

NOTITIE

Voor distributie

Onderwerp	Managementsamenvatting Rapport Laadinfrastructuur op zee
Project	Laadinfrastructuur op zee
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zee en Delta, Zaaknummer 31202966
Projectcode	144112
Status	Definitief
Datum	6 januari 2025
Referentie	144112/25-000.464
Auteur(s)	M. Schot

Gecontroleerd door	J.J. van Dongen BSc
Goedgekeurd door	M. Schot
Paraaf	

Bijlage(n)

-

Aan	Rijkswaterstaat Zee en Delta	-
Kopie	-	

1 INTRODUCTIE

Dit onderzoek biedt inzicht in geschikte locaties voor laadinfrastructuur op de Noordzee, afgestemd op het operationele profiel van duurzame Emergency Response and Towing Vessels (ERTV's). Uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat en ondersteund door het Europees Herstel- en Veerkrachtplan, ondersteunt het de ontwikkeling van drie elektrische ERTV's en de bijbehorende vijf offshore en vijf onshore laadvoorzieningen binnen het project Power2Tow. Het rapport beschrijft de randvoorwaarden voor de realisatie van deze infrastructuur.

Achtergrond

De geplande uitbreiding van de vloot van Rijkswaterstaat met emissievrije ERTV's speelt in op de toename van windparken en scheepvaart op de Noordzee, waar het risico op aanvaringen groeit. De ambitie is dat deze schepen voor 90 % elektrisch varen. Hiervoor is uitgebreide laadinfrastructuur nodig, zowel op zee als aan land. Dit onderzoek richt zich op het identificeren van offshore laadlocaties, met aandacht voor strategische onshore alternatieven.

Doelstelling

De kernvraag luidt: *'Welke locaties en welk type elektrische laadinfrastructuur op de Noordzee zijn het meest geschikt, rekening houdend met het operationele profiel van een duurzame ERTV?'* Het onderzoek biedt een basis voor verdere ontwikkeling van laadinfrastructuur en vormt een startpunt voor samenwerking met partijen zoals windexploitanten, TenneT, en e-laadontwikkelaars.

Aanpak

Het onderzoek combineert interviews met belanghebbenden, zoals TenneT, windexploitanten, offshore laadontwikkelaars en de Kustwacht, met technische analyses en eerdere bevindingen van MARIN. De focus ligt op:

- 1 het identificeren van offshore laadlocaties;
- 2 randvoorwaarden voor aansluiting op windturbines en TenneT Offshore Substations;
- 3 randvoorwaarden voor het laadconcept op zee.

2 HET IDENTIFICEREN VAN OFFSHORE LAADLOCATIES.

Het hoofdrapport identificeert potentiële laadlocaties voor Emergency Response and Towing Vessels (ERTV's) op de Noordzee. Hierbij zijn bestaande en toekomstige ontwikkelingen op de Noordzee in kaart gebracht om beperkingen en kansrijke gebieden te bepalen. Door scheepsbewegingen van huidige ERTV's te combineren met een analyse van risico- en werkgebieden, zijn vijf zoekgebieden vastgesteld voor mogelijk elektrisch laden.

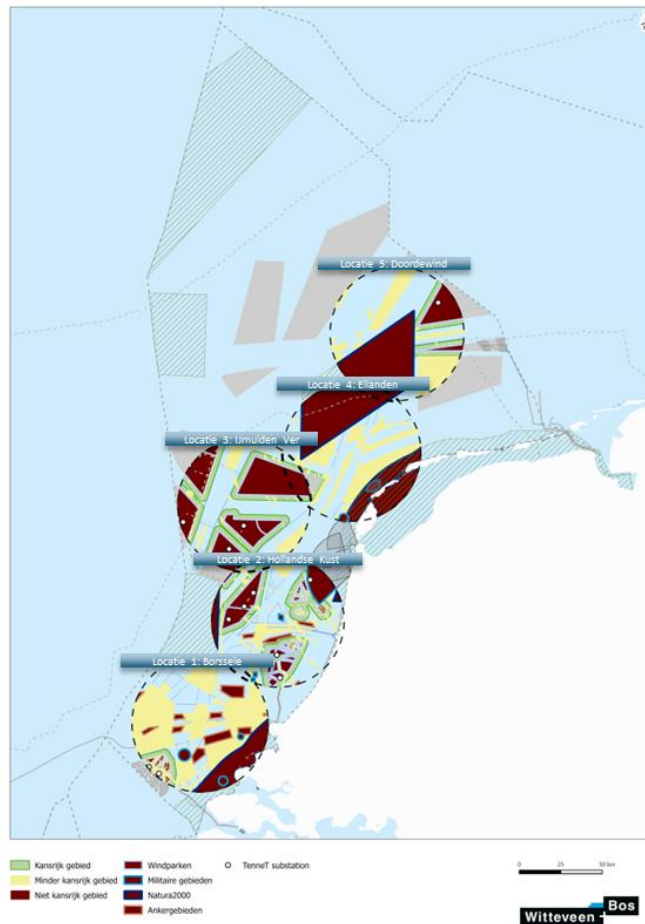
Vaststelling potentiële laadlocaties op de Noordzee

Kansrijke locaties voor het laden van ERTV's bevinden zich vooral in de buurt van windparken, waar elektriciteit beschikbaar is via windturbines of Offshore Substations van TenneT. Minder geschikte locaties, zoals Natura 2000-gebieden, militaire oefenterreinen, ankergebieden en olie- en gasvelden, zijn vanwege ecologische, technische of veiligheidsbeperkingen uitgesloten.

Om geschikte laadlocaties te bepalen, is een analyse uitgevoerd op basis van risicogebieden met hoge scheepvaartintensiteit en andere relevante factoren. ERTV's moeten binnen twee uur vanaf een laadpunt een calamiteitenlocatie kunnen bereiken, zelfs bij ongunstige weersomstandigheden (maximale snelheid: 12 knopen). Op basis hiervan zijn zoekgebieden afgebakend, weergegeven als gestippelde kaders op de kaart.

Door deze kansrijke gebieden te combineren met vastgestelde risico- en werkgebieden zijn vijf potentiële laadlocaties geïdentificeerd. Deze locaties combineren operationele efficiëntie voor ERTV's met nabijheid tot betrouwbare elektriciteitsbronnen, zoals windturbines en Offshore Substations.

Afbeelding 2.1 Kansrijke gebieden voor elektrisch laden in de vijf vastgesteld werkgebieden van de ERTV's



Verdieping op de geselecteerde laadlocaties

De vijf geselecteerde laadlocaties zijn daarna geanalyseerd en beoordeeld op verschillende aspecten:

- techniek: beoordeling van bestaande aansluitingen en benodigde aanpassingen voor energiedistributie en koppeling met windturbines/TenneT;
- duurzaamheid: minder materiaalgebruik bij minimale aanpassingen en korte kabelafstanden. Beoordeling van impact op natuur en Natura 2000-gebieden;
- Inpassing: ruimtelijke en technische inpassing van laadfaciliteiten, met vereiste afstanden tot windturbines, Offshore Substations en ERTV's;
- planning/fasering: afstemming van fasering voor de bouw van ERTV's en laadfaciliteiten, met focus op een realisatie rond 2030;
- kosten: vergelijking van investerings- en onderhoudskosten, rekening houdend met kabelafstanden en aanpassingen;
- juridisch: behoefte aan vergunningen en naleving van ecologische regelgeving, vooral voor Natura 2000-gebieden;
- veiligheid: afstand tot vaarroutes voor veilige werking van ERTV's tijdens het opladen.

De beoordelingen zijn ingevuld in de trade-off matrix (afbeelding 2.2), die voornamelijk dient als hulpmiddel voor de onderlinge vergelijking van de aspecten per locatie. Deze matrix wordt vooral gebruikt voor informatieverzameling en niet als definitieve beoordeling. Het betreft een verkennende studie, waardoor er nog onzekerheden bestaan.

Afbeelding 2.2 Uitslag trade-off matrix potentiële laadlocaties

Trade-off Matrix - Laadinfrastructuur op zee

		Borssele				Hollandse kust				IJmuiden ver				Eilanden				Doordewind			
Datum:	12-12-2024	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)				
Status:	Definitief																				
Opsteller:	Joris van Dongen																				
Controleur:	Marc Schot																				
Beoordelings criteria																					
Criterion	Weeg factor	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering				
Samenvatting beoordeling (kwalitatief)		-1,0		-4,0		1,0		-2,0		4,0		0,0		2,0		-3,0		2,0		-1,0	
Techniek																					
- eneriedistributie aansluiting	1	0	0	0	0	0	+	1	++	2	0	0	++	2	0	0	++	2	0	0	
Duurzaamheid																					
- materiaalgebruik bestaande infrastructuur	1	0	0	-	-1	0	0	-	-1	+	1	0	0	0	0	-	-1	0	0	-	
- natuur werkzaamheden op zee																					
Inpassing																					
- technische inpassing	1	+	1	-	-1	+	1	-	-1	+	1	+	1	+	1	+	1	-	-1	+	
Planning-fasering																					
- doorlooptijd fasering	1	0	0	0	0	+	1	0	0	-	-1	-	-1	--	-2	--	-2	-	-1	-	
Kosten																					
- investeringskosten (CAPEX)	1	0	0	--	-2	0	0	-	-1	0	0	--	-2	0	0	--	-2	0	0	--	
- onderhoudskosten (OPEX)																					
Juridisch																					
- vergunningen	1	-	-1	-	-1	-	-1	-	-1	+	1	+	1	0	0	0	0	+	1	+	
Veiligheid																					
- afstand tot vaarroutes	1	-	-1	+	1	0	0	+	1	0	0	+	1	+	1	+	1	+	1	+	

Aansluiten op windturbine vs. een Offshore substation van TenneT

De resultaten van de trade-off matrix laten zien dat directe aansluiting op een windturbine gunstiger is dan aansluiting op een offshore substation van TenneT. Een laadlocatie aan de rand van een windpark scoort op veel aspecten beter en biedt strategisch een ideale uitvalsbasis voor ERTV's. De aanwezigheid van meerdere windturbines maakt het mogelijk een optimale locatie te kiezen, wat voordeliger is dan een aansluiting op het offshore substation. Daarnaast kan door aan te sluiten op de bestaande kabeltracés van de windturbines de kabellengte worden beperkt, wat zowel duurzamer als financieel aantrekkelijker is.

Bestaande windparken vs. nieuw te realiseren windparken

De windparken die gepland staan bij de drie vastgestelde laadlocaties, IJmuiden Ver, Eilanden en Doordewind, scoren het hoogst in de trade-off matrix. Dit komt met name doordat het concept van directe aansluiting op een windturbine al tijdens de ontwikkelfase kan worden meegenomen. Hierdoor kan de geselecteerde windturbine vóór installatie op zee worden voorbereid voor elektrisch laden. Dit biedt aanzienlijke voordelen op het gebied van materiaalgebruik, kosten, planning en duurzaamheid.

Toch zijn er enkele belangrijke aandachtspunten. Voor deze nieuw te realiseren windparken is de stroomvoorziening op dit moment nog niet aanwezig. Elektrisch laden op deze locaties kan alleen als er tijdig stroom beschikbaar is, wat momenteel een onzekere factor vormt. Specifiek voor de locatie Eilanden is er extra onzekerheid vanwege de onduidelijke bouwplanning van het windpark. Met de lange doorlooptijd is het onwaarschijnlijk dat hier op korte termijn elektrisch laden van ERTV's mogelijk is. Naar verwachting zal de laadinfrastructuur op deze locatie pas na 2032 beschikbaar zijn, wat een aanzienlijk nadeel is ten opzichte van andere locaties. Tot die tijd kan Den Helder als alternatieve laadlocatie dienen, op voorwaarde dat er een aansluiting op walstroom gerealiseerd wordt.

De voorkeur gaat daarom uit naar een locatie waar al stroom beschikbaar is, zodat hier een pilot kan worden uitgevoerd voor het laden van ERTV's. Een succesvolle pilot, inclusief ontwerpoptimalisatie, het verkrijgen van vergunningen en andere voorbereidingen, kan het proces voor het installeren van laadfaciliteiten op andere locaties aanzienlijk versnellen.

In het hoofdrapport worden per vastgestelde laadlocatie de belangrijkste aandachtspunten benoemd als afsluiting van dit onderdeel van het onderzoek.

3 RANDVOORWAARDEN VOOR AANSLUITING OP WINDTURBINES EN TENNET OFFSHORE SUBSTATIONS

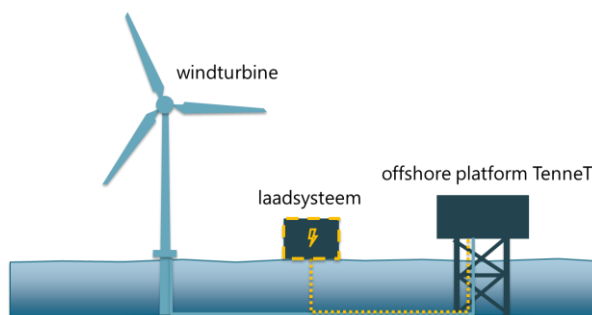
In het rapport zijn twee opties onderzocht voor de aansluiting van laadpunten op zee:

- 1 aansluiting op een Offshore Substation van TenneT;
- 2 directe aansluiting op een windturbine op zee.

Andere aansluitmogelijkheden, zoals gas- of olieplatformen, zijn buiten deze analyse gelaten, maar kunnen locatie-specifiek relevant zijn voor vervolgonderzoek.

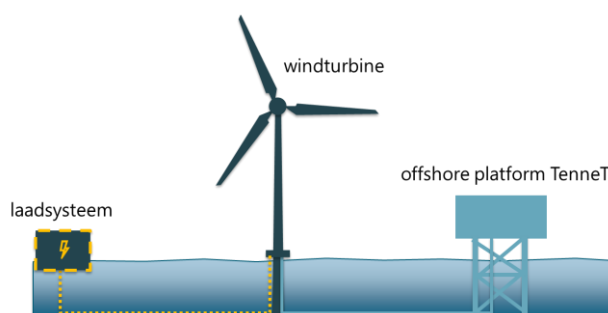
Aansluiting op een Offshore Substation van TenneT: het hoogspanningsnet op zee wordt beheerd door TenneT. Bij windparken bevinden zich Offshore Substations. Vanaf dit centrale punt loopt de 220 kV-aansluiting richting het land. Een substation is een centraal knooppunt waar de omliggende windturbines via middenspanningskabels op zijn aangesloten. Een offshore substation kan beschikken over een aansluiting ('stopcontact'), wat een potentiële mogelijkheid biedt voor het laadconcept.

Afbeelding 3.1 Schematische tekening van een laadsysteem direct aangesloten op een Offshore Substation van TenneT



Aansluiting op een windturbine: een alternatieve aansluitoptie is om het laadsysteem direct te koppelen aan een windturbine van het offshore windpark. Deze windturbine is via een elektriciteitskabel verbonden met het Offshore Substation van TenneT.

Afbeelding 3.2 Schematische tekening van een laadsysteem direct aangesloten op een windturbine op zee



Randvoorwaarden

We hebben de aansluitopties voor het aansluiten op een windturbine of Offshore platform van TenneT geanalyseerd op zeven aspecten om de randvoorwaarden voor praktische toepassing vast te stellen. Het hoofdrapport biedt een analyse en een overzicht van de specifieke randvoorwaarden die voortkomen uit deze analyse, gebaseerd op gesprekken met TenneT, windexploitanten en eigen experts.

Hieronder volgt een korte samenvatting per geanalyseerd aspect:

- techniek:
 - omvorming van voltage en frequentie vereist om geschikt te maken voor de ERTV;
 - ruimte moet gereserveerd worden voor omvormers en andere apparatuur, vooral bij bestaande infrastructuur;
 - aansluitkabel moet rekening houden met bestaande tracés en zo kort mogelijk zijn voor efficiëntie en kostenbesparing;
- beschikbaarheid:
 - stroomlevering moet contractueel geregeld zijn, met een beschikbare klant aansluiting;
 - aansluitpunten moeten voldoen aan technische vereisten voor stroomlevering via bestaande kabels;
- duurzaamheid en kosten:
 - minimalisatie van materiaalgebruik en energieverliezen door korte kabels en efficiënte omvormingen;
 - installatie op het vasteland kan hoge kosten van werkzaamheden op zee beperken;
- veiligheid:
 - er moeten veilige afstanden worden gehandhaafd tussen de laadfaciliteit en zowel windturbines (150 m) als Offshore Substations (500 m);
- juridisch:
 - wetgeving moet aangepast worden om ook scheepsladen mogelijk te maken;
 - gecontracteerd vermogen en leveringscontracten moeten in plaats zijn voor stroomlevering;
 - mogelijke uitzondering op veiligheidszones om kosten te besparen op kabelafstanden.

4 RANDVOORWAARDEN VOOR HET LAADSYSTEEM OP ZEE

Voor het elektrisch laden van een ERTV is een laadsysteem, oftewel een laadpunt, vereist. Dit systeem voorziet het schip van het benodigde vermogen om te kunnen laden. Het laadsysteem kan worden geïnstalleerd op een e-tower of een e-boei (zie visualisatie in afbeelding 4.1).

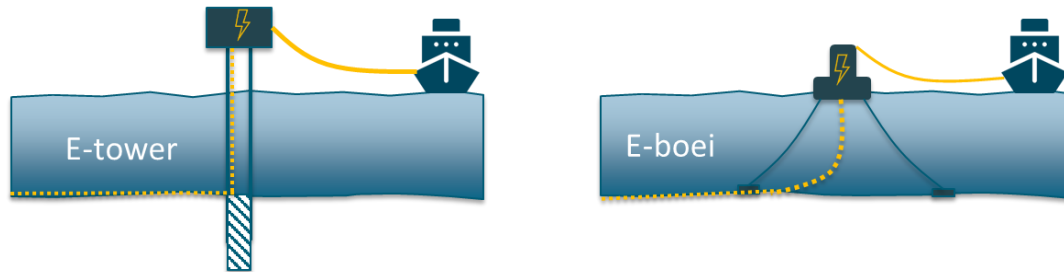
Afbeelding 4.1 Visualisatie van een e-tower concept en een laadboei concept (bron: Bluewater)



E-laadsysteem op vaste paal variant: een monopile is een vaste funderingsstructuur die in de zeebodem is verankerd, vergelijkbaar met de funderingen van offshore windturbines (links in afbeelding 4.1). Boven het water is een laadsysteem op de monopile geplaatst. Een elektriciteitskabel verbindt het laadsysteem via de monopile en de zeebodem met het net. Vanaf het laadsysteem kan een laadstekker worden uitgetrokken om een elektrisch schip op te laden.

E-laadsysteem op boei variant: een e-boei is een drijvende laadoplossing die aan de zeebodem is verankerd met behulp van kabels (rechts in afbeelding 4.1). Via de zeebodem is een elektriciteitskabel aangesloten op de laadboei. Vanaf de e-boei kan een laadstekker worden uitgetrokken om een elektrisch schip op te laden. Zie afbeelding 4.2 voor een schematische weergave.

Afbeelding 4.2 Schematische weergave e-tower laadconcept en e-boei laadconcept



Voor beide varianten kunnen de afmetingen, het ontwerp en de vormgeving van het laadsysteem worden aangepast aan de specifieke situatie. Het belangrijkste verschil tussen de twee systemen is dat het laadsysteem op een monopile een vaste constructie is met een fundering, terwijl de e-boei een drijvende laadinstallatie is die met kettingen aan de zeebodem is verankerd.

Randvoorwaarden

In het hoofdrapport hebben we op basis van de analyse een lijst met specifieke randvoorwaarden vastgesteld voor het laadsysteem op zee. Hieronder worden de belangrijkste aandachtspunten voor het laadsysteem beschreven:

- techniek: vereist omvormingen van voltage en frequentie, ruimte voor componenten, en geschikte verankering voor e-tower of e-boei;
- veiligheid: laadsystemen moeten geschikt zijn voor aanmeren onder verschillende omstandigheden en kunnen snel loskoppelen bij onvoorziene situaties;
- beschikbaarheid: er moet continue stroomlevering zijn, met periodiek onderhoud en vervangingen van onderdelen zoals de aanmeerkabel;
- bereikbaarheid: laadlocatie moet toegankelijk zijn voor schepen vanuit elke richting;
- duurzaamheid: er moeten milieueffectstudies worden uitgevoerd en materiaalgebruik moet geminimaliseerd worden;
- kosten: laadoplossing moet modulair en toekomstbestendig zijn;
- veiligheid (locatie): locatie moet voldoende afstand houden tot windmolens, Offshore Substations en vaarwegen;
- juridisch: vereist naleving van vergunningen, archeologische en explosievenonderzoeken, en mogelijk aanvullende onderzoeken voor Natura 2000-gebieden.

Voorkeur laadconcept

De geïnterviewde partijen geven aan dat de e-tower, gebaseerd op een vaste paalconstructie, beter geschikt is voor de Noordzee vanwege de specifieke zee-omstandigheden. De Noordzee heeft vaak ondiep water (20-25 meter) en kan hoge golven tijdens stormen veroorzaken, tot 10 meter. Dit heeft een negatieve invloed op de verankeringskabels van een e-boei, die spanning ondervinden door hoogteverschillen. De e-tower, gefundeerd op een paal, blijft stabiel bij golven en is minder gevoelig voor deze spanningen. De e-tower lijkt daarom de beste optie voor de Noordzee, maar verdere locatie-onderzoeken zijn nodig voor een definitieve keuze.

5 CONCLUSIES

Op basis van het onderzoek zijn de volgende conclusies vastgesteld:

- verdeling en selectie van locaties: de posities van de laadinfrastructuur zijn primair gebaseerd op de verwachte werkgebieden van de ERTV's. Een vijftal werkgebieden voor ERTV's zijn vastgesteld in het onderzoek: Borssele, Hollandse Kust, IJmuiden Ver, Eilanden en Doordewind. Binnen deze werkgebieden worden locaties bepaald op basis van afstand tot een stroombron en een veilige afstand tot vaarroutes en andere objecten. Vastgestelde randvoorwaarden voor aansluiting en installatie vormen een essentiële basis voor verdere verfijning;
- locatievoorkeur in relatie tot risico's: een laadlocatie aan de rand van het windpark, dicht bij de vastgestelde risicogebieden, biedt een strategische positie voor ERTV's om snel te reageren bij calamiteiten. De locatie moet daarbij op voldoende afstand liggen van vaarroutes en andere gebruikers om verwarring en aanvaringsrisico's te minimaliseren;
- kabeltracé en efficiëntie: directe aansluiting op een windturbine zorgt voor optimaal gebruik van bestaande kabeltracés en minimaliseert of vermijdt kruisingen met andere kabels of leidingen, wat bijdraagt aan lagere installatiekosten en hogere betrouwbaarheid;
- leveringszekerheid van stroom: levering van stroom via het Offshore Substation van TenneT is cruciaal voor betrouwbaarheid. Bij directe aansluiting op een windturbine moet de kabel tussen de turbine en het substation gebruikt kunnen worden om het benodigde vermogen (enkele megawatt) voor ERTV's te leveren;
- technisch ontwerp van de laadinfrastructuur: voltageomvorming binnen het laadsysteem vermindert kabelverliezen en maakt het mogelijk een dunnere elektriciteitskabel tussen de stroombron en het laadsysteem te gebruiken. Het systeem moet betrouwbaar functioneren bij golfhoogtes tot 3 meter. Zowel de E-tower als de e-boei vereisen specifieke verankerings- en aanmeeroplossingen, met snelle loskoppeling als cruciale functie voor noodsituaties. Gezien de ruwe zeeomstandigheden en de beperkte diepte van de Noordzee heeft de E-tower met vaste verankering op de zeebodem de voorkeur als laadvariant;
- juridische uitdagingen: juridisch is stroomlevering (niet teruglevering!) via het Offshore Substation van TenneT momenteel niet toegestaan, wat de leveringszekerheid van elektriciteit voor elektrisch laden belemmert wanneer er geen of nauwelijks wind is. Aanpassingen in regelgeving zijn noodzakelijk.
- kostenoverwegingen: om kosten te beheersen, is het belangrijk om werkzaamheden op zee en kabelgebruik te minimaliseren. Dit kan worden bereikt door slim gebruik van bestaande infrastructuur of door mee te liften op toekomstige realisatie van een windpark;
- planning en operationele haalbaarheid: bij potentiële laadlocaties zoals IJmuiden Ver, Doordewind en Eiland is nog geen stroombron beschikbaar. Elektrisch laden is pas mogelijk zodra de windparken en het Offshore Substation operationeel zijn, wat afhankelijk is van de planning van 2031 of later.

6 TAKE-AWAYS EN VERVOLGSTAPPEN

Het rapport sluit af met een aantal take-aways en vervolgstappen.

Take-aways

Tijdens het onderzoek zijn inzichten verzameld die de ontwikkeling van een laadconcept op zee verrijken:

- samenwerking: het is essentieel om samen met TenneT, windexploitanten en e-laadontwikkelaars laadlocaties verder te onderzoeken en uit te werken. Dit versnelt de beoordeling van haalbaarheid en randvoorwaarden;
- gebruik productieplatforms: locaties zoals NAM Ameland, N05 bij Schiermonnikoog en Q13a-A bij Scheveningen bieden kansen voor koppelingen met laadconcepten, afhankelijk van hun bestaande of geplande energievoorzieningen;
- bestaande infrastructuur benutten: innovatieve concepten zoals laadpleinen of multifunctioneel ruimtegebruik binnen windparken kunnen efficiëntie verhogen en schaalvoordelen bieden;
- relevante initiatieven: projecten zoals North Sea Energy en SeaCurrent bieden waardevolle inzichten en samenwerking rond laadinfrastructuur op zee.

Benodigde vervolgstappen

Om een succesvolle uitvraag voor een innovatiepartnerschap op te stellen, zijn de volgende stappen nodig:

- haalbaarheidsonderzoek locaties: beoordeel technische, juridische (benodigde vergunningen) en economische haalbaarheid van laadlocaties, inclusief gesprekken met TenneT en windexploitanten;
- keuze laadconcept: bevestig de meest geschikte technologie (e-tower of e-boei), rekening houdend met Noordzee-omstandigheden;
- schaalbaarheid: onderzoek of een enkelvoudig of modulair laadconcept beter aansluit bij toekomstige behoeften;
- verfijnen randvoorwaarden: scherp de randvoorwaarden verder aan op basis van onderzoek en inzichten;
- voorbereiden uitvraag: werk technische specificaties, geschiktheidseisen en selectieprocedures uit. Bespreek onderwerpen zoals intellectueel eigendom, samenwerking en risicomanagement vooraf;
- met deze stappen wordt een solide basis gelegd voor het realiseren van elektrisch laden op zee.

Voor uitgebreide beschrijving van de take-aways en vervolgstappen wordt verwezen naar het hoofdrapport.