtebeslag de locaties waar wind op zee aan land komt of bij locaties waar waterstofvraag is. Bij het laatste zijn er mogelijk nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig met effecten op woonkernen, natuur en landschap. Voor zowel importeren als binnenlandse productie kunnen er knelpunten in de waterstofinfrastructuur ontstaan. Dit heeft waarschijnlijk geen ruimtelijke gevolgen omdat er binnen bestaande reserveringen nieuwe leidingen gerealiseerd kunnen worden.

14 Systeemontwikkeling 13: Gebruik groengas/methaan

14.1 Inleiding

Het energiesysteem van de toekomst kan niet drijven op één energiedrager. Elektriciteit, waterstof, groengas en warmte vervullen allemaal een rol in het systeem. De verhouding tussen deze energiedragers in het toekomstig energiesysteem is echter nader in te vullen. In de zeven scenario's die ten grondslag liggen aan de effectbeoordeling in deze IEA is dit verschillend ingevuld. De systeemontwikkeling voor het maximale gebruik van groengas baseert zich dan ook op het scenario dat maximaal invulling geeft aan de energiedrager groengas. Dit is het scenario Nederland Energieland Europese Sturing. Tegelijkertijd is in dit scenario een grote rol voor waterstof weggelegd via import. Het is niet mogelijk om het effect van inzet op groengas/methaan afzonderlijk te analyseren aan de hand van dit scenario. De effectanalyse van deze systeemontwikkeling sluit aan bij de kwalitatieve beschrijving zoals opgenomen in Bijlage VIII. Vanwege het hoge abstractieniveau is er geen effectbeoordeling gedaan zoals bij de structuurkeuze 1 t/m 10, maar een korte abstracte effectanalyse uitgevoerd van mogelijke effecten van maximaal gebruik van groengas. In deze systeemontwikkeling worden geen opties met elkaar vergeleken. Er wordt gekeken welke knelpunten ontstaan bij toepassing van het scenario Nederland Energieland Europese Sturing.

14.2 Effectanalyse

14.2.1 Effecten van opwek/productie

In deze systeemontwikkeling is er een belangrijke basiskeuze te maken; wordt de productie van groengas zo veel als mogelijk in het binnenland geproduceerd (begrenst door de omvang van reststromen) of wordt groengas volledig geïmporteerd waarbij effecten op het buitenland worden afgewenteld. In het geval van binnenlandse productie zal dit verspreid over het land plaatsvinden, in met name agrarische gebieden. Hierdoor is de kans op effecten ten aanzien van woonkernen veelal beperkt. Groengas kan ook geïmporteerd worden uit andere Europese landen via het gasleidingennetwerk. Daarnaast kan het geïmporteerd worden in de vorm van bio-Lng via lng-tankers. Daarvoor zijn importterminals nodig in de havens. De ruimtedruk in havengebieden is al groot door overige opgaven in de energietransitie. Extra importterminals vergroten het ruimtelijk knelpunt daar. Mogelijke uitbreiding van de havenindustriegebieden heeft mogelijk grote effecten op omliggende landbouw, natuur en woonkernen.

14.2.2 Effecten van opslag

Ongeacht de keuze ten aanzien van binnenlandse opwek, is er sprake van een grote hoeveelheid import van groengas. Een deel van dit geïmporteerde groengas wordt, net als nu, opgeslagen in bestaande ondergrondse opslagen om op alle momenten van het jaar in de vraag te kunnen voorzien. Bij maximale toepassing van groengas wordt ook waterstof in aparte bergingen (zoutcavernes) opgeslagen. De totale behoefte aan opslag verandert nagenoeg niet, waardoor de huidige gasopslagen meer dan voldoende zijn voor opslag van methaan. Vanwege het gebruik van de bestaande gasopslagen voor groengas, is voor waterstof opslag in zoutcavernes relevant. De effecten hiervan zijn in structuurkeuze 6 opgenomen. Hieruit blijkt dat dit terecht komt in noordoost Nederland. Hier zijn lokaal effecten van bodemdaling en verlies van landbouwgrond door benodigde bovengrondse infrastructuur. Ook zijn er nieuwe ondergrondse aansluitingen nodig naar de locaties van de zoutcavernes.

14.2.3 Effecten van methaan/waterstofinfrastructuur

Methaaninfrastructuur

In het scenario Nederland Energieland Europese Sturing ontstaan knelpunten op de Maasvlakte, tussen Borssele/Slogebied en Bergen op Zoom en bij de aansluiting van de Flevocentrale. Er is ook een groei van de industrie voorzien en wordt zowel methaan als waterstof ingezet om in die vraag te voorzien. Het is onzeker of de knelpunten op de Maasvlakte en tussen Borssele/Slogebied en Bergen op Zoom ontstaan als er geen groei van de industrie plaatsvindt. Daarnaast wordt zowel methaan als waterstof ingezet in de gebouwde omgeving in dit scenario. Omdat het huidige net een grotere capaciteit aankan dan in 2050 aan methaan inzet is voorzien, wordt er geen aanvullend ruimtebeslag in de methaaninfrastructuur verwacht. Wel is er mogelijk een aanvullende ruimtevraag voor het plaatsen van boosters om het regionaal geproduceerde methaan in te voeden in het net. Dit betreft in principe een beperkt ruimtelijke omvang op een aantal plaatsen.

Waterstofinfrastructuur

Er wordt vanuit gegaan dat er geen ruimtelijke reserveringen van nationaal belang nodig zijn in het HTL, omdat eventuele verzwaringen waarschijnlijk binnen de huidige tracés passen. Wel is het de verwachting dat er aanvullende aansluitleidingen gerealiseerd moeten worden. Dit vanwege het mogelijk dubbele gebruik van het buisleidingennet; op dezelfde locaties moet zowel een waterstof- als een methaanvraag bediend worden. Uitgaande van de aanleg van een nieuwe aansluitleiding in de nabijheid van bestaande tracés, is het ruimtebeslag beperkt. Daarnaast moeten meer onderdelen van de infrastructuur van het aardgasnet in gebruik blijven als gevolg van het inzetten van zowel methaan als waterstof. Het gaat dan om het in bedrijf houden van aparte compressoren, vulstations etc. voor beide gassen.

14.3 Conclusie

Maximale inzet op methaan resulteert in volledig gebruik van reststromen ten behoeve van de productie van groengas. Dit is echter onvoldoende om in de vraag te voorzien, waardoor import nodig is, met als gevolg de realisatie van terminals in de havengebieden indien import via schepen plaatsvindt. Dit levert ruimtelijke knelpunten op binnen de havengebieden. Mogelijke uitbreiding van deze gebieden heeft grote gevolgen voor nabijgelegen landbouw, natuur en woonkernen. Ook is import via (bestaande) buisleidingen mogelijk. Naast methaan is er in 2050 ook vraag naar waterstof, waardoor het bestaande net voor beide gassen gebruikt wordt. Het is de verwachting dat – na realisatie van het Nationaal Waterstofnetwerk – er geen aanvullend ruimtebeslag is in het HTL om deze dubbele functie te vervullen. Wel zullen aanvullende aansluitleidingen gerealiseerd moeten worden op locaties waar zowel vraag is naar methaan als waterstof. Het ruimtebeslag hiervan is niet in te schatten, maar naar verwachting is het ruimtebeslag relatief beperkt en zijn de effecten op Milieu & Ruimte daarmee ook beperkt.

15 Bronnen

- Arcadis. (2011). Inpasbaarheid energie-initiatieven Sloegebied.
- BCI. (2020). Haalbaarheidsstudie Buisleidingen R'dam – Chemelot – NRW, Bijlage 1 Trace Alternatieven en Afwegingen. Nijmegen: Buck Consultants International.
- Berenschot. (2020). *Klimaatneutrale energiescenario's 2050*. Utrecht: Berenschot, Kalavasta.
- Berenschot, Kalavasta. (2020). *Klimaatneutrale energiescenario's 2050*. Utrecht: Berenschot.
- Buck Consultants International. (2020). Bijlage 2 Marktvraag & Business Case - Bevindingen werkgroep business case (Chemelot en PoR) opgesteld door BCI. Nijmegen.
- CE Delft. (2021). Groeiprojecties energie-intensieve industrie. Delft: CE Delft.
- CIEP. (2017). The European Refining sector - a diversity of markets. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- COVRA. (2020). Opgehaald van Jaarrapport 2020: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2021). Opgehaald van Jaarrapport 2021: <https://www.covra.nl/nl/downloads/jaarrapporten/>
- COVRA. (2022). Nationale Radioactief Afval Inventarisatie.
- EBN, Gasunie. (2017). Transport en Opslag van CO2 in Nederland. Den Haag: Energiebeheer Nederland.
- Gasunie. (2016). Prediction of Subsidence above caverns at Zuidwending, The Netherlands Operation Phase Report on WP3: Subsidence Prediction.
<https://www.energiebufferzuidwending.nl/bibliotheek>.
- Guidehouse & Berenschot. (2021). Systeemintegratie wind op zee 2030-2040.
- I&W. (2018). Structuurvisie Ondergrond. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
- I&W. (2021). Aandachtspunten Verkenning Buisleidingentracé PoR-Chemelot-NRW.
- I&W, M. (2016). Het nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen. Opgehaald van <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/nationale-programma-radioactief-afval/documenten/publicatie/2016/06/24/nationale-programma-radioactief-afval>
- I&W, M. (2021). Landelijk Crisisplan Straling. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/repository/ronl-3f45e45d-4699-4b93-99ea-a12114d1c68c/1/pdf/tk-bijlage-1-landelijk-crisisplan-straling.pdf>
- Netbeheer Nederland. (2021). Het Energiesysteem van de Toekomst. Den Haag: Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2021). Het Energiesysteem van de Toekomst.
- Nieuwland GEO-Informatie. (2008). Ruimtelijke Analyse Buisleidingstroken en -tracés - Deel A: Hoofdrapport. Wageningen: Nieuwland GEO-Informatie.
- PBL. (2017). Negatieve emissies. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2020). Decarbonisation options for Large Volume Organic Chemical production, Shell Pernis. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rebel. (2021). Actualisatie toekomstscenario's voor afvalverbranding in Nederland. Rotterdam: Rebel.
- Rijksoverheid. (2023). Kernenergie in Nederland. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/opwekking-kernenergie#anker-7-aanbod-en-opslag-radioactief-afval>
- Royal HaskoningDHV. (2021). Nationale CO2-opslagbehoefte tot 2035. Nijmegen: Royal HaskoningDHV.
- RVO. (2021). Systeemintegratie wind op zee 2030-2040; Guidehouse en Berenschot. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-39a57614254aef46d047e1de1a9fd6c48938f50b/pdf>
- Strategy&. (2021). HyWay 27: waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk? Eindrapport voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Amsterdam.
- TNO. (2020). Large Scale Energy Storage in Salt Caverns and Depleted Fields - LSES.
- TNO. (2021). Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030-2050. Technische evaluatie van vraag en aanbod. TNO & EBN.

VWS. (2005). Potentiële koelcapaciteit rijkswateren 2005-2050. Ministerie van Verkeer en Waterstaat/RIZA.