



Notitie

# Inpassingsstudies kerncentrales en wind op zee

Een vergelijkende analyse

# Inhoud

|           |                                                                      |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Managementsamenvatting</b>                                        | <b>3</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Aanleiding en doel van de notitie</b>                             | <b>7</b>  |
| <b>3.</b> | <b>Methodes en uitgangspunten</b>                                    | <b>8</b>  |
| <b>4.</b> | <b>Gecombineerd beeld van inpassing kerncentrales en wind op zee</b> | <b>12</b> |
| <b>5.</b> | <b>Conclusies</b>                                                    | <b>23</b> |
| <b>6.</b> | <b>Bijlage 1</b>                                                     | <b>26</b> |
|           | Samenvatting bevindingen studie inpassing kerncentrales              |           |
| <b>7.</b> | <b>Bijlage 2</b>                                                     | <b>29</b> |
|           | Samenvatting bevindingen studie 30 GW wind op zee                    |           |
| <b>8.</b> | <b>Bijlage 3</b>                                                     | <b>32</b> |
|           | Kaarten                                                              |           |

# 1. Managementsamenvatting

De energietransitie vraagt om een steeds grotere hoeveelheid duurzame elektriciteit. Dit heeft geleid tot politieke ambities voor zowel windenergie op zee als kernenergie. TenneT, als beheerder van het hoogspanningsnet, adviseert het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) over de inpasbaarheid van deze ambities in het hoogspanningsnet.

TenneT beschrijft op verzoek van EZK in deze notitie hoe vier nieuwe aanlandingen van wind op zee in de kustregio's en twee nieuwe kerncentrales ingepast kunnen worden in 2040. TenneT baseert zich daarbij op twee recent uitgevoerde studies:

- **Studie naar kerncentrales** – Inpassing van twee nieuwe kerncentrales (totaal 3,2 GW, of een variant van 2,2 GW) in de zoekgebieden Sloegebied, Terneuzen, Maasvlakte en Eemshaven;
- **Studie 30 GW scenario wind op zee** – Inpassing van 30 GW wind op zee, met vier nieuwe aanlandingen van elk 2 GW.

Deze studies zijn niet één op één over elkaar heen te leggen. Er zijn verschillende aannames, locaties en uitgangspunten gebruikt. Daarom geeft TenneT in deze notitie een kwalitatief beeld van de inpassingsmogelijkheden op basis van de data uit deze studies.

Dit beeld is veelzijdig, want inpassing van dergelijke grote vermogens is ingewikkeld op de kustlocaties waar al veel productie (zoals wind op zee) is of nog wordt aangesloten. Er zijn meerdere varianten mogelijk, maar die zorgen elk voor eigen knelpunten die weer om verschillende (en vaak meerdere) maatregelen vragen. Het beeld wordt daarom in deze notitie zo volledig mogelijk in kaart gebracht, zodat per variant helder is aan welke randvoorwaarden er moet worden voldaan om inpassing in het hoogspanningsnet mogelijk te maken.

Ten behoeve van deze managementsamenvatting worden de conclusies hieronder kort samengevat. Daarbij is het goed om te realiseren dat deze conclusies niet op zichzelf staan, maar samen moeten gaan met diverse maatregelen, voorwaarden en overwegingen, zoals vermeld in hoofdstukken 3 en 4 van deze notitie.

## Belangrijkste bevindingen

### Studie naar kerncentrales

TenneT heeft voor de vier zoekgebieden gekeken naar een totaal vermogen van 3,2 GW en in het geval van Zeeland ook naar 2,2 GW. Bij onderstaande conclusies is het belangrijk dat er wordt voldaan aan de aannames zoals die zijn gedaan in het KM2040 scenario van Netbeheer Nederland (zie hoofdstuk 3). De belangrijkste randvoorwaarde die daaruit voortkomt is een grote ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit in de betreffende regio's. Op dit moment blijft die ontwikkeling achter bij dat scenario. Hierop zal een flinke slag geslagen moeten worden om onderstaande inpasbaarheid mogelijk te maken.

| Locatie    | Inpasbaarheid                                              | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sloegebied | Niet inpasbaar                                             | Kerncentrales met een vermogen van 3,2 GW zijn niet inpasbaar. Significante knelpunten ontstaan op de 380 kV-verbindingen Nieuwdorp-Liechtensteinweg-Rilland en Borssele-Nieuwdorp. Ook een variant met 2,2 GW raadt TenneT af.                                 |
| Terneuzen  | Inpasbaar met kleiner vermogen en operationele maatregelen | 3,2 GW is niet inpasbaar in dit zoekgebied. Er ontstaat overbelasting op het Rilland Geertruidenberg tracé. 2,2 GW is wel inpasbaar met redispatch als operationele maatregel, en invulling van de elektriciteitsvraag zoals aangenomen in het KM2040 scenario. |
| Eemshaven  | Inpasbaar                                                  | Geen knelpunten bij 3,2 GW.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Maasvlakte | Inpasbaar met maatregelen                                  | Er is sprake van lokale knelpunten bij 3,2 GW. Inpasbaarheid is afhankelijk van stevige maatregelen. Een vermogen van 2,2 GW is niet onderzocht, maar biedt waarschijnlijk verlichting in de knelpunten en zwaarte van de maatregelen.                          |

### Studie 30GW wind op zee

TenneT heeft gekeken naar een scenario van 30 GW wind op zee in 2040. Er is specifiek gekeken naar de kustregio's die benoemd zijn binnen het VAWOZ-programma. De kernpunten ten aanzien van deze aanlandingen:

#### – Algemeen

In de meeste regio's is een extra 2 GW-aanlanding inpasbaar, tenzij deze samenvalt met kerncentrales in hetzelfde gebied;

#### – Kritieke gebieden

- **Zeeland** – Een combinatie van kerncentrales en extra aanlanding van wind op zee leidt tot onoplosbare knelpunten. Daarom moet Zeeland worden uitgesloten voor ten minste één van deze nieuwe ontwikkelingen;
- **Europoort** – Een extra 2 GW-aanlanding vergroot de knelpunten in het directe gebied. Een aanlanding hier is alleen haalbaar met substantiële maatregelen (bijvoorbeeld vraagontwikkeling, bundelen van vraag op een nieuw station, en/of een HVDC-overlay grid);
- **Port of Moerdijk in combinatie met Zeeland** – Aanlandingen veroorzaken knelpunten en gaan niet altijd samen op deze twee locaties, afhankelijk van de locatie van de kerncentrales. Onder voorwaarden en met maatregelen zijn deze locaties mogelijk.

### Combinatie-varianten

Er zijn verschillende invalshoeken waarmee gekeken wordt naar de locatiekeuzes voor kerncentrales en aanlandingen van wind op zee. TenneT biedt één van die invalshoeken: die vanuit het hoogspanningsnet. Op basis van dat uitgangspunt ziet TenneT drie reële varianten voor de ontwikkeling van beide ambities. Geen van deze varianten kan zonder maatregelen gerealiseerd worden. Gedetailleerde informatie daarover is in hoofdstuk 4 van de notitie te vinden. In de tabel hieronder staan de drie varianten: een locatie voor kerncentrales en de locaties waar vier aanlandingen voor wind op zee kunnen komen in combinatie daarmee. Daarbij worden de belangrijkste maatregelen genoemd. In feite betekent dit dat er binnen het scenario een andere regionalisatie van flexibele vraag moet komen. Flexibele vraag is vraag die het aanbodprofiel kan volgen. Vraagontwikkeling is een cruciale factor. Hoe dichter de vraag naar elektriciteit zich bevindt bij de bron, hoe beter. Als de elektriciteit over een grotere afstand getransporteerd moet worden naar de vraag, dan zorgt dit voor meer en soms onoplosbare knelpunten.

| Variant | Kern-centrales                    | Mogelijke aanlanding wind op zee (4x)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Benodigde maatregelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A       | 2,2 GW in <b>Terneuzen</b>        | Kop van Noord-Holland en Noord-Holland Zuid*<br><br>Met maatregelen:<br>Port of Moerdijk en Zuid-Holland**                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Totale vraagontwikkeling in Zeeland voor inpassing kerncentrales (2 GW basisvraag en 6 GW flexibele vraag).</li> <li>- Totale vraagontwikkeling in regio Port of Moerdijk voor aanlanding (300 MW basisvraag en 2,5 – 3,5 GW flexibele vraag).</li> <li>- Totale vraagontwikkeling in regio Zuid-Holland voor aanlanding (3,5 GW basisvraag en 6 GW flexibele vraag).</li> </ul>                                                                                                                                |
| B       | 2,2 – 3,2 GW in <b>Eemshaven</b>  | Kop van Noord-Holland, Noord-Holland Zuid en Port of Moerdijk<br><br>Met maatregelen:<br>Terneuzen of Zuid-Holland**                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Totale vraagontwikkeling in Eemshaven voor inpassing kerncentrales (1 GW basisvraag en 4 GW flexibele vraag)</li> <li>- Totale vraagontwikkeling in de regio Zuid-Holland om aanlanding daar mogelijk te maken (4 GW basisvraag en 7 GW flexibele vraag).</li> <li>- Geen aanlanding wind op zee in Zeeland om aanlanding in Port of Moerdijk mogelijk te maken.</li> <li>- Totale vraagontwikkeling in Zeeland om aanlanding Terneuzen mogelijk te maken (2 GW basisvraag en 8 GW flexibele vraag).</li> </ul> |
| C       | 2,2 – 3,2 GW in <b>Maasvlakte</b> | Kop van Noord-Holland en Noord-Holland Zuid Terneuzen of Port of Moerdijk<br><br>Met maatregelen:<br>Voor een vierde aanlanding zijn maatregelen nodig of is een nadere verkenning op zijn plaats. Gedacht kan worden aan: een diepe aanlanding, een tweede aanlanding in Noord-Holland Zuid, een combinatie van Terneuzen en Port of Moerdijk of aanlanding in Eemshaven. Zie voor meer informatie hoofdstuk 4. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extra vraagontwikkeling in havengebied voor inpassing kerncentrales (totaal 4 GW basisvraag en 8 GW flexibele vraag).</li> <li>- Extra maatregelen voor inpassing kerncentrales: structurele maatregelen (bijv. HVDC overlay grid, nieuw 380/150 kV-koppel-station).<br/>Maatregelen voor de inpassing van een vierde aanlandlocatie wind op zee afhankelijk van de keuze die wordt gemaakt.</li> </ul>                                                                                                         |

\* Het zoekgebied Noord-Nederland (Eemshaven) komt bij variant A naar voren als een van de betere locaties voor aanlanding van wind op zee, omdat die daar zonder net-technische maatregelen ingepast kan worden. Deze locatie staat echter niet als een van de vier eerste opties genoemd, omdat deze vraagt om een tunnelsysteem waarvan de haalbaarheid onzeker is. Mocht het zo zijn dat die situatie verandert of dat het mogelijk blijkt om een aanlanding te realiseren via de Oude Westereemsroute (door het Eems-Dollard Verdragsgebied), dan adviseert TenneT om aanlanding in Noord-Nederland hoger te rangschikken dan Port of Moerdijk en Zuid-Holland. Op die locaties zorgt aanlanding namelijk voor knelpunten.

\*\* Een diepe aanlanding in Limburg bij variant A en B komt als een van de beste opties naar voren. Die is vanuit het hoogspanningsnet geredeneerd een betere optie dan Terneuzen, Port of Moerdijk en Zuid-Holland. Daar spelen meerdere overwegen een rol die nader verkend zouden moeten worden.

*Deze drie varianten kunnen ingepast worden. Dit is wel afhankelijk van een hele grote vraagontwikkeling, die op zichzelf onzeker is. TenneT kan hier niet op sturen en heeft geen bevoegdheden om voorkeur te geven aan specifieke typen aansluitverzoeken in een regio. In het geval van Zeeland komt daarbij dat er beperkte aansluitcapaciteit is, ook voor nieuwe vraag.*

*In het geval van variant C moeten stevige maatregelen genomen worden. Deze maken de haalbaarheid en kosten van deze variant wat minder zeker dan bij varianten A en B het geval is. Deze variant heeft echter als voordeel dat kerncentrales op de Maasvlakte ervoor zorgen dat andere knelpunten richting het Havengebied van Rotterdam sterk afnemen, met name tijdens windluwe periodes.*

## Strategische overwegingen

Bovenstaand beeld kan gunstiger worden als er bepaalde strategische keuzes worden gemaakt. Vanuit het hoogspanningsnet geredeneerd zijn dat:

- Maximaal inzetten op (flexibele) vraagontwikkeling in de regio's van de locatiekeuzes, waarbij de opwek van wind op zee en/of kernenergie en het verbruik door flexibele vraag qua profiel met elkaar in de pas lopen;
- Overwegen om te kiezen voor een lager vermogen voor de kerncentrales of voor het niet bij elkaar plaatsen van twee kerncentrales. Een vermogen van 2,2 GW of minder zorgt voor aanzienlijke verlichting van knelpunten ten opzichte van 3,2 GW;
- Overwegen om te kiezen voor diepe aanlanding van wind op zee. Diepe aanlanding verder landinwaarts kan zorgen voor aanzienlijke verlichting in regio's waar anders een overschot van aanbod is. In de studie is diepe aanlanding in Limburg onderzocht; een optie die zonder aanvullende maatregelen ingepast kan worden op het hoogspanningsnet. Andere afwegingen spelen hier vanzelfsprekend ook een rol, maar vanuit het hoogspanningsnet bezien is diepe aanlanding een goede strategie om extra inpassing mogelijk te maken;
- Verder ontwikkelen van nieuwe technologieën, zoals een overlay grid (met nationale of internationale scope). Dergelijke ontwikkelingen kunnen helpen bij het realiseren van aanvullende ambities. TenneT onderzoekt momenteel de technische mogelijkheden van verschillende technieken voor een overlay grid.

TenneT roept het ministerie van EZK op om deze punten te overwegen om de slagingskans van inpassing te vergroten.

## Conclusie

TenneT ziet dat de inpassing van kerncentrales en aanlandingen wind op zee niet overal samengaan en niet overal op zichzelf mogelijk zijn. Het uit elkaar liggen van elektriciteitsvraag en -aanbod (zowel in tijd als in locatie) speelt daarin een grote rol, met name in Zeeland. Hoe meer elektriciteit getransporteerd moet worden door deze mismatch, hoe meer knelpunten er kunnen ontstaan. Uitbreidingsmogelijkheden van het hoogspanningsnet zijn er niet altijd.

TenneT concludeert dat inpassing, met uitzondering van Eemshaven, alleen in beeld komt als er stevige maatregelen genomen worden. Het advies is om één van deze drie varianten verder te onderzoeken, omdat een andere variant vanuit het hoogspanningsnet geredeneerd niet mogelijk is op basis van de huidige data en aannames.

## 2. Aanleiding en doel van de notitie

De energietransitie heeft flinke impact op de ontwikkelingen in de productie van elektriciteit en de belasting van het hoogspanningsnet. Het maakt de bedrijfsvoering van het net steeds complexer en nieuwe ontwikkelingen zijn niet zondermeer in te passen. Hierover adviseert TenneT als beheerder van het hoogspanningsnet het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Kabinetten hebben de laatste jaren ingezet op de opwek van hernieuwbare elektriciteit via wind op zee en de bouw van nieuwe kerncentrales. Deze bronnen moeten een directe aansluiting krijgen op het hoogspanningsnet. Dit gaat verder dan een fysieke aansluiting. Het kan zo zijn dat ergens fysiek ruimte is om een ontwikkeling te starten, maar dat het elektriciteitsnet de overproductie niet altijd kan verwerken en er een netuitbreiding nodig is.

Na een uitbreiding kan het net op die plek meer elektriciteit transporteren en is er meer ruimte voor opwek van energie. De mogelijkheid tot uitbreiding is er alleen niet altijd<sup>1</sup> en is bovendien een kostbaar en langdurig traject. Daarom is het belangrijk om ook breder te kijken naar manieren om meer invoeding van elektriciteit inpasbaar te maken. Dat kan bijvoorbeeld door vraag naar en aanbod van elektriciteit in dezelfde regio te combineren<sup>2</sup>. Dit zorgt ervoor dat de elektriciteit niet over een grote afstand getransporteerd hoeft te worden. Daarbij moet TenneT rekening houden met het voorkomen van schade aan het net en de stabiliteit ervan. Uitbreidingsmogelijkheden zijn niet onvoorwaardelijk en niet overal mogelijk.

### Doel van de notitie

Het is belangrijk om integraal te kijken naar de locaties die nu in beeld zijn voor kerncentrales en aanlanding van wind op zee. Op die manier wordt duidelijk welke ontwikkelingen wel of niet in bepaalde gebieden bij elkaar kunnen komen en welke voorwaarden van toepassing zijn.

Het doel van deze notitie is om – vanuit het perspectief van het hoogspanningsnet – inzicht te geven in hoe vier nieuwe locaties voor een aanlanding van wind op zee (4 x 2 GW) in kust-regio's en twee nieuwe kerncentrales (max. 3,2 GW) inpasbaar zijn op het hoogspanningsnet. Daaruit komen in meerdere gebieden knelpunten naar voren, waarbij mogelijke maatregelen voor inpassing in die gebieden aan bod komen. TenneT maakt hierin geen keuzes, maar geeft met deze notitie advies vanuit het perspectief van het hoogspanningsnet. Hiermee wordt input gegeven aan besluiten die door het kabinet worden genomen.

### Leeswijzer

TenneT heeft twee studies gedaan: één naar de inpassing van kerncentrales en één naar een scenario met 30GW wind op zee in 2040. In de bijlagen zijn samenvattingen te vinden van de resultaten uit deze studies. Die resultaten komen in deze notitie samen tot een gezamenlijk beeld in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 3 van deze notitie wordt ingegaan op uitgangspunten en randvoorwaarden die belangrijk zijn bij inpassing. Op veel plekken in de notitie wordt over plaatsnamen en locaties gesproken. Die zijn op kaarten terug te vinden, ook in de bijlage.

<sup>1</sup> Mogelijke beperkingen zijn onder meer: fysieke en planologische beperkingen, maar ook technische beperkingen van het 380kV-net: bijvoorbeeld kortsluitvastheid, aantal circuits per station, maximaal aangesloten productie per station.

<sup>2</sup> Bij de versnelling van windenergie op zee van 10,5GW naar 23GW in 2022 (de aanvullende routekaart) heeft de toenmalige minister voor Klimaat en Energie hier ook aandacht voor gevraagd. "Van de circa 21 GW rond 2030 kan de circa 11 GW van de oorspronkelijke routekaart windenergie op zee 2030 worden ingevoerd op het hoogspanningsnet op land en daarna getransporteerd worden naar de afnemers, zijnde industrie, kantoren en bedrijven en huishoudens. De aanvullende circa 10,7 GW kan niet zonder meer op het landelijke hoogspanningsnet worden ingevoerd en getransporteerd, maar zal zoveel mogelijk nabij de aanlandingslocaties verbruikt moeten worden. Daarom bevinden deze locaties van het net op zee zich in of nabij de grote industriële clusters aan de kust. De aangevoerde elektriciteit kan daar ter plekke worden benut voor elektrificatie van industriële processen en/of de productie van groene waterstof. Daarvoor is het wel het noodzakelijk dat er voldoende elektriciteitsvraag ontwikkelt met het juiste vraagprofiel om het extra aanbod windenergie op zee te benutten." (Kamerstuk 33561 nr. 53)

# 3. Methodes en uitgangspunten

Het meest recente investeringsplan 2026-2040 (IP2026) vormt de basis van hoe TenneT naar de toekomst kijkt en bevat verschillende scenario's die in meer of mindere mate ontwikkelingen laten zien op verschillende locaties. Deze scenario's worden binnen Netbeheer Nederland (NBNL) verband vastgesteld. Eén van die gebruikte scenario's is het Koersvaste Middenweg scenario (KM2040). Dit scenario gaat uit van een middenweg tussen snelle elektrificatie én aanvullende energiedragers om de transitiedoelstellingen voor 2040 te behalen. Aanvullend op het investeringsplan heeft het ministerie van KGG aan TenneT gevraagd om een aantal studies uit te voeren naar kernenergie en wind op zee. Hiervoor is ook gebruik gemaakt van dit KM2040 scenario. Deze studies vormen de basis van de analyse in deze notitie. Een samenvatting van deze studies, is opgenomen in de bijlagen. Hieronder wordt ingegaan op een aantal uitgangspunten die daarbij van belang zijn en daarmee ook voor de analyse in deze notitie.

## Uitgangspunten en afbakening

TenneT realiseert zich dat er vanuit verschillende invalshoeken naar de inpassing van wind op zee en kernenergie gekeken moet worden om een goede beslissing daarover te kunnen nemen. Zo'n besluit is een politieke keuze en wordt mede ingegeven door draagvlak in de regio, milieueffecten, ruimtelijke mogelijkheden, technische aspecten en wat de uiteindelijke kosten-baten afweging is. Dit soort vraagstukken vallen buiten de scope van deze notitie en onze studies.

TenneT kijkt naar de mogelijkheid om twee kerncentrales en 30 GW wind op zee te realiseren voor 2040, geredeneerd vanuit technische inpasbaarheid op het (extra)hoogspanningsnet. Het kan zijn dat deze ontwikkelingen passen binnen de technische capaciteit van het systeem, maar het kan ook zijn dat er een overschrijding is van wat veilige limieten zijn om te transporteren op een bepaalde tijd, locatie en/of tussen locaties. Dit laatste noemen we een knelpunt. Die knelpunten

zijn niet allemaal even groot in vermogen en/of tijdsduur; daarom worden verschillende indicatoren bekeken. Een belangrijke indicator is 'Energy not transported' (ENT). Die indicator vertelt ons hoeveel energievolume (TWh) gedurende een jaar niet via een bepaald deel van het hoogspanningsnet getransporteerd kan worden. TenneT hanteert voor langetermijn studies als vuistregel een grens van 0,5 TWh als zijnde beheersbaar. De technische- en/of economische haalbaarheid hiervan hangt af van de situatie, hoeveel verbindingen tegelijkertijd overbelast zijn en of er vermogen op- of afgeschaald kan worden. Deze informatie kan bijdragen aan de afweging om op die locatie wel of niet een energiebron te bouwen en aan te sluiten.

In hoofdstuk 4 van deze notitie wordt een onderscheid gemaakt tussen grotere knelpunten, die naar verwachting opgelost kunnen worden met maatregelen en kleinere knelpunten, die naar verwachting binnen de bedrijfsvoering opgelost kunnen worden met operationele maatregelen. In dat laatste geval gaat het bijvoorbeeld om redispatch. Redispatch is een maatregel die TenneT kan inzetten om overbelasting op het elektriciteitsnet te voorkomen door op korte termijn de geplande productie of consumptie van stroom aan te passen. Deze maatregel kent echter technische grenzen, omdat er wel capaciteit voor op- of afregelen beschikbaar moet zijn in de markt. Hierbij is het ook belangrijk om te beseffen dat redispatch hoge kosten met zich meebrengt voor grote vermogens zoals die in deze notitie aan bod komen. Hierbij kan het al snel gaan om tientallen miljoenen per jaar.

De studies en uitkomsten hebben als richtjaar 2040. Dit valt grofweg samen met de geplande realisatie van de eerste twee kerncentrales en de opwek van minimaal 30 GW wind op zee. Aanvullende ambities van het op het moment van schrijven nog te beëdigden kabinet Jetten zijn niet in de berekeningen meegenomen.

In het Investeringsplan nemen we in het netmodel alleen netuitbreidingen mee waar een formele investeringsbeslissing over is gemaakt. In het uitstapmodel worden ook netuitbreidingen meegenomen die momenteel nog in studiefase zijn. Een aantal stations dat van invloed is op de ontwikkeling van wind op zee en kernenergie, bevindt zich nog in die studiefase. Voor deze ontwikkelingen kijken we ver vooruit. Daarom is het redelijk om aan te nemen dat ook deze netuitbreidingen tegen die tijd gerealiseerd zijn en een representatief beeld van het hoogspanningsnet geven. Voor beide studies is gebruik gemaakt van dit uitstapmodel.

Tot slot is in de analyses alleen gekeken naar het (extra)hoogspanningsnet van 380 kV en 220 kV, het hoogspanningsnet van 150 kV en 110 kV is niet bekeken. Door de opdeling van het 110/150 kV-net in deelnetten spelen de effecten van meer invoeding van wind- en kernenergie daar nauwelijks een rol. Het (extra)hoogspanningsnet is daarentegen één groot netwerk dat stroom over grote afstanden transporteert, waarbij alle delen met elkaar in verbinding staan. Daarom is het effect van meer kernenergie en wind op zee op het 380 en 220 kV-net veel groter.

### Vermogensstroom

Op basis van het netmodel en de geregionaliseerde vraag- en opwek worden netwerkberekeningen gedaan voor elk uur van het jaar. Hieruit volgen voor elk uur de vermogensstromen die door alle relevante netschakels (circuits en transformatoren) gaan. Hierbij zijn drie verschillende bedrijfssituaties denkbaar:

- N-0: de vermogensstroom door een netschakel als het gehele netwerk in bedrijf is, zonder uitval van circuits, transformatoren en productie-eenheden;
- N-1: de vermogensstroom door een netschakel die optreedt bij een enkelvoudige storing aan circuits, transformatoren en productie-eenheden;
- N-2: Onderhoud aan één willekeurig circuit, transformator of productie-eenheid in combinatie met een (ongeplande) storing aan één willekeurig circuit, transformator of productie-eenheid.

TenneT bedrijft het 380kV net minimaal N-1 veilig. Het net is zo ontworpen dat het transport van elektriciteit volledig gefaciliteerd kan worden, ook als er één uitvalsituatie is. In deze studies en het daaropvolgende advies is uitgegaan van de bedrijfssituatie N-1.

De Energiewet verplicht TenneT om het net minimaal N-1 veilig te houden. Het loslaten van dit principe zou grote gevolgen hebben. In dat geval is het niet ondenkbaar dat grote delen van Nederland langdurig zonder stroom kunnen komen te zitten. TenneT ziet dit daarom niet als een knop om aan te draaien om de inpassing van kerncentrales en aanlandingen van wind op zee mogelijk te maken. Het 380 kV net, waar kerncentrales en windparken op aangesloten worden, is de ruggengraat van het hoogspanningsnet en bepalend voor de leveringszekerheid in Nederland en Europa. Dit is anders op bijvoorbeeld het 150 kV net, dat soms (tijdelijk) zwaarder kan worden belast om netcongestie te verlichten.

### Gebruik van namen en locaties

Om ervoor te zorgen dat in deze notitie begrijpelijk is over welke locaties het gaat, wordt gebruik gemaakt van de namen die het ministerie voor zoekgebieden gebruikt. Zo wordt gesproken over Sloegebied als zoekgebied voor kerncentrales. Vanuit het hoogspanningsnet geredeneerd is de exacte locatie daarbij niet onderscheidend. Wel dat kerncentrales in het Sloegebied van invloed zijn op het nieuwe hoogspanningsstation Nieuwdorp-Liechtensteinweg (de enige aansluitmogelijkheid). Om die reden komen ook andere (plaats)namen langs. In de bijlage zijn kaarten opgenomen waar de genoemde stations en verbindingen te vinden zijn.

### Beperkingen en onzekerheden

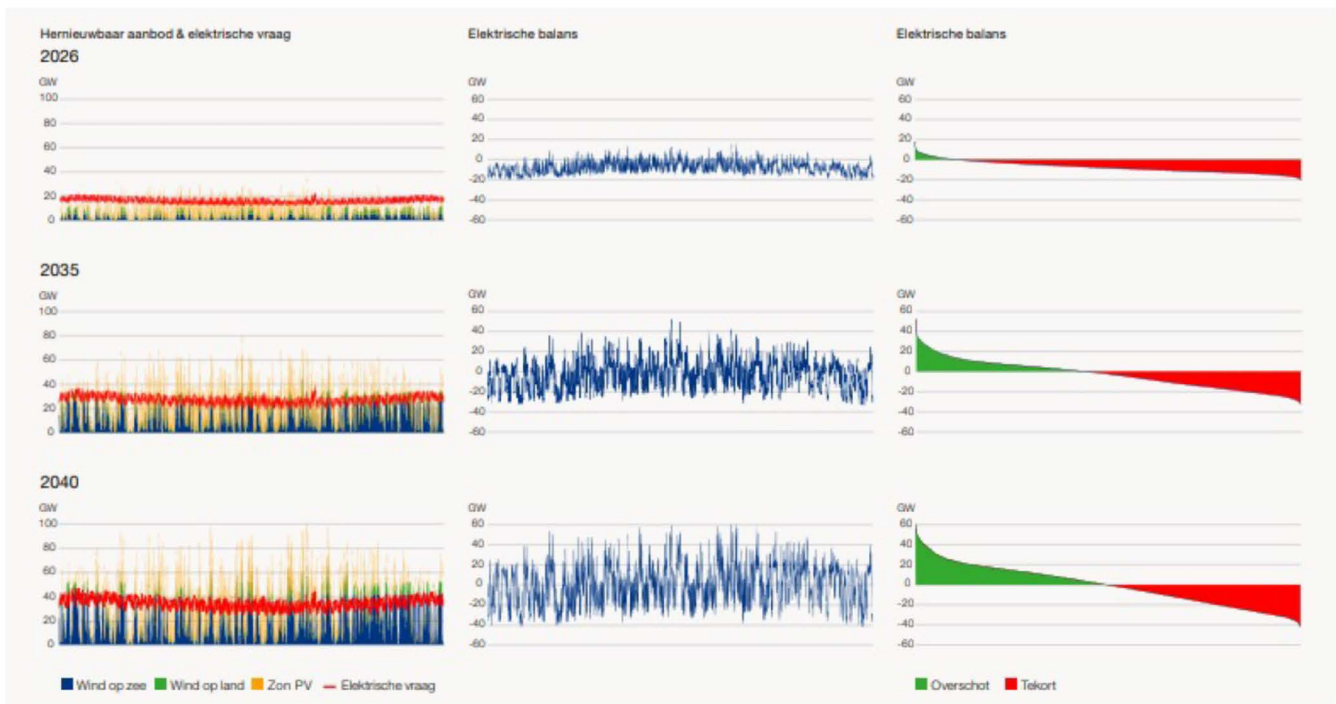
Bij studies worden aannames gedaan en dat zorgt voor een bepaalde onzekerheid. De Netbeheer Nederland-scenario's maken een inschatting van de locatie en omvang van bepaalde ontwikkelingen in 2040. Verschillende factoren kunnen deze scenario's uitdagen in de toekomst. Denk aan weersomstandigheden, toekomstige (Europese) marktwerking en veranderende locaties van vraag naar en aanbod van energie. Ook de ontwikkeling van vraag en aanbod en bijvoorbeeld elektriciteitsmarktprijzen kunnen in de toekomst de beelden die er nu zijn veranderen.

### Reflectie op het scenario Koersvaste Mid-denweg (KM2040)

In deze notitie wordt KM2040 (of KM2040 variant 30 GW wind op zee) als uitgangspunt gebruikt voor de inpassing van kerncentrales in combinatie met wind op zee aansluitingen. Vraagontwikkeling (lokaal en met een bepaald vraagprofiel), soms boven op de scenario aannames, is nodig als maatregel om knelpunten te verminderen zodat deze beheersbaar zijn. Dit is een grote opgave voor de maatschappij om gerealiseerd te krijgen.

In het concept-investeringsplan heeft TenneT onderstaande figuur opgenomen die laat zien hoe het hernieuwbare aanbod en de elektrische vraag zich ontwikkelen van 2026 naar 2040 binnen dit scenario. Het beeld laat in 3 jaren (2026, 2035 en

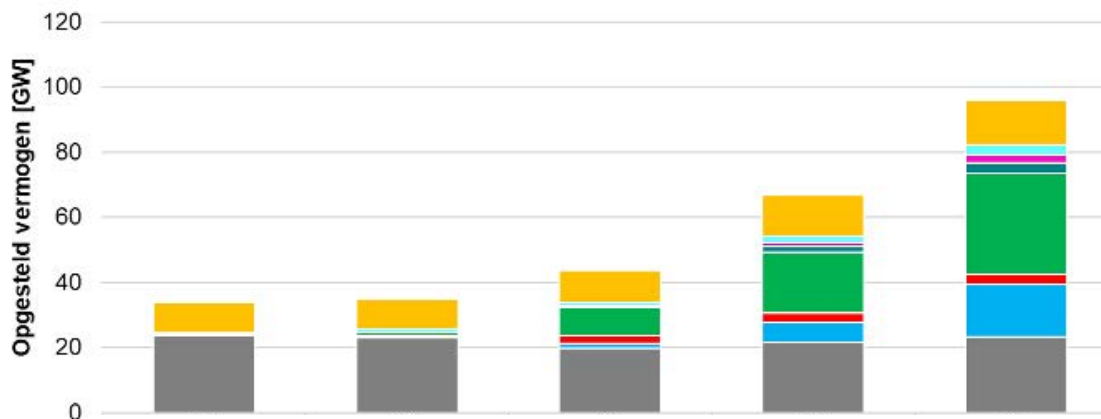
2040) de ontwikkeling zien in dat jaar. De elektriciteitsproductie wordt steeds meer afhankelijk van het weer. Dit heeft gevolgen voor de elektrische balans ('residual load'). Dit is de niet prijsgevoelige productie uit hernieuwbare opwek minus de elektrische vraag. In de toekomst is deze balans steeds vaker positief ('overschotten'), maar er blijven ook altijd momenten waarin de hernieuwbare opwek niet voldoende is om aan de elektrische vraag te voldoen ('tekorten'). Die tekorten worden aanzienlijk groter in termen van capaciteit (GW). Er is meer dan 40 GW aan flexibele vraag nodig om vraag en aanbod in de verschillende situaties in evenwicht te houden, wat ongeveer het dubbele is van de huidige piekvraag aan elektriciteit in Nederland.



Ontwikkeling elektrische vraag en hernieuwbare opwek 2026-2040

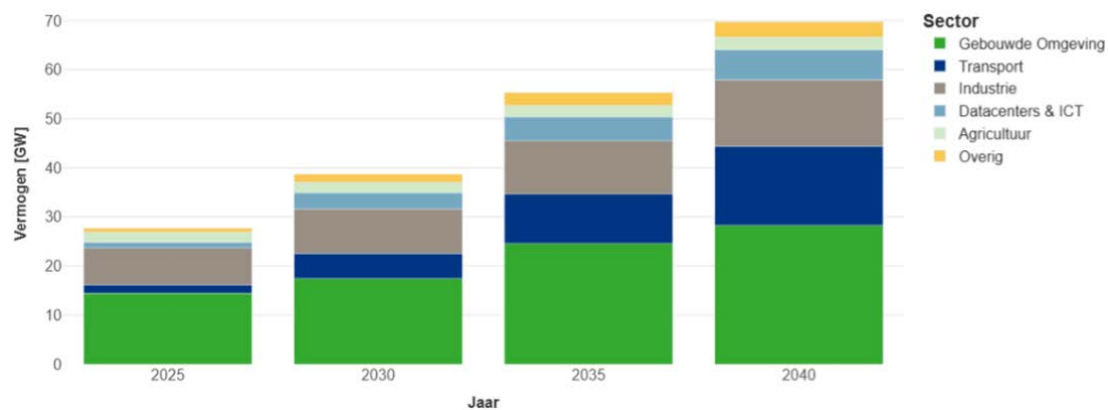
In de figuur hieronder is het groeipad van flexibele vraag en opwek zichtbaar gemaakt, zoals aangenomen in het scenario KM2040. Hierbij vallen met name batterijen en power-to-gas (elektrolyse) op. Hier is een groei van respectievelijk  $\approx 30$  GW en

16 GW nodig om aan de aanname voor 2040 te voldoen. TenneT ziet dat een grote groei van flexibele vraag geen gegeven is, en dat technieken als elektrolyzers een trager en lager uitrolpad hebben dan werd verwacht.



|                   | REF 2023 | KM 2025 | KM 2030 | KM 2035 | KM 2040 |
|-------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Interconnectie    | 9,2      | 9,2     | 9,8     | 12,6    | 13,6    |
| DSR               | 0,7      | 0,8     | 1,1     | 1,9     | 3,1     |
| MDES (CAES)       | 0,0      | 0,0     | 0,3     | 1,3     | 2,6     |
| IDES (redox-flow) | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 1,5     | 3,0     |
| Batterijen        | 0,3      | 1,3     | 8,8     | 19,0    | 31,0    |
| Power-to-heat     | 0,0      | 0,5     | 2,3     | 2,8     | 3,2     |
| Power-to-gas      | 0,0      | 0,0     | 1,5     | 6,0     | 16,0    |
| Centrales         | 23,5     | 23,0    | 19,8    | 21,6    | 23,3    |

Tot slot laat onderstaande grafiek zien hoeveel opgesteld vermogen aan basisvraag er per sector is aangenomen in het KM2040 scenario voor verschillende zichtjaren.



Opgesteld vermogen per sector

## 4. Gecombineerd beeld van inpassing kerncentrales en wind op zee

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de twee studies samen bekeken. Deze studies kunnen niet één op één over elkaar heen gelegd worden voor een gezamenlijke conclusie. Ze hadden een andere timing, vraag en uitgangspunten. Beide studies geven wel een helder beeld van welke knelpunten ontstaan op het hoogspanningsnet. Bovendien is gerekend met weliswaar verschillende, maar significante hoeveelheden kern- en windenergie en vraagontwikkeling. Hieruit komt het gecombineerde beeld in dit hoofdstuk.

Dat beeld is belangrijk, want de ontwikkeling van kernenergie en wind op zee hebben invloed op elkaar. Zeker als ze zich dicht bij elkaar bevinden. Inpassing van deze ontwikkelingen zorgt in de meeste zoekgebieden voor knelpunten op het net. Dit hoofdstuk geeft inzicht in die knelpunten. TenneT heeft daarbij verschillende mogelijke oplossingen overwogen. Die oplossingen en de bijbehorende kosten daarvan zijn niet absoluut, maar een inschatting op basis van de data die er is. Ze geven een beeld van de afwegingen die gemaakt moeten worden bij de locatiekeuzes.

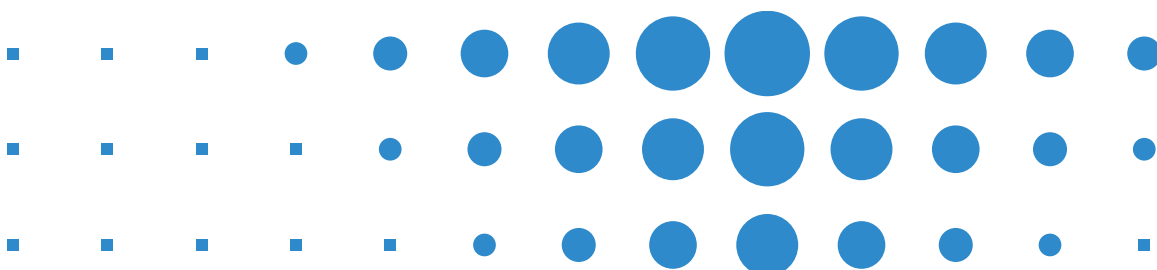
Niet alles kan op iedere locatie. Hieronder worden de mogelijke gebieden die in beeld zijn voor de inpassing van kerncentrales op een rij gezet: Zeeland, Maasvlakte en Eemshaven. TenneT laat zien wat de gevolgen zijn van inpassing op die plek en wat dit betekent voor de aanlandlocaties van wind op zee. Dit wordt zo gedaan om antwoord te

kunnen geven op de vraag hoe twee kerncentrales en vier aanlandingen van wind op zee samen inpasbaar gemaakt kunnen worden. We zien bij ieder gebied drie mogelijkheden:

- Een gebied is nettechnisch niet geschikt voor deze ontwikkeling;
- Een gebied is nettechnisch mogelijk geschikt na het treffen van maatregelen;
- Een gebied is nettechnisch geschikt zonder maatregelen of na het nemen van enkel operationele maatregelen (bijvoorbeeld redispatch).

De inpassing is beoordeeld met de aanname dat de vraag naar elektriciteit zich ontwikkelt volgens de verwachting in het KM2040 scenario. In het geval dat de vraag achterblijft ten opzichte van deze aanname, dan verandert ook het beeld bij de inpasbaarheid op deze locaties. In een deel van de zoekgebieden staat aangegeven dat er extra vraagontwikkeling nodig is. Dit is boven op de aangenomen vraagontwikkeling in een regio volgens het KM2040 scenario.

In de tabellen in dit hoofdstuk wordt de kansrijkeheid beoordeeld met plussen en minnen, waarbij een plus (+) een kansrijke optie aangeeft en een min (-) een optie die naar verwachting onhaalbaar is om te realiseren of te weinig bijdraagt aan het kunnen inpassen van kernenergie en wind op zee. Een combinatie van de twee (+/-) is onzeker, maar de moeite waard om te onderzoeken.



## 4.1 Zeeland

Er is weinig ruimte in Zeeland voor de komst van 2 GW of meer aan invoeding op het hoogspanningsnet. In Zeeland is veel opwek aangesloten op de stations Borssele en Nieuwdorp-Liechtensteinweg. Hoewel er ook een significante hoeveelheid aan (flexibele) vraag op die stations is verondersteld in de doorrekeningen, overstijgt de productie deze vraag nog steeds ruimschoots. Hierdoor zien we knelpunten in Zeeland en Noord-Brabant. Inpassing van 3,2 GW kerncentrales op zowel de stations Nieuwdorp-Liechtensteinweg als Terneuzen veroorzaakt daarnaast te veel productie op één station (rail) en voldoet hiermee niet aan de toetsingscriteria voor enkelvoudige storingsreserve zoals genoemd in de AMvB bij de Elektriciteits-/Energiewet.

Vanaf RLL zoekt de elektriciteit een weg naar de locatie waar de vraag zit (overwegend Havengebied Rotterdam), de transportbewegingen richting de vraag zorgen voor knelpunten buiten het Zeeuwse net. Ten tijde van vraag in de haven van Rotterdam leidt dit tot overschrijdingen op de verbindingen tussen RLL-HST-POM-GT, ten tijde van landelijke overproductie wordt de elektriciteit uit Zeeland geëxporteerd richting België.

### 3,2 GW kerncentrales in Sloegebied en Terneuzen

TenneT ziet geen mogelijkheid om 3,2 GW aan vermogen in Zeeland aan te sluiten. Om tot die conclusie te komen, zijn verschillende maatregelen overwogen om de knelpunten op te lossen. Bij deze maatregelen, die hieronder worden genoemd, is geconcludeerd dat deze niet haalbaar zijn en/of niet voldoende zorgen voor een oplossing van het knelpunt.

#### Overwogen maatregelen

##### 1. Vraagontwikkeling en vraagsturing (op stations Nieuwdorp-Liechtensteinweg en Borssele, 1,5 – 2,5 GW extra vraag)

Naast de vraag of het mogelijk is om zo'n groot volume aan specifiek stuurbare flexibele vraag in Zeeland te realiseren, is deze maatregel slecht realiseerbaar omdat er in beide gevallen geen vrije 380 kV-velden beschikbaar zijn om

zo'n hoeveelheid vraag op aan te sluiten.

De 380 kV-stations Borssele en Nieuwdorp-Liechtensteinweg zijn niet meer uit te breiden. TenneT heeft bovendien geen bevoegdheden om voorkeur/sturing te geven aan specifieke type(n) aansluitverzoeken (first come first served).

##### 2. Netuitbreiding 380 kV (AC)

Nieuwe 380 kV-verbindingen in Zeeland en Noord-Brabant zijn niet realiseerbaar wegens te hoge kortsluitstromen, aantal beschikbare aansluitvelden en maximaal aan te sluiten lijnvelden. Aansluiten van nieuwe verbindingen op de 380 kV-stations Rilland, Halsteren, Port of Moerdijk en Geertruidenberg is niet mogelijk door te hoge kortsluitstromen.

##### 3. Interconnector met België

Interconnectoren zijn in de basis niet bedoeld voor het oplossen van nationale knelpunten. Europese regelgeving bepaalt dat grensoverschrijdende hoogspanningsverbindingen – interconnectoren – niet beperkt mogen worden door nationale of regionale knelpunten. Europese regelgeving schrijft zelfs voor dat minimaal 70% van de capaciteit van een internationale verbinding beschikbaar moet zijn voor de Europese elektriciteitsmarkt om de sociaaleconomische welvaart te bevorderen. De realisatie van deze grensoverschrijdende hoogspanningsverbinding kan bovendien leiden tot nieuwe knelpunten in delen van het Nederlandse en Belgische net.<sup>3</sup>

##### 4. HVDC overlay grid

Een HVDC-verbinding tussen Zeeland en vraagcluster(s) in Nederland is wellicht technisch een optie, al vraagt dit ook aansluitcapaciteit op (volle) 380 kV-stations. Voor een dergelijke maatregel kan gedacht worden aan een HVDC-verbinding tussen Zeeland en bijvoorbeeld het Havengebied van Rotterdam, met daarbij 2 GW converters aan beide uiteinden van de verbinding.

Het effect op knelpunten is sterk afhankelijk van de hoeveelheid reeds aangesloten invoeding in het vraagcluster. Zo heeft bijvoorbeeld het Havengebied van Rotterdam op momenten met veel wind ook afvoerknelpunten naar de landelijke 380 kV-ring. Een HVDC-verbinding

<sup>3</sup> <https://www.tennet.eu/nl/projectnieuws/stroom-uit-belgie-een-optie-voor-zeeuws-vlaanderen>

richting dit gebied zal naar verwachting beperkt effect hebben.

Een HVDC-verbinding naar andere regio's kan effect hebben op andere knelpunten. Een voorbeeld daarvan is Limburg, waar knelpunten richting Limburg verlicht zouden kunnen worden. In feite creëer je op deze manier een 'diepe aanlanding' voor een deel van de lokale overproductie (van kernenergie en/of windenergie). Ten tijde van hoge wind op zee productie zal dan een deel van de geproduceerde elektriciteit via de HVDC-verbinding naar de vraag gebracht worden in Limburg. Dit is een optie die nader verkend zou moeten worden, om alle overwegingen in kaart te brengen.

#### 5. Aparte biedzone voor het zuidelijk deel van Zeeland

Een meer 'out-of-the-box', oplossing om knelpunten in het Brabantse net door productie in Zeeland te voorkomen, is door het instellen van een aparte biedzone voor het zuidelijke deel van Zeeland (Zeeuws-Vlaanderen, Walcheren, Noord- en Zuid-Beveland). Omdat er structurele congestie lijkt te ontstaan van Zeeland naar de rest van Nederland, mag volgens de Europese regels hier een biedzone ingesteld worden. Het effect zou zijn dat de maximale 'export' vanuit dit netgebied naar de rest van Nederland en België wordt gemaximeerd tot de beschikbare (commerciële) netcapaciteit van de hoogspanningsverbindingen naar/vanaf Rilland. Als de lokale productie in Zeeland van wind op zee en kernenergie de maximale beschikbare netcapaciteit voor export overschrijdt, zal de prijs in de biedzone zodanig dalen dat marktpartijen self-curtailment zullen toepassen (het bewust tijdelijk verlagen of uitschakelen van de stroomproductie) en de inzet van hun eenheden zullen aanpassen. Daarmee worden knelpunten in zowel het Zeeuwse als het Brabantse net direct voorkomen, zonder dat investeringen in infrastructuur nodig zijn. Het instellen van een biedzone heeft wel diverse andere consequenties voor de elektriciteitsmarkt en de haalbaarheid van deze maatregel is onzeker.<sup>4</sup>

#### 6. Aanlanding van wind op zee verplaatsen naar een locatie voorbij het knelpunt Tilburg-Eindhoven

Kerncentrales in combinatie met extra wind op zee aanlanding is lokaal niet inpasbaar (in zowel Zeeland als Moerdijk). Ook hebben kerncentrales (of additionele wind op zee) impact op de wind op zee inpassing in Port of Moerdijk. In dit geval zou een diepe aanlanding van wind op zee een alternatief kunnen zijn op een aanlanding in Zeeland of op Port of Moerdijk 380 kV als kerncentrales in de regio Zeeland worden overwogen.

#### Raakvlakken met wind op zee

De plaatsing van kerncentrales in Zeeland heeft ook effect op de mogelijkheden om wind op zee aan te landen. In onderstaande tabel is te zien wat er nodig is om op elke mogelijke locatie een aanlanding te realiseren, als de kerncentrales van 3,2 GW in Zeeland zouden staan.

#### Uitgangspunten tabel pagina 15:

- Inpasbaarheid is alleen van toepassing wanneer 3,2 GW vermogen aan kerncentrales in Zeeland zou staan;
- Op alle aangegeven aanlandlocaties moet er sprake zijn van de vraagontwikkeling zoals in het KM2040\_30GW wind op zee scenario. Als deze achterblijft kan de inpasbaarheid van een aanlanding veranderen;
- Een extra aanlanding van wind op zee in Zeeland is niet mogelijk als er 3,2GW aan kerncentrales in Zeeland wordt gerealiseerd.

<sup>4</sup> [https://www.entsoe.eu/network\\_codes/bzr/#Downloads\\_of\\_the\\_Bidding\\_Zone\\_Review\\_\(BZR\)\\_Report\\_for\\_the\\_target\\_year\\_2025](https://www.entsoe.eu/network_codes/bzr/#Downloads_of_the_Bidding_Zone_Review_(BZR)_Report_for_the_target_year_2025)

| Locatie          | Aantal aan-<br>landingen<br>inpasbaar<br>zonder<br>maatregelen | Mogelijke<br>maatregelen                                     | Kans-<br>rijk-<br>heid | Kosten/<br>impact                                                                                                      | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Europoort        | 0                                                              | (Flexibele-) vraagontwikkeling en vraagsturing in Maasvlakte | + -                    | Ongeveer 2 GW aan extra flexibele vraag bovenop scenario (scenario-aanname: 3,5 GW basisvraag en 4 GW flexibele vraag) | Opwek op Maasvlakte wordt met aanlanding op Europoort meer verdeeld tussen Europoort en Amaliahaven, wat positief is. Zonder aanlanding op Europoort gaat opwek op Maasvlakte (meer) richting Europoort. Knelpunt Europoort-Maasvlakte is in basis al aanwezig, en bij momenten van hoge wind op zee opwek is er met aanlanding op Europoort netto meer invoeding in het gebied en hebben ook de verbindingen richting Bleiswijk ENT.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                  |                                                                | Hybride interconnector                                       | -                      |                                                                                                                        | Een dergelijke interconnector zou in theorie de waargenomen knelpunten kunnen verlichten, indien Nederland vooral zou exporteren naar landen die verbonden zijn met deze interconnector op momenten van hoge productie uit wind op zee en kerncentrales. Echter, uit de marktanalyses blijkt dat ook op momenten van hoge productie, het nog vaak voor zal komen dat Nederland importeert vanuit landen als België, Frankrijk en Groot-Brittannië. Dat zou de knelpunten juist verergeren. Daarom lijkt dit geen effectieve structurele oplossing om knelpunten op te lossen en (andere) investeringen in Nederlandse netinfrastructuur te voorkomen. Belangrijk op te merken is dat interconnectorstromen door de markt worden bepaald, niet door de TSO om congestie te beperken. |
| Port of Moerdijk | 0                                                              | Vraagontwikkeling in Zeeland en/of Port of Moerdijk          | + -                    | 2-2,5 GW aan extra flexibele vraag (scenario-aanname: 300 MW basisvraag, 400 MW flexibele vraag)                       | Productie in Zeeland zoekt een weg richting de Randstad en het zuidoosten, waar de transportbeweging voor ENT zorgt op de verbinden tussen Port of Moerdijk en Geertruidenberg en tussen Tilburg en Eindhoven. Een extra wind op zee aanlanding op Port of Moerdijk zou (sterk) bijdragen aan de ENT op deze 380 kV-verbindingen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                  |                                                                | AC-netuitbreiding tussen Port of Moerdijk en Geertruidenberg | -                      |                                                                                                                        | Er kunnen geen nieuwe lijnen aangesloten worden op 380 kV-station Geertruidenberg. Dit station heeft ook een overschrijding van de kortsluitstromen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| Locatie                        | Aantal aan-<br>landingen<br>inpasbaar<br>zonder maat-<br>regelen | Mogelijke<br>maatregelen | Kans-<br>rijkheid | Kosten/<br>impact                                                                                       | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Noordzee-<br>kanaal-<br>gebied | 1                                                                |                          | +                 | Scenario<br>aanname<br>NZKG. 8,5 GW<br>basisvraag en<br>4 GW flexibele<br>vraag                         |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Kop van<br>Noord-<br>Holland   | 1                                                                |                          | +                 | Scenario<br>aanname kop<br>van Noord-<br>Holland: 2,5<br>GW basisvraag<br>en 1,5 GW<br>flexibele vraag. |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Limburg                        | 1                                                                |                          | +                 | Scenario<br>aanname<br>Limburg: 3,5<br>GW basisvraag<br>en 2 GW flexi-<br>bele vraag.                   | Limburg is (ook) een alternatieve aanlandlocatie voor regio's waar wind op zee niet inpasbaar is zonder maatregelen.                                                                                                                                                         |
| Eemshaven                      | 1                                                                |                          | +                 | Scenario<br>aanname<br>Eemshaven:<br>1 GW basis-<br>vraag en 2 GW<br>flexibele vraag.                   | Volgens de laatste inzichten kan een tunnelroute niet voor 2040 gerealiseerd zijn. Om nog een aanlanding voor of rond 2040 te kunnen realiseren, kan gekeken worden of de Oude Westereemsroute door het Eems-Dollard Verdragsgebied een reële mogelijkheid is <sup>5</sup> . |

### 2,2 GW kerncentrales in Sloegebied en Terneuzen

Kerncentrales met een vermogen van 2,2 GW in Terneuzen zijn inpasbaar. Er zijn dan wel operationele maatregelen (redispatch) nodig. Dit omdat deze inpassing voor overbelasting zorgt op de lijnen van Borssele naar Nieuwdorp-Liechtensteinweg en Rilland.

Ook hier geldt dat de vraag die is verondersteld in het KM2040 scenario nodig is om de inpassing van kerncentrales in Terneuzen mogelijk te maken. Dit gaat om een basisvraag van 2 GW en een flexibele vraag van 6 GW.

De inpassing van 2,2 GW kerncentrales in het Sloegebied is niet mogelijk. De reden dat er voor dit zoekgebied een andere conclusie wordt getrokken, is dat er in het Sloegebied al veel productie zit/komt wat direct effect heeft op de verbinding tussen Nieuwdorp-Liechtensteinweg en Rilland. Daarnaast is er een te beperkte aansluitcapaciteit voor de benodigde extra flexibele vraag van 1,5 GW die er voor kerncentrales in in het Sloegebied nodig zou zijn, bovenop de 6 GW.

### Raakvlakken met wind op zee

Ook in het geval van kerncentrales van 2,2 GW in Zeeland, zijn er effecten op de inpasbaarheid van aanlandingen voor wind op zee.

<sup>5</sup> De aanlanding via het EDV-gebied is een 'conventionele aanlanding' i.t.t. de tunneloptie. Door de afspraken die er gemaakt zijn tijdens de North Sea Summit in Hamburg in januari 2026 over meer samenwerking en het versnellen en meer inzetten op energie-onafhankelijkheid is er mogelijk weer momentum ontstaan om deze route met de Duitse autoriteiten te onderzoeken.

Als er 2,2 GW aan kernenergie in Terneuzen of het Sloegebied gerealiseerd wordt, dan valt Zeeland wederom af als locatie voor aanlanding wind op zee. Alle overige locaties, onder voorwaarden, blijven mogelijk. In Port of Moerdijk en Europoort met maatregelen. Als er geen kerncentrales in Zeeland komen, dan is het in Terneuzen mogelijk om een aanlanding van 2 GW wind op zee te realiseren. Er moeten wel maatregelen getroffen worden om dit mogelijk te maken. Een aanlanding wind op zee in Port of Moerdijk in combinatie met kerncentrales in Zeeland is alleen mogelijk met maatregelen in zowel Zeeland als Noord-Brabant. Zie daarvoor per locatie de tabel hierboven bij de effecten van 3,2 GW kernenergie op wind op zee aanlandingen. Die conclusies komen overeen met de situatie bij 2,2 GW kerncentrales, waarbij de verwachting is dat er in geval van de maatregel vraagontwikkeling minder vraag benodigd is in het geval van 2,2 GW kerncentrales. Het is echter niet mogelijk dit nader te specificeren op basis van de beknopte en lokale gevoeligheidsanalyse die voor 2,2 GW is gedaan.

## 4.2 Maasvlakte

Het beeld van de regio Rotterdam is dat er overbelastingen zijn in beide richtingen. Zowel van het cluster af als naar het cluster toe. Kerncentrales

in deze regio dragen bij aan het verlichten van afnameknelpunten. Met name het knelpunt Port of Moerdijk – Geertruidenberg neemt significant af. Een kerncentrale kan produceren wanneer er geen of weinig windproductie is (en wel elektriciteitsvraag). Het is echter ook zo dat kerncentrales bijdragen aan knelpunten ten tijde van wind op zee productie (afvoer overschot elektriciteit uit de regio). Hoewel er niet exact een variant doorerekend is met alleen kernenergie in Europoort<sup>5</sup>, is de veronderstelling dat de knelpunten van Europoort-Westerlee-Wateringen en van Amaliahaven-Simonshaven-Crayestein zullen toenemen. Deze knelpunten treden voor het overgrote deel op bij hoge windenergieproductie.

### 3,2 GW kerncentrales in Maasvlakte

Voor kerncentrales op de Maasvlakte (aansluitlocatie Europoort 380 kV) geldt hetzelfde als in Zeeland: zowel kerncentrales als wind op zee inpassen gaat niet. Desondanks geeft Maasvlakte een iets positiever beeld ten opzichte van de 3,2 GW kerncentrales inpassing in Zeeland, omdat de ENT op de 380 kV-verbinding Port of Moerdijk-Geertruidenberg lager uitvalt. Inpassing is mogelijk, maar alleen als er stevige maatregelen worden getroffen. Deze komen terug in onderstaande tabel.

#### Uitgangspunten in deze tabel:

- Het scenario KM2040 is van toepassing. De vraag waar we vanuit gaan in deze regio: een basisvraag van 4 GW en een flexibele vraag van 5 GW.

| Mogelijke maatregelen             | Kansrijkheid | Kosten/impact                                                                                                                                                                                                                                                         | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vraagontwikkeling en vraagsturing | -            | Er is ongeveer 4,5 GW extra flexibele vraag nodig in het geval van 3,2 GW aan kerncentrales in combinatie met 2 GW wind op zee aanlanding. Zonder die aanlanding gaat het om ongeveer 3 GW. Dit laatste is niet doorgerekend in de studies en daarom een schatting. * | De vraag moet een specifiek profiel volgen en moet daarom stuurbaar zijn. De aangegeven range is boven op het KM2040 scenario; dus in totaal 8 GW flexibele vraag. Deze maatregel is weinig kansrijk gelet op de grote hoeveelheid benodigde vraag, de vraagsturing (profiel volgend) en beperkte aansluitcapaciteit op de stations in het havengebied.<br>Er zit een raakvlak tussen deze maatregel, en de maatregel van een nieuw 380 kV station. Gelet op de grote hoeveelheid benodigde vraag is station Europoort niet toereikend voor het kunnen aansluiten hiervan. |

| Mogelijke maatregelen                                                                                    | Kansrijkheid | Kosten/impact                                                                         | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aanpassing inrichting 150 kV-net in combinatie met een nieuw 380 kV station.                             | + -          | Niet nader onderzocht                                                                 | De industriële belasting in het Botlek gebied koppelen aan de kerncentrales in Europoort. Hiervoor is een 380 kV-uitloper naar het Botlekgebied vanaf Europoort 380 kV nodig. Dit kan met twee verbindingen (2x2 bovengrondse 380 kV-circuits) en een nieuw gecombineerd 380 kV- en 150 kV-station. Technische- en ruimtelijke haalbaarheid is nog niet nader onderzocht.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Netuitbreiding 380 kV (AC)                                                                               | -            | Niet van toepassing                                                                   | Het is niet mogelijk de bestaande 380 kV-AC-infrastructuur te verzwaren of te verdubbelen. Er is geen enkele ruimte meer om circuits aan te sluiten op de bestaande 380 kV-stations (Simonshaven, Amaliahaven en Maasvlakte). Dit geldt voor zowel de fysieke ruimte voor nieuwe lijnvelden (transportcapaciteit) als de kortsluitvastheid van de stations.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Interconnector                                                                                           | -            | Niet van toepassing                                                                   | Interconnectoren zijn in de basis niet bedoeld voor het oplossen van nationale knelpunten. Europese regelgeving bepaalt dat grensoverschrijdende hoogspanningsverbindingen – interconnectoren – niet beperkt mogen worden door nationale of regionale knelpunten. Europese regelgeving schrijft zelfs voor dat minimaal 70% van de capaciteit van een internationale verbinding beschikbaar moet zijn voor de Europese elektriciteitsmarkt om de sociaaleconomische welvaart te bevorderen. De realisatie van deze grensoverschrijdende hoogspanningsverbinding kan leiden tot nieuwe knelpunten in delen van het Nederlandse net.     |
| HVDC overlay grid                                                                                        | + -          | 2 HVDC converters en een 2GW HVDC-verbinding tussen Havengebied Rotterdam en Limburg. | Een HVDC-verbinding tussen Havengebied Rotterdam en een ander vraagcluster(s) in Nederland is wellicht technisch een optie, al vraagt dit ook aansluitcapaciteit op (volle) 380 kV-stations.<br>Een HVDC-verbinding naar Limburg zou effect kunnen hebben op het verlichten van knelpunten richting Limburg. In feite creëer je op deze manier een ‘diepe aanlanding’ voor een deel van de kerncentralecapaciteit. Ten tijde van hoge wind op zee productie zal dan een deel van de geproduceerde kernenergie via de HVDC verbinding naar de vraag gebracht worden in Limburg.                                                         |
| Aparte biedzone Havengebied Rotterdam                                                                    | -            | Niet van toepassing                                                                   | Idem aan wat is geschetst als mogelijke oplossing bij het inpassen van 3.2GW aan kerncentrales in Zeeland. Het zou overwogen kunnen worden om in het havengebied een aparte biedzone in te stellen om de maximale export vanuit het gebied te beperken en marktpartijen zelf hun dispatch aan te laten passen. Echter, in tegenstelling tot Zeeland is het instellen van een biedzone hier wel ingewikkelder omdat er hier geen sprake is van een (semi-) uitloper van het hoogspanningsnet zoals in Zeeland. Daarmee is het minder duidelijk hoe de biedzone goed af te bakenen, en dat maakt de kansrijkheid kleiner dan in Zeeland. |
| Aanlanding wind op zee van Europoort verplaatsen naar een locatie voorbij het knelpunt Tilburg-Eindhoven | + -          |                                                                                       | Kerncentrales in combinatie met een extra wind op zee aanlanding is lokaal niet inpasbaar. In dit geval zou een diepe aanlanding van wind op zee een alternatief kunnen zijn voor een aanlanding op Europoort 380 kV indien kerncentrales in de regio Maasvlakte worden overwogen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

\* Dit betreft een beknopte lokale analyse en geeft geen weergave van nevenproblematiek die ontstaat door deze opschaling van lokale vraag.

### Raakvlakken met wind op zee

Op Maasvlakte (aansluitlocatie Europoort 380 kV) geldt ook dat een keuze tussen kernenergie en aanlanding wind op zee nodig is als deze locatie wordt gekozen. Een combinatie zou te grote productieknelpunten veroorzaken en afhankelijk van de vraag ook knelpunten naar de regio toe – met name de 380 kV-verbinding Port of Moerdijk-Geertruidenberg. Een lage vraag in de regio

zorgt voor hogere productie gedreven knelpunten, maar verlaagt knelpunten naar de regio toe als er weinig wind is. In de tabel hieronder wordt voor iedere mogelijke locatie voor de aanlanding van wind op zee aangegeven hoe deze wordt beïnvloed door 3,2 GW aan kerncentrales op de Maasvlakte. Daarbij worden mogelijke maatregelen genoemd die knelpunten wel of niet op kunnen lossen.

### Uitgangspunten in deze tabel:

- Inpasbaarheid zoals hieronder beschreven is alleen van toepassing wanneer 3,2 GW kerncentrales in Maasvlakte staan;
- Op alle aangegeven aanlandlocaties moet er sprake zijn van de vraagontwikkeling zoals in het KM2040\_30GW wind op zee scenario. Als deze achterblijft kan de inpasbaarheid van een aanlanding veranderen.
- Een extra aanlanding van wind op zee in het Rotterdams havengebied is niet mogelijk als er 3,2GW aan kerncentrales op de Maasvlakte wordt gerealiseerd.
- Hieronder staat een afhankelijkheid tussen Terneuzen en Port of Moerdijk. Dit is gebaseerd op de vraag welke zonder maatregelen inpasbaar zijn. Deze locaties zijn ook samen mogelijk, maar dan moeten er maatregelen getroffen worden die knelpunten oplossen.

| Aanland-locatie                         | Aantal aanlandingen inpasbaar zonder maatregelen                                 | Mogelijke maatregelen                                     | Kansrijkheid | Kosten/impact                                                                                             | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sloegebied (Nieuwdorp Liechtensteinweg) | 0                                                                                | (Flexibele-) vraagontwikkeling en vraagsturing in Zeeland | -            | Ongeveer 1,5 GW flexibele vraag nodig boven op het KM2040 scenario (2 GW basislast, 6 GW flexibele vraag) | Extra vraag nodig boven op de scenario aannames. Er is een beperkte kans dat dit haalbaar is (qua vraagsturing en aansluitcapaciteit)                                                                                                              |
| Terneuzen                               | 1 (als er geen sprake is van aanlanding wind op zee in Port of Moerdijk)         | Re-dispatch                                               | + -          | Niet van toepassing                                                                                       | Zolang er geen extra aanlanding wind op zee in Port of Moerdijk komt, zou een aanlanding in Terneuzen mogelijk zijn met re-dispatch.                                                                                                               |
| Port of Moerdijk                        | 1 (als er geen sprake is van aanlanding wind of zee of kerncentrales in Zeeland) | Re-dispatch                                               | + -          | Niet van toepassing                                                                                       | Zolang er geen extra aanlanding wind op zee of kernenergie in Zeeland komt, zou een aanlanding in Port of Moerdijk mogelijk zijn met re-dispatch. Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (300 MW basisvraag, 400 MW flexibele vraag). |
| Noordzeekanaalgebied                    | 1                                                                                | Niet van toepassing                                       | +            | Niet van toepassing                                                                                       | Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (8,5 GW basisvraag, 4 GW flexibele vraag).                                                                                                                                                     |

| Aanland-locatie       | Aantal aanlandingen inpasbaar zonder maatregelen | Mogelijke maatregelen | Kansrijkheid | Kosten/impact       | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|--------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kop van Noord-Holland | 1                                                | Niet van toepassing   | +            | Niet van toepassing | Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (2,5 GW basisvraag, 1,5 GW flexibele vraag).                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Limburg               | 1                                                | Niet van toepassing   | +            | Niet van toepassing | Limburg is (ook) een alternatieve aanlandlocatie voor regio's waar wind op zee niet inpasbaar is zonder maatregelen. Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (3,5 GW basisvraag, 2 GW flexibele vraag).                                                                                                                                                       |
| Eemshaven             | 1                                                | Niet van toepassing   | +            | Niet van toepassing | Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (1 GW basisvraag, 2 GW flexibele vraag). Volgens de laatste inzichten kan een tunnelroute niet voor 2040 gerealiseerd zijn. Om nog een aanlanding voor of rond 2040 te kunnen realiseren, kan gekeken worden of de Oude Westereemsroute door het Eems-Dollard Verdragsgebied een reële mogelijkheid is <sup>6</sup> . |

## 4.3 Eemshaven

### 3,2 GW kerncentrales in Eemshaven

Binnen het 2040KM scenario zijn er geen (onbeheersbare) knelpunten in het net rondom Eemshaven aanwezig. In het directe gebied is veel (flexibele) vraag in de vorm van datacenters, elektrolyse en grootschalige BESS-systemen (batterijen) verondersteld in het scenario. Er zijn transportbewegingen richting de provincie Noord-Holland (via Zwolle en Ens) aanwezig, maar deze passen binnen de transportcapaciteit en leiden niet tot (onbeheersbare) knelpunten.

Bij het inpassen van een 3,2 GW kerncentrale verandert dit beeld niet. ENT op directe lijnen in het gebied nemen gering toe, maar blijven ruimschoots binnen beheersbare waarden.

Om de inpasbaarheid zoals deze is doorberekend wel mogelijk te maken, is het van belang dat de eerdergenoemde grootschalige vraag zoals die in het scenario is verondersteld er komt (1 GW basisvraag en 4 GW flexibele vraag).

<sup>6</sup> De aanlanding via het EDV-gebied is een 'conventionele aanlanding' i.t.t. de tunneloptie. Door de afspraken die er gemaakt zijn tijdens de North Sea Summit in Hamburg in januari 2026 over meer samenwerking en het versnellen en meer inzetten op energie-onafhankelijkheid is er mogelijk weer momentum ontstaan om deze route met de Duitse autoriteiten te onderzoeken.

### Raakvlakken met wind op zee

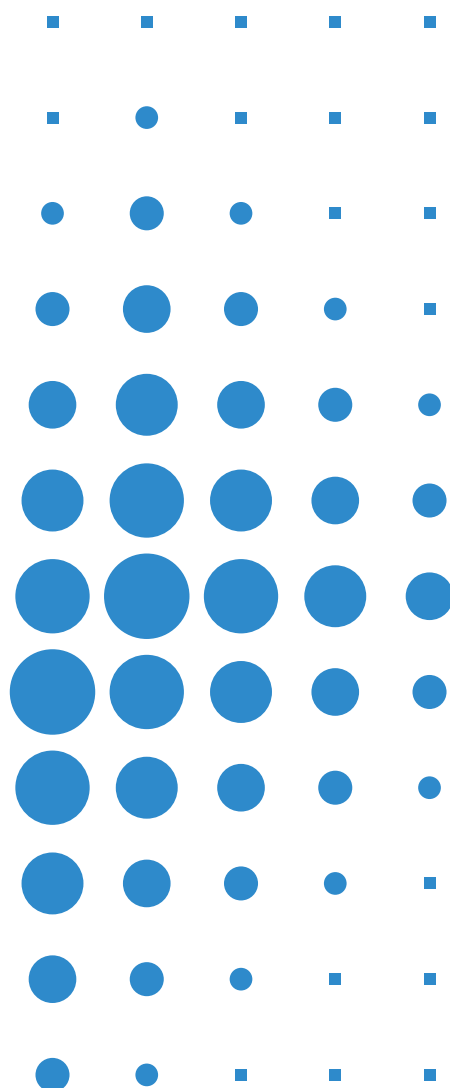
In de tabel hieronder wordt voor iedere mogelijke locatie voor de aanlanding van wind op zee aangegeven hoe deze wordt beïnvloed door 3,2 GW aan kerncentrales op in Eemshaven. Daarbij worden mogelijke maatregelen genoemd die knelpunten wel of niet op kunnen lossen.

#### Uitgangspunten in deze tabel:

- De inpasbaarheid zoals hieronder beschreven is alleen van toepassing wanneer 3,2 GW aan kerncentrales in Eemshaven zouden staan;
- Op alle aangegeven aanlandlocaties moet er sprake zijn van de vraagontwikkeling zoals in het KM2040\_30GW WoZ scenario. Als deze achterblijft kan de inpasbaarheid van een aanlanding veranderen;
- De inzichten voor wind op zee in Zeeland en Port of Moerdijk zijn niet doorgerekend in een 30GW wind op zee scenario met de kerncentrales in Eemshaven. Het lijkt op basis van de opgedane beelden mogelijk om één aanlanding in Port of Moerdijk te faciliteren zonder aanvullende maatregelen.

| Aanland-locatie       | Aantal aanlandingen inpasbaar zonder maatregelen                              | Mogelijke maatregelen                                        | Kansrijkheid | Kosten/impact                                                                                                                      | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Europoort             | 0                                                                             | (Flexibele-) vraagontwikkeling en vraagsturing in Maasvlakte | + -          | Ongeveer 2 GW aan additionele flexibele vraag is nodig ten opzichte van het KM2040 scenario (4 GW basislast, 5 GW flexibele vraag) | Opwek op Maasvlakte wordt met aanlanding op Europoort meer verdeeld tussen Europoort en Amaliahaven, wat positief is. Zonder aanlanding op Europoort gaat opwek op MVL (meer) richting Europoort. Het knelpunt Europoort-MVL is in de basis al aanwezig en bij momenten van hoge wind op zee opwek is er met aanlanding op Europoort netto meer invoeding in het gebied en hebben ook de verbindingen richting Bleiswijk ENT. Om nieuwe aanlandingen mogelijk te maken is (flexibele) vraag met een bepaald profiel in het gebied nodig om de extra opwek af te nemen. |
| Port of Moerdijk      | 1 (als er geen aanlanding wind op zee (en/of kerncentrales) komen in Zeeland) | Niet van toepassing                                          | +            | Niet van toepassing                                                                                                                | De aanlanding is beheersbaar met redispatch zolang er geen aanlanding en/of kerncentrale in Zeeland bijkomt. Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (300 MW basisvraag, 400 MW flexibele vraag).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Noordzeekanaalgebied  | 1                                                                             |                                                              | +            |                                                                                                                                    | Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (8,5 GW basisvraag, 4 GW flexibele vraag).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Kop van Noord-Holland | 1                                                                             |                                                              | +            |                                                                                                                                    | Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (2,5 GW basisvraag, 1,5 GW flexibele vraag).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Aanland-locatie     | Aantal aanlandingen inpasbaar zonder maatregelen | Mogelijke maatregelen         | Kansrijke-heid | Kosten/impact                                                                             | Toelichting                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Limburg             | 1                                                |                               | +              |                                                                                           | Limburg is (ook) een alternatieve aanlandlocatie voor regio's waar wind op zee niet inpasbaar is zonder maatregelen. Vraagontwikkeling zoals in KM2040 30GW WoZ is nodig (3,5 GW basisvraag, 2 GW flexibele vraag). |
| Zeeland (Terneuzen) | 0                                                | Vraagontwikkeling in de regio | -              | 2 GW aan additionele flexibele vraag t.o.v. KM2040 (2 GW basislast, 6 GW flexibele vraag) | Extra (flexibele) vraag nodig bovenop scenario aannames (bovenop 2 GW basisvraag en 6 GW flexibele vraag).                                                                                                          |



# 5. Conclusies

Het gezamenlijke beeld van de twee studies laat zien dat niet ieder gebied zich leent voor de ontwikkeling van twee kerncentrales in combinatie met vier aanlandingen van wind op zee. Wanneer er bereidheid is om het vermogen van kerncentrales te verlagen en/of om wind op zee in andere gebieden aan te lande dan waar de kerncentrales komen, dan is er meer mogelijk. De inpassing is beoordeeld met de aanname dat de vraag naar elektriciteit zich ontwikkelt volgens het KM2040 scenario. Als die vraag achterblijft, dan verandert ook het beeld bij de inpasbaarheid op deze locaties.

Het antwoord op de vraag die gesteld is – hoe zijn twee kerncentrales en vier aanlandingen voor wind op zee in de kustregio's in 2040 inpasbaar – wordt samengevat in dit hoofdstuk. TenneT ziet drie varianten waarbij inpasbaarheid op die manier mogelijk is. Daarbij is een onderscheid te zien in de complexiteit daarvan. Vanuit het perspectief van het hoogspanningsnet zijn varianten A en B het minst complex. Variant C vraagt weliswaar om stevige maatregelen, maar heeft ook positieve effecten op bestaande knelpunten vanwege de ligging in het havengebied en is daarom wel een interessante variant om te overwegen.

## Advies bij locatiekeuzes

TenneT adviseert het ministerie, vanuit het perspectief van het hoogspanningsnet, om één van de opties (hieronder op willekeurige volgorde) te overwegen voor de gezamenlijke inpassing van kerncentrales en wind op zee:

### A) Kerncentrales met een vermogen van 2,2 GW in het zoekgebied Terneuzen, in combinatie met vier 2 GW aanlandingen van wind op zee in:

- **Kop van Noord-Holland;**
- **Noord-Holland Zuid, en**
- **Port of Moerdijk (met maatregelen)**
- **Zuid-Holland (met maatregelen)**

De kerncentrales en deze eerste twee aanlandlocaties kunnen zonder maatregelen of met operationele maatregelen van TenneT, aangesloten worden. Inpassing van wind op

zee in Port of Moerdijk en Zuid-Holland is geen gegeven. Hiervoor moeten maatregelen getroffen worden, die de haalbaarheid complexer maken. Zie daarvoor hoofdstuk 4.

Er zijn bij deze variant nog twee alternatieve aanlandlocaties denkbaar: een diepe aanlanding in Limburg en een aanlanding in Eemshaven. Deze kunnen zonder knelpunten worden ingepast. Bij Eemshaven speelt echter dat een tunnelroute volgens de laatste inzichten niet voor 2040 gerealiseerd kan worden. Om nog een aanlanding voor of rond 2040 te kunnen realiseren, kan gekeken worden of de Oude Westereemsroute door het Eems-Dollard Verdragsgebied een reële mogelijkheid is.

Bij deze variant moet worden voldaan aan twee essentiële randvoorwaarden. Dat is ten eerste dat er geen nieuwe aanlanding van wind op zee kan komen in Zeeland, in combinatie met de kerncentrales. Daarnaast is een minimale basisvraag van 2 GW en flexibele vraag van 6 GW nodig in de regio Zeeland (uit het KM2040 scenario)

### B) Kerncentrales met een vermogen van 2,2 of 3,2 GW in het zoekgebied Eemshaven, in combinatie met vier 2 GW aanlandingen van wind op zee in:

- **Kop van Noord-Holland;**
- **Noord-Holland Zuid;**
- **Port of Moerdijk;**
- **Terneuzen (met maatregelen), en/of Zuid Holland (met maatregelen)**

De kerncentrales en de eerste drie aanlandlocaties kunnen zonder maatregelen of met operationele maatregelen van TenneT, aangesloten worden. Inpassing in Terneuzen en Zuid-Holland is geen gegeven. Hiervoor moeten maatregelen getroffen worden, die de haalbaarheid complexer maken. Dit gaat met name om extra vraagontwikkeling. Zie voor meer informatie hoofdstuk 4. Er is bij deze variant nog een alternatief denkbaar voor de aanlanding van wind op zee: een diepe aanlanding in Limburg. Deze kan zonder knelpun-

ten worden ingepast en kan de druk van de ontwikkelingen op de kustregio's verminderen.

- C) Kerncentrales met een vermogen van 2,2 of 3,2 GW in het zoekgebied Maasvlakte, in combinatie met vier 2 GW aanlandingen van wind op zee in: Kop van Noord-Holland;**
- **Kop van Noord-Holland;**
  - **Noord-Holland Zuid;**
  - **Terneuzen of Port of Moerdijk**

Voor een vierde aanlanding zijn maatregelen nodig die verder verkend moeten worden. Gedacht kan worden aan: een diepe aanlanding, een tweede aanlanding in Noord-Holland Zuid, een combinatie van Terneuzen en Port of Moerdijk of aanlanding in Eemshaven. Voor deze opties is nader onderzoek nodig en/of spelen andere afwegingen buiten de scope van TenneT een rol.

De eerste drie aanlandlocaties voor wind op zee kunnen zonder maatregelen of met operationele maatregelen van TenneT, aangesloten worden.

Kerncentrales op de Maasvlakte komen in beeld als er wordt voldaan aan een tweetal essentiële randvoorwaarden. Dat is in eerste instantie dat er geen nieuwe aanlanding van wind op zee kan komen in Zuid-Holland. Daarnaast is een minimale basisvraag van 4 GW en 8 GW flexibele vraag nodig in het Havengebied van Rotterdam. Het kan noodzakelijk zijn een nieuw 380/150 kV koppel-station (in combinatie met een aanpassing van het 150 kV-net) te realiseren om deze grote vraagontwikkeling te faciliteren.

### Reflectie op elektriciteitsvraag

In het overzicht van mogelijke maatregelen komt steeds 'vraagontwikkeling en vraagsturing' als mogelijke maatregel terug. Dit betreft extra lokale vraag ten opzichte van de scenario aannames en regionalisatie van vraag. Dit betekent geen toename van de vraag ten opzichte van de aangenomen landelijke scenariovraag, maar een verschuiving van de vraag in Nederland. Er zitten echter grenzen aan hoeveel extra vraag lokaal kan worden gecreëerd als oplossing voor inpassing van grootschalige opwek van wind op zee in de kustregio's.

Waar het vraagontwikkeling betreft die maatschappelijk relevant wordt geacht en voldoende economische waarde toevoegt, is het zinvol om deze te 'sturen' naar plekken waar deze nettechnisch positief bijdraagt. Maar als het vraagontwikkeling betreft die beperkt economische waarde toevoegt en/of minder maatschappelijk relevant wordt geacht, dan moet worden overwogen of dit in combinatie met de kosten van het realiseren van de productie en infrastructuur uiteindelijk netto positieve waarde toevoegt. Daarnaast ziet TenneT steeds meer signalen dat een grote groei in 'locatieflexibele' vraagontwikkeling geen gegeven is en dat technieken waar veel van werd verwacht een trager en lager uitrotpad kennen (elektrolyzers). Of dat deze technieken toch minder flexibel blijken te kunnen opereren dan aansluit bij weersafhankelijke productie (datacenters, elektrolyzers). Dat maakt het inpassen van steeds meer productie op (ongeveer) dezelfde plekken in Nederland steeds ingewikkelder.

In plaats van focussen op of er voldoende extra elektriciteitsvraag op bepaalde wenselijke plekken voor productie kan worden gerealiseerd, zal voor de verdere uitrol van wind op zee, kernenergie en eventuele andere opwek vooral naar de verwachte (autonome) groei van elektriciteitsvraag moeten worden gekeken. En dan de mogelijkheden onderzoeken of productie daar lokaler kan worden opgewekt. Bijvoorbeeld met small modular reactors (SMR's) verspreid over het land, of dat wind op zee door middel van diepe aanlandingen naar deze binnenlandse vraagcentra kan worden gebracht.

Het nieuwe Nationaal Plan Energiesysteem biedt kansen om op deze manier naar de gewenste ontwikkeling van het energiesysteem te kijken en daarin het verdere uitrotpad van o.a. wind op zee, kernenergie, conventionele centrales en opslag hierop af te stemmen.

### Reflectie op het tijdspad

Binnen de context van deze notitie ligt de focus op zichtjaar 2040. Het is mogelijk dat het tijdspad van de ontwikkelingen die zijn aangenomen in het 2040 scenario anders verlopen, bijvoorbeeld met een trager ontwikkelpad richting 2045 of 2050. In deze periode zijn nog geen aanvullende netuitbreidingen voorzien anders dan aangenomen binnen deze studie.

TenneT verwacht niet dat het 380 kV AC netwerk nog verder uitgebreid kan worden. Er is met een ander tijdsplan vooral meer tijd om de benodigde vraag te ontwikkelen, wat de genoemde varianten een grotere slagingskans geeft.

### Strategische overwegingen

Bovenstaand beeld kan gunstiger worden als er bepaalde strategische keuzes worden gemaakt. Vanuit het hoogspanningsnet geredeneerd zijn dat:

- Maximaal inzetten op (flexibele) vraagontwikkeling in de regio's van de locatiekeuzes, waarbij de opwek van wind op zee en/of kernenergie en het verbruik door flexibele vraag qua profiel met elkaar in de pas lopen;
- Overwegen om te kiezen voor een lager vermogen voor de kerncentrales of voor het niet bij elkaar plaatsen van twee kerncentrales. Een vermogen van 2,2 GW of minder zorgt voor aanzienlijke verlichting van knelpunten ten opzichte van 3,2 GW;
- Overwegen om te kiezen voor diepe aanlanding van wind op zee. Diepe aanlanding verder landinwaarts kan zorgen voor aanzienlijke verlichting in regio's waar anders een overschot van aanbod is. In de studie is diepe aanlanding in Limburg onderzocht; een optie die zonder aanvullende maatregelen ingepast kan worden op het hoogspanningsnet. Andere afwegingen spelen hier vanzelfsprekend ook een rol, maar vanuit het hoogspanningsnet bezien is diepe aanlanding een goede strategie om extra inpassing mogelijk te maken;
- Verder ontwikkelen van nieuwe technologieën, zoals een overlay grid (met nationale of internationale scope). Dergelijke ontwikkelingen kunnen helpen bij het realiseren van aanvullende ambities. TenneT onderzoekt momenteel de technische mogelijkheden van verschillende technieken voor een overlay grid.

TenneT roept het ministerie van EZK op om deze punten te overwegen om de slagingskans van inpassing te vergroten.

### Tot slot: blik op aanvullende ambities nieuwe kabinet

In deze notitie heeft TenneT zich gericht op de inpassing van 4x2GW WOZ en 2 kerncentrales, boven op de bestaande Routekaart WOZ van 23GW en behoud van de bestaande Borssele centrale.

Voor windenergie komt het totaal daarmee op ongeveer 31 GW in 2040 (30 GW na het uit bedrijf nemen van 1 GW aan windparken). In het coalitieakkoord van 30 januari 2026 zijn aanzienlijk hogere ambities geformuleerd. Er wordt gesproken over 40 GW wind op zee (in lijn met de bovenkant van de bandbreedte in WIN) en meer nieuwe kerncentrales (mogelijk SMR's). Deze ambities zijn enorm en vergen op alle vlakken extra maatregelen om ze (mogelijk) te kunnen accommoderen.

Allereerst zou er een nog sterkere groei van de vraagontwikkeling moeten komen om deze extra elektriciteitsproductie ook daadwerkelijk nationaal te gaan gebruiken en om gezonde marktomstandigheden voor elektriciteitsproducenten in Nederland te bieden. Desondanks zou op veel uren in het jaar sprake zijn van (veel) meer elektriciteitsproductie dan de binnenlandse vraag en zou er geproduceerd worden voor export. Dit met name op momenten van veel wind en zon.

Tegelijkertijd is er op momenten van weinig wind en zon sprake van meer import uit het buitenland. Die mismatch maakt dat er een aanzienlijke transportbehoefte is. TenneT ziet daarom een scenario van 40 GW opwek van wind op zee als een scenario dat niet meer nationaal benaderd kan worden, maar per definitie een Europese dimensie heeft. Er ontstaan dan enorme pieken, die gebalanceerd moeten worden door middel van interconnectie, cost sharing en andere maatregelen op Europees niveau.

Naast groei van de elektriciteitsvraag is ook veel meer elektriciteitsinfrastructuur nodig om de elektriciteitsproductie te absorberen, waarbij de uitbreiding van het huidige 380 kV net maar beperkt mogelijk is. TenneT ziet met deze doelstellingen een noodzaak om diepe aanlandingen van wind op zee voortvarend door te zetten. En daarnaast ook de verkenningen van een DC overlay grid en tweerichting-energiehubs te intensiveren. Daarbij kan ook gekeken worden naar additionele DC-interconnecties naar buurlanden.

TenneT ziet de ontwikkeling van haar eigen Target Grid en het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) van het ministerie van KGG als de meest geschikte instrumenten om gezamenlijk antwoorden te vinden op deze vraagstukken.

# 6. Bijlage 1

## Samenvatting bevindingen studie inpassing kerncentrales

### Studies naar kernenergie

Naar de inpassing van de ambities op het gebied van kernenergie doet TenneT sinds een aantal jaren onderzoek voor het ministerie van KGG. In februari 2024 zijn de resultaten van een analyse gepubliceerd met de hoofdvraag: 'zijn nieuwe kerncentrales inpasbaar in het hoogspanningsnet, zonder knelpunten te veroorzaken?'. Zie: [Netinpassing nieuwe kerncentrales Borssele en Maasvlakte onderzocht](#).

In mei 2025 heeft het ministerie de Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (cNRD) voor kerncentrales gepubliceerd, waaruit duidelijk werd dat vier mogelijke gebieden in beeld zijn voor de eerste twee nieuwe centrales: Sloegebied, Terneuzen, Maasvlakte en Eemshaven. In september 2025 is TenneT begonnen met een systeemstudie naar de nettechnische inpassingsmogelijkheden van kerncentrales in deze gebieden, in combinatie met de data en scenario's van het nieuwe investeringsplan (IP2026).

Er is hierbij uitgegaan van twee centrales in hetzelfde gebied met een totaal vermogen van 3,2 GW. Daarnaast is in deze studie uitgegaan van in totaal 40 GW wind op zee (elektrisch ontsloten). Overige aannames zijn gebaseerd op de scenario's zoals eerder beschreven en hier te vinden: [Regionale scenario's en datasets van de Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025 | Netbeheer Nederland](#).

De studie wordt openbaar na bekendmaking van de concept-locatiekeuzes voor de kerncentrales door het ministerie van EZK. Op dat moment is de studie, met meer toelichting, te vinden op de website van TenneT. Hieronder volgt een samenvatting van de uitkomsten.

### Doel en uitgangspunten van de studie

TenneT heeft in opdracht van het ministerie onderzocht of twee nieuwe kerncentrales van 3,2 GW (1,6 GW elk) in het Sloegebied, Terneuzen, Eemshaven of op de Maasvlakte

inpasbaar zijn in het hoogspanningsnet. Het doel van deze studie is om te laten zien of de komst van twee kerncentrales in één van deze gebieden zorgt voor knelpunten of dat deze zonder problemen ingepast kunnen worden. Hiervoor heeft TenneT gebruik gemaakt van de uitgangspunten en aannames zoals beschreven in hoofdstuk 3 van deze notitie en in hoofdstuk 5 van het Investeringsplan. Specifiek voor de gebieden in Zeeland is op verzoek ook een variant van 2,2 GW kernenergie doorgerekend<sup>3</sup>.

Bij het analyseren van de vier mogelijke kerncentrale locaties zijn er negen aanvullende (bovenop 23 GW uit de huidige Routekaart wind op zee) 2 GW-aanlandingen van wind op zee gebruikt voor de studie:

- Eemshaven (Oostpolderweg, raakvlak met inpassing kerncentrales in die regio)
- Port of Moerdijk 2x (raakvlak met inpassing kerncentrales in Zeeland)
- Europoort (raakvlak met inpassing kerncentrales in die regio)
- Noordzeekanaalgebied 2x
- Kop van Noord-Holland
- Zeeland (raakvlak met inpassing kerncentrales in Zeeland)
- Limburg

### Bevindingen

De inpasbaarheid van kerncentrales is sterk afhankelijk van de (regionale) ontwikkeling van vraag en aanbod. Met andere woorden: als zowel de aanlanding van wind op zee als de nieuwe kerncentrales zich in hetzelfde gebied bevinden, dan zorgt dit voor een grote piek in het aanbod van elektriciteit. De vraag naar elektriciteit in dat gebied staat daar dan niet toe in verhouding. Dit leidt tot grote transporten naar andere regio's of het buitenland en kan niet zondermeer gefaciliteerd worden. Dit speelt bij kerncentrales in Zeeland of op de Maasvlakte. Een combinatie met de aanlanding van wind op zee nabij die locaties is bij voorbaat niet mogelijk.

De belangrijkste conclusies uit de studie zijn, per gebied, als volgt:

### Maasvlakte

#### Aannames:

- Aansluitlocatie kerncentrale Europoort 380 kV;
- Een aansluiting van 2 GW wind op zee op Europoort, bovenop bestaande plannen uit de Routekaart 23 GW;
- Een toename van de elektriciteitsvraag volgens het KM2040 scenario.

**Conclusie:** de twee kerncentrales zijn niet inpasbaar op de Maasvlakte zonder aanvullende maatregelen.

Op deze locatie nemen de knelpunten gerelateerd aan lokale productie toe als kernenergie wordt ingepast op de Maasvlakte. Dat is bijvoorbeeld het geval wanneer het hard waait, terwijl de kerncentrales ook produceren. Dit heeft gevolgen voor de verbindingen richting Wateringen en richting Simonshaven.

### Eemshaven

#### Aannames:

- Aansluitlocatie Eemshaven Oostpolderweg 380 kV (EHO);
- Een extra aansluiting van 2 GW wind op zee bij Eemshaven, bovenop bestaande plannen uit de Routekaart 23GW;
- Een toename van de elektriciteitsvraag volgens het KM2040 scenario.

**Conclusie:** Het aansluiten van twee kerncentrales in Eemshaven leidt niet tot extra overschrijdingen in het directe gebied. Ook de overschrijdingen richting het Noordzeekanaalgebied nemen niet significant toe en blijven beheersbaar met operationele maatregelen. Daarom zijn kerncentrales in de regio Eemshaven inpasbaar.

### Sloegergebied

#### Aannames:

- Aansluitlocatie Nieuwdorp Liechtensteinweg 380 kV;
- Een extra aansluiting van 2 GW wind op zee in Zeeland, bovenop bestaande plannen uit de huidige Routekaart 23 GW;
- Een toename van de elektriciteitsvraag volgens het KM2040 scenario.

**Conclusie:** er is veel opwek aangesloten op de stations Borssele (BSL) en Nieuwdorp-Liechtensteinweg (NDLS). Hoewel in het scenario wordt uitgegaan van een significante hoeveelheid aan (flexibele) vraag in Borssele en het Sloegergebied, overstijgt de productie deze nog steeds ruimschoots. Hierdoor zien we significante knelpunten in Zeeland en Noord-Brabant. Daarom zijn kerncentrales van 3,2 GW in het Sloegergebied niet inpasbaar. Centrales met een kleiner vermogen van 2,2 GW zouden inpasbaar gemaakt kunnen worden met stevige maatregelen. Een voorwaarde daarbij is dat er geen extra aanlanding voor wind op zee in Zeeland komt. TenneT ziet geen mogelijkheid voor beide ontwikkelingen naast elkaar in dit gebied.

### Terneuzen

#### Aannames:

- Aansluitlocatie nieuwbouwstation Terneuzen 380kV;
- Een extra aansluiting van 2 GW wind op zee in Zeeland, bovenop bestaande plannen uit de Routekaart 23 GW;
- Een toename van de elektriciteitsvraag volgens het KM2040 scenario.

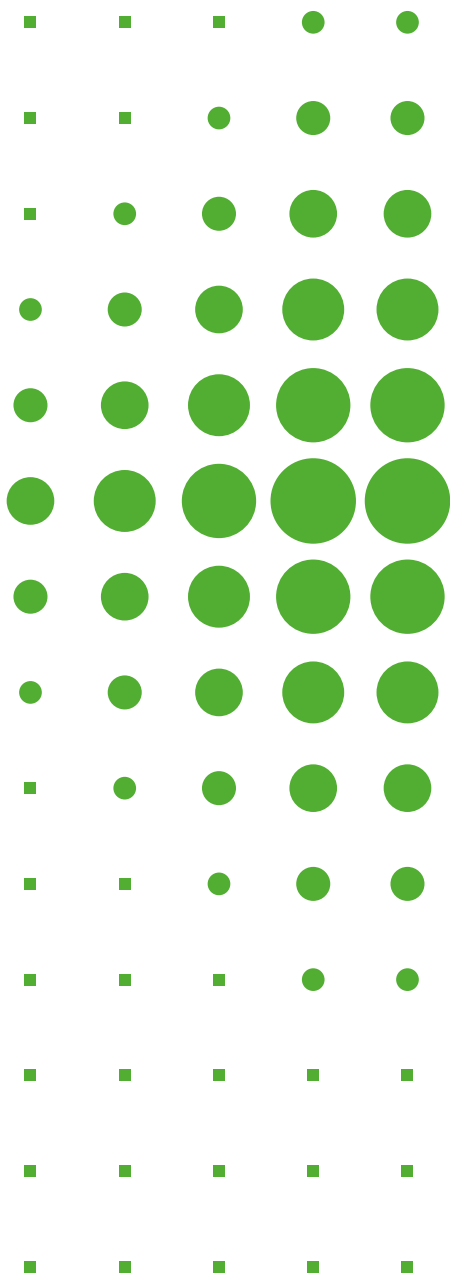
**Conclusie:** Vanwege de lagere totale hoeveelheid productie in Terneuzen, is een kerncentrale hier beter inpasbaar dan in het Sloegergebied.

Het aansluiten van een kerncentrale met een vermogen van 2,2 GW in Terneuzen leidt er niet toe dat de verbindingen van Terneuzen richting Rilland een onoverkomelijk knelpunt worden. Knelpunten die daar ontstaan zijn met operationele maatregelen (redispatch) beheersbaar. Dat geldt niet voor een vermogen van 3,2 GW. Een voorwaarde bij de inpassing van 2,2 GW kernenergie is dat er geen extra aanlanding voor wind op zee in Zeeland komt. TenneT ziet geen mogelijkheid voor beide ontwikkelingen naast elkaar in dit gebied.

### Zeeland algemeen

Bij zowel het Sloegebied als Terneuzen als aansluitlocatie voor kerncentrales worden knelpunten waargenomen 'voorbij Rilland'. Deze knelpunten ontstaan door het transporteren van de elektriciteitsproductie in Zeeland richting de Randstad/Havengebied van Rotterdam, op het tracé tussen Rilland en Geertruidenberg. Dit heeft impact op de mogelijkheden om wind op zee aan te sluiten in Noord-Brabant en vereist extra maatregelen in het hoogspanningsnet in Brabant.

In overleg met het ministerie van KGG heeft TenneT tijdens de uitvoering van de studies ook een aantal gevoeligheden getoetst voor een hoeveelheid van 2,2 GW aan kernenergie in Zeeland. Uit die analyse komt naar voren dat deze hoeveelheid van 2,2 GW inpasbaar is in Terneuzen (met redispatch). Daarvoor is dan wel een aantal operationele maatregelen nodig, naast de toenemende vraag zoals verondersteld in het KM2040 scenario en geen verdere aanlandingen van wind op zee meer in Zeeland na de uitvoering van de Routekaart 23GW. Dit vermogen is niet inpasbaar in zoekgebied Sloegebied zonder maatregelen. Kerncentrales met een vermogen van 3,2 GW in Zeeland zijn, vanuit het hoogspanningsnet gere-deneerd, niet inpasbaar.



# 7. Bijlage 2

## Samenvatting bevindingen studie 30 GW wind op zee

### Studies naar wind op zee

Voor wind op zee zijn in de afgelopen jaren analyses uitgevoerd voor het programma VAWOZ. Voor VAWOZ heeft TenneT in een eerdere analyse gerekend met ongeveer 40 GW wind op zee in 2040, waarbij gebruik is gemaakt van scenario's uit de Integrale Infrastructuur verkenning 2030-2050 (II3050). De gehanteerde scenario's en rekenmethodiek is (deels) anders dan die gehanteerd wordt voor de investeringsplannen. In Hoofdstuk 5 wordt een vervolganalyse gepresenteerd die recent is uitgevoerd voor het programma VAWOZ, waarbij het KM2040 scenario uit het IP2026 is gehanteerd met aanzienlijke bijstelling van de vraagontwikkeling naar beneden, met name ten aanzien van de flex vraag (elektrolyse).

In de zomer van 2025 is het Windenergie Infrastructuurplan Noordzee (WIN) gepubliceerd waarin een bandbreedte van wind op zee van 30 tot 40 GW in 2040 is opgenomen. In het najaar van 2025 heeft TenneT een analyse uitgevoerd met 30 GW wind op zee in 2040 (4 x 2 GW boven op de Routekaart van 23 GW wind op zee). 1 GW wind op zee gaat tegen die tijd uit productie, waardoor het totaal op 30 GW uitkomt. Hierbij is uitgegaan van 3,7 GW kerncentrales in het Sloegebied (3,2 GW aan nieuwe centrales en 500 MW vanuit de bestaande centrale).

### Doel en uitgangspunten van de studie

Eind 2023 is de Wind op zee Routekaart 2023 afgerond. Er wordt nu gewerkt aan het doel om in 2033 met windparken op zee 23 GW aan energie op te wekken (de huidige Routekaart 23GW). Inmiddels is de markt voor wind op zee verslechterd en de (industriële) vraag naar elektriciteit groeit minder snel dan in eerdere scenario's werd verondersteld<sup>7</sup>. Dit heeft geleid tot vertraging van de uitrol van windparken op zee. Met de publicatie van het Windenergie Infrastructuurplan Noordzee (WIN) en het Actieplan Wind op Zee, is een bandbreedte van 30-40 GW wind op zee in beeld gekomen voor 2040. Waarbij gesteld is dat de

vraagontwikkeling bepalend is voor de benodigde hoeveelheid windenergie op zee.

In overleg met het ministerie heeft TenneT een studie uitgevoerd met een scenario waarin er sprake is van 30 GW wind op zee in 2040. Er is hiervoor, net als bij de studie over de kerncentrales, uitgegaan van het KM2040 scenario uit het IP2026 (zie voor toelichting hoofdstuk 3). Dit scenario is aangepast voor deze studie door in plaats van 40 GW uit te gaan van 30 GW elektrische opwek vanuit wind op zee. Opwek uit andere bronnen is gelijk gehouden volgens het oorspronkelijke scenario. Tot slot is de onshore elektrolysevraag naar beneden bijgesteld van 12 GW naar 3 GW in 2040, deels vanwege het wegvallen van offshore waterstof productie in het scenario en ook om het scenario in balans te brengen met het verlaagde aanbod en in die hoedanigheid modelmatig waardevolle inzichten te krijgen.

Voor een passende vergelijking tussen de verschillende locaties voor wind op zee, is gebruik gemaakt van één gebied en één hoeveelheid voor kernenergie: 3,7 GW in Zeeland. Dit gaat om 3,2 GW vanuit de twee nieuw te bouwen centrales en 500 MW vanuit de bestaande Borssele centrale. In het investeringsplan en de TenneT-studie naar inpassing van kerncentrales, is duidelijk geworden dat er grote knelpunten optreden in Zeeland wanneer daar zowel kerncentrales als extra aanlandingen vanaf zee zouden komen. Om die reden is in deze studie 3,7 GW kernenergie in Zeeland aangenomen voor alle varianten en is voor wind op zee gekeken naar andere locaties dan Zeeland. De term 'extra aanlandingen' betekent hier vier aanlandingen boven op de geplande projecten binnen de bestaande Routekaart 23GW.

De vraag die in deze studie centraal stond is wat de impact is van de aanlanding van wind op zee op verschillende locaties, om zo een inschatting te kunnen maken welke regio's zich hier het

<sup>7</sup> Ook voor het tweede deel van de huidige routekaart vanaf 10,5GW geldt al dat deze alleen conditioneel ingepast kan worden. Regionale vraagontwikkeling maar ook vraagsturing (windprofiel volgend) is al een randvoorwaarde voor een goede netinpassing van de routekaart 23GW.

beste voor lenen. Daarvoor zijn vier verschillende configuraties gebruikt, waarbij op verschillende locaties een extra hoeveelheid wind op zee is voorzien ten opzichte van de hoeveelheden in de

huidige Routekaart 23GW. Deze vier configuraties komen terug in onderstaande tabel, naast de huidige Routekaart. De locaties die onderzocht zijn, worden daaronder kort toegelicht.

|                       | Routekaart<br>windenergie op<br>zee 23 GW | Configuratie<br>A – bovenop<br>routekaart | Configuratie<br>B – bovenop<br>routekaart | Configuratie<br>C – bovenop<br>routekaart | Configuratie<br>D – bovenop<br>routekaart |
|-----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Noord-Nederland       | 4,6 GW <sup>8</sup>                       | -                                         | -                                         | -                                         | -                                         |
| Kop van Noord-Holland | 0 GW                                      | 2 GW                                      | 2 GW                                      | 2 GW                                      | 2 GW                                      |
| Noord-Holland Zuid    | 3 GW <sup>9</sup>                         | 2 GW                                      | -                                         | 2 GW                                      | 2 GW                                      |
| Zuid-Holland          | 7,5 GW                                    | 2 GW                                      | 2 GW                                      | -                                         | 2 GW                                      |
| Zeeland               | 5,5 GW                                    | -                                         | -                                         | -                                         | -                                         |
| Geertruidenberg       | 2 GW                                      | -                                         | -                                         | -                                         | -                                         |
| Port of Moerdijk      | 0 GW                                      | 2 GW                                      | 4 GW                                      | 4 GW                                      | -                                         |
| Limburg               | 0 GW                                      | -                                         | -                                         | -                                         | 2 GW                                      |
| <b>Totaal</b>         | <b>23 GW</b>                              | <b>8 GW</b>                               | <b>8 GW</b>                               | <b>8 GW</b>                               | <b>8 GW</b>                               |

### Bevindingen per regio

#### Noord-Nederland

In deze regio zijn aanvullende aanlandingen, boven op de al geplande aanlanding van het project Doordewind II, niet onderzocht in deze studie. Extra aanlanding lijkt nettechnisch inpasbaar op basis van eerdere berekeningen en zien we daarom vanuit netperspectief als kansrijk (zie hoofdstuk 4).

#### Kop van Noord-Holland

Eén 2 GW-aanlanding is inpasbaar als een mastenrij met twee 380 kV-circuits is gerealiseerd (dit gebeurt in het huidige NNHN-project), waarbij het gunstig is als er substantieel flexibele vraag in de Kop van Noord-Holland wordt ontwikkeld om transport van elektriciteit naar de Randstad te reduceren.

#### Noord-Holland Zuid

Eén aanlanding van 2 GW op deze locatie is inpasbaar als de vraag zich ontwikkelt volgens de verwachting van de industrie in het Westelijk Havengebied. Uit de berekening volgt

dat deze conclusie niet afhankelijk is van een nieuwe aanlanding in Zuid-Holland of in de kop van Noord-Holland.

#### Zuid-Holland

Het beeld bij de impact van een aanlanding op Europoort 380 kV en de hoogspanningsverbindingen in de regio is genuanceerd. Door deze aanlanding wordt het lokale overschot aan elektriciteit groter, waardoor knelpunten te groot worden op de verbindingen vanaf Zuid-Holland richting Noord-Holland (Europoort-Westerlee-Wateringen-Bleiswijk) en richting Noord-Brabant (Maasvlakte-Amaliahaven-Simonshaven-Crayestein).

Een aanlanding op station Europoort kan ook leiden tot een verlichting van het knelpunt op de verbinding tussen de Maasvlakte en Europoort. Dit omdat er een grote elektriciteitsvraag verwacht wordt bij Europoort die dan merendeels gefaciliteerd kan worden met deze elektrische aanlanding en minder vanaf de Maasvlakte getransporteerd hoeft te worden. Echter blijft de verbinding tussen Maasvlakte en Europoort ook in dit geval nog steeds een knelpunt, met name op

<sup>8</sup> Inclusief Doordewind II

<sup>9</sup> Dit is inclusief een aangenomen elektrische aanlanding van 700 MW geprojecteerd op 150kV-station Velsen (HKW8).

momenten van hoge wind op zee opwek.

De exacte impact van een aanlanding is zeer afhankelijk van de ontwikkeling van zowel de omvang als locatie van de elektriciteitsvraag. Daarom is de conclusie dat een aanlanding in Zuid-Holland gerealiseerd kan worden als er maatregelen worden genomen. Het wel of niet optreden van knelpunten is afhankelijk van de hoeveelheid en de locatie van de vraagontwikkeling. Idealiter ontwikkelt de vraag zich voornamelijk bij hoogspanningsstations Amaliahaven, Maasvlakte en Europoort.

### Port of Moerdijk

In de 30 GW analyse zijn configuraties voor de aanlanding van wind op zee doorgerekend met nul, één of twee aanlandingen van 2 GW in Port of Moerdijk. Hieruit volgt dat er in het scenario met 1 of 2 aanlandingen in Moerdijk grote knelpunten ontstaan tussen Port of Moerdijk en Geertruidenberg.

Het knelpunt op de verbinding tussen Port of Moerdijk en Geertruidenberg ontstaat door de combinatie van de afvoer van overschotten vanuit Zeeland (aangenomen 3,7 GW kern en 5,5 GW wind op zee volgens Routekaart 23GW) en de potentiële aanlanding(en) in Port of Moerdijk.

Ook zonder aanlanding in Port of Moerdijk zijn er al knelpunten op de verbindingen vanaf Zeeland via Port of Moerdijk naar Geertruidenberg, doordat overschotten van elektriciteit vanuit Zeeland richting de rest van Nederland afgevoerd moeten worden, maar deze zijn beheersbaar.

Als er maatregelen worden genomen voor een forse groei van de vraagontwikkeling in de omgeving van Moerdijk, dan kan dit de inpassing van wind op zee op deze locatie verbeteren, bijvoorbeeld als de Powerport ontwikkelingen in de regio Moerdijk tot stand komen (700 hectare ten behoeve van de energietransitie en het circulair en duurzaam maken van de industrie).

### Diepe aanlanding in Limburg (Einighausen)

Binnen de 30 GW wind op zee variant is één configuratie doorgerekend met een diepe aanlanding in Limburg<sup>10</sup> in plaats van een aanlanding in

Port of Moerdijk. Een diepe aanlanding houdt in dat de windenergie die op de Noordzee wordt opgewekt, direct getransporteerd wordt naar (in dit geval) Limburg en daardoor niet in de kustprovincies (en Port of Moerdijk) het hoogspanningsnet 'opgaat'. Dit heeft als voordeel dat in die kustprovincies het net ontzien wordt en de elektriciteit dichterbij de vraag kan aanlanden.

Een aanlanding in Limburg heeft een positief effect op de (over)belasting van de 380 kV-verbindingen in Noord-Brabant (corridor Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven). De overbelasting op Port of Moerdijk-Geertruidenberg en Tilburg-Eindhoven wordt hiermee beheersbaar.

### Eindconclusies

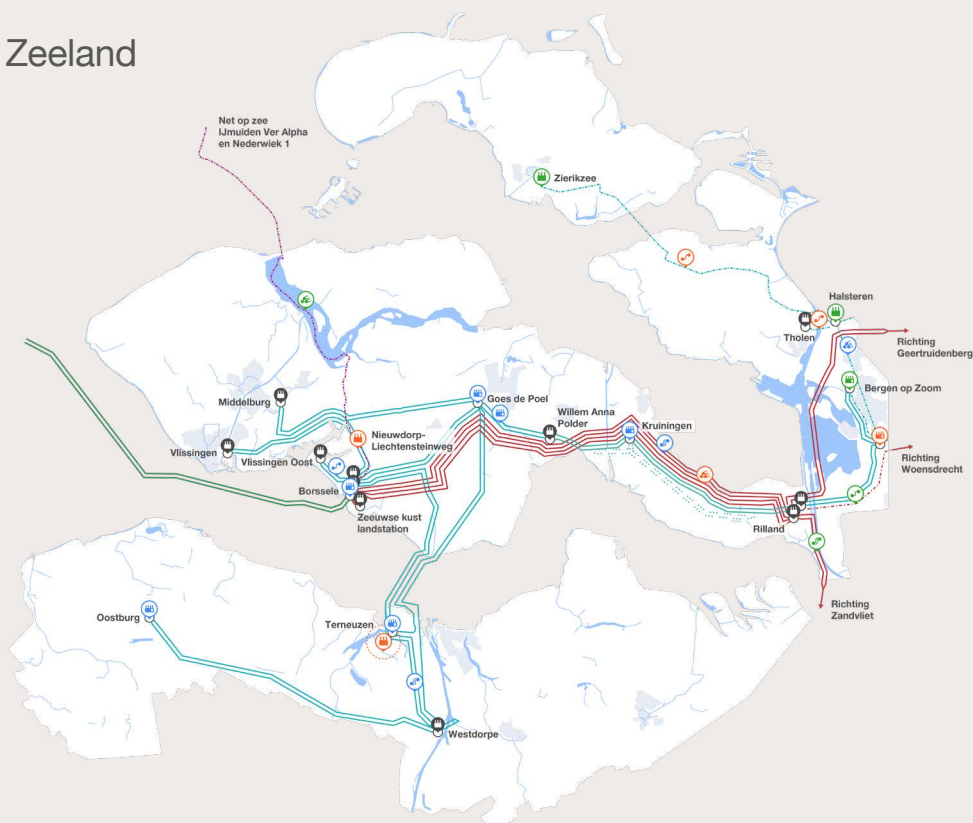
We zien dat knelpunten in dit 30 GW scenario, ten opzichte van het KM2040 scenario uit IP2026 met 40GW wind op zee, aanzienlijk minder zijn. Noord-Holland heeft de minste beperkingen wat betreft het aanlanden van windenergie op zee. In Zuid-Holland is het beeld diffuser en is de mogelijkheid of er nog een aanlanding van 2 GW wind op zee kan plaatsvinden afhankelijk van de hoeveelheid en de locatie van additionele vraagontwikkeling. Een aanlanding bij Europoort zonder additionele vraagontwikkeling lijkt niet mogelijk. Bij een aanlanding in Port of Moerdijk zien we knelpunten ontstaan als er ook kernenergie in Zeeland wordt gerealiseerd. Grootschalige additionele vraagontwikkeling is nodig om aanlanding(en) van wind op zee hier mogelijk te maken. Een alternatieve mogelijkheid voor het beheersbaar houden van de overbelasting van het net is het realiseren van een diepe aanlanding, waarmee windenergie dieper landinwaarts wordt aangeland nabij bestaande vraag.

<sup>10</sup> Op dit moment loopt de Voorverkenning Diepe Aanlanding onder leiding van het ministerie van KGG in nauwe samenwerking met TenneT. Hierin worden behalve Limburg Einighausen nog 10 andere mogelijke diepe aanlandlocaties voor wind op zee onderzocht. Voor deze overige locaties zijn nu nog geen systeemberekeningen doorgevoerd en deze zijn daarom niet verder meegenomen in deze notitie.

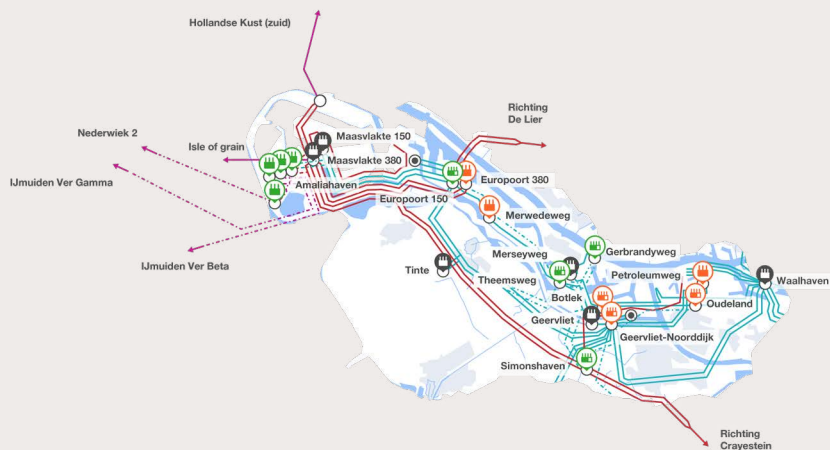
# 8. Bijlage 3

## Kaarten

### Zeeland



### Zuid-Holland Havengebied



# Groningen



## Verbinding

- 380 kV-verbinding
- 220 kV-verbinding
- 110 kV-verbinding
- 525 kV-verbinding

- ... Amoveren verbinding
- ..... Verbinding in aanbouw/planning

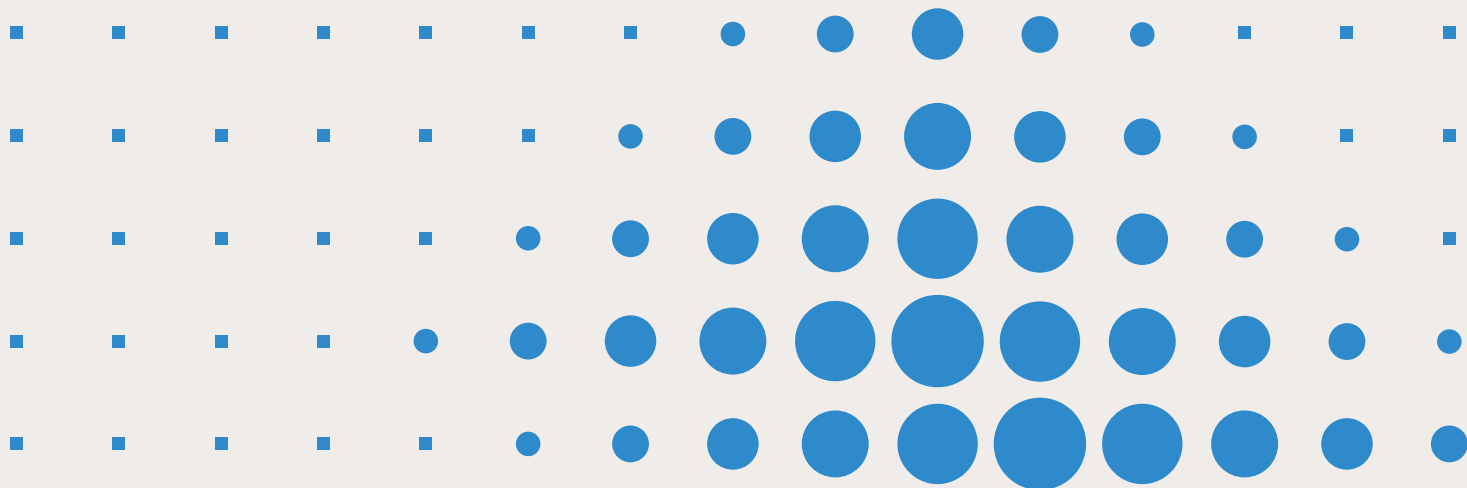
## Werkzaamheden

- Nieuwbouw
- Uitbreiding of vervanging station
- Nieuwe verbinding
- Lijnverzwaring
- Ondergrondse kabelverbinding

## Projectfase

- Realisatie
- Voorbereiding
- Studie

- Bestaande hoogspanningsstation TenneT
- Schakel- en/of transformatorstation klant
- Zoekcirkel, exacte locatie nog niet bekend



**TenneT TSO B.V.**

Utrechtseweg 310, Arnhem  
tennet.eu

