

## SAMENVATTING DIRECTIE

Offshore-windenergie zal een belangrijke rol spelen in het algehele doel van de Europese Green Deal om klimaatneutraliteit te bereiken. Alleen al in de Noordzee, met haar stevige wind en ondiepe water, kan er voor 2050 een totaal potentieel van meer dan 200 GW genererende capaciteit worden opgebouwd. Een dergelijke hoeveelheid aan offshore-windkracht transporteren naar land en integreren in de transmissiesystemen aldaar is een enorme uitdaging, waarbij er een hoge mate aan samenwerking vereist is tussen de landen die grenzen aan de Noordzee.

Door afgelegen locaties met offshore-windmolenparken en de steeds grotere worden afstanden over de Noordzee is wisselstroomtechnologie (AC) met hoge spanning niet langer rendabel en moeten daarvoor in de plaats gelijkstroomverbindingen (HVDC) worden gebruikt. Voorgaande onderzoeksprojecten hebben aangetoond dat de meest sociaaleconomisch voordelige toepassing van een dergelijke HVDC-transmissiesysteem een gecoördineerde, onderling verbonden (vermaasd & met meerdere terminals) HVDC-offshore-transmissienetwerk is, dat de volgende doelstellingen combineert:

- offshore-windenergietransport naar land
- onderlinge verbinding tussen verschillende landen aan de Noordzee
- versterking van de onshore-AC-netwerken
- toevoer van offshore-energieverbruikers

Tot nu toe zijn HVDC-systemen in Europa echter voornamelijk gebruikt als afzonderlijke punt-naar-punt-verbindingen onder een enkele verkoper, voor maar één doel en vaak ook met maar één eigenaar, dit vanwege nog niet goed genoeg ontwikkelde HVDC-netwerktechnologieoplossingen met meerdere terminals, grote verschillen in de nationale en supranationale juridische en regelgevende kaders, en het ontbreken van een geschikt economisch kader, waardoor financiële uitdagingen ontstaan.

Het door de EU gefinancierde Horizon2020-project PROMOTiON 'Progress on Meshed Offshore HVDC Transmission Networks' (vooruitgang van vermaasde offshore-HVDC-transmissienetwerken) heeft de technische, juridische, wettelijke, economische en financieringsuitdagingen in de ontwikkeling van een vermaasd offshore-HVDC-transmissienetwerk in de Noordzee aangekaart door naar de volgende zes doelstellingen toe te werken:

**1. Om interoperabiliteit te bereiken tussen verschillende technologieën en concepten door het bieden van specifieke technische en operationele vereisten, gedrag patronen en standaardisatiemethodes voor verschillende technologieën, heeft PROMOTiON:**

- Zich gericht op vier kerntechnologieën: HVDC-netwerk- en offshore-windmolenparkcontrole, HVDC-netwerkbescherming, HVDC-circuitonderbrekers en HVDC-substations met isolerend gas
- Algehele functioneringsvereisten gedefinieerd voor HDVC-systemen met meerdere terminals en offshore-windenergiecentrales
- De techno-economische prestatie en interoperabiliteit van vermaasde HVDC-netwerktopologieën onderzocht, geanalyseerd, gesimuleerd en vergeleken met verschillende combinaties van kerntechnologieën onder verschillende operationele configuraties en een volledig scala aan gebruiksvoorwaarden
- Richtlijnen ontwikkeld voor technologieselectie en specificatie van uitrustingen
- Aanbevelingen ontwikkeld voor het behalen van compatibiliteit en interoperabiliteit betreffende juridische, wettelijke, technische, contractuele en planningsniveaus

**2. Om interoperabele, betrouwbare en kostenefficiënte technologie te ontwikkelen ter bescherming van vermaasde HVDC-offshore-netwerken en het nieuwe type omzetter voor windenergie-integratie, heeft PROMOTiON:**

- Algehele prestatievereisten gedefinieerd voor HVDC-netwerkbescherming
- Kostenmodellen en een kostendatabase voor HVDC-uitrustingen gecreëerd
- Een uitgebreide levenslange kosten-batenanalyse uitgevoerd voor verschillende beschermingsstrategieën om zo de meest kosteneffectieve strategie voor verschillende types HVDC-transmissienetwerken te kunnen bepalen
- Een Intelligent Electronic Device (IED, intelligent elektronisch apparaat), dat kan worden geprogrammeerd met verschillende HVCD-netwerkbeschermingsstrategieën, volledig getest en gevalideerd
- Een algehele systeeminterface ontwikkeld tussen verschillende beschermingssysteemcomponenten (bijv. circuitonderbreker & IED)
- Interoperabiliteit van verkopers gedemonstreerd door middel van de succesvolle werking van zowel de IED van PROMOTiON als van een industriële verkoper met de besturings- en beschermingsreplica's van een omzetter van een andere industriële verkoper
- Een spannings- en falingsmodusanalyse uitgevoerd op de technologieën en componenten van de HVDC-circuitonderbreker

**3. Om kosteneffectieve kerntechnologieën voor vermaasde HVDC-offshore-netwerken te demonstreren en om hun technologie-gereedheidsniveau te verhogen door eerdere toepassingsproblemen en valkuilen te onderzoeken en verhelpen, heeft PROMOTiON:**

- Algehele kwalificatieprocedures en testcircuits voor technologieprestatie ontwikkeld
- Semipublieke demonstraties op volle kracht, werkelijke schaal en/of volledig functionaliteit uitgevoerd van industriële prototypes van alle kerntechnologieën geleverd door verkopers bij onafhankelijke industriële testlaboratoria en -universiteiten, op basis van de voorgestelde testvereisten en testcircuits
- Tal van op laboratoriumschaal en simulaties gebaseerde technologiedemonstraties met lage spanning en testsysteemontwikkeling uitgevoerd, die zullen worden gebruikt voor technologieontwikkeling, onderzoek en personeelstraining.
- Bepalingen voor 'technology readiness level' (TRL, technologische paraatheid) voor HVCD-transmissietechnologie opgesteld, in overeenstemming met het TRL-kader van Horizon2020
- Een speciale TRL-review-voortgangsanalyse uitgevoerd van alle kerntechnologieën die worden genoemd in PROMOTiON en bepaald dat alle kerntechnologieën een TRL van 6 of hoger hebben bereikt

**4. Om een nieuw wettelijk EU-kader te ontwikkelen, zowel in overeenstemming met energiebeleidsdoelstellingen in de hele EU als met die van de Lidstaten, en om de haalbaarheid van vermaasde HVDC-projecten te verhogen door het bieden van een geschikt financieel kader, heeft PROMOTiON:**

- Een documentaire analyse uitgevoerd van internationaal, Europees en nationaal recht en specifieke aanbevelingen ontwikkeld voor geïdentificeerde gaten en onverenigbaarheden
- Een definitie voorgesteld voor een nieuw type classificatie voor activa voor windmolenparken die zijn verbonden met meer dan één land (hybride activa)
- Een methodiek ontwikkeld voor sociaaleconomische kosten-batenanalyses voor de ontwikkeling van offshore-transmissiesystemen
- Specifieke aanbevelingen ontwikkeld voor offshore-netwerkplanning, -werking en -ontmanteling
- Een offshore-marktdesign ontwikkeld op basis van kleine biedzones met aanvullende maatregelen voor het zeker stellen van stabiele inkomstenstromen voor offshore-windmolenparkontwikkelaars
- Aanbevelingen geanalyseerd en gemaakt voor de vereisten investeringsvolumes, eigendomsmodellen, inkomstenmodellen van investeerders, grensoverschrijdende kostentoe wijzing, evenals geschikte financieringsstrategieën en -instrumenten

**5. Om de harmonisatie van lopende initiatieven, algehele systeeminterfaces en toekomstige normen te vergemakkelijken door actief mee te doen aan werkgroepen en standaardiseringsinstellingen en op actieve wijze ervaring uit de demonstraties te gebruiken, heeft PROMOTiON:**

- Alle actieve en relevante standaardiseringsinitiatieven geïnventariseerd, deze in kaart gebracht in de PROMOTiON-resultaten en samenwerkingsverbanden gerealiseerd

- Doelgerichte harmonisatie-workshops over verschillende onderwerpen georganiseerd
- Specifieke informatiepakketten met standaardiseringsinitiatieven ontwikkeld en gedeeld. In het bijzonder zijn de testresultaten van de demonstrateurs gedeeld en deze hebben geholpen om standaardisering op actieve wijze aan te sporen en te vormen
- Standaardiseringsactiviteiten voorgesteld en opgestart in geval van geïdentificeerde gaten

**6. Om een concreet ontwikkelingsplan te bieden voor “fase twee” voor het toepassen van kerntechnologieën voor vermaasde HVDC-offshore-netwerken voor commercieel gebruik in Europa, waarbij de economische, financiële en wettelijke aspecten in acht worden genomen, heeft PROMOTiON:**

- Potentiele netwerktopologieën ontwikkeld op basis van windtoepassing en internationale coördinatiescenario's
- Een vergelijkingsevaluatie uitgevoerd op basis van de kosten-batenanalyse voor de ontwikkelde topologieën
- Een stappenplan gecreëerd met noodzakelijke acties en timing van aandeelhouders
- Haalbaarheidsonderzoeken uitgevoerd van drie korte-termijn-mogelijkheden voor HVDC-proefprojecten met meerdere terminals

### Afsluitende conclusies

Op basis van de uitgevoerde werkzaamheden komt PROMOTiON tot de conclusie dat er geen technologische showstoppers zijn voor de ontwikkeling van HVDC-transmissienetwerken met meerdere terminals, maar dat er wel nog steeds aanzienlijk wat standaardiseringswerk noodzakelijk is om HVDC-netwerkintegratie voor meerdere verkopers te realiseren. TSO's en verkopers moeten zich onderling afstemmen met betrekking tot algehele, technologie-neutrale functionele prestatievereisten en algeheel geldende communicatieprotocollen en -normen voor HVDC-uitrustingen aannemen. Aankoop en contractuele 'best practices' (beste praktijken) moeten worden aangenomen om systeemintegratie voor meerdere verkopers te garanderen. De technologieën, besturingssystemen en gebruikspraktijken voor HVDC-netwerken hebben zich snel ontwikkeld, PROMOTiON heeft bijgedragen aan technologieontwikkeling en een aantal richtlijnen voor verdere prestatieverbetering en kostenverlaging geïdentificeerd.

Samenwerking en coördinatie tussen nationale overheden, TSO's en andere offshore-ruimtegebruikers is doorslaggevend bij de toepassing van wettelijke en juridische aanbevelingen en voor het afstemmen van nationale offshore-plannen voor hernieuwbare energie met transmissieplanning. De beste manier om de resterende uitdagingen aan te gaan en de samenwerkingsverbanden op te richten die noodzakelijk zijn om dat te doen, is door middel van realisatie van een grensoverschrijdend proefproject op volledige schaal, dat de haalbaarheid van de technologie zou demonstreren, internationale samenwerkingsmodellen zou presenteren en het

sociaaleconomische voordeel van HVDC-transmissiesystemen met meerdere terminals zou bieden in vergelijking met de actuele punt-naar-punt-verbindingen.

De PROMOTioN-resultaten zijn wijd verspreid via publicatie in internationale conferenties en tijdschriften (bijv. CIGRE en IEEE), evenals door middel van gerichte workshops over dit onderwerp met belangrijke aandeelhouders zoals nationale ministeries, DG Energy, ENTSO-E, WindEurope, T&D Europe en de North Sea Wind Power Hub. De publicaties en presentaties zijn beschikbaar op de projectwebsite [www.promotion-offshore.net](http://www.promotion-offshore.net).