

# BIJLAGE XIV Beschrijving 2030

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](mailto:info@ponderaconsult.com)

## CE Delft

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
015 215 01 50  
[ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

In samenwerking met:



Rhijnspoorplein 38  
1018 TX Amsterdam  
020 506 19 99  
[info@bro.nl](mailto:info@bro.nl)

## Colofon

**Soort document**  
Integrale Effectanalyse

**Projectnaam**  
IEA Programma Energiehoofdstructuur

**Versienummer**  
Definitief

**Opdrachtgever**  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

**Auteur**  
Martha Deen, Roel van Ooij, Joeri Vendrik

**Nagekeken door**  
Frans Rooijers, Mariëlle de Sain

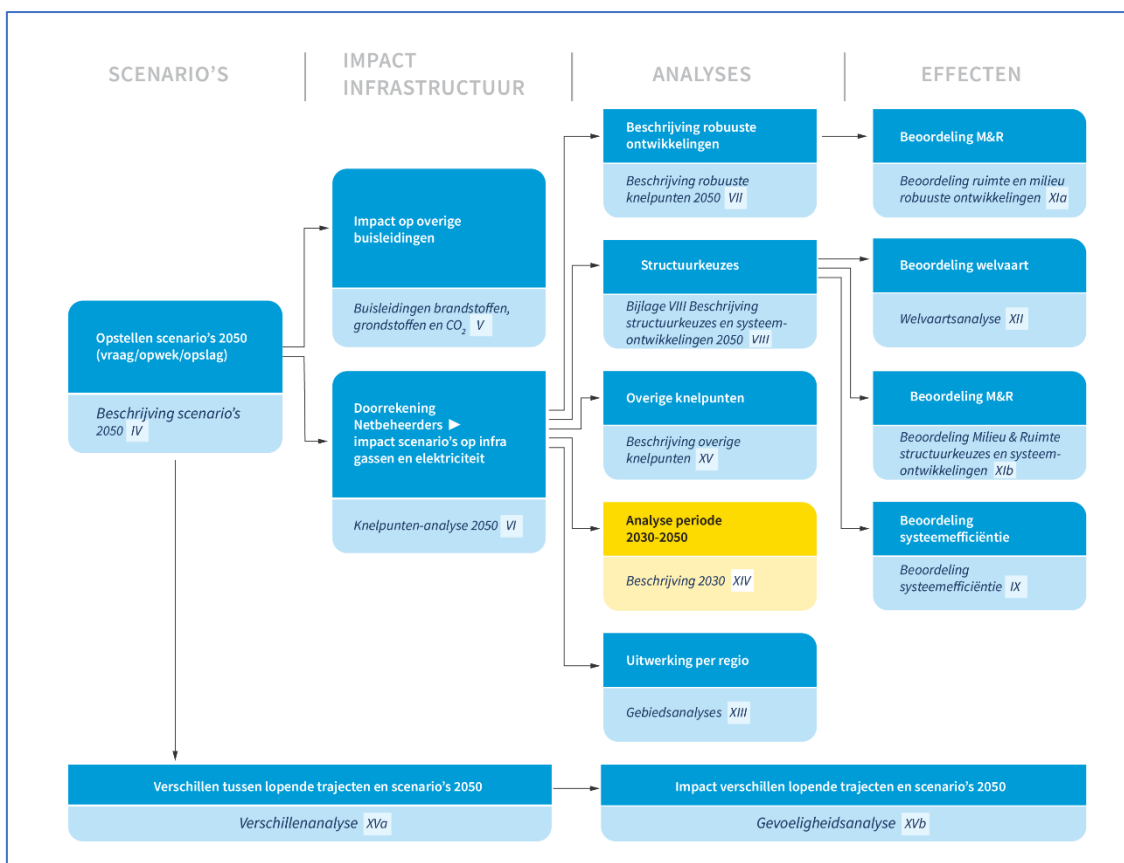
## Disclaimer

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.

## 0 Samenvatting

In deze Bijlage XIV, *Beschrijving 2030*, worden de ontwikkelingen van de nationale energie-infrastructuur tot 2050 in de tijd geplaatst. Eerst worden de geplande uitbreidingen tot 2030, en de ruimtelijke consequenties daarvan, in kaart gebracht. Vervolgens wordt besproken welke uitbreidingen tussen 2030 en 2050 naar verwachting als eerste nodig zijn. Voor deze bijlage worden de Bijlagen IV t/m XII als input gebruikt. Deze bijlage valt onder Analyse in Figuur 0-1 met de samenhang van de bijlagen.

Figuur 0-1 - Overzicht en samenhang bijlagen IEA PEH



## Inhoudsopgave

<b>0</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Uitbreidingen tot 2030</b>	<b>3</b>
2.1	Welke uitbreidingen van energie-infrastructuur zitten in de uitgangssituatie tot 2030? _____	4
2.2	Wat zijn additionele uitbreidingen tot 2030 bovenop de referentiesituatie op basis van IP2020? 8	8
2.3	Wat is de status van de projecten tot 2030? _____	10
<b>3</b>	<b>Tijdelijk uitbreidingen na 2030</b>	<b>14</b>
3.1	Elektriciteit _____	14
3.2	Waterstof _____	18
3.3	Overige buisleidingen _____	19

## 1 Inleiding

In de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het PEH wordt onderzocht welke ruimte nodig is voor nationale energie-infrastructuur in 2050, voor verschillende scenario's en verschillende mogelijke ontwikkelingen. In de Bijlagen VI *Knelpuntenanalyse 2050*, VII *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*, VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050* en XVI *Overige knelpunten 2050* wordt besproken welke uitbreidingen van energie-infrastructuur naar verwachting nodig zijn tot 2050. In de Bijlagen XIa *Beoordeling Milieu & Ruimte (Robuuste) ontwikkelingen* en XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte Structuurkeuzes en systeemontwikkelingen* worden de ruimtelijke consequenties van deze uitbreidingen besproken.

Het is niet alleen van belang welke ruimte nodig is voor uitbreidingen van energie-infrastructuur, maar ook wanneer deze ruimte nodig is. Dit wordt behandeld in deze bijlage. Eerst worden de geplande uitbreidingen tot 2030, en de ruimtelijke consequenties daarvan, in kaart gebracht. Vervolgens wordt besproken welke uitbreidingen tussen 2030 en 2050 naar verwachting als eerste nodig zijn.

## 2 Uitbreidingen tot 2030

In de IEA wordt onderzocht welke ruimte nodig is voor energie-infrastructuur voor de ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Op dit moment is er al veel energie-infrastructuur aanwezig en tot 2030 staan al veel investeringen voor nieuwe projecten op de planning.

In de analyses van de IEA zijn de huidige situatie en de geplande investeringen tot 2030 de uitgangssituatie. Dit betekent dat aangenomen wordt dat de geplande investeringen in ieder geval gerealiseerd worden. Deze investeringen zijn ook meegenomen in de netmodellen die gebruikt zijn om te bepalen welke additionele uitbreidingen nodig zijn richting 2030. Alleen investeringen die opgenomen zijn in het investeringsplan van netbeheerders of waar een investeringsbeslissing voor gemaakt is, worden meegenomen. De investeringsplannen van de netbeheerders uit 2020, het IP2020, zijn de basis voor de uitgangssituatie. Niet al deze investeringen zullen in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031, 2032 of 2033, maar deze zijn wel allemaal meegenomen bij de ontwikkelingen tot 2030 (zodat het IP2020 als basis dient). Er wordt een overzicht gegeven van de geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur in de uitgangssituatie in paragraaf 2.1.

Ondertussen zijn door de netbeheerders nieuwe investeringsplannen uitgebracht, genaamd IP2022. Nieuwe projecten uit deze investeringsplannen zijn geen onderdeel van de uitgangssituatie. Deze additionele uitbreidingen tot 2030 bovenop de uitgangssituatie komen in paragraaf 2.2 aan de orde. Hier wordt ook besproken of deze investeringen terugkomen in de analyses naar de benodigde energie-infrastructuur richting 2050 in de IEA.

De geplande uitbreidingen richting 2030 vragen ruimte. Het is belangrijk om te zorgen dat deze ruimte tijdig beschikbaar is. Om hiervoor te zorgen zijn voor een deel van de investeringen ruimtelijke procedures gestart, maar niet voor alle investeringen. In paragraaf 0 wordt besproken wat de status is van de ruimtelijke inpassing van de geplande uitbreidingen tot 2030.

## 2.1 Welke uitbreidingen van energie-infrastructuur zitten in de uitgangssituatie tot 2030?

Hieronder worden de verwachte uitbreidingen voor elektriciteit en waterstof tot 2030 omschreven. Deze zijn vastgelegd in de investeringsplannen van TenneT en Gasunie. Voor waterstof zijn daarnaast plannen ontwikkeld voor de ontwikkeling van het Nationaal Waterstofnetwerk.

### 2.1.1 Elektriciteit

In de IEA-analyses wordt gekeken naar de nieuwe infrastructuur die nodig is tot 2050. Maar tot 2030 staat al een flink aantal nieuwe investeringen op de planning. Deze zijn opgenomen in de investeringsplannen van TenneT. In de IEA-analyses is aangenomen dat de geplande projecten uit de investeringsplannen gerealiseerd gaan worden. Deze zijn dus in principe ook 'robuust'. Voor de doorrekeningen zijn de investeringen tot 2030 uit het investeringsplan IP2020 al meegenomen in het netmodel<sup>1,2</sup>. Dit betekent dat voor de IEA doorrekeningen worden gedaan met het hoogspanningsnet dat er naar verwachting ligt in 2030<sup>3</sup>. Dit is de referentiesituatie voor alle 2050-scenario's. De knelpunten die tot 2030 optreden komen dus ook niet naar voren in de doorrekening van de verschillende scenario's.

Bij de uitbreidingen van de hoogspanningsinfrastructuur is onderscheid gemaakt naar de volgende types investeringen:

- **Nieuw station.** Er wordt een compleet nieuw station ontwikkeld op een locatie waar nu nog geen station aanwezig is.
- **Uitbreiding station.** Een bestaand station wordt uitgebreid, bijvoorbeeld met nieuwe velden, trafo's of rails.
- **Nieuwe verbinding.** Er wordt een nieuwe hoogspanningsverbinding aangelegd op een tracé waar nu nog geen hoogspanningsverbinding loopt. Bij 380 en 220 kV gaat dit om een bovengrondse verbinding.
- **Extra circuit(s) bij bestaande verbinding.** Er worden één of meerdere nieuwe circuits aangelegd op een traject waar nu al een verbinding loopt. Hiervoor zijn nieuwe masten nodig. Dit is parallel aan de verbinding of via een nieuw tracé.
- **Verzwarend.** De geleiders van bestaande verbindingen worden opgewaardeerd naar 4kA<sup>4</sup>-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties.
- **Implementatie pocketstructuur.** In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 110kV- en 150kV-netten opsplitsen in kleinere deelnetten, die elk verbonden zijn met één 380kV- of 220kV-station. Op deze manier is er minder transport via de lagere spanningsniveaus noodzakelijk doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380kV- of 220kV-net. In het netmodel is de pocketstructuur voor het gehele 150kV- en 110kV-net meegenomen, behalve in de kop van Noord-Holland en de regio Rotterdam<sup>5</sup>. Voor de invoering van de pocketstructuur zijn nieuwe 380kV-stations en uitbreidingen van bestaande 380kV-stations nodig. Deze zijn al opgenomen in boven-

<sup>1</sup> Zoals eerder benoemd is er ondertussen al een nieuw investeringsplan uitgekomen, het IP2022. De additionele investeringen en plannen die hierin staan zijn niet meegenomen in het netmodel en komen dus wel naar voren in de knelpuntenanalyse. Indien dit het geval is, wordt dit benoemd.

<sup>2</sup> In het IP2020 worden meerdere scenario's doorgerekend. Er wordt uitgegaan van het meest ambitieuze scenario, het scenario Fundament voor Systeemintegratie.

<sup>3</sup> Voor een aantal projecten is de verwachte inbedrijfname verlaat tot vlak na 2030 in het laatst gepubliceerde investeringsplan, het IP2022.

<sup>4</sup> Kilo-Ampère.

<sup>5</sup> Ten tijde van het opstellen van het netmodel was het nog onduidelijk hoe de pocketstructuur in die regio's eruit moest gaan zien.

staande lijst (onder nieuwe stations en uitbreiding stations). Daarnaast moeten 150kV- en 110kV-verbindingen 'opgeknip't worden. Dit heeft geen significante ruimtelijke impact.

Hieronder staat een overzicht van de geplande uitbreidingen van het hoogspanningsnet tot 2030 die meegenomen zijn in het netmodel (maar nu nog niet gerealiseerd zijn)<sup>6</sup>. In onderstaand overzicht zijn alle uitbreidingen voor 380 kV en 220 kV en de belangrijkste uitbreidingen voor 150V en 110 kV meegenomen (zie ook Figuur 2-1).

Tabel 2-1 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030, referentiesituatie (IP2020)

Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-station</b>	Tilburg	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Ter Apelkanaal/Musselkanaal	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Veenoord Boerdijk	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Verzwarend kop van Noord-Holland	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Graetheide	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Wijchen	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Almere	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Kijkuit/Halsteren/Schouwen Duiveland-Tholen-West Brabant	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Europoort	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Maasvlakte Amaliahaven	Nieuw station
<b>380kV-station</b>	Eemshaven	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Simonshaven	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Geertruidenberg	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Rilland	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Boxmeer	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Meeden	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Maasbracht	Uitbreiding station
<b>380kV-station</b>	Breukelen	Uitbreiding station
<b>220kV-station</b>	Meeden	Uitbreiding station
<b>380kV-verbinding</b>	Eemshaven Oudeschip–Vierverlaten	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Rilland–Tilburg	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Vierverlaten–Ens	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Verzwarend Kop van Noord-Holland <sup>7</sup>	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht–Graetheide	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Zuid-Beveland –Terneuzen	Nieuwe verbinding
<b>380kV-verbinding</b>	Lelystad–Diemen	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)
<b>380kV-verbinding</b>	Ens–Lelystad	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)

<sup>6</sup> Zie voor de meest actuele stand van zaken van lopende projecten deze website:

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten#hoogspanning>

<sup>7</sup> De naamgeving hiervan is recent gewijzigd naar Verbinding Noord-Holland Noord, in de tabel staat de naamgeving vanuit het investeringsplan 2022 van TenneT.

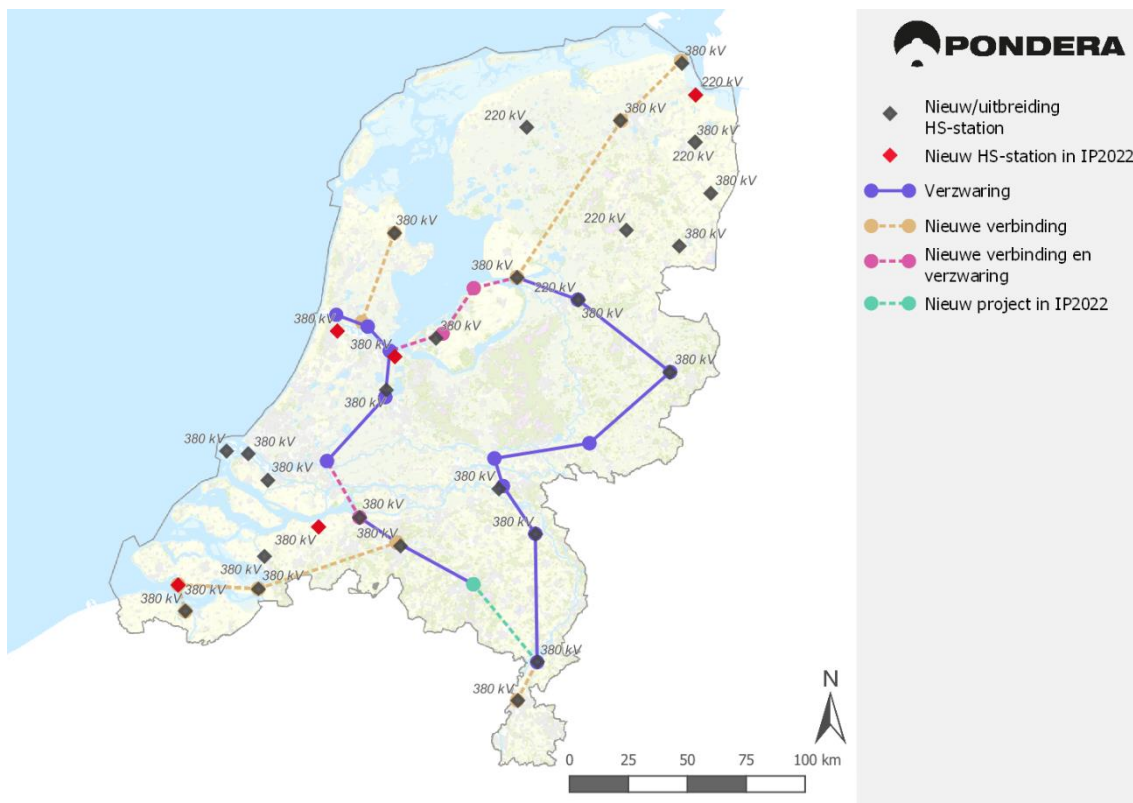
Type asset	Naam	Type investering
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen ad IJssel–Geertruidenberg	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)
<b>380kV-verbinding</b>	Borssele–Rilland	Nieuwe verbinding (Extra circuit(s) bij bestaande verbinding)
<b>380kV-verbinding</b>	Hengelo–Zwolle	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Ens–Zwolle	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven–Tilburg–Geertruidenberg	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven–Maasbracht	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Geertruidenberg–Krimpen	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen-Breukelen-Diemen-Oostzaan-Beverwijk	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Lelystad–Ens	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Diemen–Lelystad	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Doetinchem–Hengelo	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Dodewaard–Doetinchem	Verzwaring
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht–Boxmeer–Dodewaard	Verzwaring
<b>Interconnectie</b>		Uitbreiding interconnectiecapaciteit naar 15 GW <sup>8</sup>
<b>Convertoorstations</b>	Maasvlakte, Borssele/Sloegebied, Eemshaven, Beverwijk	Aanleg convertoorstations

Voor het gehanteerde netmodel is hiernaast, vooruitlopend op het IP2020, voor het grootste gedeelte van het 110/150 kV (met uitzondering Noord-Holland en regio Rotterdam) al uitgegaan van de implementatie van een pocketstructuur.

<sup>8</sup> Op enkele van deze locaties wordt de interconnectiecapaciteit verhoogd conform bestaande plannen. Daarnaast is aangenomen dat er extra interconnectiecapaciteit komt met het Britse hoogspanningsnet via windparken op de Noordzee.



Figuur 2-1 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030 (schematische weergave)



Voor het aansluiten van nieuwe windparken op zee zijn convertorstations en nieuwe velden bij 380kV-stations nodig. De investeringen in het IP2020 zijn voldoende om de hoeveelheid windenergie op zee uit het meest ambitieuze scenario voor 2030 van het investeringsplan aan te sluiten. Het gaat daarin om 14,6 GW.

In de scenario's van het investeringsplan worden ook aannames gedaan dat er forse hoeveelheden elektrolyzers en batterijen komen richting 2030. De nieuwe velden die nodig zijn om dit aan te sluiten zijn nog niet meegenomen in het investeringsplan, aangezien hiervoor pas een investeringsbeslissing wordt genomen bij een concrete klantaanvraag.

### 2.1.2 Waterstof

In het IP2020 van Gasunie staan geen uitgewerkte plannen voor de ontwikkeling van waterstofinfrastructuur genoemd. Wel staat tot 2030 de voorbereiding van het Nationaal Waterstofnetwerk, zoals beschreven in de plannen van HyWay 27, gepland. De voorbereiding bestaat onder meer uit reinigen en gereedmaken van leidingen van het bestaande HTL (hogedruktransportnet) met een lengte van ongeveer 980 km en het vervangen van de afsluiters. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden.

Het HTL bestaat uit H-gas- en G-gasleidingen, die deels parallel liggen<sup>9</sup>. Het H- en G-gasnetwerk zijn met elkaar verbonden via mengstations. Bij mengstations kan H-gas gemengd worden met stikstof en bij het

<sup>9</sup> H-gas is hoogcalorisch aardgas, G-gas is laagcalorisch aardgas.

G-gas gemengd worden. Tussen 2013 en 2020 is het volume aan aardgastransport met 21% afgenomen, met name door een afname in de Groninger gasproductie. Een verdere afname van 41% is verwacht tussen 2020 en 2030 door afbouw van levering aan buurlanden. Door deze forse afname in de vraag naar aardgastransport, kan een deel van de aardgasleidingen voor 2030 vrijgemaakt worden.

Tabel 2-2 geeft een overzicht van de aanpassingen van de gasleidingen volgens de eerdere studie HyWay 27. Het overzicht is niet langer volledig actueel en is aan verandering onderhevig (de verbinding Noord-Nederland NZKG (Noordzeekanaalgebied) wordt bijvoorbeeld waarschijnlijk een verbinding via de Delta Rhine Corridor of de Betuweroute). De leidingen die voor hergebruik beschikbaar komen hebben doorgaans een diameter van 36-inch en een theoretische capaciteit van 10-15 GW (Strategy&, 2021). Dit is meer dan de capaciteit voor de verwachte ontwikkelingen tot 2030.

Tabel 2-2 - Een overzicht van benodigde aanpassing in leidingen voor het Nationaal Waterstofnetwerk zoals beschreven in HyWay 27

Hoofdtrajecten waterstoftransportring	Totale lengte traject [km]	Lengte ombouw [km]	Lengte nieuwbouw [km]	Mogelijke aanpassing
Cluster Noord-Nederland	171	140	31	2024-2025
Cluster Rotterdam/Moerdijk	75	n.v.t.	75	2024-2025
Cluster NZKG	30	15	15	2026
Cluster Zeeland	34	n.v.t.	34	2027
Cluster Chemelot	25	25	n.v.t.	2026
Verbinding Noord-Nederland - NZKG	206	175	31	2026
Verbinding NZKG – Rotterdam/Moerdijk	79	79	n.v.t.	2026
Verbinding Rotterdam/Moerdijk – Zeeland	83	83	n.v.t.	2027
Verbinding Noord-Nederland – Chemelot	216	200	16	2027
Verbinding Zeeland – Chemelot	122	122	n.v.t.	2030
Exportverbindingen Duitsland	134	134	n.v.t.	2027-2030
Exportverbinding België	8	8	n.v.t.	2030
<b>Totaal [km]</b>	<b>1.183</b>	<b>981</b>	<b>202</b>	

## 2.2 Wat zijn additionele uitbreidingen tot 2030 bovenop de referentiesituatie op basis van IP2020?

De referentiesituatie voor 2030 is gebaseerd op de investeringsplannen van de netbeheerders uit 2020 (IP2020). Ondertussen zijn nieuwe investeringsplannen uitgebracht door de netbeheerders, genaamd IP2022. Op het gebied van gassen is weinig veranderd in het investeringsplan 2022 van Gasunie.

De belangrijkste ontwikkeling tot 2030 is de ontwikkeling van het Nationaal Waterstofnetwerk. Wel zijn er buiten de investeringsplannen door de ontstane gascrisis in 2022 een aantal onvoorziene investeringen gedaan in de gasinfrastructuur voor lng (vloeibaar gas), onder andere in de Eemshaven en de Maasvlakte.

Op het gebied van hoogspanningsinfrastructuur zijn er wel significante wijzigingen. Er zijn in het investeringsplan 2022 van TenneT verschillende projecten toegevoegd. De projecten die toegevoegd zijn, komen deels ook al naar voren uit de IEA-analyses voor 2050, wat niet onverwacht is aangezien deze projecten niet meegenomen zijn in de referentiesituatie. Tabel 2-3 geeft een overzicht van de nieuwe projecten. Hierbij is ook aangegeven of deze projecten naar voren komen in de analyses richting 2050.

Tabel 2-3 - Geplande uitbreidingen hoogspanningsnet tot 2030, bovenop referentiesituatie (IP2022)

Type asset	Naam	Type investering	Komt dit naar voren als benodigde uitbreiding in scenario's 2050?
380kV-station	Spaarndam <sup>10</sup>	Nieuw station	Nee. Nodig voor vraagontwikkeling in de regio. Deze vraagontwikkeling is onderschat in de gebruikte scenario's voor 2050 in de IEA.
380 kV-station	Weesp <sup>11</sup>	Nieuw station	
380 kV-station	Moerdijk	Nieuw station	Ja. Niet in scenario's, maar wel bij gevoeligheidsanalyses.
380kV-station	Borssele/Sloegebied	Nieuw station	Ja, in alle scenario's.
380kV-station	Oostzaan	Uitbreiding station	Nee. Nodig voor vraagontwikkeling in de regio. Deze vraagontwikkeling is onderschat in de gebruikte scenario's voor 2050 in de IEA.
380kV-station	Lelystad	Uitbreiding station	Ja, in deel scenario's.
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station	Ja, in alle scenario's.
220kV-station	Delfzijl	Nieuw station	Ja, in deel scenario's.
380kV-verbinding	Maasbracht-Graetheide	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding	Nee. Nodig voor N-1 tijdens onderhoud (N-2), hiervoor zijn twee 380kV-circuits niet voldoende. In de doorrekeningen voor de IEA van het PEH is uitgegaan van een N-1configuratie.
380kV-verbinding	Eindhoven-Maasbracht	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding	Ja, in alle scenario's
380kV-verbinding	Eemshaven Oudeschil-Eemshaven	Extra circuit(s) bij bestaande verbinding	Ja, in deel scenario's.
Convertoorstations	Maasvlakte, Geertruidenberg of Moerdijk en Borssele/Sloegebied	Aanleg convertoorstations	Ja, in deel scenario's.

In de referentiesituatie wordt uitgegaan van 14,6 GW aanlanding windenergie op zee, conform het meest ambitieuze scenario van het IP2020. Dit is gebaseerd op de in 2018 vastgestelde routekaart<sup>12</sup> met daarbij extra aanlandingen bij de Maasvlakte en Eemshaven. Ondertussen is de ambitie voor windenergie op zee opgehoogd naar 21 GW windenergie op zee rond 2030<sup>13</sup>. Bovenop de referentiesituatie landt tot 2031 nog 2 GW extra op de Maasvlakte, 2 GW in Geertruidenberg of Moerdijk en 2 GW in Borssele/Sloegebied. Hiervoor zijn op elk van deze locaties convertoorstations nodig. Daarnaast zijn velden bij 380kV-stations nodig om de windparken op zee aan te sluiten op het hoogspanningsnet. De benodigde uitbreidingen hiervoor zijn opgenomen in Tabel 2-3.

<sup>10</sup> De naamgeving hiervan is recent gewijzigd naar A9 Zuid, in de tabel staat de naamgeving vanuit het investeringsplan 2022 van TenneT.

<sup>11</sup> De naamgeving hiervan is recent gewijzigd naar Amsterdam Zuid-Oost, in de tabel staat de naamgeving vanuit het investeringsplan 2022 van TenneT.

<sup>12</sup> Zie [Kamerbrief routekaart windenergie op zee 2030](#)

<sup>13</sup> Zie [Kamerbrief Aanvullende routekaart windenergie op zee 2030](#)

### 2.3 Wat is de status van de projecten tot 2030?

In Tabel 2-1 staan alle projecten die zijn opgenomen in de investeringsplannen van TenneT (TenneT, 2022) waarbij is aangegeven in welke fase en welke concrete status een project zich bevindt en een toelichting van de concrete status. Het type investering (derde kolom in de tabel) is bepalend of er extra ruimte nodig is voor deze projecten. Een nieuw station of een nieuwe verbinding betekent altijd een extra ruimtevraag. Een verzwaring leidt niet tot extra ruimtelijke impact omdat dit in de meeste gevallen betekent dat de kabels worden vervangen door exemplaren met een grotere capaciteit (4kA-kabels). Voor een uitbreiding van een station, nieuwe transformatoren of velden, is het afhankelijk van de specifieke locatie of deze uitbreiding binnen het bestaande terrein kan worden uitgevoerd of dat het terrein moet worden uitgebreid. In paragraaf 2.1.2 staan verbindingen die voor waterstof zijn voorzien, maar in onderstaande tabel zijn deze niet verder opgenomen. De reden hiervoor is dat de plannen nog niet voldoende concreet zijn en nog onderhevig aan veranderingen. Gasunie geeft aan: 'Als gevolg van het afnemende aardgas-transport is het mogelijk dat stapsgewijs transportleidingen beschikbaar komen voor waterstoftransport.' (Gasunie, 2022).

Tabel 2-1 - Status projecten tot 2030

Type	Naam	Type investering	Fase (in concept IP 2022)	Concrete status
220kV-station	Delfzijl	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
220kV-station	Louwsmeer	Uitbreiding station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
220kV-station	Wijster	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
220kV-station	Zwolle Hessenweg	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
220/380kV-station	Meeden	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Almere	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Sloegebied	Nieuw station	Studie	m.e.r.-procedure gestart
380kV-station	Boxmeer	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Breukelen-Kortrijk	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Eemshaven	Nieuwe trafo	Realisatie	Afgerond in 2022
380kV-station	Eemshaven	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Ens	Uitbreiding station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Europoort	Nieuw station (door klantvraag)	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Geertruidenberg	Nieuwe trafo	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Graetheide	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Halsteren	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Hengelo Oele	Uitbreiding station of nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Lelystad	Uitbreiding station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Maasbracht	Vernieuwing	Realisatie	Realisatie
380kV-station	Maasvlakte Amaliahaven	Nieuw station (door klantvraag)	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart

Type	Naam	Type investering	Fase (in concept IP 2022)	Concrete status
380kV-station	Moerdijk	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Musselkanaal	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Oostzaan	Nieuwe trafo	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Rilland	Nieuwe trafo's	Realisatie	Realisatie
380kV-station	Simonshaven	Uitbreiding station (door klantvraag)	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Spaarndam (recent gewijzigd naar A9 Zuid)	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Tilburg	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Veenoord Boerdijk	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Verzwarend Kop van Noord-Holland	Nieuw station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Vierverlaten	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-station	Weesp (recent gewijzigd naar Amsterdam Zuid-Oost)	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Wijchen	Nieuw station	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-station	Zwolle	Uitbreiding station	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
380kV-verbinding	Borssele-Rilland	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
380kV-verbinding	Borssele-Rilland	Nieuwe circuits	Realisatie	
380kV-verbinding	Borssele-Terneuzen	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-verbinding	Diemen-Lelystad	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
380kV-verbinding	Dodewaard-Doetinchem	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-verbinding	Doetinchem-Hengelo	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
380kV-verbinding	Eemshaven Oudeschip-Eemshaven	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart

Type	Naam	Type investering	Fase (in concept IP 2022)	Concrete status
<b>380kV-verbinding</b>	Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten	Nieuwe verbinding	Realisatie	Realisatie
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven-(Tilburg)-Geertruidenberg	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven-Maasbracht	Verzwarend	Realisatie	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Eindhoven-Maasbracht	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Ens-Lelystad-Diemen	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Ens-Zwolle	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
<b>380kV-verbinding</b>	Geertruidenberg-Krimpen	Verzwarend	Realisatie	Realisatie
<b>380kV-verbinding</b>	Hengelo-Zwolle	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen a/d IJssel-Geertruidenberg	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Krimpen-Breukelen-Diemen-Oostzaan-Beverwijk	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Lelystad-Ens	Verzwarend	Realisatie	Realisatie afgerond
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht-Boxmeer-Dodewaard	Verzwarend	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht-Graetheide	Opwaardering	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Maasbracht-Graetheide	Nieuwe verbinding	Studie	Knelpunt geconstateerd, voorbereidingen door netbeheerder opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Rilland-Tilburg	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding(en)</b>	Verzwarend Kop van Noord-Holland	Nieuwe verbinding(en)	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart
<b>380kV-verbinding</b>	Vierverlaten-Ens	Nieuwe verbinding	Basisontwerp	Technisch ontwerp en ruimtelijke procedures opgestart

### 3 Tijdslijn uitbreidingen na 2030

Op basis van de doorrekening van zeven scenario's voor 2050 voor deze IEA is een inschatting gemaakt welke ruimte nodig is voor uitbreidingen van de nationale energie-infrastructuur tussen 2030 en 2050. Twintig jaar is een lange periode en daarom is het wenselijk om een beeld te krijgen welke ruimte voor uitbreidingen van energie-infrastructuur naar verwachting als eerste nodig is, in de periode tussen 2030 en 2040, en welke ruimte pas na 2040 nodig is. In dit hoofdstuk wordt een inschatting hiervan gemaakt door de oorzaken van benodigde uitbreidingen te vergelijken met de tijdslijn van verwachte ontwikkelingen, zoals de uitrol van windenergie op zee. Er wordt ingegaan op de tijdslijn van de ontwikkelingen van elektriciteit, waterstof en overige buisleidingen.

#### 3.1 Elektriciteit

De belangrijkste oorzaken voor uitbreidingen van hoogspanningsinfrastructuur tussen 2030 en 2050 zijn de uitrol van windenergie op zee, het plaatsen van kerncentrales en elektrificatie van de energievraag. Hieronder wordt de tijdslijn van deze ontwikkelingen en de impact daarvan op de benodigde energie-infrastructuur besproken.

##### 3.1.1 Windenergie op zee

Aanlanding van windenergie op zee is de belangrijkste driver voor uitbreidingen van hoogspannings-infrastructuur richting 2050. Voor 2031 is het de ambitie om 21 GW windenergie op zee te realiseren. Richting 2040 moet al 50 GW windenergie op zee gerealiseerd zijn en in 2050 70 GW<sup>14</sup>. Van de extra opgave van windenergie op zee richting 2040 zal vermoedelijk een deel van de energie in de vorm van waterstof aan land gebracht worden, maar het is de verwachting dat een aanzienlijk deel als elektriciteit aan land komt.

De zeven gebruikte scenario's voor 2050 hebben verschillende hoeveelheden aanlanding windenergie op zee. De scenario's hebben een range van 38-72 GW windenergie op zee in totaal. Hiervan komt 29-52 GW elektrisch aan land, de rest wordt direct omgezet in waterstof en in die vorm aan land gebracht. Dit betekent dat de ambitie voor windenergie op zee in 2040 al boven een deel van de scenario's voor 2050 uitkomt<sup>15</sup>.

Bij de uitrol van windenergie op zee tussen 2030 en 2050, tot 70 GW in 2050, zullen naar verwachting de volgende stappen van ontwikkelingen doorlopen worden:

- tussen 2030 en 2040 zal naar verwachting extra windenergie op zee elektrisch aanlanden aan de kust (Structuurkeuze 2, zie hieronder);
- de ontwikkelingen tot 2040 en vooral tussen 2040 en 2050 zijn in grote mate afhankelijk van de keuzes waar de extra windparken op zee voor gebruikt gaan worden en als gevolg daarvan welk deel van de windenergie als elektriciteit en welk deel als waterstof aan land wordt gebracht;
- bij extra elektrische aanlanding van windenergie op zee na 2040 kan diepe aanlanding een optie worden (Structuurkeuze 1, zie hieronder).

In *Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee aan de kust* is onderzocht hoe 30 GW windenergie op zee elektrisch kan aanlanden aan de kust. Zoals eerder benoemd zal dit naar verwachting spelen

<sup>14</sup> Zie [Plannen windenergie op zee 2030-2050](#)

<sup>15</sup> Dit komt doordat deze scenario's opgesteld zijn voordat de ambities voor windenergie op zee vastgesteld werden.

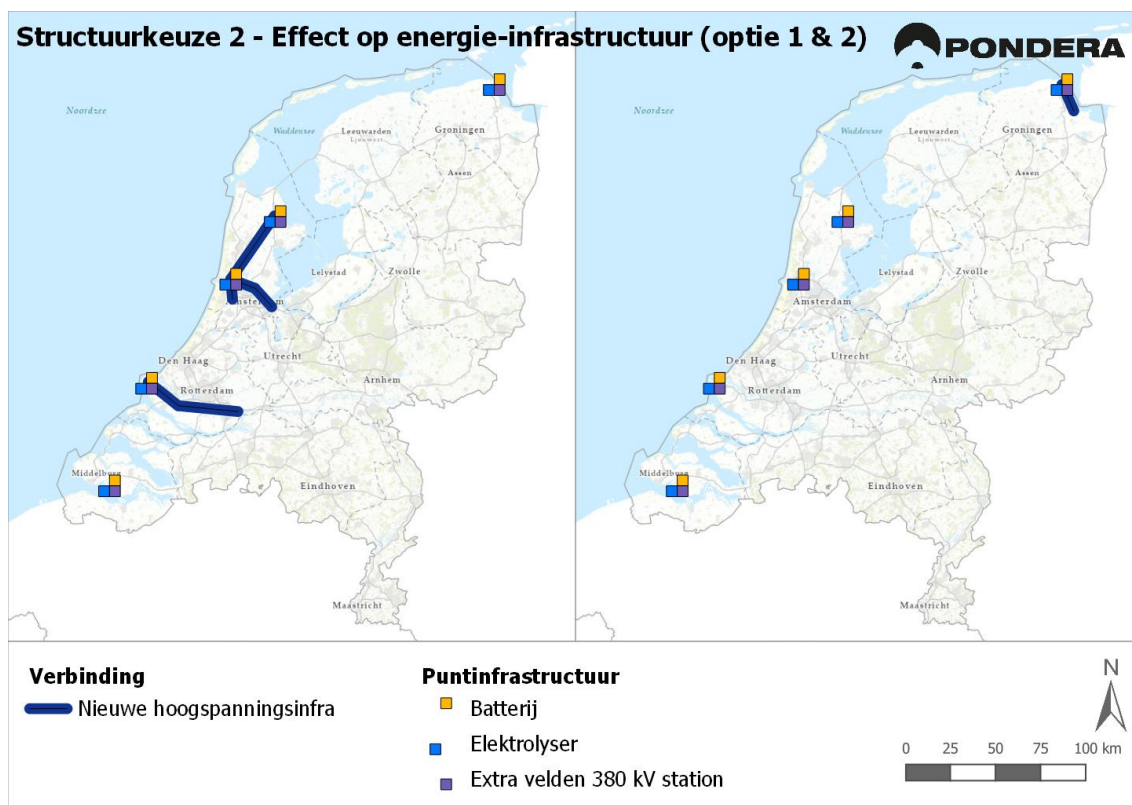


tussen 2030 en 2040. Dus de energie-infrastructuur die nodig is voor het faciliteren van 30 GW elektrische aanlanding aan de kust, is al nodig tussen 2030 en 2040.

Figuur 3-1 toont welke energie-infrastructuur nodig is bij optie 1 van de structuurkeuze (geconcentreerde aanlanding in Noord- en Zuid-Holland) en bij optie 2 (gespreide aanlanding). In beide gevallen is extra ruimte nodig op de aanlandingslocaties aan de kust voor converterstations, uitbreidingen van 380kV-stations en mogelijk batterijen en elektrolyzers. Hoeveel ruimte per aanlandingslocatie nodig is, verschilt tussen beide opties. Indien andere locaties gekozen worden voor aanlanding van windenergie op zee, dan is op die locaties ruimte nodig. Bij geconcentreerde aanlanding (optie 1) zijn ook uitbreidingen nodig bij 380kV-verbindingen in Noord- en Zuid-Holland, bij gespreide aanlanding (optie 2) niet aangezien hier de verdeling over de aanlandingslocaties beter aansluit bij de beschikbare transportcapaciteit. Een uitgebreide omschrijving van de benodigde energie-infrastructuur bij beide opties is te vinden in Bijlage VII *Beschrijving robuuste knelpunten en ontwikkelingen 2050*.

Een uitgebreide omschrijving van de benodigde ruimte hiervoor en de beoordeling op Milieu & Ruimte is te vinden in Bijlage XIb *Beoordeling Milieu & Ruimte structuurkeuzes en systeemontwikkelingen*.

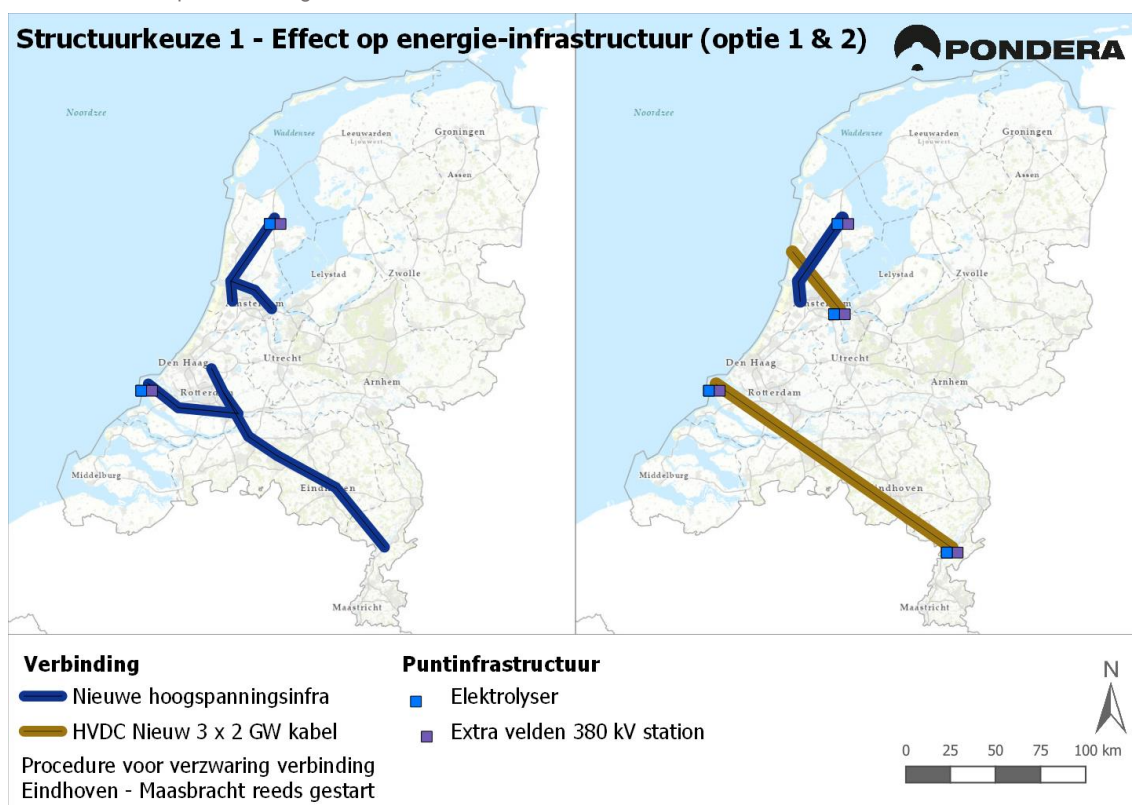
Figuur 3-1 - Overzicht benodigde energie-infrastructuur opties Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee aan de kust



Na 2040 zal het vermogen aan windparken op zee nog verder toenemen, richting 70 GW. In *Structuurkeuze 1: Aanlanding van windenergie op zee aan de kust of diepe aanlanding* is onderzocht hoe 52 GW windenergie op zee elektrisch kan aanlanden. In het scenario achter deze structuurkeuze is er in totaal 72 GW windenergie op zee, 20 GW landt aan in de vorm van waterstof. Figuur 3-2 toont de infrastructuur die nodig is bij optie 1 van de structuurkeuze (aanlanding aan de kust) en optie 2 (diepe aanlanding). De additionele energie-infrastructuur die bij deze structuurkeuze nodig is ten opzichte van *Structuurkeuze 2: Aanlanding windenergie op zee aan de kust* (Figuur 3-1) zal naar verwachting gerealiseerd worden tussen

2040 en 2050. Er is dan nog meer ruimte nodig bij de aanlandingslocaties. Daarnaast is, afhankelijk van de optie, extra ruimte nodig voor nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen in Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg (aanlanding aan de kust, optie 1) of ondergrondse HVDC-kabels vanaf Rotterdam naar Maasbracht en in Noord-Holland (diepe aanlanding, optie 2). Bij beide opties zijn nieuwe bovengrondse 380kV-verbindingen nodig in Noord-Holland. Dit kan bij diepe aanlanding (optie 2) mogelijk voorkomen worden met een efficiëntere verdeling van de aanlanding over de kustlocaties.

Figuur 3-2 - Overzicht benodigde energie-infrastructuur opties Structuurkeuze 1: Aanlanding van windenergie op zee aan de kust of diepe aanlanding<sup>16</sup>



### 3.1.2 Kerncentrales

Recent zijn door het kabinet plannen gepresenteerd voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales, bij voorkeur in Borssele<sup>17</sup>. Deze worden naar verwachting tussen 2030 en 2040 gerealiseerd. In *Structuurkeuze 7: Toepassing van kernenergie* is het effect van kerncentrales op de energie-infrastructuur onderzocht. Hiervoor is een scenario met drie nieuwe kerncentrales bij Borssele en twee nieuwe kerncentrales op de Maasvlakte onderzocht. Bij het plaatsen van kerncentrales in Borssele is ruimte nodig voor uitbreidingen van een bestaand of realisatie van een nieuw 380kV-station, aangezien extra velden nodig zijn om deze kerncentrales aan te sluiten.

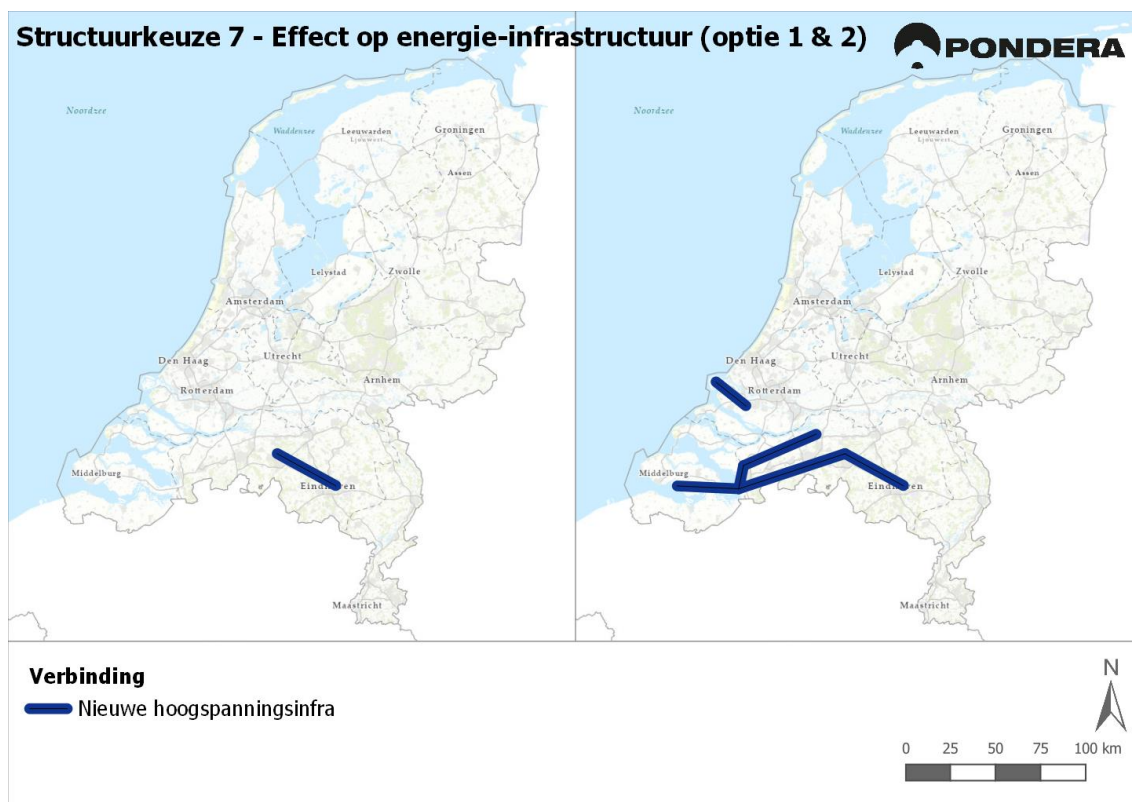
Figuur 3-3 toont de effecten van dit scenario op de 380kV-verbindingen (optie 2, bij optie 1 is er geen toepassing van kernenergie). Bij het scenario met drie kerncentrales in Borssele zijn uitbreidingen van de

<sup>16</sup> De nieuwe 380kV-verbinding Eindhoven-Maasbracht bij optie 1 is reeds opgenomen in het IP2022 van TenneT

<sup>17</sup> [Kernenergie in Nederland](#)

380kV-verbindingen richting Noord-Brabant nodig. Bij twee kerncentrales zijn deze nieuwe verbindingen mogelijk niet nodig, al hangt dit af van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, de aanlanding van windenergie op zee en wind op land in Zeeland. Meer hierover is te vinden in de gebiedsanalyse voor Zeeland in Bijlage XIII *Gebiedsanalyses 2050*.

Figuur 3-3 - Overzicht benodigde energie-infrastructuur opties Structuurkeuze 7: Toepassing kernenergie



### 3.1.3 Elektrificatie van de energievraag

De elektriciteitsvraag neemt toe richting 2050 doordat de energievraag, die nu voornamelijk ingevuld wordt met fossiele bronnen, voor een groot deel zal elektrificeren. Voor een efficiënt energiesysteem is het belangrijk dat de toename van de elektriciteitsvraag hand in hand gaat met de toename van de productie van elektriciteit met zon, wind (op land en op zee) en mogelijk kernenergie.

Er zijn nog geen concrete doelstellingen voor elektrificatie van de energievraag richting 2040. Maar het is de verwachting van de elektriciteitsvraag snel zal toenemen tussen 2030 en 2050 omdat elektrificatie een belangrijke rol speelt bij het halen van de klimaatdoelen (55% reductie van uitstoot broeikasgassen in 2030 en 70% in 2035) en dat de elektriciteitsvraag in 2040 daarmee al een stuk hoger ligt dan in 2030.

Elektrificatie van de energievraag heeft direct invloed op enkele componenten van de nationale energie-infrastructuur (naast de uitrol van de benodigde hernieuwbare elektriciteitsproductie):

- **Regelbare centrales.** Deze regelbare centrales moeten elektriciteit leveren op momenten dat er te weinig productie is van windturbines en zonnepanelen. Door elektrificatie van de vraag neemt het vermogen dat nodig is aan regelbare centrales in de toekomst zelfs toe, van ongeveer 20 GW nu naar 33 tot 36 GW in 2050. In 2040 zal het vermogen van regelbare centrales al een stuk hoger moeten

liggen. Dit betekent dat er richting 2040 al extra regelbare centrales gerealiseerd moeten worden. Dit extra vermogen kan gerealiseerd worden met extra grootschalige centrales op Barro-locaties of nieuwe kleinschalige eenheden op andere locaties (meer hierover bij *Structuurkeuze 5: Spreiding of clustering regelbare centrales* in Bijlage VIII *Beschrijving structuurkeuzes en systeemontwikkelingen 2050*). Daarnaast moet richting 2040 (een deel) van de regelbare centrales zijn omgebouwd naar CO<sub>2</sub>-vrije centrales op waterstof of groengas.

- **Aansluitingen op hoogspanningsstations.** Als grote industriële bedrijven elektrificeren, kunnen deze een directe aansluiting op het 380kV-net nodig hebben en zijn hiervoor extra velden noodzakelijk. Dit is het geval indien bedrijven een aansluiting van meer dan 500 MW nodig hebben. Aangezien er geen gegevens beschikbaar zijn van individuele bedrijven is het niet mogelijk om in te schatten hoeveel velden hiervoor nodig zijn. Daarom wordt dit niet meegenomen in de analyses. Het is de verwachting dat een aantal grote industrieën een aansluiting op het 380kV-net zullen aanvragen. Gezien de noodzakelijke snelheid van de energietransitie zal dat voor 2040 moeten gaan gebeuren.

Elektrificatie van de energievraag van andere sectoren zorgt er verder niet direct voor dat nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is (wel extra infrastructuur op regionale schaal). Welke elektriciteitsinfrastructuur verder nodig is voor elektrificatie van de energievraag hangt af van hoe deze extra elektriciteitsvraag ingevuld wordt. De extra elektriciteitsvraag zal met name met extra windenergie op zee en mogelijk met kerncentrales ingevuld worden. De effecten hiervan zijn al besproken bij paragrafen 3.1.1 en 3.1.2.

## 3.2 Waterstof

Al richting 2040 is een aanpassing van de aansluitleidingen voor methaan of waterstof nodig bij energiecentrales. Richting 2040 neemt het aandeel hernieuwbare opwek sterk toe. Daarmee groeit ook de vraag naar regelbare centrales voor momenten dat er geen wind of zon is. Mogelijk draaien deze centrales dan nog op aardgas en nog niet op waterstof of groengas. In elk geval zal de capaciteit van de aansluitleiding niet meer passend zijn bij een grotere omvang. Het kan zijn dat de leiding dan vervangen moet worden door een leiding met een grotere diameter. Deze zou mogelijk ook parallel aan de huidige leiding gelegd kunnen worden. Op die manier zijn twee leidingen beschikbaar. De overstap naar waterstof hoeft dan niet op hetzelfde moment te vallen als de ombouw, vervanging of uitbreiding van een centrale en diens aansluitleiding voor een grotere capaciteit.

Voor 2040 zijn ook al elektrolyzers bij aanlandingslocaties nodig. De locaties van grote clusters van elektrolyzers volgen waar grote hoeveelheden elektriciteit beschikbaar komt. Dat is met name bij aanlandingslocaties van windenergie op zee. De realisatie van windenergie op zee is naar verwachting al snel: voor 2031 is het de ambitie om 21 GW windenergie op zee te realiseren en voor 2040 is de ambitie 50 GW. In de IEA is het effect beoordeeld van elektrolyzers in combinatie met windenergie op zee in 2050. Door de plaatsing van elektrolyzers bij aanlanding van windenergie op zee is de hoeveelheid te transporteren elektriciteit lager. Daarmee is impliciet aangenomen dat de elektrolyzers samen met de aanlanding van windenergie op zee gerealiseerd worden. Wanneer dit niet het geval is, kunnen mogelijk lokaal knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur ontstaan bovenop de in de IEA genoemde knelpunten. Of en waar dat het geval zou zijn is afhankelijk van de omvang van de aanlanding op de locatie. Eventuele extra knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur kunnen voorkomen worden door direct elektrolyzers te plaatsen. De waterstofinfrastructuur moet dan ook direct daarop gerealiseerd worden.

Tussen 2030 en 2040 is het gereedmaken van één of meerdere huidige zoutcavernes in Zuidwending en bijbehorende infrastructuur voor opslag van waterstof naar verwachting voldoende. In 2030 is de behoefte aan waterstofopslag beperkt (tot 0,5 TWh, tussen de 1 en 4 zoutcavernes) (TNO, 2021). Wanneer waterstof grootschalig geproduceerd, geïmporteerd en gebruikt wordt, neemt de vraag naar opslag van waterstof toe. Dit is naar verwachting het geval tussen 2040 en 2050. Wanneer waterstof en methaan (tijdelijk) naast elkaar gebruikt worden, kan het nodig zijn om parallelle infrastructuur aan te leggen.

### 3.3 Overige buisleidingen

Voor de grondstofleidingen springt allereerst de Delta Rhine Corridor in het oog. De ambitie is om de eerste leidingen al voor 2030 aangelegd te hebben. Dit is echter niet meegenomen in de uitgangssituatie van de IEA-analyse voor 2030 omdat er op het moment van de analyse nog geen investeringsbesluit is genomen. De invulling van de Delta Rhine Corridor en de inzet van de buisleidingenstrook kan in de praktijk nog veranderen, bijvoorbeeld door het toevoegen van leidingen. Na 2030 ligt verdere uitbreiding in het verschiet als ervoor wordt gekozen om internationale transportstromen te faciliteren. In dat geval wordt de Delta Rhine Corridor na 2030 (maar voor 2040) uitgebreid met een tweede CO<sub>2</sub>-leiding, een tweede waterstofleiding en leidingen voor (synthetische) kerosine, methanol en ammoniak.

Bij sterke groei van CCS in de chemieclusters van Zeeland en Antwerpen is er na 2030 mogelijk behoefte aan een buisleiding voor CO<sub>2</sub> richting Rotterdam. Vooralsnog zullen deze transportstromen per schip plaatsvinden, maar bij verdere opschaling worden buisleidingen mogelijk opportuun. Mocht dit gaan spelen, dan is de verwachting dat dit ruim voor 2040 vorm begint te krijgen, omdat CCS na 2040 juist weer afgebouwd wordt ten gunste van duurzame alternatieven.

Bij sterke groei van de basischemie is de capaciteit van enkele transportleidingen voor grondstoffen en producten tussen 2030 en 2050 niet langer toereikend. Er zal dan een nieuwe leiding aangelegd moeten worden. Concreet gaat het om vier leidingen tussen Shell Pernis en Shell Moerdijk (na 2040) en een leiding tussen Vynova Tessenderlo (België) en Vynova Geleen (voor 2030).

Tenslotte is er bij sterke groei van de luchtvaart tussen 2030 en 2050 een uitbreiding nodig van het Defensie/NAVO-netwerk voor kerosine. Het gaat om een leidingdeel tussen Klaphek (Utrecht) en Eindhoven. De verwachting is dat dit pas na 2040 gaat spelen en dus enkel bij sterke groei van de luchtvaart op kerosine.