



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Nederlandse Windenergie op Zee Marktrapport 2023

April 2023



**WIND
OP ZEE**

VIERING
ROUTEKAART 2023

Afdruk

Geschreven door:



Auteurs:

Timothée Macquart
Duygu Kucukbahar
Bob Prinsen

Ontwerp:

Phuong Ha

Foto krediet:

Mischa Keijser
TenneT

Editorial:

Gail Rajgor, Editorial Rescue

In opdracht van:



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

Contact:

Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland (RVO)
Graadt van Roggenweg 200, 3531 AH
Utrecht, Nederland
P.O. box 8242 | 3503 RE | Utrecht |
Nederland
woz@rvo.nl
rvo.nl/windenergie-op-zee

Nederlandse Windenergie op Zee Marktrapport 2023

Inhoud

Voorwoord

1. Inleiding en Achtergrond	01
2. Succesvolle Afronding Routekaart 2023	04
2.1. Huidige stand van zaken Nederlandse markt voor offshore-windenergie	04
2.2. Resultaten routekaart 2023	06
2.3. Aandeelhoudersstructuur van de offshore windparken	13
3. Aanbestedingen Offshore Wind en Toekomstige Uitrol	14
3.1. Nederlandse Routekaart Windenergie op Zee 2030+	14
3.2. Ontwikkelingen offshore wind & Noordzee 2030-2050	17
4. De Elektriciteitsmarkt en Elektriciteitsproductie	19
4.1. Aandeel hernieuwbare elektriciteit in Nederland	19
4.2. Indicatoren van de energieprijzen in Nederland	20
5. Offshore-windinnovaties in Nederland	21
6. Conclusie	26

Voorwoord

Mijlpaal voor Nederlandse windenergie op zee

In 2023 wordt de eerste Nederlandse routekaart windenergie op zee afgerond: voor het eind van het jaar bereikt de totale operationele capaciteit van Nederlands offshore windparken 4,5 GW, geheel volgens planning en ruim binnen het subsidiebudget. Dit is een belangrijke stap waar Nederland en de Europese windsector trots op kunnen zijn.

Onze ambitie met de routekaart windenergie op zee 2023 was het op kosteneffectieve wijze bereiken van onze doelen door langetermijninzicht te bieden in de projectpijplijnen. Onze energiestrategie is gericht op het minimaliseren van de risico's voor de sector, het verlagen van de kosten van windenergie op zee en het creëren van zoveel mogelijk toegevoegde waarde voor de samenleving als geheel.

Om de Nederlandse doelstellingen op het gebied van windenergie op zee te bereiken, heeft de regering (binnen een robuust marktkader) een ondersteunende, proactieve rol op zich genomen. Overheidsinstanties bepalen waar nieuwe windparken aangelegd moeten worden, doen locatieonderzoek, stellen projectvereisten vast, schrijven aanbestedingen uit en publiceren milieueffectrapportages. Daarnaast heeft TenneT het energienetwerk op zee ontwikkeld. Hierdoor konden projectontwikkelaars zich richten op het optimaliseren van de windparken en de bouwmethoden.

Samenwerking en toewijding

Door samen te werken met de sector, kennisinstellingen en andere stakeholders zijn we er niet alleen in geslaagd de offshore-windcapaciteit te vergroten, maar heeft wind op zee ook een enorme groei doorgemaakt. Hierdoor zijn de kosten van offshore-windenergie aanzienlijk gedaald. In 2018 kreeg bij de aanbesteding voor kavels I en II van Hollandse Kust (zuid) 's werelds eerste subsidieloze windpark het groene licht. Alle Nederlandse projecten die hierop volgden kwamen ook zonder subsidie tot stand.

We besteden nu meer aandacht aan kwalitatieve criteria. De sector kwam ons daarin tegemoet door baanbrekende innovaties te introduceren met als doel de efficiëntie te verbeteren, de ecologische impact te verkleinen en offshore windparken beter in het energienetwerk te integreren.

Ook het verduurzamen van de internationale waardeketen is belangrijk. Een belangrijke eerste stap daartoe vond plaats op 6 maart 2023: een brede coalitie van partijen, waaronder de Nederlandse overheid en windenergiebedrijven, ondertekende het nieuwe IMVO-convenant voor de Hernieuwbare Energiesector. Het doel van dit convenant, dat een uitvoeringsfase van vijf jaar heeft, is het gezamenlijk aanpakken en voorkomen van risico's op het gebied van mensenrechtenschendingen en milieuschade als gevolg van duurzame energie.

Grotere ambities

We hebben geleerd van de ervaringen die we hebben opgedaan met de routekaart 2023. Ons huidige doel voor 2030/31 is om ongeveer 21 GW aan offshore-windenergie te realiseren. Dit is vastgelegd in het Programma Noordzee 2022-2027 en nader uitgewerkt in de meest recente aanvullende routekaart windenergie op zee.

Bovendien zullen we binnenkort in het Nationaal Plan Energiesysteem nieuwe doelstellingen voor windenergie op zee vastleggen voor 2035, 2040 en 2050. Het Noordzeeoverleg is hierbij cruciaal, omdat de uitvoering van het Noordzeeakkoord onze gezamenlijke inzet vereist. Alleen samen kunnen we nieuwe uitdagingen met betrekking tot de transities op het gebied van energie, natuur en voedsel het hoofd bieden. Ik ben ervan overtuigd dat we hierin zullen slagen, net als bij de routekaart 2023.

Namens de regering dank en feliciteer ik alle partijen die hebben bijgedragen aan het succes van de Nederlandse routekaart windenergie op zee 2023.

Dit is een belangrijke eerste mijlpaal. De eerste van vele op weg naar 2050 en daarna.



Rob Jetten
Minister voor Klimaat en Energie



1. Inleiding en Achtergrond

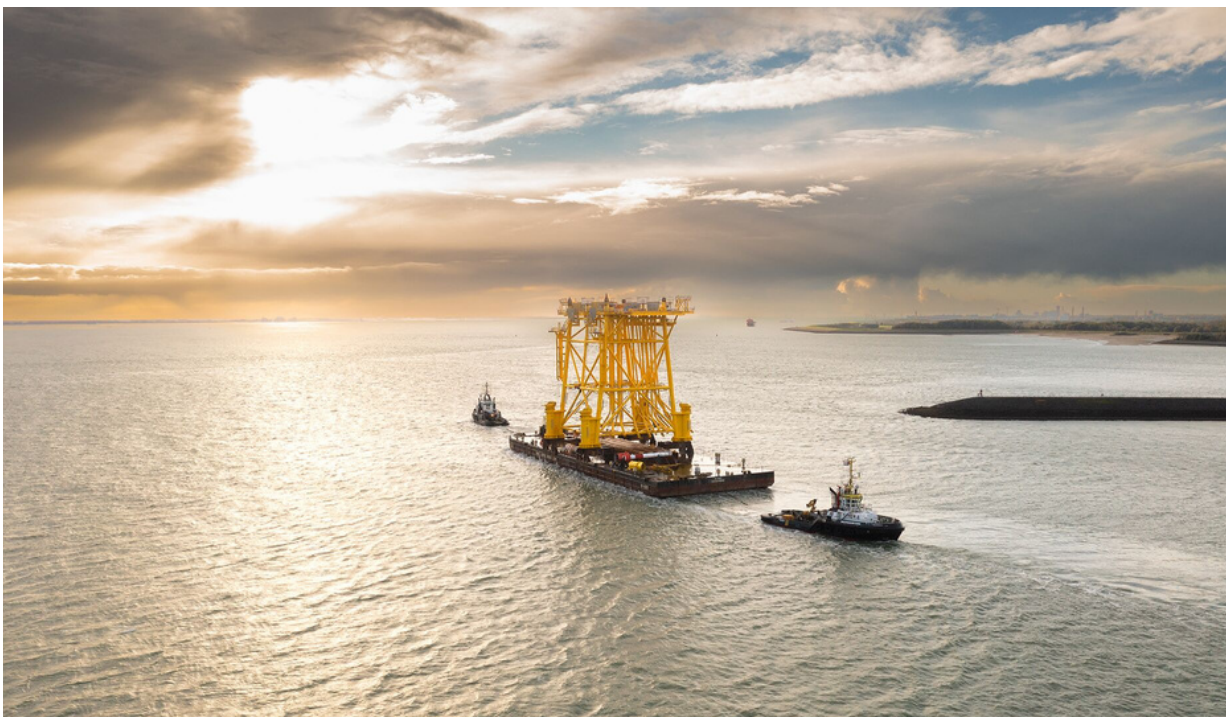
Sinds Nederlands eerste offshore windpark Egmond aan Zee in 2007 in gebruik werd genomen, zijn er routekaarten ontwikkeld voor de uitrol van offshore-windenergiegebieden tot 2030. De totale capaciteit van wind op zee ligt inmiddels rond de 4,7 GW en er is een sterk marktkader gecreëerd. Door deze ontwikkelingen is Nederland een van de koplopers op het gebied van wind op zee. Andere koplopers zijn landen als het Verenigd Koninkrijk, dat momenteel de grootste offshore-windcapaciteit op de Noordzee heeft (rond de 13,5 GW), en Denemarken, het eerste land ter wereld dat in 1991 een offshore windpark bouwde en exploiteerde (Vindeby, dat in 2017 uit gebruik werd genomen).

De succesvolle uitrol van offshore wind in Nederland is mede te danken aan: uitstekende fysieke omstandigheden (genoeg wind, ondiepe wateren en een zandige zeebodem); steun van de overheid, die windenergie op zee een centrale rol heeft gegeven in haar klimaat- en hernieuwbare-energiestrategie; en de one-stop-shopaanpak bij aanbestedingen voor offshore windparken.

Een van de belangrijkste beleidsmaatregelen die de uitrol van offshore wind in Nederland heeft helpen versnellen, is het Energieakkoord, dat de regering in 2013 ondertekende. De Nederlandse overheid steunde windenergie op zee al via subsidieregelingen, maar het Energieakkoord ging nog een stap verder door bindende doelen te stellen voor het gebruik van hernieuwbare energie en het aantal geïnstalleerde windturbines. In 2020 moest 14% van alle energie hernieuwbaar zijn. Door nog eens 1000 windturbines te installeren, moest dit percentage in 2023 zijn gestegen tot 16%.

In de tien jaar nadat het Energieakkoord werd gesloten, heeft Nederland verschillende internationale klimaatbeleidsvereenkomsten ondertekend, bijvoorbeeld met betrekking tot het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland en de ontwikkeling van windenergie. Voorbeelden hiervan zijn de in 2016 ondertekende Overeenkomst van Parijs, waarin een mondiaal kader werd vastgesteld om de opwarming van de aarde te beperken tot ruim onder de 2 °C, en het EU-beleidspakket Fit for 55,^[1] waarin is bepaald dat de lidstaten van de EU hun uitstoot van broeikasgassen tegen 2030 met ten minste 55% moeten hebben verminderd ten opzichte van 1990. Meer recentelijk, in 2022, zijn in het plan RePowerEU^[2] doelen gesteld voor de offshore-windcapaciteit van de EU: 90 GW tegen 2030 en 300 GW tegen 2050. In 2022 heeft Nederland ook de verklaringen van Esbjerg^[3] en Dublin^[4] ondertekend. In de Verklaring van Esbjerg hebben Nederland, België, Denemarken en Duitsland zich ertoe verbonden gezamenlijk een offshore-windcapaciteit van ten minste 65 GW tegen 2030 en 150 GW tegen 2050 te bereiken. In de verklaring van Dublin zijn de leden van de Noordzee Energie Samenwerking (Nederland, België, Denemarken, Duitsland, Ierland, Frankrijk, Noorwegen en Luxemburg) overeengekomen om te streven naar een gezamenlijke capaciteit van ten minste 260 GW tegen 2050.

Om haar doelen te bereiken heeft de Nederlandse overheid een reeks routekaarten voor windenergie op zee opgesteld om voor de lange termijn inzicht te verschaffen in de projectpijplijnen. Volgens de eerste routekaart moest in 2023 een capaciteit van 4,5 GW bereikt zijn, en in de routekaart 2030 is het doel 11,5 GW. In de aanvullende routekaart 2030+ is deze doelstelling aangescherpt tot 21 GW in 2031.



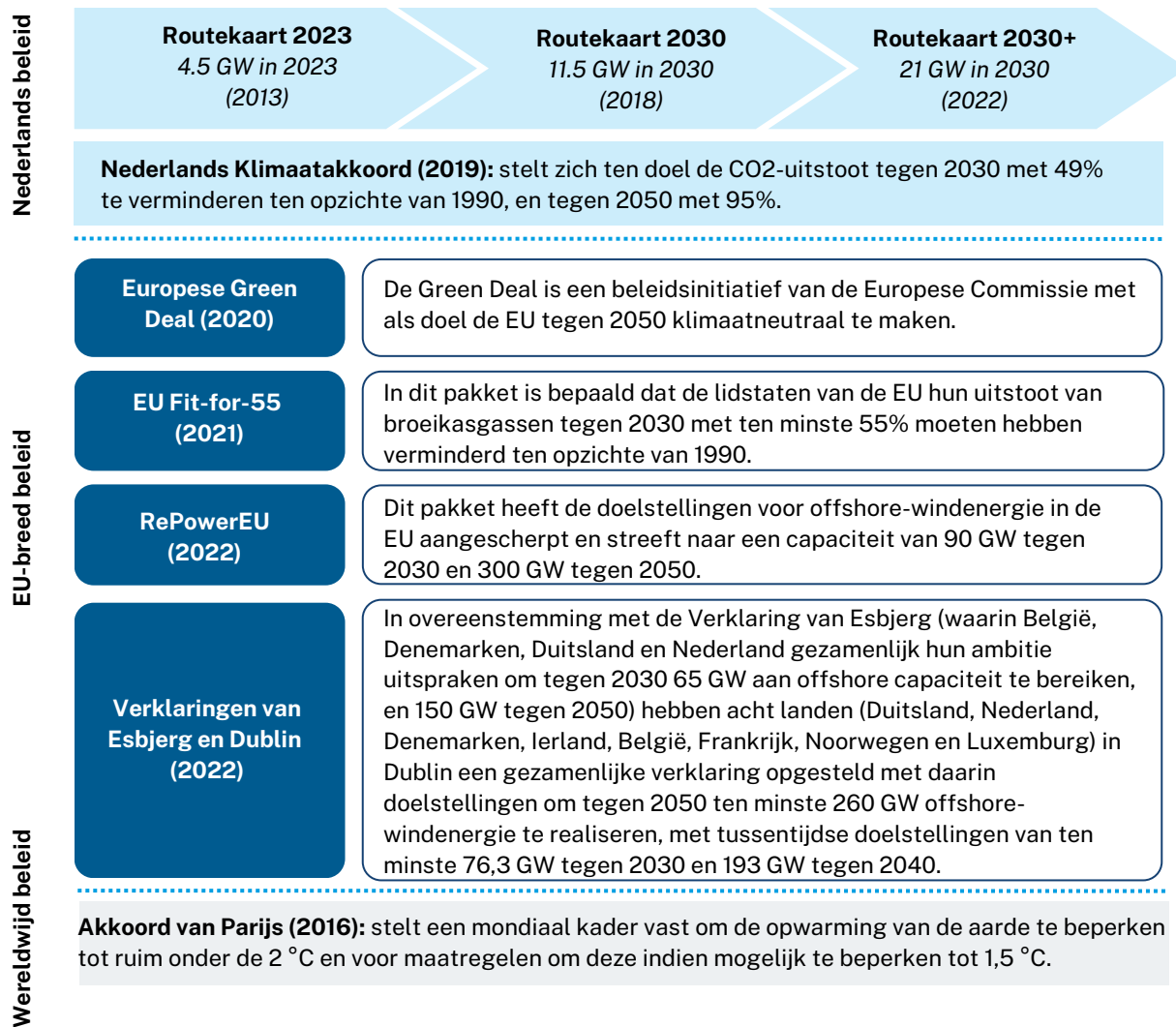
[1] <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/11/08/fit-for-55-eu-strengthens-emission-reduction-targets-for-member-states/>

[2] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

[3] <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-1e299d084fbc5bfc2968d934ca2f4a97b3931d9f/pdf>

[4] https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/high-level-groups/north-seas-energy-cooperation_en

Foto krediet: TenneT (<https://www.tennet.eu/nl/projecten/offshore-projecten-nederland>)



Figuur 1. Beleidskaders voor de ontwikkeling van offshore-windenergie en klimaatbeleid

Dit document geeft een overzicht van de huidige status van offshore wind in Nederland en wat er is bereikt in het kader van de routekaart 2023. Eerst worden de positie van Nederland ten opzichte van andere Noordzeelanden en de prestaties met betrekking tot de routekaart 2023 besproken. Daarna wordt in het hoofdstuk ‘Aanbestedingen Offshore Wind en Toekomstige Uitrol’ ingegaan op de routekaart 2030+ en de geplande uitrol van 2030 tot 2050. In het hoofdstuk ‘De Elektriciteitsmarkt en Elektriciteitsproductie’ worden vervolgens cijfers gepresenteerd die inzicht geven in de prestaties van offshore wind in Nederland en de prijsontwikkelingen binnen de groothandelsmarkt voor energie. Ten slotte worden belangrijke innovaties in de Nederlandse offshore-windsector besproken en wordt het onderzoeks- en innovatie-ecosysteem nader toegelicht.

2. Succesvolle Afronding Routekaart 2023

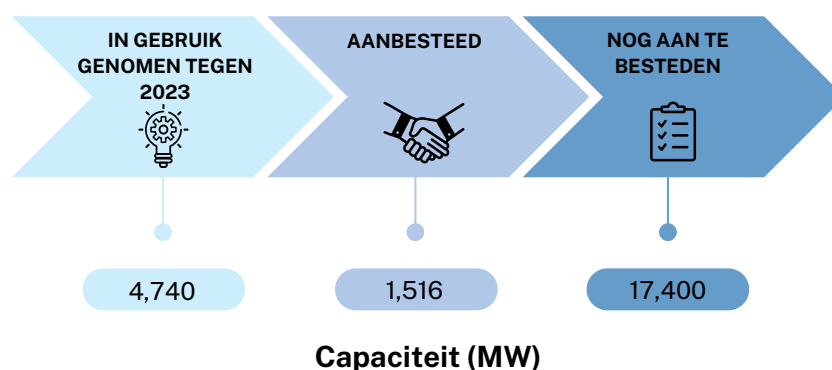
2.1. Huidige stand van zaken Nederlandse markt voor offshore-windenergie

Nederland is op dit moment koploper op het gebied van kostenefficiënte offshore-windenergie: als eind 2023 een totale capaciteit van 4,7 GW is geïnstalleerd, staat het in de top drie wat betreft capaciteit op de Noordzee.

Hoewel Nederland in 2007 met het windpark Egmond aan Zee een van de pioniers op het gebied van offshore wind was, kwam de sector in 2016 pas echt in een stroomversnelling met de aanbesteding van 1,5 GW aan capaciteit voor de kavels van Borssele. Kort daarna volgde een reeks aanbestedingen in 2017, 2019, 2020 en 2022 om de capaciteit te verhogen van 1 GW in 2016 tot 4,7 GW in 2023.

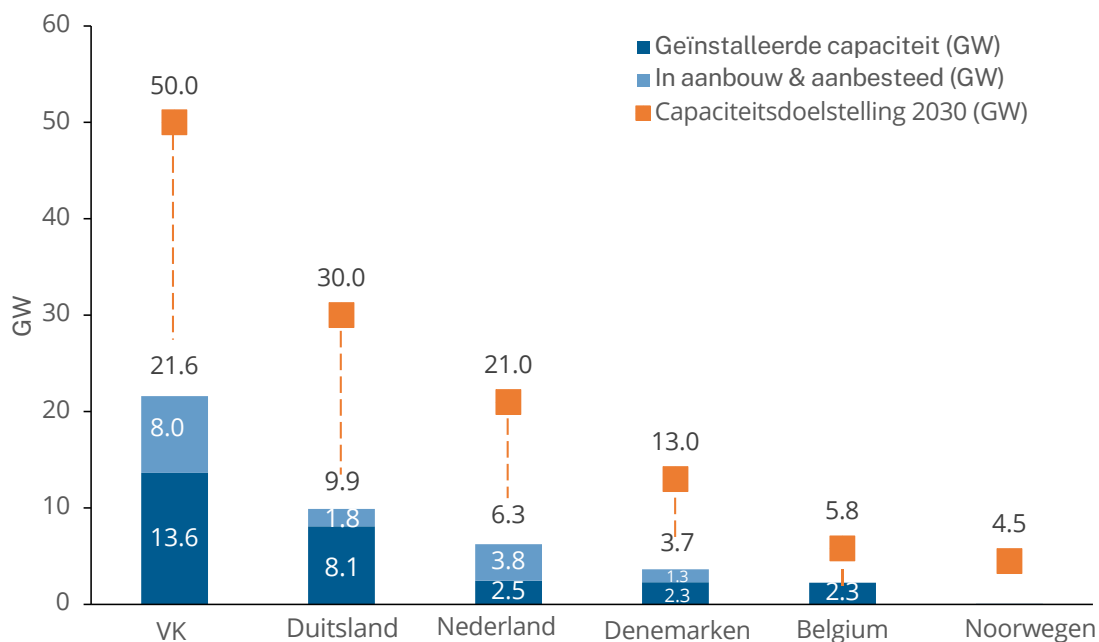
De versnelling van wind op zee hangt samen met twee belangrijke beleidsontwikkelingen in Nederland. De eerste is het Energieakkoord, dat in de inleiding van dit document is besproken. De tweede is de proactieve, centraal geleide aanpak van de ontwikkeling van offshore-windenergie van de Nederlandse overheid.

Tot 2016 waren de ontwikkelaars verantwoordelijk voor het selecteren van locaties, het doen van onderzoek en het verkrijgen van de juiste vergunningen. Het proces voor netaansluiting en de subsidietoewijzingsrondes werden los van het vergunningsproces georganiseerd, wat leidde tot lange ontwikkelingstijden en aanzienlijke risico's. Sinds de aanbesteding van Borssele I & II is dit proces drastisch vereenvoudigd voor de offshore-windontwikkelaars door een one-stop-shopaanpak te hanteren. Binnen dit proces zijn de rollen en verantwoordelijkheden verdeeld tussen RVO, Rijkswaterstaat (RWS) en TenneT. RVO is verantwoordelijk voor de voorbereidende locatieonderzoeken en de aanbestedingen voor windparken. RWS stelt milieueffectrapportages (MER's) en locatiebesluiten op en TenneT is verantwoordelijk voor het verbinden van de offshore windparken met het energienetwerk op land. Partijen die een aanbesteding hebben gewonnen, krijgen vergunningen om projecten te bouwen en te exploiteren, en ze krijgen toegang tot het offshore en onshore netwerk. Dankzij deze nieuwe aanpak is de Nederlandse offshore-windcapaciteit aanzienlijk vergroot.



Figuur 2. Offshore-windcapaciteit in Nederland (2023)

Met het oog op 2030 is Nederland van plan zijn offshore-windcapaciteit aanzienlijk uit te breiden en bijna te vertienvoudigen ten opzichte van 2022. De geplande groei in Nederland is aanzienlijk hoger dan die in landen als Denemarken en België, die momenteel een vergelijkbare capaciteit hebben (Figuur 3).



Figuur 3. Geïnstalleerde, in aanbouw zijnde & aanbestede en beoogde capaciteit op de Noordzee (GW) 2030 (2022) (Bron: RVO)

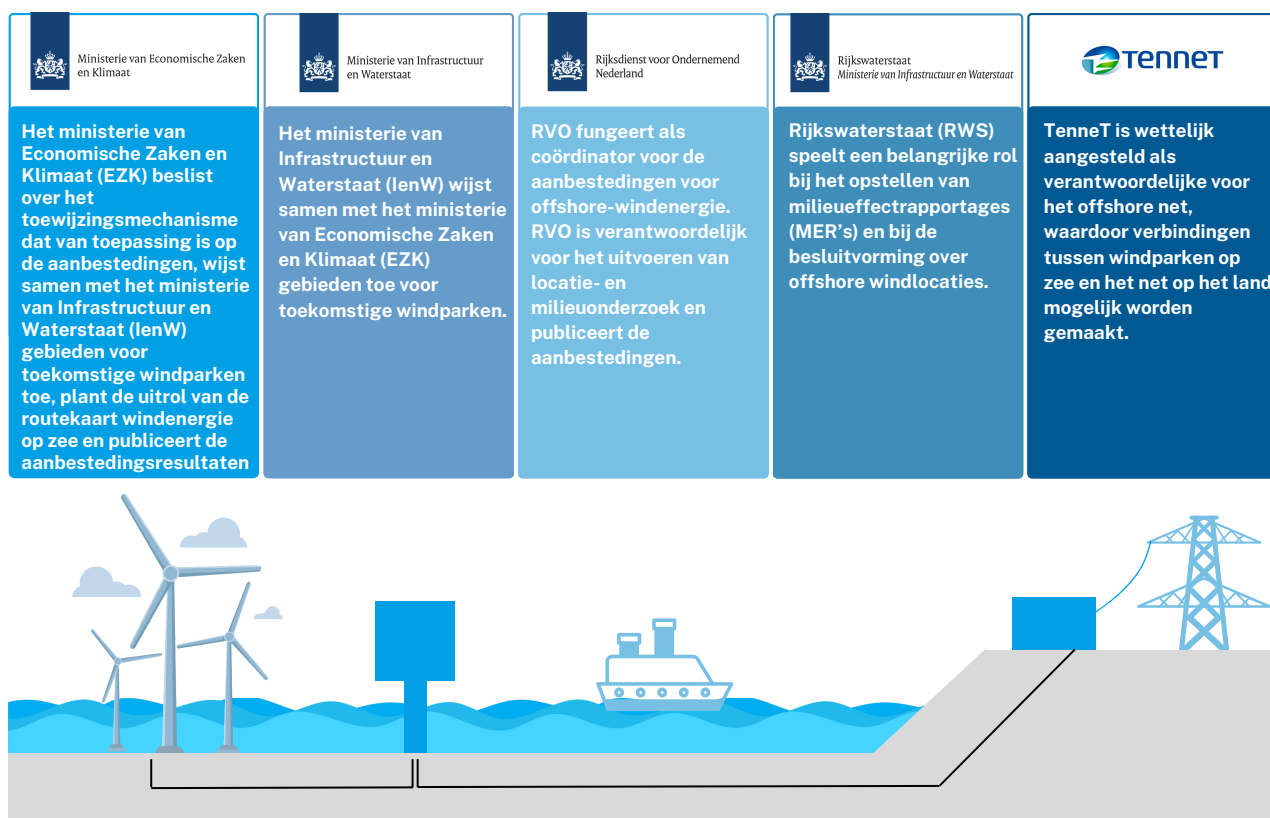


2.2. Resultaten Routekaart 2023

Resultaat 1. Succesvolle toepassing van de one-stop-shopaanpak

De Nederlandse overheid heeft met succes een one-stop-shopaanpak voor de ontwikkeling van offshore-windenergie ingevoerd. Dankzij deze aanpak zijn de kosten voorafgaand aan aanbestedingen en de bijbehorende risico's verminderd en is de coördinatie tussen de overheidsinstanties verbeterd. Daarnaast kunnen windparken nu aanzienlijk sneller gerealiseerd worden.

Nieuwe verdeling van verantwoordelijkheden door de one-stop-shopaanpak. In het kader van de one-stop-shopaanpak zijn er verschillende bestuurlijke rollen toegewezen aan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), RVO, Rijkswaterstaat en TenneT. Deze zijn terug te vinden in figuur 4.



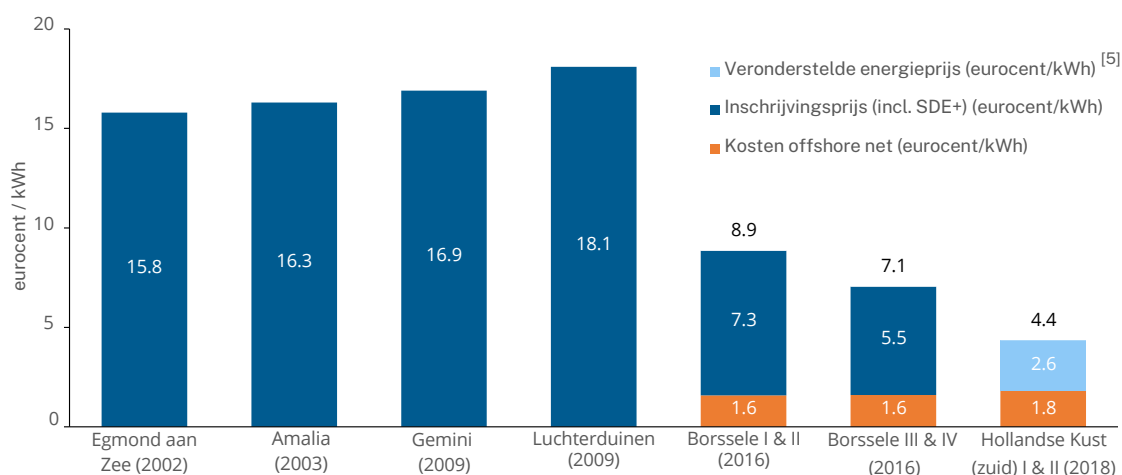
Figuur 4. Verantwoordelijkheden van overheidsinstanties en TenneT
(Bron: Wind & Water Works)

Resultaat 2. Kostenverlagingen en subsidieloze offertes

De Algemene Rekenkamer schat dat de totale kosten van windenergie op zee in 2018 met 71% waren gedaald ten opzichte van de referentieprijs die in 2013 werd berekend (€ 0,15/kWh) door het Energieonderzoek Centrum Nederland (zie figuur 5). De figuur toont de kosten per windpark, van Egmond aan Zee (aanbesteed in 2003) tot en met Hollandse Kust (zuid) I & II (HKZ I & II, aanbesteed in 2018) en laat duidelijk zien dat er vanaf Borssele I & II sprake is van een aanzienlijke kostenreductie.

De kostenbesparingen voor de windparken Borssele I & II en Borssele III & IV worden geraamd op respectievelijk ongeveer € 2,3 miljard en € 4,7 miljard. Na de dalende aanbestedingsprijzen van Borssele I & II en Borssele III & IV in 2016, werd in 2018 Nederlands eerste subsidievrije aanbesteding voor offshore wind gegund aan Vattenfall, voor HKZ I & II.

Het subsidieloze bod voor HKZ I & II werd in 2019 gevolgd door een tweede aan Vattenfall toegekende subsidieloze aanbesteding voor HKZ III & IV. Deze subsidieloze biedingen werden beoordeeld op basis van hun kwaliteiten wat betreft het identificeren en beperken van risico's met betrekking tot de opbrengsten, bouw en exploitatie. Beide windparken zijn in 2023 volledig operationeel.



Figuur 5. Kosten van offshore windparken van Egmond aan Zee tot Hollandse Kust (zuid) I & II (Bron: Algemene Rekenkamer)^[6]

Er zijn verschillende elementen die subsidieloze aanbestedingen in Nederland haalbaar maken:

- *De zekerheid die wordt geboden door de one-stop-shopaanpak bij het verlenen van concessies, vergunningen en netaansluiting.*
- *De gerealiseerde kostenbesparingen in de hele toeleveringsketen.*
- *De gevestigde markt voor stroomafnameovereenkomsten in Nederland.*
- *De goede fysieke omstandigheden (genoeg wind, ondiepe wateren en een zandige zeebodem).*
- *De omvang van de locaties en hun beperkte afstand tot de kust.*
- *Het feit dat TenneT de netaansluitingskosten op zich neemt.*

[5] De Algemene Rekenkamer is ervan uitgegaan dat de energieprijis van de innovatielocatie Borssele V ook van toepassing zou zijn op HKZ, aangezien deze windparken kort na elkaar zijn aanbesteed.

[6] De geschatte kosten zijn op basis van de huidige prijzen. De aanbestedingsprijs is de som van de energieprijis en de subsidie (SDE+).

Resultaat 3. Aanbestedingen voor grote windparken

Voor de windparken Borssele en HKZ werden in totaal vier aanbestedingsrondes gehouden, waarbij telkens twee locaties (of percelen) van 350-380 MW werden aangeboden. In de praktijk hebben de winnende inschrijvers van die aanbestedingsrondes beide locaties toegekend gekregen. Hierdoor konden ze deze als één project ontwikkelen, wat resulteerde in grote windparken met een capaciteit van 730-760 MW. Dit is een aanzienlijke toename in vergelijking met de eerste windparken die in Nederland werden gebouwd, die varieerden van 110 tot 130 MW (Egmond aan Zee in 2007, Prinses Amaliawindpark in 2008 en Luchterduinen in 2015). De door de overheid ter ontwikkeling aangeboden individuele locatiecapaciteit werd vervolgens verhoogd tot 700-760 MW voor Hollandse Kust (noord).

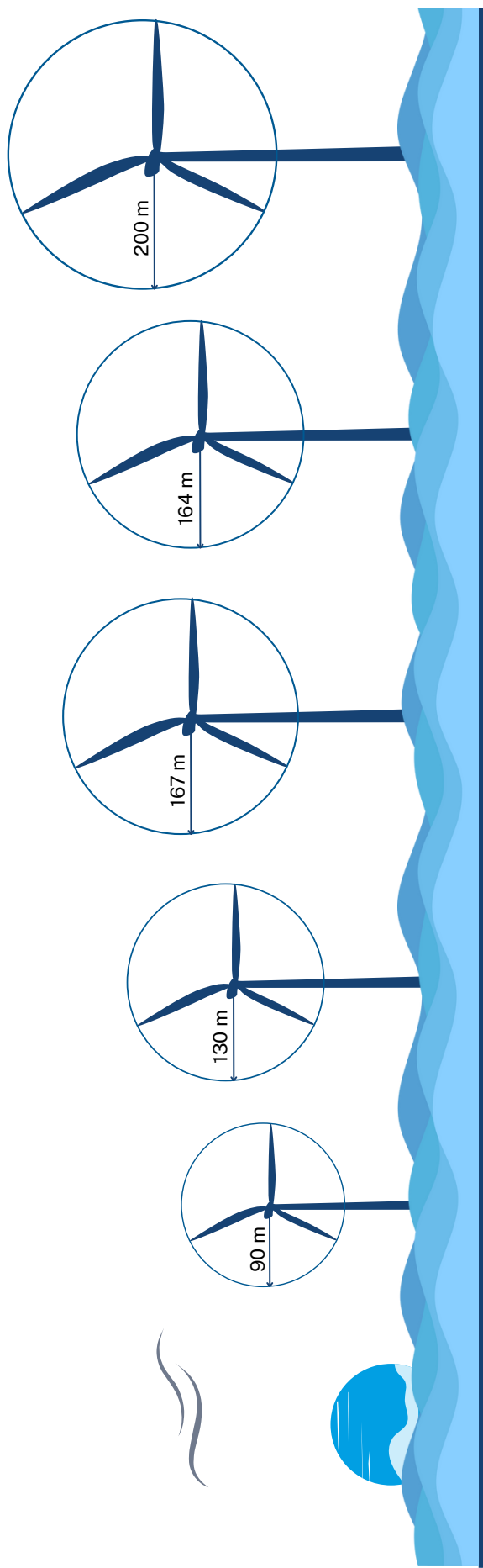
Tot dusver heeft Nederland in het kader van de routekaarten voor windenergie op zee vergunningen afgegeven voor zeven windparken van 760 MW. Vijf hiervan zijn inmiddels in gebruik genomen: Borssele I & II, Borssele III & IV, HKZ I & II, HKZ III & IV, en Hollandse Kust (noord). Al deze locaties werden aanbesteed in het kader van de routekaart 2023. Tabel 1 biedt een overzicht van de specificaties van deze windparken, met visuele weergaven van de gebruikte windturbines. De aanbestedingen voor de andere twee windparken van 760 MW (HKW VI en HKW VII, de eerste projecten in het kader van de routekaart 2030) zijn in 2022 afgerond.



Het windpark Borssele I & II is sinds 2020 volledig operationeel en produceert genoeg groene stroom om een miljoen Nederlandse huishoudens van energie te voorzien.

De succesvolle samenwerking met belangrijke stakeholders, waaronder RVO, TenneT, RWS, de provincie Zeeland, North Seaports en de gemeente Vlissingen, is van fundamenteel belang geweest bij het realiseren van het eerste grootschalige windpark van de routekaart 2023. Dit windpark werd gebouwd tijdens de coronapandemie. Vanuit onze basis voor exploitatie- & onderhoud (E&O) in Vlissingen voeren we volledige E&O-diensten uit voor de windparken Borssele I & II met een team van 70 technische specialisten.

Marjolein Hormes, Directeur Borssele I & II



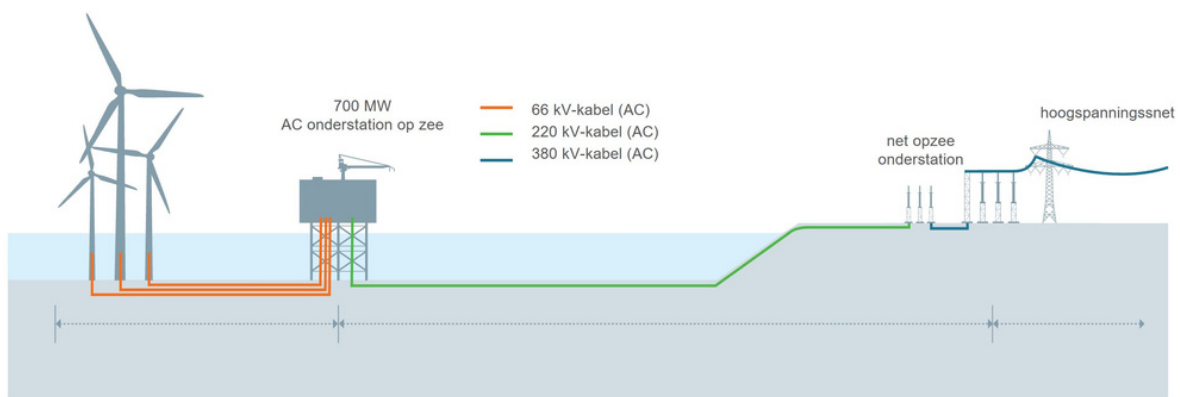
Jaar ingebruikname	2007	2016	2020	2020	2023
Windpark(en)	Egmond aan Zee	Gemini Windpark	Borssele I & II	Borssele III & IV	HKZ I & II, HKZ III & IV, HKN V
Aantal turbines	36	150	94	77	70 (HKZ), 69 (HKN)
Turbinevermogen (MW)	3	4	8	9.5	11
Vermogen windpark (MW)	108	600	752	732	760
Turbineleverancier	Vestas	Siemens	Siemens Gamesa	Vestas	Siemens Gamesa
Type turbine	V90-3MW	SWT- 4.0-130	SG 8 MW	V164 9.5MW	SG DD-200
Diameter rotor	90 m	130 m	167 m	164 m	200 m

Tabel 1. Ontwikkeling van turbines voor offshore-windenergie in Nederland

Resultaat 4. Standaardisatie van netaansluitingen van 700 MW

Toen TenneT in 2016 als netbeheerder op zee werd aangewezen, is het bedrijf begonnen met de uitbreiding van het offshore netwerk en de standaardisatie van netaansluitingen, in lijn met de doelstellingen van de Nederlandse overheid. Dit resulteerde in de ontwikkeling van een standaard voor 700 MW-onderstations. Met deze standaard transformeert een offshore onderstation het spanningsniveau van 66 kV naar 220 kV en maakt het via twee wisselstroomkabels van 220 kV verbinding met het elektriciteitsnet aan land. TenneT zal in 2026 in totaal zeven standaard wisselstroomonderstations hebben geïnstalleerd. De standaardisatie van netaansluitingen heeft sterk bijgedragen aan de kostenvermindering van wind op zee en de snellere ontwikkelingstijd van offshore windparken. De eerste vijf offshore-windprojecten, van de routekaart 2023, zijn door TenneT gerealiseerd conform het investeringsbudget van € 2 miljard (ontwikkelingskosten).

In 2023 maakte TenneT bekend dat het de ontwikkeling van een 2 GW-netaansluitingsstandaard voor gelijkstroom had afgerond. Deze zal vanaf 2028 gebruikt worden op het windpark IJmuiden Ver. De 2 GW-standaard biedt meer transmissiecapaciteit en voorkomt reactief vermogensverlies. Hierdoor wordt het mogelijk om grotere, verder uit de kust gelegen windparken aan te sluiten.



Figuur 6. Offshore net met 700 MW-wisselstroomonderstation van (Bron: TenneT)

Resultaat 5. Snellere realisatie van windparken

De ontwikkelingstijd voor offshore windparken in Nederland is teruggebracht van 7 à 10 jaar tot 3 à 4 jaar. Verschillende factoren hebben daartoe bijgedragen: dankzij de one-stop-shop-aanpak kunnen de locatieonderzoeken, de vergunningprocessen en de ontwikkeling van het net al beginnen vóór een nieuwe locatie wordt aanbesteed.

VOLLEDIG OPERATIONEEL						
Project	Aantal turbines	Turbinevermogen (MW)	Type turbine	Totale capaciteit (MW)	Jaar van ingebruikname	
Egmond aan Zee (OWEZ)	36	3	Vestas V90-3MW	108	2007	
Prinse Amaliawindpark	60	2	Vestas V80-2MW	120	2008	
Luchterduinen	43	3	Vestas V112/3000	129	2015	
Gemini Windpark	150	4	Siemens SWT - 4.0-130	600	2016	
Borssele I & II	94	8	Siemens Gamesa 8 MW	752	2020	
Borssele III & IV	77	9.5	MHI Vestas V164 9.5MW	731.5	2020	
Borssele V (Innovation lot)	2	9.5	MHI Vestas 9.5MW	19	2021	
Hollandse Kust (zuid) I & II	70	11	Siemens Gamesa SG DD-200	760	2023	
Hollandse Kust (zuid) III & IV	70	11	Siemens Gamesa SG DD-200	760	2023	
Hollandse Kust (noord) V	69	11	Siemens Gamesa SG DD-200	760	2023	
IN AANBOUW OF AANBESTEED						
Project	Aantal turbines	Turbinevermogen (MW)	Type turbine	Totale capaciteit (MW)	Verwacht jaar van ingebruikname	
Hollandse Kust (west) VI	Nog niet bekend	Nog niet bekend	Nog niet bekend	756	2026	
Hollandse Kust (west) VII				760	2026	
NOG AAN TE BESTEDEN						
Project	Aantal turbines	Turbinevermogen (MW)	Type turbine	Totale capaciteit (MW)	Verwacht jaar van ingebruikname	
IJmuiden Ver III	Nog niet bekend	Nog niet bekend	Nog niet bekend	1000	2028	
IJmuiden Ver IV				1000	2028	
IJmuiden Ver I				1000	2029	
IJmuiden Ver II				1000	2029	
IJmuiden Ver V				1000	2029	
IJmuiden Ver VI				1000	2029	
Nederwiek I				2000	2030	
Nederwiek II				2000	2030	
Nederwiek III				2000	2031	
Hollandse Kust (west) VIII				700	2031	
Ten noorden van de Waddeneilanden	700	2031				
Doordewind I	2000	2031				
Doordewind II	2000	2031				

Tabel 2. Overzicht van offshore windparken in Nederland



Terugkijkend op de afgelopen jaren, waarin de regering het Nederlandse offshore-windbeleid verder invulde en uitrolde, zie ik hoe ongelooflijk ver we zijn gekomen. Wind op zee komt nu zonder subsidies tot stand en de sector is in een verbazingwekkend korte tijd volwassen geworden. Het project Hollandse Kust (zuid) is daar een duidelijk bewijs van. Door een stabiel aanbestedingssysteem op te zetten waarbij marktpartijen intensief met elkaar om projecten concurreren, een zeer open dialoog met de markt te voeren en hechte relaties met alle stakeholders op te bouwen, is de Nederlandse regering erin geslaagd om van windenergie op zee de belangrijkste succesfactor voor een fossielvrije toekomst te maken. Dat stimuleert ook verdere innovaties en nieuwe, unieke bedrijven.

Gijs Nijsten, Hoofd Vergunningen, Stakeholder Management & Communicatie (Hollandse Kust (zuid))

2.3. Aandeelhoudersstructuur van de offshore windparken

De aandeelhoudersstructuur van de offshore windparken bestaat in de meeste gevallen uit energieleveranciers en financiële investeerders. De ontwikkeling van projecten wordt meestal geleid door energiebedrijven, die vervolgens andere investeerders aantrekken naarmate het project vordert. Bij recente aanbestedingen was er vaak sprake van partnerschappen, maar deze zijn geen voorwaarde voor succes, zoals blijkt uit het feit dat Hollandse Kust (west) VII is gewonnen door RWE.

In Nederland zijn de meeste operationele windparken en projecten in ontwikkeling in het bezit van Shell en Eneco. De twee bedrijven hebben als partners meerdere aanbestedingen gewonnen.

Volledig operationeel	Aandeelhouder(s)					
Egmond aan Zee (OWEZ)	100% Shell					
Prinses Amaliawindpark	100% Eneco					
Luchterduinen	50% Eneco			50% Mitsubishi		
Gemini Windpark	60% Northland Power	20% Siemens	10% Van Oord	10% HVC Groep		
Borssele I & II	50% Ørsted			50% Norges Bank Investment Management		
Borssele III & IV	25% Partners Group	20% Shell	20% Swiss Life Asset Managers	10% Eneco	15% INPEX	10% Luxcara
Borssele V (Innovation lot)	33% Green Giraffe		33% Octopus Energy		33% Investri Offshore	
Hollandse Kust (zuid) I & II	50.5% Vattenfall		25.2% Allianz		24.3% BASF	
Hollandse Kust (zuid) III & IV	50.5% Vattenfall		25.2% Allianz		24.3% BASF	
Hollandse Kust (noord) V	80% Shell			20% Eneco		
In aanbouw	Aandeelhouder(s)					
Hollandse Kust (west) VI	60% Shell			40% Eneco		
Hollandse Kust (west) VII	100% RWE					

Tabel 3. Aandeelhouder van offshore windpark(en) (%)

3. Aanbestedingen Offshore Wind en Toekomstige Uitrol

3.1 Nederlandse routekaart windenergie op zee 2030+

De uitrol van wind op zee tot 2030 is vastgelegd in de aanvullende routekaart windenergie op zee 2030+, waarin de doelstelling van 21 GW aan totale capaciteit rond dat jaar is vastgelegd. Deze versie van de routekaart werd aangekondigd op 10 juni 2022 en was een aanvulling op de vorige routekaart 2030, waarin de doelstelling nog 11,5 GW was. De oorspronkelijke routekaart 2030 is aangepast naar aanleiding van adviezen van twee Nederlandse commissies: de Studiegroep Klimaatopgave Green Deal en de Stuurgroep Extra Opgave. Deze hebben beide aanbevolen de doelstelling voor wind op zee aan te scherpen om ervoor te zorgen dat Nederland aan zijn klimaatverplichtingen in het kader van de Europese Green Deal kan voldoen. De Green Deal introduceerde een nog ambitieuzere doelstelling voor EU-lidstaten wat betreft de uitstoot van broeikasgassen: tegen 2030 moet deze nu met 55% verminderd zijn ten opzichte van 1990, in plaats van met 40%.

De resterende capaciteit die nodig is om de doelstelling van 21 GW tegen 2030 te halen, zal aan potentiële ontwikkelaars worden aangeboden overeenkomstig de aanbestedingsregels van de Nederlandse Wet windenergie op zee, waarin vier soorten aanbestedingsprocedures zijn vastgelegd (zie figuur 7).



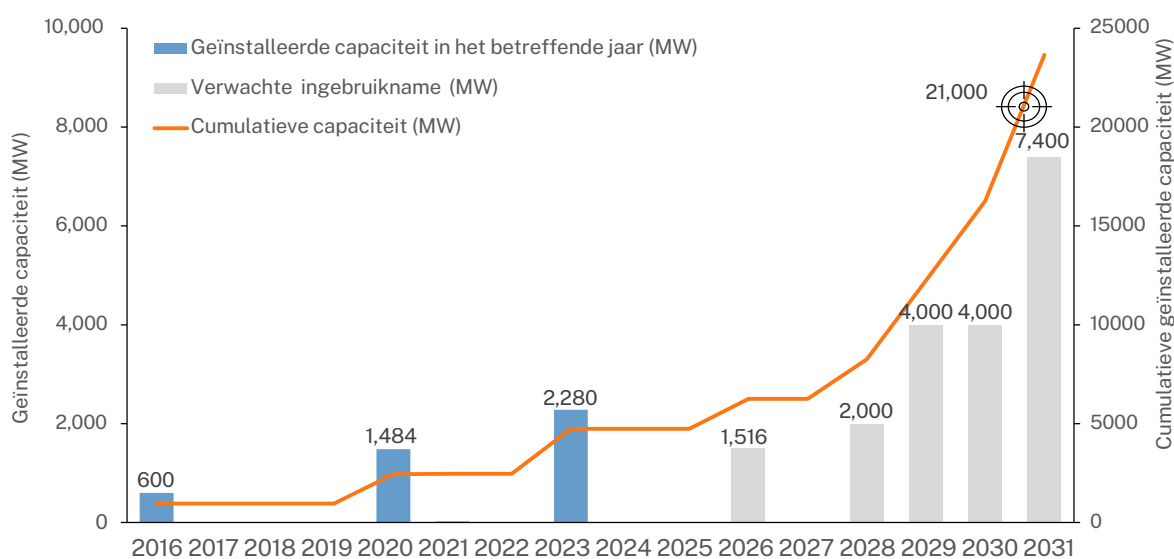
Figuur 7. Soorten aanbestedingen voor offshore windparken

Vanaf de HKZ-aanbesteding in 2019 heeft de Nederlandse regering een procedure gehanteerd waarbij inschrijvers met elkaar worden vergeleken op basis van de kwaliteit van hun voorstel en hun financieel bod. Bij de HKW-aanbestedingen in 2022 werden de inschrijvingen beoordeeld op basis van de criteria ‘Bijdrage aan de inpassing van het windpark in het Nederlandse energiesysteem’ (HKW VII) en ‘Bijdrage aan de ecologie van de Noordzee’ (HKW VI). De twee aanbestedingen voor HKW VI en HKW VII werden gewonnen door respectievelijk Eneco & Shell en RWE. Deze procedure wordt ook toegepast bij de percelen IJmuiden Ver I tot en met V, die in 2023 worden aanbesteed.

Op 10 juni 2022 maakte het ministerie van Klimaat en Energie zijn plannen voor 2030 bekend in de Kamerbrief ‘Aanvullende routekaart windenergie op zee 2030’. Hierin staat gedetailleerde informatie over de geplande uitrol van de offshore windparken, waaronder beschrijvingen van de windenergiegebieden, hun omvang en de verwachte aanbestedings- en ingebruiknamedata. In de brief worden ook drie nieuwe windenergiegebieden aangekondigd: Nederwiek, Lagelander en Doordewind. Figuur 9 geeft een geactualiseerd overzicht van alle Nederlandse windenergiegebieden tot 2030/31 en geeft aan wat de huidige status van de windparken is.

Met behulp van de informatie uit de Kamerbrief kan de verwachte jaarlijkse en cumulatieve offshore-windcapaciteit tot 2031 in beeld worden gebracht (zie figuur 8). Hieruit blijkt dat de totale offshore-windcapaciteit in 2031 naar verwachting groter zal zijn dan 21 GW, de doelstelling die is opgenomen in de routekaart 2030+. Dit is bewust gedaan om speelruimte in te bouwen, aangezien sommige windparklocaties en kabeltracés nog onzeker zijn vanwege ecologische uitdagingen. De verwachte ingebruiknamejaren na 2023 die worden genoemd in de Kamerbrief komen overeen met die in de routekaart 2030+.

RVO en RWS zijn nu verantwoordelijk voor de vervolgstappen na de bekendmaking van de nieuwe windenergiegebieden. Zij stellen milieueffectrapportages op, doen locatieonderzoek, faciliteren de benodigde netaansluitingen en organiseren de aanbestedingen.



Figuur 8. Cumulatieve en verwachte jaarlijks geïnstalleerde capaciteit offshore wind in Nederland van 2016 tot 2031 (Bron: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat)

Routekaart windenergie op zee

met kabelroutes van
het net op zee



Figuur 9. Nederlandse routekaart voor windenergie op zee (Bron: RVO)

3.2. Ontwikkelingen offshore wind & Noordzee 2030-2050

Er is nog geen formele routekaart opgesteld voor de periode van 2030 tot 2050, maar het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft aangekondigd doelstellingen van 50 GW tegen 2040 en 70 GW tegen 2050 te onderzoeken. De minister heeft aangegeven dat Nederland gebruik zal maken van een routekaart die regelmatig zal worden bijgewerkt zodra er nieuwe gebieden zijn. De inzichten uit de 'Partiële herziening van het Programma Noordzee' zullen worden gebruikt als input om de routekaart aan te vullen. De volgende versie van het programma wordt in 2025 geïntroduceerd.

Het ministerie heeft aangegeven dat het concept van energiehubs ook na 2030 zal worden gebruikt. Deze offshore hubs zullen het makkelijker maken verbindingen te leggen met naburige Noordzeelanden en zullen misschien ook gebruikt worden voor offshore waterstofproductie. De visie voor 2050 zal worden vastgelegd in het Energie Infrastructuur Plan Noordzee. Hierin zullen de locaties voor de energiehubs worden aangewezen en zal nader worden ingegaan op de vereiste infrastructuur en capaciteit.

Er zijn voor Nederland vier belangrijke beleidsdocumenten met betrekking tot het sturen van de ontwikkelingen op de Noordzee:

- Partiële herziening van het Programma Noordzee 2022-2027
- Energie Infrastructuur Plan Noordzee
- Routekaart windenergie op zee 2030+
- Programma Verbindingen Aanlanding Wind op Zee

Deze plannen en programma's hebben verschillende doorlooptijden en bestrijken uiteenlopende onderwerpen (zie figuur 10).



Figuur 10. Blik op de toekomst van windenergie op zee (Bron: RVO)

Toekomstige uitdagingen

Om de klimaatdoelstellingen en de aangescherpte capaciteitsdoelstellingen voor 2030 en 2050 te halen, zijn meer windenergiegebieden en een uitgebreidere infrastructuur voor windenergie nodig.

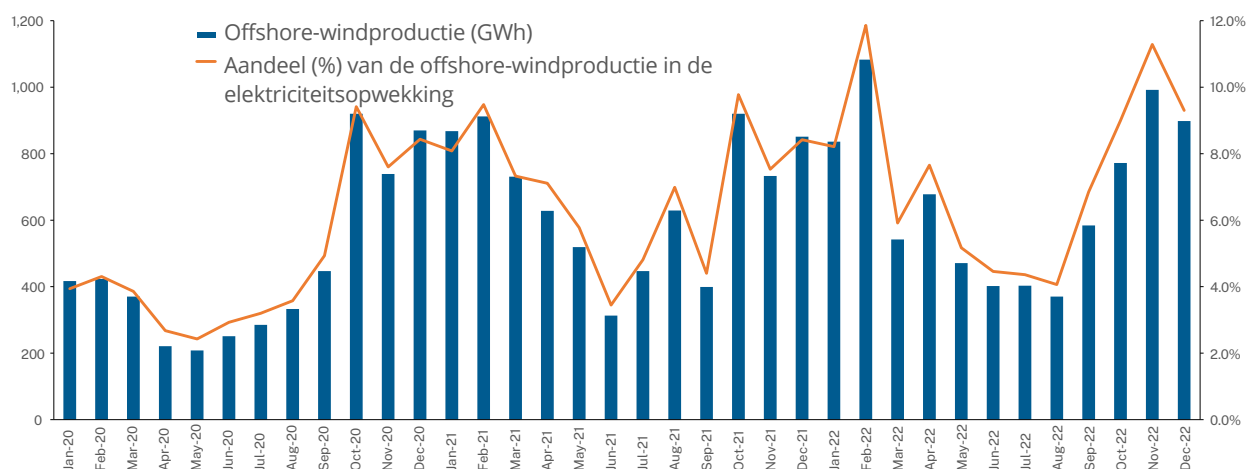
Nederland heeft een grote hoeveelheid kennis op het gebied van transport- en installatieactiviteiten op zee, voornamelijk vanwege de rol die het in het verleden speelde in de scheepvaart en de olie- en gasindustrie. Dankzij zeehavens die grenzen aan de offshore windparken in de Noordzee en de aanwezige expertise op het gebied van projectontwikkeling, projectbeheer en onderzoek & ontwikkeling (O&O), is Nederland toonaangevend op het gebied van offshore-windmarktontwikkeling. Net als in andere snelgroeïende sectoren volgen de ontwikkelingen elkaar echter snel op en staat de offshore-windsector ook voor uitdagingen. Deze hebben voornamelijk betrekking op de toegang tot grondstoffen, instabiele grondstofprijzen, de beschikbaarheid van geschikte schepen om grotere windturbines te vervoeren en knelpunten in de toeleveringsketen (kabels en omvormers).

De sector zelf neemt verschillende maatregelen om deze uitdagingen het hoofd te bieden. De Nederlandse overheid blijft daarnaast nauw samenwerken met stakeholders binnen de sector om tot een duidelijk beleid te komen en een helder toekomstperspectief te kunnen bieden. De gepubliceerde routekaarten voor windenergie op zee schetsen een visie voor offshore wind in Nederland waar de sector zijn activiteiten op kan afstemmen. Daarnaast worden technologische en ecologische innovaties toegepast om de genivelleerde kosten van energie verder te verlagen en tegelijkertijd de ecologische impact te verkleinen.

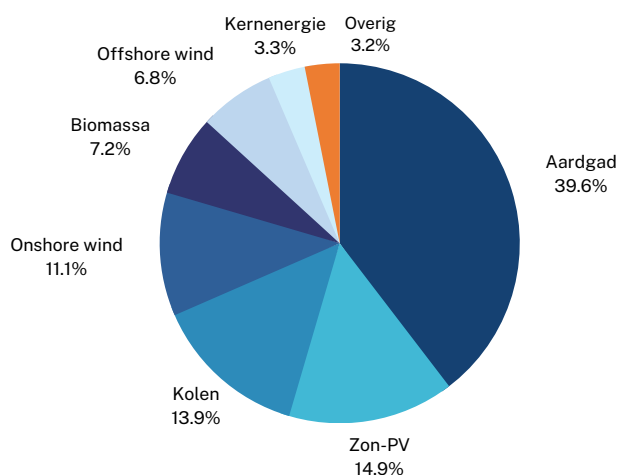
Om knelpunten in de toeleveringsketen voor hoogspanningsgelijkstroom (HVDC) op te lossen, heeft TenneT raamcontracten gesloten met NKT en Prysmian voor de levering van HVDC-kabels voor vijf offshore-netaansluitingssystemen in Nederland. Met dit soort leveringscontracten voor meerdere projecten stelt TenneT de productieslots veilig. De huidige verwachting is dat deze op termijn een knelpunt zullen vormen.

4. De Elektriciteitsmarkt en Elektriciteitsproductie

4.1. Aandeel hernieuwbare elektriciteit in Nederland



Als gevolg van de ingebruikname van nieuwe projecten is het aandeel van offshore wind in de totale productie gestegen van 4,6% in 2019 naar 6,8% in 2022.



Figuur 11. Offshore-windproductie en aandeel in de totale elektriciteitsopwekking (Bron: CBS StatLine)

Toen in 2020 de Borssele-projecten in gebruik werden genomen, werd een extra 1,5 GW aan capaciteit toegevoegd. Vervolgens steeg de elektriciteitsproductie uit offshore-windenergie van 4,6% in 2020 naar 6,8% in 2022.

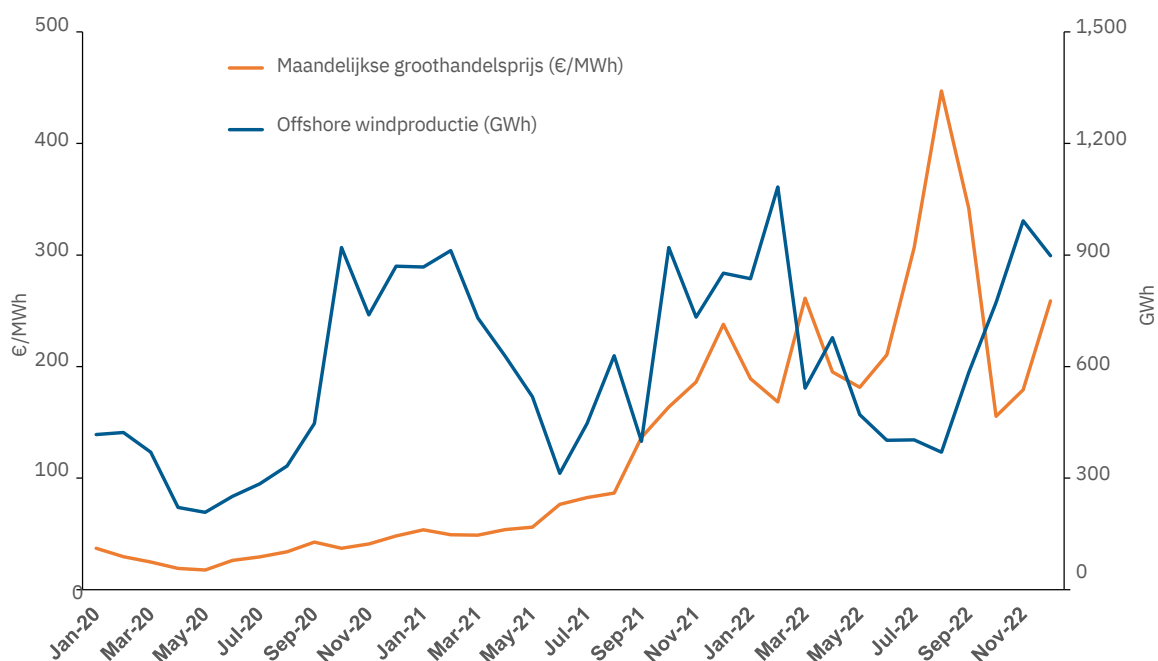
In 2022 voorzag offshore wind in ongeveer 7,3% van het Nederlandse energieverbruik, tegenover 4,9% in 2020. De maandelijkse variatie in dit percentage sluit nauw aan bij de elektriciteitsproductie uit offshore wind. Met de ingebruikname van HKZ en HKN en hun gecombineerde capaciteit van 2.280 MW zal het aandeel van wind op zee in het elektriciteitsverbruik verdubbelen tot 15,8%.^{[7] [8]}

[7] Dit percentage is gebaseerd op een schatting van het totale Nederlandse energieverbruik in 2021 van het IEA (117 TWh).

[8] Hoewel de vraag naar elektriciteit naar verwachting zal stijgen, is in dit rapport één getal gebruikt om het eenvoudiger te maken verschillende jaren met elkaar te vergelijken.

4.2 Indicatoren van de energieprijzen in Nederland

Ondanks het feit dat hernieuwbare energiebronnen – waaronder wind op zee – een steeds grotere rol spelen binnen de Nederlandse energiemix, waren er in 2021 en 2022 aanzienlijke stijgingen in de groothandelsprijzen voor elektriciteit. Dit was voornamelijk het gevolg van de hoge aardgasprijzen, die volgens het merit-orderprincipe de energieprijzen in Nederland bepaalden. Toch heeft de toegenomen productie van hernieuwbare energie de prijsstijgingen deels getemperd door de vraag naar aardgas te verlagen. De jaarlijkse gemiddelde day-aheadprijzen voor elektriciteit bedroegen € 32/MWh in 2020, € 102/MWh in 2021 en € 241 /MWh in 2022.



Figuur 12. Ontwikkeling van de day-aheadmarktprijzen en de productie van offshore-windenergie (Bron: ENTSO-E TP, CBS StatLine)

5. Offshore-windinnovaties in Nederland

Nederland is een van de koplopers op het gebied van offshore-windinnovatie. Dit heeft het mede te danken aan het feit dat het al vroeg inzette op offshore wind. Daarnaast heeft Nederland een robuust onderzoeksecosysteem dat bestaat uit een combinatie van stakeholders binnen de academische wereld, het bedrijfsleven, ngo's en de overheid. Dit heeft een groot aantal start-ups voorgebracht, evenals innovaties die inmiddels toegepast worden in de sector.



Figuur 13. Belangrijkste organisaties op het gebied van innovatie in de Nederlandse offshore-windindustrie

Nederland heeft sterke vernieuwers in de sector. Deze worden ondersteund door kennisinstellingen als de TU Delft, TNO en Deltares, en door organisaties als GROW en TKI Offshore Energy/Topsector Energie (Energy Innovation NL) die tot doel hebben partijen samen te brengen, innovaties te initiëren en beleidsmakers te adviseren.

Van deze instellingen faciliteert de TU Delft de ontwikkeling van windenergietechnologie en de toepassing van windenergie wereldwijd door middel van onderzoek en onderwijs. De universiteit richt zich daarbij vooral op grote windturbines van meerdere megawatts. De unit Energy and Materials Transition van TNO speelt een aanvullende rol door zowel de Nederlandse overheid als de energiesector te ondersteunen met advies, onderzoek en ontwikkeling. Zo werkt de unit bijvoorbeeld aan technologieën om goedkoper en efficiënter elektriciteit uit wind op te wekken.

Door bij te dragen aan aanzienlijke kostenverminderingen, een toename van de windproductie en de vermindering van negatieve milieueffecten zoals lawaai, hebben offshore-windinnovaties een cruciale rol gespeeld in het succes van het Nederlandse offshore-windprogramma.

Parallel aan de beleidsontwikkelingen op het gebied van wind op zee zijn nieuwe programma's en regelingen ingevoerd voor de ontwikkeling van innovaties in de offshore-windindustrie. Het Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma (MMIP) is door de Topsector Energie opgesteld op basis van de doelstellingen van het Klimaatakkoord, waarbij deelprogramma's en bijbehorende innovatiethema's zijn gedefinieerd om knelpunten in de toeleveringsketen op te lossen.

[9] <https://grow-offshorewind.nl/projects-overview>

[10] <https://www.topsectorenergie.nl/projecten-1>

Zo streeft het MMIP1 ernaar tegen 2030 een totale capaciteit van minstens 21 GW (97 TWh) aan offshore-windenergie mogelijk te maken, met zo min mogelijk kosten voor de maatschappij. Het doel voor 2050 is 35 tot 75 GW (150 TWh tot 320 TWh). Het MMIP1 bepaalt ook welke kennis- en innovatietaken op korte termijn moeten worden uitgevoerd met betrekking tot O&O, demonstratie en implementatie om de doelstellingen van het Klimaatakkoord te bereiken.

De Nederlandse regering steunt de offshore-windindustrie en heeft subsidies beschikbaar gesteld voor innovatieprogramma's. Naast de financiering die wordt verstrekt door de Europese Unie en particuliere investeerders is er voor innovaties op het gebied van wind op zee onderzoeksgeld beschikbaar gesteld door NWO. Overheidsfinanciering voor offshore-windinnovaties wordt verdeeld over drie belangrijke thema's:

- **Missie gedreven onderzoek, ontwikkeling en innovatie (MOOI):** Projecten die helpen de doelstellingen van het Nationaal Klimaatakkoord te realiseren.
- **Hernieuwbare Energietransitie (HER+):** Projecten die helpen de CO2-doelstelling voor 2030 te realiseren.
- **Demonstratie Energie-innovatie (DEI+):** Projecten met betrekking tot de circulaire economie, energiesystemen, energie-efficiëntie en de afvang en opslag van CO2.

Tussen 2020 en 2022 ^[11]

- Beschikbare subsidiebudgetten voor offshore-windinnovatieprojecten:
 - € 44 miljoen voor MOOI. In 2020 had MOOI een budget van € 10 miljoen. In 2021 en 2022 was er geen specifiek budget voor wind op zee, maar voor het thema elektriciteit in het algemeen (inclusief wind op land en zee).
 - € 150 miljoen voor HER+.
- Voor O&O op het gebied van offshore-windenergie (via MOOI, HER+ en DEI+) is naar schatting € 70 miljoen uitgetrokken (HER+ 2022 loopt nog).
- In totaal wordt door de overheid en de particuliere sector om en nabij de € 110 miljoen geïnvesteerd in offshore-windinnovatieprojecten. Ongeveer 25-50% daarvan is afkomstig van particuliere investeerders.
- De totale budgetten (inclusief windprojecten) voor de onlangs opengestelde subsidieregelingen bedragen:
 - € 30 miljoen voor HER+ 2023 (aanvraagtermijn van 3 april 2023 tot en met 31 augustus 2023)
 - € 65 miljoen voor DEI+ 2023 (aanvraagtermijn van 15 maart 2023 tot en met 31 augustus 2023).

[11] Bron: RVO

Onlangs heeft NWO in het kader van de Nederlandse Wetenschapsagenda (NWA) een aanbesteding gepubliceerd voor kennisinstellingen en maatschappelijke partijen om gezamenlijk wetenschappelijke en praktijkgerichte onderzoeksvorstellen te ontwikkelen met betrekking tot windenergie op zee. Het beschikbare budget voor deze aanbesteding bedraagt € 2,93 miljoen.



De bouw van HKN vordert gestaag en we verwachten eind 2023 groene stroom te kunnen leveren aan Nederlandse huishoudens. HKN is het eerste slimme offshore windpark, met vijf innovaties die alvast een voorproefje geven van hoe offshore windparken er in de toekomst uit zullen zien. De innovatiekennis die we bij CrossWind opdoen tijdens de bouw van HKN zal worden gedeeld om de energietransitie te versnellen.

**Tjalling de Bruin, CEO en Projectdirecteur CrossWind
(Hollandse Kust (noord) V)**

De Nederlandse offshore-windsector heeft in het kader van de programma's voor onderzoek, ontwikkeling & demonstratie (OO&D) een groot aantal schaalbare innovaties voortgebracht. De nieuwe projecten die nu worden ontwikkeld, omvatten niet alleen technische maar ook ecologische innovaties.

Zoals bijvoorbeeld:^{[12] [13]}

Duurzame installatie van XXL-monopalen (SIMOX): Binnen de windenergiesector is hydraulisch heien (hameren) de gebruikelijke methode om monopalen te installeren. Deze techniek kent echter nadelen. Het heien leidt bijvoorbeeld tot een aanzienlijke hoeveelheid lawaai onder het zeeoppervlak en het is moeilijk om palen aan het eind van hun levensduur te verwijderen. Bij dit project worden een of meer innovatieve technologieën voor de installatie van XXL-monopalen ontwikkeld en toegepast. SIMOX is een samenwerkingsverband van meer dan 20 partners uit het bedrijfsleven en verschillende kennisinstellingen, met ondersteuning van de overheid en (milieu-)ngo's. Dit project wordt gefinancierd door MOOI.

Flexibele waterstofcentrale module (FlexH2): The Dit project heeft als doel een offshore-wind/onshore-waterstofproductieconcept te ontwerpen. Een dergelijk concept zou kunnen bijdragen aan meer efficiëntie en flexibiliteit binnen het energienet. FlexH2 heeft in 2021 een subsidie gekregen in het kader van het MOOI-thema SIGOHE (Systeemoplossingen inpassing grootschalige opwekking hernieuwbare elektriciteit). Het project omvat de ontwikkeling van vier belangrijke componenten: een netvormende^[14] offshore windturbine, een regelsysteem voor de centrale voor black-start en netvorming, een verbeterde halfgeleidertransformator en een hybride HVDC-transmissiesysteem met meerdere terminals.

[12] <https://grow-offshorewind.nl/projects-overview>

[13] <https://www.topsectorenergie.nl/projecten-1>

[14] Netvorming is een techniek die nog volop in ontwikkeling is, waarmee een generator de netspanning en -frequentie kan bepalen en zo nodig in eilandmodus kan functioneren.

The Gewikkelde composietverbindingen voor de volgende generatie ondersteunende structuren voor offshore-windenergie – fase 1 (WrapNode-I):

Binnen dit project worden composietverbindingen ontwikkeld voor toepassing in jacketfunderingen voor offshore windturbines, als alternatief voor complexe lasverbindingen. Composietverbindingen zorgen voor een lichtere structuur en een kortere fabricagetijd, en leveren zo kostenbesparingen op. De eerste fase van het project omvat een gezamenlijke test op ware grootte en een prestatievalidatie. In de tweede fase wordt een jacket op schaal ontworpen, geproduceerd en onshore getest. Dit project wordt gefinancierd door HER+.

Voorzichtig heien van palen (GDP): Dit project is gericht op het ontwikkelen en testen van een nieuwe paalinstallatiemethode op basis van de gelijktijdige toepassing van laagfrequente en hoogfrequente trillers in meerdere richtingen. Zo kan er 'voorzichtig' geheid worden, doordat de heipaal minder zwaar belast wordt en er minder lawaai wordt geproduceerd. Het doel is het installatieproces van palen efficiënter te maken. Dit levert niet alleen een 'proof of concept' voor deze nieuwe methode op, maar er worden ook modellen gegenereerd om de effecten van de techniek te voorspellen (inclusief geluidsproductie en draagkracht van de bodem). Er is inmiddels een eerste test uitgevoerd en de techniek is met succes toegepast in zandige grond. Dit project wordt gefinancierd door HER+.

Dynamische regeling van luchtstroom in windparken:

Het doel van dit project is het verminderen van het zogeffect in windparken door middel van actieve zogsturing met een gesloten-lussysteem in combinatie met de nieuwe actieve zogmeng technologie HELIX. De belangrijkste verbeteringen die met het project worden beoogd zijn: verhoging van het jaarlijkse vermogen van windparken met ongeveer 2 tot 3% bij toepassing op een volledig windpark, verminderde afhankelijkheid van de schijnbare windsnelheid en -richting waardoor een stabielere productie mogelijk is en een verdubbeling van de vermogensdichtheid (GWh/km) van offshore windparken. Deze verdubbeling kan worden bereikt door de ruimte tussen de windturbines te verkleinen. Dit project maakt deel uit van het windparkinnovatieprogramma Hollandse Kust (noord) en wordt niet gefinancierd door middel van overheidssubsidies.



Solar@Sea II - zonne-energiecentrales en windturbines op zee: Bij dit project worden drijvende zonnepanelen op zee geïnstalleerd, tussen offshore windturbines. In het kader van het project wordt een concept getest dat is gebaseerd op lichtgewicht flexibele drijvers en flexibele zonnepanelen. Drijvende zonnepanelen zouden een hoger rendement kunnen hebben dan zonnepanelen op land dankzij het koelende effect van de zee. Door de panelen in windparken op zee te installeren wordt er efficiënter gebruik gemaakt van ruimte en infrastructuur.

AIRTuB: Binnen het programma Automatische Inspectie & Reparatie van TurbineBladen (AIRTuB) wordt een autonoom inspectie-, onderhouds- en reparatie-instrument ontwikkeld dat de E&O-tijd zal verkorten. Daarnaast zal de inzet van het instrument leiden tot kostenbesparingen en meer veiligheid. Deze innovatie is van bijzonder grote waarde omdat exploitatie op dit moment nog handmatig plaatsvindt.



Natuurinclusief Ontworpen Offshore Windparken

Natuurinclusief ontwerpen houdt in dat milieuvriendelijke maatregelen standaard worden geïntegreerd in het offshore net en windparken. Natuurinclusieve ontwerpen worden toegepast in verschillende segmenten van de offshore-windwaardeketen.

Bijvoorbeeld:

- TenneT heeft het gestandaardiseerde offshore-netconcept voor 700 MW-wisselstroom aangepast om de ecologische impact van de infrastructuur (hoogspanningskabels, landstations, platforms) te minimaliseren.
- Bij aanbestedingen voor netontwikkelingen wordt vereist dat de aannemer ook kijkt naar wat er mogelijk is met betrekking tot de natuur.
- RVO heeft het criterium 'Bijdrage aan de ecologie van de Noordzee' opgenomen in aanbestedingen voor windparken op zee.

Offshore-windontwikkelaars hebben natuurinclusieve ontwerpprincipes ook omarmd bij de ontwikkeling van offshore windparken. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- Op HKZ wordt onderzocht hoe natuurinclusief ontworpen turbinefunderingen het zeeleven kunnen ondersteunen.
- Om het lawaai onderwater te verminderen en het zeeleven te beschermen, worden op HKN FaunaGuard en bellengordijnmodules toegepast.
- Wageningen Marine Research werkt op Borssele I & II aan biodiversiteit met als doel een geschikte leefomgeving en voedselrijke plekken voor kabeljauw te creëren.

6. Conclusie

Nederland is een van de koplopers in de offshore-windindustrie, met een totale capaciteit van ongeveer 4,7 GW in 2023. Als onderdeel van de routekaart 2023 zijn succesvolle aanbestedingen voor drie aangewezen windenergiegebieden afgerond: voor Borssele (locaties I & II, III & IV, en V) tussen 2016 en 2018, voor Hollandse Kust (zuid) tussen 2018 en 2019 en voor Hollandse Kust (noord) V in 2020.

Dankzij de succesvolle uitrol van windenergie op zee is tijdens deze periode het volgende bereikt:

- **Resultaat 1.** De one-stop-shopaanpak van de Nederlandse overheid heeft de voorbereidingskosten voor aanbestedingen en het risiconiveau voor offshore-windontwikkelaars verlaagd. Daarnaast is de coördinatie tussen de stakeholders verbeterd.
- **Resultaat 2.** Kostenverminderingen hebben de eerste subsidieloze aanbestedingen mogelijk gemaakt.
- **Resultaat 3.** De Nederlandse overheid schrijft nu aanbestedingen uit voor grotere windparken.
- **Resultaat 4.** Door standaardisatie van 700 MW-onderstations zijn de aansluitingskosten verlaagd en de ontwikkelingstijden verkort.
- **Resultaat 5.** De kortere ontwikkelingstijden werden de kosten voor offshore-windontwikkelaars lager en is het aandeel van offshore wind in de energiemix groter geworden.

In aanvulling op bovenstaande lijst hebben de volgende sleutelfactoren (die ook door offshore-windontwikkelaars en Nederlandse innovatie-instituten worden benadrukt) een belangrijke rol gespeeld bij de succesvolle uitrol van offshore wind:



Figuur 14. Sleutelfactoren voor succesvolle uitrol

Na de routekaart 2023 heeft de Nederlandse regering een routekaart voor 2031 gepubliceerd, waarin een capaciteit van 21 GW als doel wordt gesteld. Indicatieve capaciteitsdoelstellingen voor 2040 (50 GW) en 2050 (70 GW), die nader zullen worden uitgewerkt in het Nationaal Plan Energiesysteem, zijn in de september 2022 in een Kamerbrief opgenomen.

Bovendien heeft de Nederlandse regering aangegeven ook na 2030 energiehubs te willen ontwikkelen. Deze hubs zullen het makkelijker maken verbindingen te leggen en elektriciteit uit te wisselen met buurlanden zoals het VK, Denemarken, België, Duitsland en Noorwegen. Op termijn zullen de hubs ook worden gebruikt voor de productie van groene waterstof, die door middel van pijpleidingen naar de wal vervoerd zal worden.

In maart 2023 kondigde de regering de bouw van een productiefaciliteit aan voor het omzetten van windenergie in waterstof met een capaciteit van 500 MW. Deze zal naar verwachting in 2031 in gebruik worden genomen. Er zal eerst een kleiner proefproject met een elektrolysecapaciteit van 50 tot 100 MW worden ontwikkeld om de technologie te testen.



In 2023 viert de Nederlandse windsector met trots de afronding van het tienjarenplan van het Energieakkoord 2013. Er is inmiddels 4,7 GW aan offshore capaciteit geïnstalleerd, en bovendien zijn we erin geslaagd onze ambities op tijd en binnen de planning te realiseren. We streven er nu naar om zo snel mogelijk CO2-neutraal te worden. Dat doen we door het ecologische systeem van de Noordzee te versterken, door duurzame en circulaire producten te ontwerpen en door nauw samen te werken met onze overheidspartners.

**Jan Vos, Voorzitter van de Nederlandse
WindEnergie Associatie (NWEA)**

Lijst van figuren

Figuur 1.	Beleidskaders voor de ontwikkeling van offshore-windenergie en klimaatbeleid	03
Figuur 2.	Offshore-windcapaciteit in Nederland (2023)	04
Figuur 3.	Geïnstalleerde, in aanbouw zijnde & aanbestede en beoogde capaciteit op de Noordzee (GW)	05
Figuur 4.	Verantwoordelijkheden van overheidsinstanties en TenneT	06
Figuur 5.	Kosten van offshore windparken van Egmond aan Zee tot Hollandse Kust (zuid) I & II	07
Figuur 6.	Offshore net met 700 MW-wisselstroomonderstation	10
Figuur 7.	Soorten aanbestedingen voor offshore windparken	14
Figuur 8.	Cumulatieve en verwachte jaarlijks geïnstalleerde capaciteit offshore wind in Nederland van 2016 tot 2031	15
Figuur 9.	Nederlandse routekaart voor windenergie op zee	16
Figuur 10.	Blik op de toekomst van windenergie op zee	17
Figuur 11.	Offshore-windproductie en aandeel in de totale elektriciteitsopwekking	19
Figuur 12.	Ontwikkeling van de day-aheadmarktprijzen en de productie van offshore-windenergie	20
Figuur 13.	Belangrijkste organisaties op het gebied van innovatie in de Nederlandse offshore-windindustrie	21
Figuur 14.	Sleutelfactoren voor succesvolle uitrol	26

Lijst van tabellen

Tabel 1.	Ontwikkeling van turbines voor offshore-windenergie in Nederland	09
Tabel 2.	Overzicht van offshore windparken in Nederland	11
Tabel 3.	Aandeelhouders windparken (%)	13

De Nederlandse overheid neemt actief deel aan kennisuitwisseling met buitenlandse overheidsinstellingen in Europa, Azië en Amerika. Tegelijkertijd werken we samen met de sector, kennisinstellingen en handelsorganisaties om nieuwe kansen te creëren voor onze toeleveringsketen in Nederland en de rest van de wereld. Eens per jaar verwelkomen we buitenlandse delegaties en gasten in Nederland voor de Offshore Energy Exhibition and Conference (OEEC) in Amsterdam. Tijdens dit driedaagse evenement wordt er kennis uitgewisseld en genetwerkt, presenteren we recente ontwikkelingen met betrekking tot onze innovatieve toeleveringsketen en delen we nieuwe bevindingen.



Organisaties die in contact willen komen met de Nederlandse overheid, zoals bedrijven of kennisinstellingen binnen de offshore-windtoeleveringsketen, kunnen meer informatie vinden op de website van Wind & Water Workssite: www.windandwaterworks.com





Disclaimer

Dit document is opgesteld door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) en Guidehouse Netherlands B.V. De Nederlandse WindEnergie Associatie (NWEA), Growth through Research, development & demonstration in Offshore Wind (GROW), TKI Offshore Energy en de ontwikkelaars van de routekaart windenergie op zee 2023 hebben bijdragen geleverd. Aan dit document kunnen geen rechten worden ontleend. Hoewel de inhoud van dit document met grote zorg is samengesteld, kan geen van de bovengenoemde organisaties of bedrijven aansprakelijk worden gesteld voor schade als gevolg van eventuele onjuistheden en/of verouderde informatie.

April 2023

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) is onderdeel van het Nederlandse ministerie van Economische Zaken en Klimaat. RVO voert voor verschillende ministeries beleid uit op het gebied van duurzaamheid, landbouw, innovatie en internationaal ondernemen en samenwerken.

Als aanspreekpunt voor het bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden biedt RVO informatie en advies op het gebied van financiering, netwerken en wet- en regelgeving.