

MER, SMB, Habitattoets BritNed-verbinding

De BritNed-verbinding

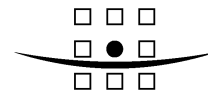
BritNed Development Limited

25 augustus 2005

Rapport

9M3538

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND BV
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 (0)24 328 42 84 Telefoon
31 (0)24 360 95 66 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel MER, SMB, Habitattoets BritNed-verbinding
Hoofdstuk 4
Verkorte documenttitel MER, SMB, Habitattoets BritNed
Status Rapport
Datum 25 augustus 2005
Projectnaam MER, SMB, Habitattoets BritNed-verbinding
Projectnummer 9M3538
Opdrachtgever BritNed Development Limited
Referentie 9M3538/R029/PCWV/Nijm
Auteurs Drs. P.C.W. Voet

INHOUDSOPGAVE		Blz.
4	DE BRITNED-VERBINDING	1
4.1	Inleiding	1
4.2	Alternatieven	2
4.3	Systeemontwerp	5
4.3.1	Inleiding	5
4.3.2	Wat is stroom?	5
4.3.3	Gelijkstroom of wisselstroom?	7
4.3.4	Kabels of lijnen?	8
4.3.5	Monopolaire of bipolaire systemen	10
4.3.6	Convertoystation	15
4.3.7	Koppelstation	18
4.4	Milieuaspecten van het ontwerp	18
4.4.1	Milieuaspecten	18
4.4.2	Zwerfstromen / lekstromen	19
4.4.3	Kortsluitstromen	19
4.4.4	Elektrochemische effecten	20
4.4.5	Elektrische velden	20
4.4.6	Inductieverschijnselen	20
4.4.7	Magneetvelden	22
4.4.8	Warmte-ontwikkeling	22
4.4.9	Aanwezigheid van olie of bitumen in de kabel	24
4.4.10	Ruimtebeslag	24
4.4.11	Milieu-aspecten van het convertoystation	25
4.5	Kabeltype	26
4.5.1	Selectiecriteria 'kabeltype'	26
4.5.2	Vergelijking 'kabeltypen'	27
4.5.3	Basisontwerp en alternatieven 'kabeltype'	33
4.6	Kabelconfiguratie	36
4.6.1	Selectiecriteria voor de kabelconfiguraties	36
4.6.2	Vergelijking kabelconfiguraties	38
4.6.3	Basisontwerp en alternatief 'kabelconfiguratie'	42
4.6.4	Basisontwerp kabelbescherming	43
4.7	Kabelcorridors en –routes op zee	44
4.7.1	Zoekmethodiek	45
4.7.2	Afweging alternatieven en keuze Basisontwerp zeeroute	47
4.8	Kabelroutes en convertoystation op land	52
4.8.1	Ruimtegebruik	52
4.8.2	Locatie convertoystation	54

4.8.3	Routealternatieven op land	55
4.8.4	Aansluiting zee- en landroutes: de aanlandingen	59
4.8.5	Overweging en keuze Basisontwerp en alternatieven op land	61
4.9	Samenvatting	63

4 DE BRITNED-VERBINDING

De richtlijnen voor het MER

De hoofdpunten van de richtlijnen voor de beschrijving van de BritNed verbinding in hoofdstuk 4 zijn:

- Geef een globale uiteenzetting van mogelijke aanlandingspunten en tracés voor de aanlanding;
- Licht op basis van criteria (planologie, milieu, technologie en kosten) toe welke aanlandingspunten en tracés als niet realistisch worden beschouwd;
- Ontwikkel drie alternatieve tracés (zuidelijk tracé, noordelijk tracé en noordelijk plus tracé) en benoem een voorkeursalternatief;
- Indien andere aanlandingspunten als realistisch moeten worden beschouwd, ontwikkel dan per aanlandingspunt een alternatief tracé vanaf Groot-Brittannië tot aan het betreffende aanlandingspunt, inclusief de aansluiting op het Nederlandse hoogspanningsnet;
- Benoem op grond van welke criteria (planologisch, milieu, technisch, economisch of anderszins) de alternatieven zijn geselecteerd;
- Geef kaartbeelden van het voorkeursalternatief, het meest milieuvriendelijke alternatief en van de andere alternatieven;
- Geef bij elk alternatief aan op welke wijze hetzij door de tracékeuze hetzij door mitigerende maatregelen natuur en milieu ontzien worden;
- Beschrijf voor de tracés, welke (huidige en toekomstige) andere kabels, leidingen, vaste installaties en scheepvaartroutes gekruist worden;
- Geef een beschrijving van het voor de verbinding te gebruiken kabeltype. Motiveer waarom voor het zogenoemd mass impregnated bipolair kabelsysteem, met twee afzonderlijke kabels die dicht naast elkaar gelegd worden in één sleuf, is gekozen. Motiveer of een monopolaire kabel met metalen retourleiding of een ander gelijkwaardig alternatief kan worden overwogen. Zet de milieugevolgen van het gebruik van bipolaire en monopolaire kabels tegen elkaar af;
- Onderbouw waarom geen twee-aderige flattype kabel, dus met een minimale afstand tussen de twee kabels, kan worden gebruikt;
- Geef de afstand tussen de kabels aan en beschrijf de mate van het buiten de kabelverbinding treden van het elektrische veld, de veldsterkte van het magnetische DC-veld en de veldsterkte van de magnetische wisselveldrimpels;
- Geef een beschrijving van het convertorstation en motiveer de mogelijke locaties daarvan.

Kader 4.1 De richtlijnen voor het MER

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van het ontwerp van de BritNed-verbinding en de redelijkerwijs te beschouwen alternatieven daarvoor. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen installaties, locaties en tracés, en wordt ingegaan op de milieuaspecten. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de werkzaamheden voor de aanleg, het onderhoud en de verwijdering van de kabel na het einde van de levensduur.

Een concrete beschrijving van de activiteiten is nodig omdat de initiatiefnemer verzocht heeft om in de Planlogische kernbeslissing voor de wijziging van het SEV II een concrete beleidsbeslissing te nemen over de corridor waarbinnen de kabelverbinding moet worden aangelegd. Dat betekent dat de corridor concreet moet worden begrensd, rekening houdend met de geldende regelgeving en beleidskaders en met de overige gebiedsfuncties.

In paragraaf 4.7 en 4.8 wordt de ontwikkeling en selectie van de mogelijke corridors beschreven en worden ze met elkaar vergeleken, op basis van de milieu-aspecten en andere voor- en nadelen. Om dat te kunnen doen, moeten de activiteiten binnen die corridors voldoende concreet worden beschreven. Daarom wordt in paragraaf 4.3, 4.4, 4.5 en 4.6 het ontwerp van de BritNed-verbinding beschreven. Alvorens daartoe over te gaan wordt in paragraaf 4.2 een toelichting gegeven op de ontwikkeling van de alternatieven. De paragraafindeling is als volgt.

Paragraaf	Onderwerp
4.2 Alternatieven	- alternatievenontwikkeling
4.3 Systeemontwerp	- gelijkstroom of wisselspanning - bovengrondse of ondergrondse kabel - monopolair of bipolair systeem - convertorstation en koppelstation
4.4 Milieu-aspecten van het systeemontwerp	- zwerfstromen - kortsluitstromen - elektrochemische effecten - elektrische velden van de kabelgeleiders - inductieverschijnselen - magneetvelden - warmteontwikkeling - aanwezigheid van olie in de kabel - ruimtebeslag
4.5 Kabel(isolatie)type	- selectiecriteria - vergelijking van kabeltypen - Basisontwerp kabeltype
4.6 Kabel(leg)configuratie	- selectiecriteria - vergelijking van kabelconfiguraties - Basisontwerp kabelconfiguratie
4.7 Kabeltracé op zee	- methodiek tracékeuze op zee - criteria tracékeuze op zee - Basisontwerp en alternatieven
4.8 Kabeltracé op land	- Basisontwerp en alternatieven landroutes - Basisontwerp locatie convertorstation
4.9 Samenvatting en conclusies	

Tabel 4.1 Onderwerpen en leeswijzer hoofdstuk 4

4.2 Alternatieven

Het ontwerp van de BritNed-verbinding bestaat uit verschillende onderdelen:

- Het systeem (gelijk- of wisselstroom, kabels of lijnen, mono- of bipolair);
- Het type kabel en isolatie;
- De configuratie van de gebruikte kabels;
- Het convertorstation;
- De route op zee;
- De route op land.

Ten tijde van het opstellen van dit MER stond het definitieve ontwerp van de kabelverbinding nog niet vast, omdat het besluit tot realisatie van de verbinding pas kan worden genomen wanneer de benodigde vergunningen zijn verworven. Pas daarna kan worden overgegaan tot aanbesteding. De aanbesteding van een project als BritNed moet voldoen aan Europese regelgeving. Dat betekent dat alle bedrijven die in staat zijn het werk uit te voeren in de gelegenheid worden gesteld een aanbieding te doen. Elke aanbieder heeft zijn eigen kennis, ervaring en bedrijfsmiddelen. Daardoor kunnen de aanbiedingen onderling verschillen, met name ten aanzien van het kabelontwerp, de kabelconfiguratie en de wijze van installeren van de kabel.

Hoewel het kabelontwerp, de mogelijke en haalbare kabelconfiguratie en de wijze van installeren dus nog niet helemaal vastliggen, zijn de kabelroutes al wel beperkt tot enkele concrete corridors. Daarvoor zijn twee redenen:

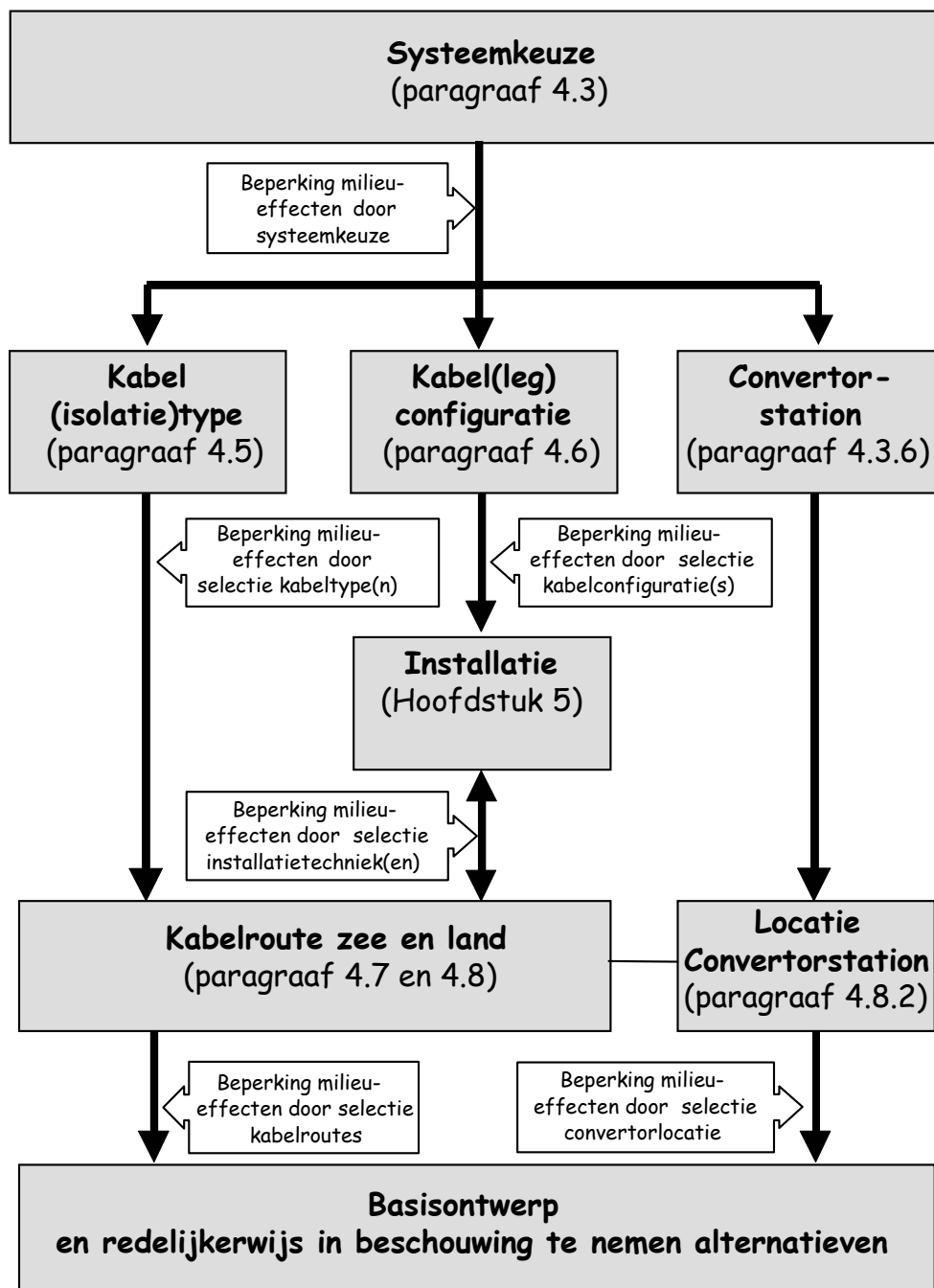
- De corridors zijn een belangrijke factor voor het bepalen van de (potentiële) milieueffecten, de mogelijke hinder voor andere gebruiksfuncties (zoals scheepvaart, zandwinning, visserij e.d.) en de verwachte kosten. Zonder routeselectie is het niet mogelijk een MER te schrijven;
- Een goede routeselectie is tijdrovend en kostbaar, waarvoor onder andere veel sonaronderzoek, bodemonderzoek en rekenwerk nodig is. Om die redenen heeft BritNed de meest in aanmerking komende corridors zelf onderzocht.

In dit MER wordt het selectieproces toegelicht, dat heeft geleid tot de twee overblijvende corridors op het Nederlandse deel van de Noordzee: de noordelijke en de zuidelijke. Beide voorzien in een aanlanding op de Maasvlakte. Voor deze corridors worden in dit MER de milieueffecten beschreven. Daarbij wordt uitgegaan van:

- Het meest waarschijnlijke systeem, type kabel en configuratie;
- De meest waarschijnlijke route(s) binnen de corridors;
- De meest waarschijnlijke wijze van installeren.

Zonder daarbij een voorkeur te willen uitspreken, worden deze meest waarschijnlijke alternatieven op elk onderdeel (systeem, type kabel, configuratie en route) in dit MER aangeduid als 'Basisontwerp'. Omdat het niet de bedoeling is op voorhand andere alternatieven uit te sluiten, worden naast het Basisontwerp ook diverse alternatieven op elk onderdeel beschreven, met de relevante verschillen ten aanzien van de (potentiële) milieueffecten, functionaliteit, kosten en bedrijfsrisico's. In hoofdstuk 7 worden de milieueffecten van de alternatieve routes beschreven en vergeleken.

Alternatieven die niet haalbaar zijn vanwege kosten of bedrijfsrisico's, of die niet voldoen aan de in hoofdstuk 2 en 3 beschreven doelstellingen en regelgeving, worden in dit hoofdstuk wel genoemd, maar (gemotiveerd) niet nader beschreven. In figuur 4.1 is schematisch aangegeven hoe het Basisontwerp en de alternatieven zijn ontwikkeld en op welke wijze daarbij rekening is gehouden met het milieu. Alle elementen uit het basisontwerp en de redelijkerwijs uitvoerbare alternatieven zijn zodanig geoptimaliseerd, dat zij passen binnen de doelstelling van het project en binnen de geldende kaders van wetgeving en beleid. De uiteindelijke toetsing van de (milieu)gevolgen van de BritNed-verbinding aan de geldende kaders van wetgeving en beleid vindt plaats in hoofdstuk 6 'Toetsing'.



Figuur 4.1 Ontwikkeling Basisontwerp en alternatieven

4.3 **Systeemontwerp**

4.3.1 Inleiding

In deze paragraaf zal worden beschreven dat het Basisontwerp van de BritNed-verbinding bestaat uit een onderzeese, ondergrondse gelijkstroomverbinding met een capaciteit van 1.320 MW. De verbinding wordt uitgevoerd als een bipolair systeem. Deze keuze wordt bepaald door de capaciteit, die op zijn beurt weer is bepaald op basis van marktanalyses.

Dergelijke analyses zijn altijd omgeven door onzekerheden over de maatschappelijke ontwikkelingen, zoals energieprijzen, energiepolitiek, economische ontwikkelingen, e.d. Daarom houdt BritNed er rekening mee dat de verbinding aanvankelijk een kleinere capaciteit krijgt, ca. 600 tot 800 MW. Dit wordt beschouwd als een “terugvalalternatief”. In dit terugvalalternatief wordt de verbinding eerst uitgevoerd als een monopolair systeem, met de mogelijkheid om hem later op schalen naar een bipolair systeem van 1.000 tot 1.320 MW. BritNed zal geen gebruik maken van zogenaamde aardelektroden.

Omdat een groot deel van dit hoofdstuk over elektrische systemen gaat, wordt hierna eerst een korte uiteenzetting gegeven over de werking van elektrische systemen. Indien u bekend bent met deze materie kunt u paragraaf 4.3.2 overslaan. In paragraaf 4.3.3 e.v. worden de systeemkeuzen uitgelegd.

4.3.2 Wat is stroom?

Stroom

Stroom bestaat uit zich verplaatsende ('stromende') geladen deeltjes. Voor energietransport met grote vermogens, zoals bij de BritNed-verbinding, gaat het altijd om elektronen die door een dikke metalen draad (de geleider) stromen. De elektronen gaan stromen wanneer op een geleider een elektrische spanning wordt aangebracht. Hoe meer elektronen per tijdseenheid een punt in de geleider passeren, hoe groter de stroomsterkte is. De stroomsterkte wordt gemeten in Ampères (A). Grote stroomsterktes vergen een dikke geleider, waardoor veel elektronen kunnen stromen.

Spanning

Met elektrische spanning wordt de aandrijvende kracht (het potentiaalverschil) bedoeld, die er voor zorgt dat elektronen door een geleider gaan stromen. Hoe hoger de spanning, hoe meer elektronen zullen gaan stromen en hoe groter de stroomsterkte is. De spanning wordt gemeten in Volt (V). Hoge spanningen worden weergegeven in kilo Volts (kV). Hoge spanningen vergen een goede isolatie tussen de geleider en zijn omgeving, omdat anders kortsluiting ontstaat.

Transportvermogen

Om grote elektrische vermogens te kunnen transporteren, moeten veel elektronen onder een hoge spanning door een geleider stromen. Dat wil zeggen er zijn een hoog Voltage en veel Ampères voor nodig. Daarbij zijn de stroomsterkte en spanning tot op zekere hoogte uitwisselbaar. Eenzelfde vermogen kan bij een hoger Voltage en lager Ampèrage worden getransporteerd, en andersom.

Een hoger Voltage betekent dat de isolatie van de geleider beter moet zijn, om kortsluiting te voorkomen. Een hoger Ampèrage betekent dat de geleider dikker moet zijn, om er meer elektronen door te kunnen laten stromen.

Energieverlies

Wanneer elektronen door een geleider stromen, moeten ze een zekere weerstand overwinnen. Daardoor gaat energie verloren, die als warmte vrijkomt. Die warmte wordt afgevoerd naar de omgeving en gaat verloren. Om dat energieverlies te beperken bestaan in principe drie mogelijkheden:

- Dikke geleider: hoe dikker de geleider, hoe makkelijker de elektronen er doorheen stromen, c.q. hoe minder weerstand ze ondervinden. Er zijn technische en economische grenzen aan de dikte van een geleider. Hoe dikker de geleider, hoe zwaarder en duurder de kabel wordt;
- Hoge spanning: hoe hoger de spanning (het Voltage), hoe lager de benodigde stroomsterkte (het Ampèrage) hoeft te zijn, om een bepaald elektrisch vermogen te transporteren. De energieverliezen kunnen dus worden beperkt door een hoge transportspanning te kiezen. Er zijn echter grenzen aan de hoogte van de transportspanning. Hoe hoger de spanning, hoe beter de isolatie moet zijn;
- Lage temperatuur: als een geleider warm wordt, neemt zijn weerstand toe. Daardoor nemen de energieverliezen en warmteproductie ook toe. Op deze wijze kan de temperatuur steeds verder oplopen, waardoor de kabel uiteindelijk kan bezwijken. Daarom is het belangrijk de kabel zó te ontwerpen en aan te leggen dat weinig warmte ontstaat (weinig transportverliezen) én de vrijkomende warmte snel naar en door de omgeving wordt afgevoerd.

Elektrische velden

Wanneer een voorwerp onder hoge spanning staat, zoals een geleider, dan ontstaat rond dat voorwerp een elektrisch veld. De veldsterkte hangt af van de spanning en wordt gemeten in Volt per meter (V/m^1). Elektronen en andere geladen deeltjes (zoals ionen en geïoniseerde molecuuldelen) uit de omgeving worden door dat veld gedwongen zich te verplaatsen in dat veld. Daardoor kan, ondanks de elektrische isolatie, buiten een geleider een zwakke (geïnduceerde) elektrische stroom ontstaan.

Elektrische isolatie

Om kortsluiting of lekstromen te voorkomen, wordt een geleider geïsoleerd van zijn omgeving. Dat kan met lucht, door de geleider in de lucht te hangen, op voldoende afstand van zijn omgeving. De geleiders hangen aan isolatoren in masten. In dat geval spreken we van een lijnverbinding. In de lucht bevinden zich, i.t.t. in zeewater, vrijwel geen geladen deeltjes, zodat ook vrijwel geen lekstromen (of geïnduceerde stromen) kunnen ontstaan.

Een andere mogelijkheid is de geleider te bekleden met isolerend materiaal, waardoor geen elektronen kunnen stromen. Dat zijn bijvoorbeeld kunststoffen of met olie verzadigd papier. Daardoor kunnen de geleiders op veel kortere afstand van elkaar en van hun omgeving (meestal in de grond) worden gelegd. Om de isolatie wordt een mechanische bescherming (metalen mantel) aangebracht, om de isolatie te beschermen. In dat geval spreken we van een kabelverbinding.

Magnetische velden

Wanneer door een geleider elektronen stromen, ontstaat rond die geleider een magnetisch veld. De sterkte van dat veld wordt bepaald door de stroomsterkte (het Ampère). Er zijn weinig mogelijkheden om dat magneetveld af te schermen. Het is wel mogelijk om een elektrische verbinding zó te ontwerpen dat de magneetvelden van de geleiders elkaar in belangrijke mate opheffen.

4.3.3 Gelijkstroom of wisselstroom?

Bij elektrische stroom bestaat onderscheid tussen gelijkstroom en wisselstroom. Bij gelijkstroom stromen de elektronen constant in dezelfde richting door de geleider. Bij wisselstroom wisselt de stroomrichting met een constante frequentie (meestal 50 Hz, dat is 50 keer per seconde). De richting waarin de elektronen stromen zegt overigens niets over de richting van het energietransport.

De meeste transportverbindingen werken met wisselstroom. Gelijkstroomverbindingen zoals de BritNed-verbinding, zijn kostbaar en worden daarom alleen toegepast in situaties waarin wisselstroom niet goed toepasbaar is. Dit wordt hierna toegelicht.

Wisselstroom

Voor het transport van elektriciteit wordt meestal gebruik gemaakt van wisselstroom (aangeduid als 'AC', ofwel Alternating Current). Voor het transport van grote vermogens wordt hoge spanning gebruikt (HV ofwel 'High Voltage'). Een wisselstroomverbinding op hoogspanning wordt dus aangeduid als HVAC-verbinding. Een HVAC-verbinding heeft drie-spanningsfasen en daarom drie geleiders, of drie bundels van geleiders. De landelijke hoogspanningsnetten in Nederland en Groot-Brittannië worden bedreven op respectievelijk 380 en 400 kV. De frequente wisseling is 50 Hertz (het aantal malen per seconde dat de stroom van richting wisselt).

Wisselstroom is de stroom die wordt opgewekt in generatoren, waarvan bij vrijwel alle elektriciteitsproductie gebruik wordt gemaakt. Vrijwel alle apparaten die van stroom gebruik maken, zijn geschikt voor wisselstroom, of zetten deze zelf om in gelijkstroom. Vrijwel alle elektrische energie wordt daarom getransporteerd met wisselstroom, vanaf de centrale tot de gebruiker.

Een nadeel van wisselstroom is dat bij daarbij een tegenwerkende elektrische kracht op de geleider ontstaat, die het transport tegenwerkt. Dat geldt vooral voor kabels. Populair gezegd heeft een wisselstroomkabel een hoge schijnbare weerstand. In technische termen: kabels op wisselspanning hebben een hoge capacitatieve reactantie ('blindstroom-vermogen').

Zodra wisselspanning op een kabel wordt gezet zal een capacitatieve stroom ('blindstroom') ontstaan die een reactieve energie produceert. Deze reactieve energie is onbruikbaar en vermindert de transportcapaciteit van nuttige elektrische energie. Het effect neemt toe naarmate de kabel langer is. Bij lange kabelverbindingen is het daarom nodig maatregelen te treffen, de zogenaamde 'blindstroomcompensatie'. Als gevolg daarvan is wisselstroom niet geschikt voor kabelverbindingen die langer zijn dan enkele tientallen kilometers. Voor de blindstroomcompensatie zijn namelijk tussenstations nodig, met technische voorzieningen (spoelen of condensatoren).

Voor een verbinding door zee moeten die stations op platforms komen te staan. In dat geval is het beter om gelijkstroom te gebruiken, waarbij wel lange transportafstanden mogelijk zijn, zonder tussenstations.

Gelijkstroom

Transportverbindingen met gelijkstroom gebruiken een hoge spanning en worden daarom aangeduid als HVDC-verbindingen (High Voltage Direct Current). Voor de hoogste transportvermogens bestaan deze verbindingen uit twee geleiders onder hoge spanning: een positieve en een negatieve. Voor lagere transportvermogens bestaan gelijkstroomverbindingen uit één geleider onder hoge spanning en één geleider op relatief lage spanning. De transporteigenschappen van gelijkstroomkabels zijn voor afstanden langer dan enkele tientallen kilometers veel beter dan die van wisselstroomkabels.

Het gebruik van gelijkstroom brengt wel de noodzaak mee om aan de uiteinden van de verbinding een convertorstation te plaatsen, waar de gelijkstroom wordt omgezet in wisselstroom en v.v. Immers, de transportnetten waar de verbinding op wordt aangesloten, worden bedreven op wisselstroom. Deze convertorstations kunnen echter op land worden geplaatst, in plaats van op platforms op zee.

Alleen voor korte transportafstanden (tot enkele tientallen kilometers) door zee wordt in de praktijk gebruik gemaakt van HVAC. De hoge kosten en het vrij grote ruimtegebruik van de convertorstations maken HVDC minder geschikt voor korte verbindingen.

Conclusie

De BritNed-verbinding zal een HVDC-gelijkstroomverbinding zijn.

4.3.4 Kabels of lijnen?

Lijnen (bovengronds)

Hoogspanningslijnen bestaan uit ongeïsoleerde geleiders of bundels van geleiders, die zijn opgehangen in masten. De omringende lucht bevat weinig geladen deeltjes en vormt dus de elektrische isolatie. Om lekstromen te voorkomen moeten de lijnen op voldoende afstand van elkaar en hun omgeving worden gehangen. De ophangpunten worden uitgevoerd in isolerend materiaal (porselein, glas of kunststof), zodat geen lekstromen naar de mast ontstaan.

Kabels (ondergronds)

Kabels bestaan uit geïsoleerde geleiders, met daaromheen een mantel die bescherming biedt tegen beschadigingen. De isolatie bestaat uit kunststof of in vet of olie gedrenkt papier. Omdat ze zijn geïsoleerd, kunnen kabels vlak naast elkaar worden gelegd, zonder dat lekstromen ontstaan. Kabels worden meestal in de grond gelegd in een zgn. kabelbed.

Voor- en nadelen

Bovengrondse hoogspanningslijnen zijn de meest economische manier om een hoogspanningsverbinding over land te maken. De kosten van ondergrondse kabelverbindingen zijn ongeveer een factor 5 tot 15 hoger dan van bovengrondse lijnverbindingen. Hoogspanningslijnen hebben ook als voordeel dat het ruimtebeslag op de grond beperkt is. Waar kabels onder de grond liggen zijn geen andere

gebruiksfuncties mogelijk. Onder hoogspanningslijnen zijn veel andere gebruiksfuncties wel mogelijk, mits de beplantings- en bebouwingshoogte voldoende beperkt blijft uit oogpunt van veiligheid (geen spanningsoverslag). Hoogspanningslijnen doorsnijden ook geen andere infrastructuur, zoals kabels en leidingstraten, wegen, spoorwegen en watergangen. Een aandachtspunt bij hoogspanningslijnen is met name de landschappelijke inpassing (visuele aspecten) en verder ruimtelijke inpassing en de, weliswaar beperkte, electromagnetische velden bij wisselspanning.

Door zee: alleen ondergronds

Een bovengrondse overzeese verbinding met masten en lijnen is in theorie mogelijk, maar stuit uiteraard op grote bezwaren. Om de 500 tot 1.000 meter zouden masten moeten worden geplaatst, plaatselijk tot een hoogte van meer dan 200 à 300 meter in verband met de doorvaart van schepen. Voor elk van die masten is bovendien een zware fundering in de zeebodem nodig. Een dergelijke verbinding is niet realistisch vanwege de extreme kosten, technische risico's, de visuele effecten, conflicten met andere activiteiten op zee (scheepvaart, visserij e.d.) en de (niet) vergunbaarheid. HVAC-lijnverbindingen worden in de praktijk alleen toegepast voor het kruisen van ondiepe zeearmen en estuaria.

De enige mogelijkheid om de BritNed-verbinding te realiseren is daarom een kabelverbinding. Om de kabel op zijn plaats te houden en te beschermen tegen ankerende schepen en bodemvisserij, wordt de kabel ingegraven in de bodem.

Over land: HVDC ondergronds en HVAC bovengronds

Om de HVDC-zeekabel te verbinden met het converterstation op de Maasvlakte, is een verbinding over land nodig. In verband met het zoute milieu nabij de kust, wordt deze verbinding uitgevoerd als een ondergrondse HVDC-kabelverbinding, vergelijkbaar met die op zee. Bovengrondse HVDC lijnverbindingen zijn namelijk te gevoelig voor corrosie, als gevolg van in de lucht zwevende zout-ionen uit zee. Dit in tegenstelling tot HVAC-lijnverbindingen, waarvan er veel op de Maasvlakte staan.

HVAC lijnverbindingen zijn, in tegenstelling tot kabels, niet geïsoleerd met een mantel. Om die reden is er continu een elektrisch veld met een constante polariteit aanwezig rondom bovengrondse lijnen.

De wisselspanningsverbinding tussen het converterstation en de aansluiting op het landelijke 380 kV-net kan worden uitgevoerd als een bovengrondse HVAC lijnverbinding, of als een ondergrondse HVAC kabel. De keuze wordt bepaald door de kosten en de beschikbare ruimte voor zo'n verbinding. Indien de converterlocatie naast het koppelpunt ligt is de verbinding bovengronds, omdat het converterstation en het aansluitpunt vlak naast elkaar liggen.

Conclusie

De BritNed-verbinding wordt door zee als kabel uitgevoerd. Over land, tussen de zeekabel en het converterstation, zal de verbinding bestaan uit een HVDC-kabel (zoals op zee). Tussen het converterstation en de aansluiting op het landelijk net is gekozen voor een bovengrondse HVAC lijnverbinding.

4.3.5 Monopolaire of bipolaire systemen

Een gelijkstroomverbinding bestaat uit twee parallelle transportgeleiders, die samen een gesloten systeem vormen. Er bestaan twee alternatieve systemen: bipolair en monopolair.

Een bipolair systeem heeft twee polaire (spanningvoerende) kabels. Een monopolair systeem heeft een polaire kabel en een niet-polaire retourkabel. Aan het uiteinde van elke polaire kabel staat een convertor (twee convertors per polaire kabel). In een monopolair systeem staan dus in totaal twee convertors, in een bipolair systeem zijn het er vier. De convertors dienen voor het omzetten van de gelijkspanning in de kabel, naar wisselspanning voor de netten waarop de kabel is aangesloten. Op de convertors wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan.

Een polaire kabel is zwaarder geïsoleerd dan een niet-polaire kabel. Een monopolair systeem is daarom minder kostbaar, maar heeft ook minder transportvermogen dan een bi-polair systeem. Het een mono-polair systeem is technisch toepasbaar tot ca. 800 MW. Een bipolair systeem is economisch toepasbaar vanaf ca. 1.000 MW.

Voor een monopolair systeem bestaan twee verschillende uitvoeringsmethoden: met retourkabel of zonder retourkabel. In het laatste geval loopt de retourstroom over de zeebodem. Elk van de drie systemen wordt hierna kort beschreven, waarbij tevens wordt uitgelegd waarom BritNed geen systeem zonder retourkabel overweegt. De systemen zijn schematisch afgebeeld in figuur 4.2.

Bipolair systeem (figuur 4.2: A)

Een bipolair systeem wordt zo genoemd omdat het systeem bestaat uit twee polaire kabels. Eén kabel heeft een hoge positieve spanning ten opzichte van de aarde, en de andere een hoge negatieve spanning. In een bipolair systeem geleiden beide kabels de stroom onder hoge spanning, van enkele honderdduizenden Volt. Daarom moeten beide kabels worden voorzien van een zware elektrische isolatie.

Figuur 4.2 A geeft een schematisch overzicht van een bipolair convertor- en kabelsysteem met een vermogen van 1.000 tot 1.320 MW. Dit is het *Basisontwerp* voor de BritNed-verbinding. Het systeem bestaat uit twee hoogspanningskabels, één met een spanning van ca. -500 kV en één met een spanning van ca. +500 kV t.o.v. de aarde (de 0-potentiaal). Het spanningsverschil tussen de kabels onderling is dus ca. 1.000 kV. Aan weerszijden van de gelijkstroomverbinding staan de bipolaire convertorstations. Eén station met twee convertors aan de Britse zijde en één station met twee convertors aan de Nederlandse zijde.

Monopolair systeem met retourkabel (figuur 4.2: B en C)

Een monopolair systeem heeft maar één polaire kabel. Alleen deze polaire kabel heeft een hoge spanning ten opzichte van de aarde (van enkele honderdduizenden Volt). De andere kabel, ook wel de retourgeleider genoemd, opereert in principe op aardpotentiaal (0 Volt). Echter door de elektrische weerstand van de retourgeleider ontstaat toch een (relatief) gering spanningsverschil ten opzichte van de aarde, van enkele tienduizenden Volt.

Bij een monopolair systeem moet alleen de spanningvoerende geleider zwaar worden geïsoleerd, net als bij het bi-polaire systeem. De retourgeleider hoeft slechts te worden voorzien van een relatief lichte elektrische isolatie. Omdat de elektrische isolatie lichter is, is de retourkabel dunner en minder kostbaar dan de polaire kabel.

Overigens kan ook een hoogspanningskabel (HV-kabel) worden gebruikt voor de retourstroom in een monopolair systeem (figuur 4.2: C). Dit is echter een kostbare oplossing. De enige reden om dit te doen is om op termijn een monopolair systeem te kunnen uitbouwen tot een bipolair systeem. Vanwege de hoge voorinvesteringen moet daarover vooraf wel voldoende zekerheid bestaan.

Indien de marktperspectieven daartoe aanleiding geven, wil BritNed de mogelijkheid hebben om af te wijken van het Basisontwerp (een bipolair systeem) en overgaan tot het aanleggen van een monopolair systeem met retourkabel, al of niet uitgevoerd als een HV-kabel. Het aanleggen van een monopolair systeem met een zwaar geïsoleerde HV-retourkabel voorkomt namelijk dat bij opschaling naar een bipolair systeem, de retourkabel zou moeten worden uitgegraven en vervangen door een polaire kabel. In dat geval zou er sprake zijn van een nieuw project waarvoor opnieuw vergunning zou moeten worden aangevraagd. Een dergelijke operatie behoort niet tot het voornemen van BritNed. Als nu juist de retourkabel in een monopolair systeem ook wordt uitgevoerd als een zwaar geïsoleerde HV-kabel, dan hoeft deze niet te worden uitgegraven en vervangen bij opschaling naar een monopolair systeem.

Monopolair systeem met zee-elektroden (figuur 4.2: D)

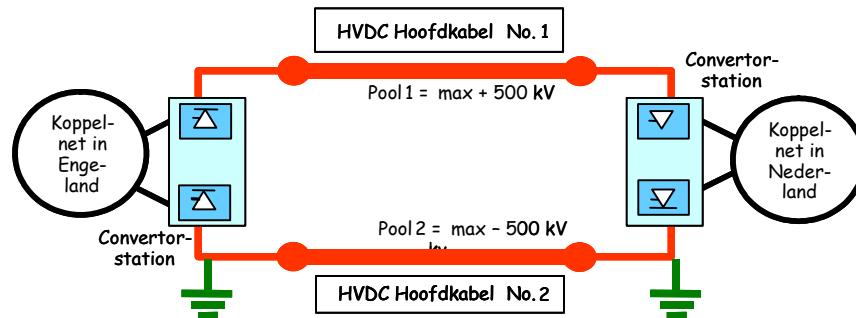
Een andere uitvoeringsvariant van het monopolair systeem, die in het verleden zeer gebruikelijk was, maakt geen gebruik van een retourkabel. De retourstroom loopt bij dat systeem door de (zee)bodem. Daarvoor worden nabij de uiteinden van de kabel metalen geleiders in de grond geplaatst, de zogenaamde 'aardelektrodes' of (in zee) de 'zee-elektrodes'. De retourstroom loopt dan, door de zeebodem, van de ene elektrode naar de andere. Een van de bezwaren van aardelektrodes is dat het geleidingspad van de retourstroom onbepaald is en dat de stroom door de bodem zwerft ('zwerfstroom'). Ze komt dan op die plaatsen terecht waar de elektrische geleiding van de bodem het beste is. Door het toenemend aantal ondergrondse leidingen dat in de zeebodem wordt aangebracht, ontstaat een steeds groter risico dat deze zwerfstromen daarop terechtkomen en dat deze leidingen gaan fungeren als retourgeleider. Daardoor kunnen die leidingen versneld corroderen.

Een ander bezwaar is dat bij de elektrodes in het grond- en oppervlaktewater elektrolyseverschijnselen kunnen ontstaan. Dat zijn chemische processen in het water onder invloed van spanningsverschillen, waarbij stoffen kunnen vrijkomen die van nature niet of alleen in lagere concentraties in het water voorkomen.

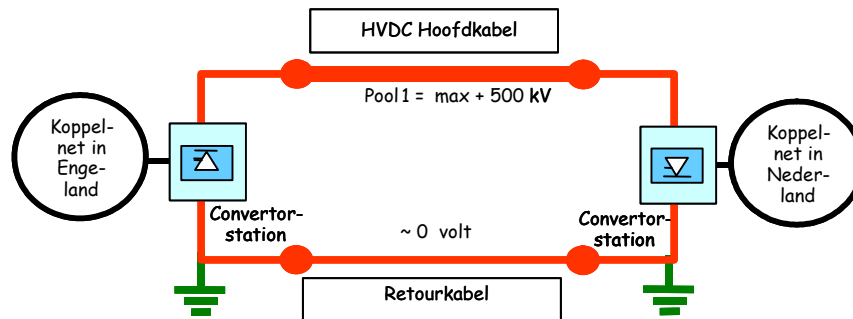
Verder worden in een systeem zonder retourgeleider de magneetvelden van de polaire kabel niet gecompenseerd door die van de retourgeleider. Dat kan leiden tot grotere kompasafwijkingen bij schepen. Voorts bestaat ook bezorgdheid over de mogelijke effecten van magneetvelden op organismen.

Gezien de mogelijke effecten van elektriciteitstransport via de zeebodem, zal BritNed geen gebruik maken van zee-elektroden; deze optie valt dus af.

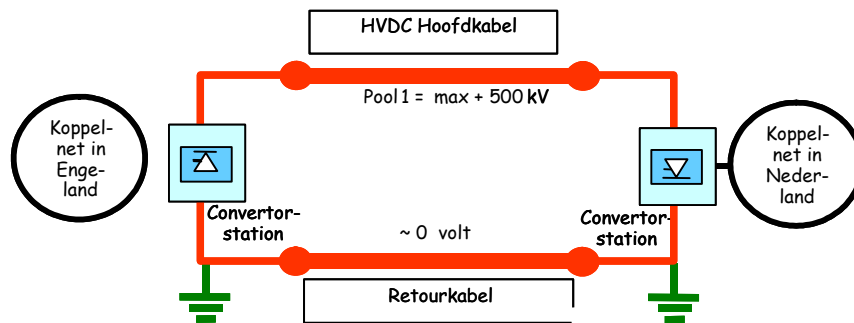
**A. Bipolair Kabel- en convertorsysteem
(Basisontwerp bij 1000-1320 MW)**



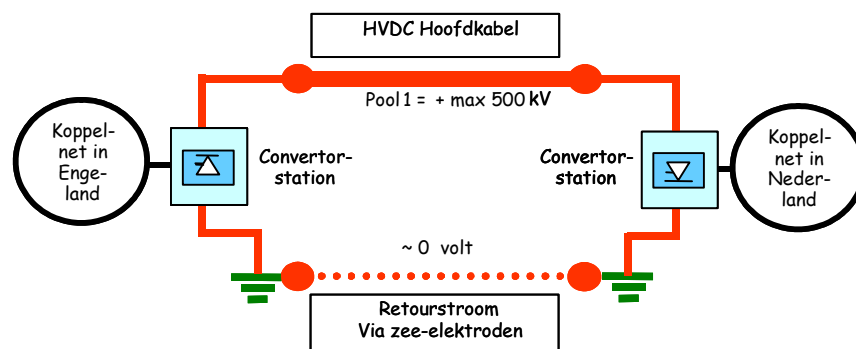
**B. Monopolair kabel- en convertorsysteem met retourstroomkabel (geïsoleerd tot max 50 kV)
(voorkeursalternatief bij 600 - 800 MW)**



**C. Monopolair kabel- en convertorsysteem met retourstroomkabel (geïsoleerd tot max 500 kV)
(alternatief bij 600 - 800 MW)**



**D. Monopolair kabel- en convertorsysteem met retourstroom via zee-elektroden
(geen optie)**



Figuur 4.2 Schematisch overzicht bipolaire en monopolaire kabel- en convertorsystemen

Optimaliseren systeemkeuze, stroomsterkte en spanning

De maximum transportcapaciteit voor de BritNed-verbinding is 1.320 MW. Bepalend daarvoor is de toelaatbare capaciteit van een enkelvoudige aansluiting op het Engelse koppelnet. Uit markttechnisch en economisch oogpunt wil BritNed deze maximale aansluitwaarde benutten (zie hoofdstuk 2). Dat uitgangspunt zal echter ten tijde van de aanbesteding opnieuw worden getoetst. Indien de marktvraag achterblijft bij de verwachting kan ook worden gekozen voor een kleinere capaciteit. Op economische gronden is dat minimaal ca. 600 – 800 MW.

In een gelijkspanningssysteem wordt de transportcapaciteit bepaald door het product van stroomsterkte (Ampère) en spanning (kilo Volt). Bij een hoger spanningsniveau kan dus worden volstaan met een lagere stroomsterkte. Dat heeft voordelen omdat een lagere stroomsterkte leidt tot kleinere energieverliezen bij het transport van elektriciteit (zie ook paragraaf 4.3.2).

De maximum transportcapaciteit wordt bepaald door de doorsnede van de (koperen) stroomgeleider. De grootst beschikbare doorsnede van een (koperen) stroomgeleider in een kabel is 2.500 mm². De transportcapaciteit kan dan alleen nog worden verhoogd door hogere spanningsniveaus toe te passen. Het verhogen van het spanningsniveau kan echter niet oneindig doorgaan. Het maximale spanningsniveau wordt bepaald door techniek en kosten. Hogere spanningsniveaus vereisen bijvoorbeeld een zwaardere isolatie van de kabel, waardoor deze zwaar, dik en daardoor onhanteerbaar wordt tijdens de installatie. Ook het convertorstation stelt grenzen aan het maximale spanningsniveau dat voor de BritNed-verbinding kan worden gebruikt.

Wanneer dus meer stroom getransporteerd moet worden dan mogelijk is bij een kabel van 2.500 mm², dan moeten er meerdere kabels naast elkaar worden aangelegd en ook meerdere convertoren naast elkaar worden gezet. In feite zouden dan twee parallelle monopolaire systemen ontstaan. Zodra dat het geval is, is een bipolair systeem meer economisch.

Voor het meest economische ontwerp van een hoogspanningsverbinding moet naar het juiste evenwicht worden gezocht tussen het systeem (bipolair of monopolair), het spanningsniveau en de stroomsterkte. Dit evenwicht moet worden bepaald door een analyse van de kabelkosten, de kosten van het convertorstation, het aantal convertors en de energieverliezen.

Over het algemeen geldt dat het economisch aantrekkelijker is om de spanning van de elektriciteitsverbinding te verhogen, dan om de stroomsterkte te laten toenemen. Bij een convertorstation is deze verhouding echter precies andersom. Het is bij een bepaalde capaciteit van het convertorstation duurder om het spanningsniveau te verhogen, dan de stroomsterkte. Het grote aantal variabelen maken de optimalisatie van het ontwerp complex. Daarom zal pas tijdens de aanbestedingsfase het detailontwerp van de BritNed-verbinding bekend zijn.

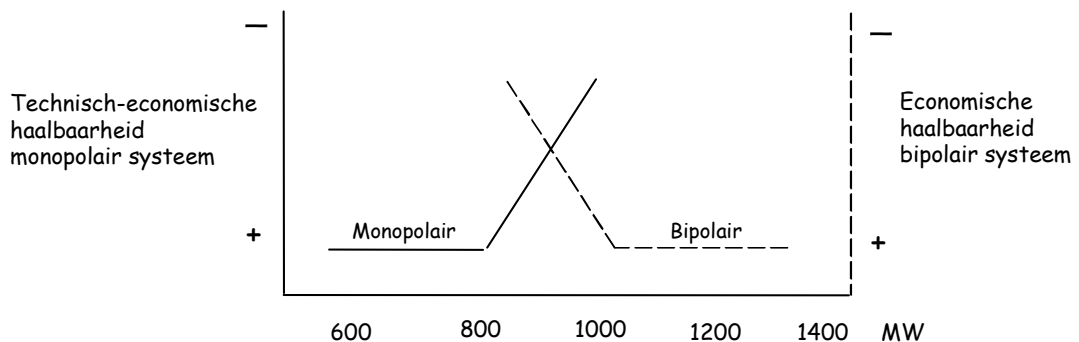
Er zijn echter wel algemene regels te geven voor het optimale ontwerp. Zo zijn bij een commercieel bedreven verbinding de energieverliezen vaak een belangrijk criterium. Om de energieverliezen te beperken wordt de bedrijfsspanning zo hoog mogelijk gekozen zodat de stroomsterkte laag kan blijven.

Kader 4.2 Intermezzo: optimaliseren systeemkeuze, stroomsterkte en spanning

Keuze tussen bipolair en monopolair systeem

De keuze voor één van beide systemen wordt bepaald door de gewenste transportcapaciteit (MW) en de optimalisatie van de stroomsterkte (A) en transportspanning (kV). In Kader 4.2 is dit optimalisatieproces beschreven.

Een gelijkstroomverbinding met een capaciteit van 1.000 tot 1.320 MW kan alleen worden uitgevoerd als een bipolair systeem. Bij een vermogen van 600 tot 800 MW is een monopolair systeem technisch-economisch gezien het meest voordelig. Bij een vermogen van 800 tot 1.000 MW is op voorhand geen duidelijke voorkeur aan te geven voor een bipolair of monopolair systeem. Figuur 4.3 laat zien dat de technische haalbaarheid en geschiktheid van monopolaire systemen afneemt bij een vermogen van meer dan 800 MW. Bij een bipolair systeem neemt juist de economische haalbaarheid af als het vermogen kleiner wordt dan 800 MW. Er is in dat geval sprake van overdimensionering. Hierbij moet overigens worden opgemerkt dat de figuur sterk vereenvoudigd is.



Figuur 4.3 De keuze voor mono- of bipolair wordt vooral bepaald door de capaciteit (MW)

In een scenario waarbij de markt vraagt om een capaciteit tussen de 800 en 1.000 MW, zal BritNed een gedetailleerde kosten- batenafweging maken van beide systemen. De uitkomst is afhankelijk van de marktsituatie en de aanbiedingen die BritNed krijgt.

Een verbinding met een transportcapaciteit van meer dan 1.320 MW is niet mogelijk (zie Kader 4.2). Een verbinding met een transportcapaciteit van minder dan ca. 600 MW is commercieel op voorhand niet haalbaar. (zie ook 2.3.2. 'Europese Elektriciteitsmarkt'). De BritNed-verbinding zal om die reden een capaciteit hebben van ca. 600 MW tot maximaal 1.320 MW, waarbij een capaciteit van 1.000 MW tot 1.320 MW het meest waarschijnlijk is en een capaciteit van tussen de 600 en 800 MW het meest waarschijnlijke terugvalalternatief.

Afweging alternatieven

Het *Basisontwerp* voor de BritNed-verbinding is een bipolair systeem met een vermogen van 1.000 tot 1.320 MW, bestaande uit twee bipolaire convertorstations en twee hoogspanningskabels (ca. + en -500 kV).

BritNed wil bij de planvorming en vergunningverlening echter vooraf rekening houden met een lager transportvermogen dan het thans gewenste vermogen van 1.320 MW. Marktonwikkelingen zouden er toe kunnen leiden dat de gewenste capaciteit niet volledig kan worden benut, of dat daarover onvoldoende zekerheid kan worden verkregen.

Als ondergrens van de mogelijke scenario's wordt rekening gehouden met een gelijkstroomverbinding van 600 tot 800 MW. Dit geldt als "terugvalalternatief". In dat geval geniet een monopolaire systeem uit technisch-economisch oogpunt waarschijnlijk de voorkeur. Een dergelijk systeem zal bestaan uit één polaire hoogspanningskabel van zo'n 250 tot 500 kV met een geïsoleerde retourkabel. Of de retourkabel in zo'n alternatief systeem licht (tot 50 kV) of zwaar (tot 500 kV) zal worden geïsoleerd, is afhankelijk van de – dan te bepalen - keuze om de mogelijkheid tot opschaling naar een bipolair systeem open te laten.

Als opschaling naar een bipolair systeem (vooraf beoordeeld) een reële optie is, dan kan de monopolaire verbinding dus bestaan uit twee HVDC-kabels van circa 500 kV – waarvan er één onder hoogspanning staat – en één converter aan beide zijden van de verbinding. De opschaling van monopolaire naar bipolair vindt dan plaats door aan beide zijden van de verbinding een converter bij te bouwen. De uiteindelijke keuze tussen één of twee HVDC-kabels in een monopolaire systeem is afhankelijk van de marktomstandigheden en – ontwikkelingen tijdens de aanbestedingsfase van het project

Technisch gezien is een bipolair convertorsysteem met een vermogen van 600-800 MW ook mogelijk. Het biedt echter geen voordelen, maar is wel kostbaarder.

	Monopolaire systeem	Bipolaire systeem
1.000 – 1.320 MW	☹️	😊
800 – 1.000 MW	😐	😐
600 – 800 MW	😊	😐

- 😊 = Technisch en economisch haalbaar
- 😐 = Technisch-economisch ongewenst
- ☹️ = Technisch niet mogelijk

Tabel 4.2 Technisch-economische systeem mogelijkheden bij HVDC-verbindingen

Conclusie

Het *Basisontwerp* voor de BritNed-verbinding is een bipolair systeem met een vermogen van 1.000 tot 1.320 MW. Het *terugvalalternatief* is een gelijkstroomverbinding van 600 tot 800 MW. Hiervoor wordt uitgegaan van een monopolaire systeem, dat bestaat uit één polaire hoogspanningskabel met een geïsoleerde retourkabel. Of de retourkabel licht of zwaar zal worden geïsoleerd, is afhankelijk van de – dan te bepalen - keuze om de mogelijkheid tot opschaling naar een bipolair systeem open te laten. Opschaling van monopolaire naar bipolair betekent niet dat de eenmaal geïnstalleerde kabels in de bodem van de Noordzee en op land worden uitgegraven en vervangen.

4.3.6 Converterstation

Bipolaire converterstation (Basisontwerp)

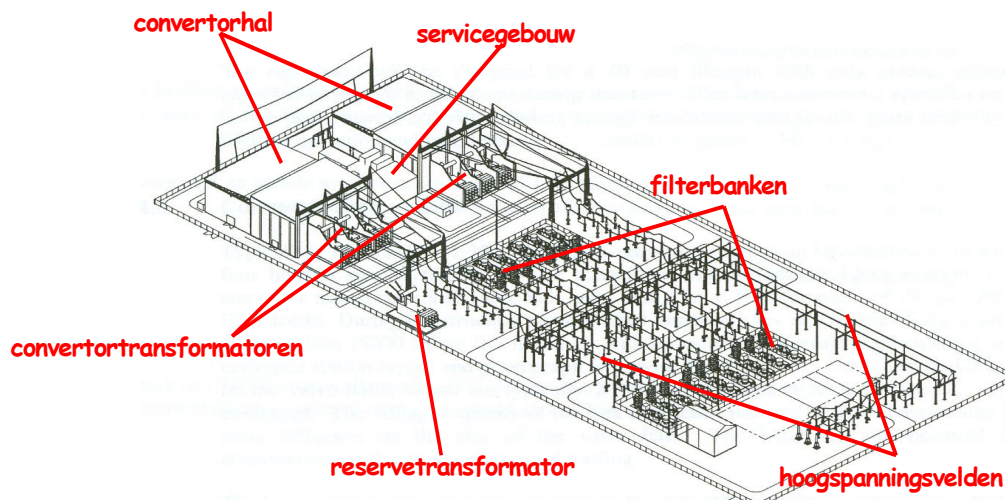
Zowel in Engeland als in Nederland zal een converterstation geplaatst worden voor het omzetten van de gelijkstroom naar wisselstroom. Om een vermogen van 1.000 tot 1.320 MW te kunnen omzetten, is zoals gezegd, alleen een bipolair systeem geschikt. Het belangrijkste kenmerk van dit systeem is, dat het bestaat uit twee polen met ieder één converterstation (met daarbij twee converters per converterstation, zie figuur 4.4).

Een convertorstation bestaat onder meer uit::

- Twee thyristorbanken voor omzetting van gelijkspanning in wisselspanning;
- Convertortransformatoren voor transformatie van de wisselspanning van de thyristorbanken in de juiste netwisselspanning (380 kV);
- Overige transformatoren;
- Filtersystemen, voor het verkrijgen van een constante, ongestoorde wisselspanningsfrequentie (50 Hz);
- Schakelstations, voor spanningsvrij maken van verbindingen en installaties (voor onderhoud en reparatie).

De meeste apparatuur staat in de openlucht, alleen de thyristorbanken staan in twee overdekte convertorhallen. Elk van de twee convertorhallen bevat één thyristorbank en, aan de buitenzijde van elke hal, drie convertortransformatoren. Er is één reserve convertortransformator. De transformatoren zijn onderling gescheiden door middel van brandwerende betonwanden, die in het (zeldzame) geval van brand in een transformator, verhinderen dat de brand overslaat naar aangrenzende installaties. Speciale voorzieningen (vloeistofdichte kelders) voorkomen dat, als er olie weglekt uit de transformatoren, deze niet in de bodem kan geraken.

Elk van de convertorhallen heeft een afmeting van ongeveer 40 bij 25 meter en een hoogte van zo'n 25 meter. Deze hallen zijn voornamelijk stalen constructies. Tussen de twee hallen komt een servicegebouw van ongeveer 20 bij 25 meter en een hoogte van zo'n 15 meter. Dit gebouw bevat onder meer een controle kamer, een werkplaats, een noodstroomvoorziening, een koelsysteem en opslagruimte. Het servicegebouw zal worden opgebouwd uit baksteen of betonnen elementen.



Figuur 4.4 Componenten van een convertorstation

De filtersystemen, schakelstations en overige transformatoren worden gedeeltelijk op een buitenterrein aangelegd en hebben eveneens een hoogte van zo'n 15 meter. Filtersystemen halen ruis uit de stroomfrequenties. Zij zorgen er voor dat wordt gewerkt met een zuiver sinusvormige frequentie van 50 Hz. In totaal zijn er naar verwachting zes filterbanken nodig. Met de schakelstations kan de spanning op bepaalde componenten van het convertorstation tijdelijk worden uitgeschakeld, of het station tijdelijk van de in-

en uitgaande lijnen worden ontkoppeld, bijvoorbeeld voor onderhoud of reparatie. Verder zal het convertorstation bestaan uit hoogspanningsrails, hoogspanningsvelden en isolatoren.

In de bijlage Geluid Appendix 1 is een meer gedetailleerde beschrijving opgenomen van de onderdelen van het convertorstation. In appendix 1 van de Bijlage Geluid is ook een meer voorontwerp opgenomen van het convertorstation op de beoogde locatie.

Een monopolair convertorstation als alternatief

Een monopolair convertorstation heeft ongeveer dezelfde layout als een bipolair station. Het belangrijkste verschil is dat er één convertorhal is, in plaats van 2. Een monopolair convertorstation heeft immers maar één pool. Het terreinoppervlak dat nodig is voor een monopolair station is weinig kleiner dan van een bi-polair station. Dat komt omdat het ruimtegebruik op het terrein wordt gedomineerd door de binnenkomende en uitgaande hoogspanningsverbindingen en de daarvoor benodigde rails en velden (zie figuur 4.4 en 4.5). Bovendien wordt er meestal rekening gehouden met de mogelijkheid van (op termijn) bi-polair bedrijf, waarvoor grond wordt gereserveerd binnen de inrichting.



Figuur 4.5 Voorbeeld van een convertorstation

Conclusie

Basisontwerp is een bipolair convertorstation; een monopolair station geldt als alternatief.

4.3.7 Koppelstation

Voor de aansluiting van de BritNed-verbinding op het Nederlandse koppelnet kan gebruik worden gemaakt van het nieuwe TenneT schakel- en transformatorstation naast de E.on centrale op de Maasvlakte, dat in 2005 gereed zal zijn. Er zijn geen relevante milieu-aspecten verbonden aan deze aansluiting, behalve het ruimtegebruik van een extra aansluitveld en de piekgeluiden van de hoogspanningschakelaars. Die geluiden onderscheiden zich niet van de andere hoogspanningschakelaars in dat station en zijn dus niet bepalend zijn voor de hinder.

4.4 Milieuaspecten van het ontwerp

4.4.1 Milieuaspecten

Deze paragraaf beschrijft de (potentiële) milieuaspecten die een rol spelen bij het ontwerp van de BritNed-verbinding. Door een goede keuze van het Basisontwerp kunnen op voorhand een aantal milieueffecten worden vermeden of vergaand beperkt, waardoor de routeselectie – uit oogpunt van milieu - minder gewicht krijgt. In de onderstaande tabel zijn de milieuaspecten van de kabelverbinding aangegeven.

Bij de beschrijving van de potentiële milieuaspecten zal blijken dat een deel ervan voor de effectbeschrijvingen in dit MER uiteindelijk niet relevant is, gezien de ontwerpkeuzes die op voorhand worden gemaakt. Deze relevantie is in onderstaande tabel aangegeven.

Milieuaspecten	Relevantie effectvoorspelling
Zwerfstromen	Nee
Kortsluitstromen	Ja
Elektrochemische effecten	Nee
Elektrische velden van de kabelgeleiders	Nee
Inductieverschijnselen	Ja
Magneetvelden	Ja
Warmte-ontwikkeling	Ja
Olie in de kabel	Nee
Ruimtebeslag	Ja

Tabel 4.3 Resterende relevante milieu-aspecten

Aan het eind van paragraaf 4.4 wordt nog kort ingegaan op de milieu-aspecten van het convertorstation. Op de milieu-aspecten van de installatiewerkzaamheden, onderhoud en verwijdering (na het einde van de levensduur) wordt in hoofdstuk 5 ingegaan.

4.4.2 Zwerfstromen / lekstromen

Voor de BritNed-verbinding wordt – zowel bij een monopolaire als bipolaire uitvoering – géén gebruik gemaakt van zee-elektroden. Bij gebruik van zee-elektroden ontstaan grote, continue zwerfstromen door de bodem, waardoor schade aan andere infrastructuur kan ontstaan en milieueffecten kunnen optreden. Om die redenen gebruikt BritNed geen zee-elektroden.

Door kleine beschadigingen van de kabelisolatie zijn, ook zonder zee-elektroden, in beginsel kleine zwerfstromen (lekstromen) mogelijk. Deze worden voorkomen door continue meting van de in- en uitgaande stromen in de kabels en zonodig door afschakeling bij geconstateerde lekkage.

Grote, continue zwerfstromen door de bodem treden alleen op in systemen waarbij de retourstroom, via elektroden door de (zee)bodem wordt geleid. De stroom volgt daarbij de weg van de minste weerstand, waaronder eventueel aanwezige geleidende infrastructuur zoals metalen pijpleidingen. Daardoor kunnen corrosieverschijnselen aan deze pijpleidingen ontstaan of worden versterkt. Rondom de elektroden ontstaan bovendien elektrolyseverschijnselen (zie ook 4.4.4), waarbij stoffen ontstaan die van nature niet of in veel lagere concentraties voorkomen in het water. Daarnaast is het mogelijk dat bepaalde vissoorten hinder ondervinden van de zwerfstromen. Vanwege deze (mogelijke) nadelen heeft BritNed het gebruik van elektroden op voorhand uitgesloten.

Door kleine beschadigingen van de kabelisolatie zijn ook in een systeem zonder elektroden kleine zwerfstromen (lekstromen) mogelijk. Door continue meting van de in- en uitgaande stromen in de kabels worden deze lekstromen tijdig geconstateerd en wordt de verbinding zonodig afgeschakeld, waarna het euvel kan worden opgespoord en verholpen.

4.4.3 Kortsluitstromen

Hoewel de kabel wordt ingegraven en beschermd is door een metalen wapening (kabelmantel), bestaat er een (kleine) kans op schade aan een kabel, waardoor kortsluiting kan ontstaan. De kabels en beveiligingen worden daarom zo ontworpen dat geen kortsluitstromen via de bodem kunnen lopen die een bedreiging kunnen zijn voor installaties, of personen.

Bij een onverhoopte calamiteit (kabelbreuk) kan kortsluiting ontstaan tussen de kabelkern en de mantel. De retourstroom loopt in dat geval kortstondig via de kabelmantel en/of de aardbodem. Dat wordt geregistreerd in het convertorstation, waarna binnen enkele tienden van een seconde de spanning op de kabel wordt afgeschakeld. Daardoor wordt (letsel)schade aan andere infrastructuur of personen voorkomen.

Organismen in de onmiddellijke nabijheid van een kortsluiting kunnen worden vernietigd. De effecten zijn echter zeer lokaal, kortdurend en daardoor op populatieniveau verwaarloosbaar. Op de milieueffecten van kortsluiting wordt nader ingegaan in hoofdstuk 9.

4.4.4 Elektrochemische effecten

Omdat BritNed geen gebruik zal maken van zee-elektroden, zullen geen elektrochemische effecten optreden in het water.

Zeewater is een zogenaamde elektrolytoplossing, met zouten als belangrijkste elektrolyt. Elektrolyten zijn zich vrij bewegende moleculen met een lading (ionen), waardoor ze zich verplaatsen in een elektrisch veld, zoals b.v. dat van een zee-elektrode.

Bij toepassing van zee-elektroden verloopt de retourstroom tussen die elektroden door de verplaatsing van positieve ionen naar de kathode en negatieve ionen naar de anode. Van de elektrode nemen ze elektronen over, of ze staan er elektronen aan af. Daardoor ontstaan chemische reacties, waarbij producten ontstaan die oorspronkelijk niet, of in veel lagere concentraties in het zeewater voorkwamen. BritNed heeft het gebruik van zee-elektroden uitgesloten. Er zullen daarom geen elektrochemische effecten optreden.

4.4.5 Elektrische velden

Door de isolatie in de kabels worden de elektrische velden van de kabelgeleiders geheel van de omgeving afgeschermd.

Rondom de onder hoge gelijkspanning staande stroomgeleiders ontstaat een elektrisch veld, waarvan de veldsterkte (gemeten in Volt per meter) afhankelijk is van de spanning op de geleider en de geleidingseigenschappen van de omgeving. De onder hoogspanning staande geleiders worden beschermd door elektrische isolatie en onder andere een metalen mantel. De metalen mantel wordt door aarding op aardpotentiaal (nul volt) gehouden. Als gevolg hiervan is buiten de kabelmantel geen elektrisch veld aanwezig. Wél is sprake van geïnduceerde zwakke elektrische velden buiten de kabels, als gevolg van fluctuaties in de stroomsterkte in de kabel en geladen deeltje is het (zee)water; dit wordt hieronder (4.4.6) beschreven.

4.4.6 Inductieverschijnselen

Inductieverschijnselen kunnen niet worden voorkomen door het ontwerp van de kabel. De gevolgen van eventuele inductieverschijnselen rond de kabels zijn echter verwaarloosbaar.

Als gevolg van de stroom (het verplaatsen van geladen deeltjes, dat wil zeggen elektronen) door de kabels ontstaat rondom de kabels een magnetisch veld. In (zee)water bevinden zich ook geladen deeltjes (dat wil zeggen ionen, afkomstig van opgeloste zouten en dergelijke). Deze worden door het stromende water door het magnetisch veld van de kabels gevoerd. Daardoor ontstaat plaatselijk een zeer zwakke, kunstmatig opgewekte ('geïnduceerde') spanning (een elektrisch veld) in het water. In grondwater gebeurt dat vrijwel niet, omdat de verplaatsingssnelheid van grondwater verwaarloosbaar is. Overigens treedt dit verschijnsel ook op bij stroming van zeewater door het aardmagnetisch veld, wat vrijwel overal in meer of mindere mate het geval is.

Ook als het water rond de kabels niet stroomt, kunnen echter, bij aanwezigheid van (bijvoorbeeld zout)ionen in het water, zwakke elektrische velden buiten de kabel worden opgewekt. Dat komt omdat de gelijkspanning op de kabel niet helemaal gelijk is en 'rimpelt', als gevolg van de omzetting naar/van de wisselspanning in de convertorstations. Ook als gevolg van schakelhandelingen in de convertorstations en belastingwisselingen kunnen rimpels op de gelijkspanning ontstaan, waardoor zwakke elektrische velden in het omringende zeewater kunnen worden opgewekt. E.e.a wordt hier nog wat nader toegelicht.

Ad a. Inductieverschijnselen door langsstromend zeewater

Zodra een gelijkstroom door de kabel loopt, wordt om de kabel een concentrisch, statisch magnetisch veld opgewekt (zie 4.4.7). In het zeewater dat door dit magnetische veld stroomt, wordt een zwak elektrisch veld opgewekt. De sterkte van dit elektrische veld is afhankelijk van de stroomsnelheid, van de concentratie ionen en van de sterkte en relatieve richting (ten opzichte van de stroming) van het magnetisch veld. Het is niet mogelijk om deze vorm van inductie te voorkomen met technische maatregelen. Het resulterende elektrische veld is evenwel zeer zwak en vergelijkbaar met het elektrisch veld dat op natuurlijke wijze wordt geproduceerd, doordat het zeewater ook stroomt door het magnetisch veld van de aarde.

Ad b. Inductieverschijnselen door de rimpel op de gelijkspanning

Een constante gelijkstroom veroorzaakt in (stilstaand) zeewater geen inductie. Echter, het convertorstation produceert gelijkstroom die niet volledig constant is. Op de spanning zit een kleine 'rimpel' ofwel een 'elektrische ruis'. Deze rimpel resulteert in een zwak en variabel elektrisch veld in het zeewater direct rondom de kabel, ook als het water stil staat. De feitelijke sterkte is afhankelijk van de grootte van de rimpels en de samenstelling van het zeewater (met name de concentratie elektrolyten). De op deze wijze opgewekte spanning is in elk geval veel kleiner dan die rond wisselspanningskabels, waarin het elektrisch veld voortdurend van richting wisselt.

Ad c. Inductie door snelle verschijnselen

Plotselinge, snelle veranderingen in de stroomsterkte en schakelhandelingen kunnen leiden tot kortstondige inductieverschijnselen rondom de kabels (overgangs- of transiënte verschijnselen). Het gevolg is een wat sterker, maar (zeer) kortstondig elektrisch veld rondom de kabel.

Omdat de beide kabels van de BritNed-verbinding op zeer korte afstand van elkaar worden geïnstalleerd, heffen de (tegengesteld gerichte) magneetvelden van de kabels elkaar bijna volledig op en zijn de in het zeewater opgewekte spanningen verwaarloosbaar (zie 4.4.7). Bij de effectbeschrijvingen in hoofdstuk 8 'Fysisch Milieu' en hoofdstuk 10 'Gebruiksfuncties' zal nader worden ingegaan op de (verwaarloosbare) gevolgen van inductieverschijnselen. Bij hoofdstuk 10 'Gebruiksfuncties' gaat het met name om effecten op andere, nevenliggende kabels en leidingen.

4.4.7 Magneetvelden

De magneetvelden van de verbinding kunnen worden verkleind door de beide kabels van de hoogspanningsverbinding dicht bij elkaar te installeren.

Elektrische stroom door een kabel veroorzaakt, zoals eerder aangegeven, een magneetveld rondom die kabel. Het magneetveld van een kabel interfereert met het aardmagnetisch veld en kan, zonder maatregelen, plaatselijk kompaswijzing en geïnduceerde spanningen in het water veroorzaken. De grootte van de miswijzing en de geïnduceerde spanningen is afhankelijk van de sterkte van de magneetvelden van de kabels en de aarde en van de relatieve richting van de beide magneetvelden.

De magnetische veldsterkte van de kabels is afhankelijk van de stroomsterkte en van de afstand tot de kabel. De richting van de kompaswijzing is afhankelijk van de richting van de kabels en de elektrische polariteit (positief of negatief). Bij een noord-zuid ligging van de kabels is de grootte van de kompaswijzing groter dan bij een oost-west ligging. De polariteit van de kabels (positief of negatief) bepaalt ook de kompasafwijking.

Zowel in een bipolair systeem als een monopolair systeem met retourkabel wordt door beide kabels een – even sterk - magnetisch veld opgewekt. Door de tegengestelde stroomrichting van kabels zijn ook de magneetvelden tegengesteld. Daardoor heffen ze elkaar voor een groot deel op. De mate waarin ze elkaar opheffen hangt af van de onderlinge afstand van de kabels. Hoe kleiner de afstand, hoe kleiner het resulterend magnetisch veld. Als de kabels worden samengebonden, is het resulterende magnetisch veld minimaal. Dat geldt zowel voor de beide spanningvoerende kabels in een bipolair systeem, als voor de spanningvoerende kabel én de (vrijwel) spanningsloze retourkabel in een monopolair systeem.

Bij een verbinding met zee-elektroden wordt het magnetisch veld van de kabel *niet* tenietgedaan. Die optie is echter al om andere redenen afgefallen (zie par. 4.3.5).

Bij de effectbeschrijvingen in hoofdstuk 8 'Fysisch Milieu', 9 'Ecologie' en 10 'Gebruiksfuncties' zal nader worden ingegaan op deze effecten. Bij hoofdstuk 10 gaat het met name om de effecten op scheepskompassen en op nevenliggende kabels.

4.4.8 Warmte-ontwikkeling

De afvoer van de warmte die kabels ontwikkelen (dissipatie), kan worden bevorderd door het ontwerp van de kabels en door het vergroten van de onderlinge afstand tussen de kabels. Op land kan de warmteafvoer worden verbeterd door de grond rondom de kabels de juiste (goed warmtegeleidende) samenstelling te geven.

Ontstaan van warmte

Bij het transport van elektrische energie treden energieverliezen op, als gevolg van de interne weerstand. Deze verliezen treden niet alleen op in de kabels zelf, maar ook in de convertorstations. De verliezen in de kabels zijn afhankelijk van de weerstand daarin. Deze weerstand is evenredig met de kabellengte en (ongeveer) omgekeerd evenredig met de doorsnede van de stroomgeleider. De verloren energie wordt namelijk omgezet in warmte.

Effecten van warmte

De meeste organismen zijn gevoelig voor warmte. De warmteontwikkeling van de kabel kan daarom in beginsel enig effect hebben op de bodemflora- en fauna. Het ontwerp van de verbinding is zodanig dat deze effecten niet ontstaan, of verwaarloosbaar zijn. Ook voor de kabel zelf is het van belang dat deze niet te warm wordt (maximaal ongeveer 50^o Celsius). Een te hete geleider tast de kabelisolatie aan, wat tot falen van de kabel kan leiden.

Beperking van temperatuur

De doorsnede van de koperen kabelkern wordt daarom zo gekozen, dat de kabeltemperatuur niet te hoog wordt. Hoe groter de doorsnede van de kabelkern, hoe kleiner de weerstand is en hoe kleiner het energieverlies en daarmee de warmteontwikkeling. De doorsnede van de koperen geleider is echter niet onbegrensd. Naarmate de geleider dikker wordt, wordt de kabel dikker, zwaarder en moeilijker te hanteren. Er is een praktische grens aan de kabeldikte die kan worden geproduceerd en geïnstalleerd. De grootste leverbare kernddoorsnede is ongeveer 2.500 mm², afhankelijk van overige benodigde technische en mechanische specificaties.

Hoe dichter de kabels bij elkaar liggen, hoe hoger de temperatuur kan oplopen. Beide kabels staan hun warmte immers af aan dezelfde grondmassa. De warmte van de ene kabel maakt de andere ook warmer. Dat effect kan worden beperkt door de kabels op voldoende afstand van elkaar te leggen. Daardoor vermindert echter de onderlinge compensatie van de magnetische velden van de kabels. Een andere mogelijkheid is om het kabelontwerp aan te passen en gebruik te maken van een grotere doorsnede van de koperen kabelgeleider, zoals hierboven is aangegeven. Een van de opgaven van het ontwerp van de verbinding is daarom de optimalisatie van de onderlinge afstand, uit oogpunt van magneetvelden en temperatuur (zie paragraaf 4.6).

Op land kan de afvoer van de warmte worden verbeterd door het gebruik van speciaal samengesteld opvulzand in de kabelsleuf, waardoor de warmtespreiding (dissipatie) verbetert. Dit zand bestaat uit een bepaalde gradatie (procentuele verdeling van de korreldiameters) waardoor het weinig open ruimte tussen de korrels heeft en de korrels onderling veel contactvlakken hebben. Daardoor wordt de warmte goed afgevoerd naar de omgeving. Op zee is dit materiaal niet toepasbaar, het is namelijk technisch niet mogelijk dit materiaal onderwater in een sleuf op de juiste plaats te krijgen. Het kan bovendien door bodemerrosie weer worden afgevoerd.

Als onderdeel van de effectvoorspelling in dit MER wordt in de hoofdstukken 8 'Fysisch milieu', 9 'Ecologie' en 10 'Gebruiksfuncties' nader ingegaan op de warmte-ontwikkeling en de gevolgen daarvan voor de omgeving. In hoofdstuk 10 'Gebruiksfuncties' gaat het om de gevolgen voor nevenliggende kabels en leidingen.

4.4.9 Aanwezigheid van olie of bitumen in de kabel

De negatieve gevolgen van olie of teer in de kabel worden voorkomen door gebruik te maken van kabeltypen waarin deze stoffen niet voorkomen dan wel niet kunnen weglekken naar de omgeving.

Vloeibare olie als elektrische isolatie

Sommige kabeltypen bevatten een geringe hoeveelheid vloeibare olie die gebruikt wordt als elektrische isolatie. Deze olie kan bij kabelbreuk in zee of in de bodem terecht komen. Dergelijke kabeltypes worden niet overwogen voor BritNed.

Met olie of vet geïmpregneerd papier als elektrische isolatie

Er zijn ook kabeltypen waarbij met olie of vet geïmpregneerd papier als elektrische isolatie wordt gebruikt. De geïmpregneerde olie of vet is van een relatief hoge viscositeit (dat wil zeggen niet vloeibaar) en wordt vastgehouden door het papier. Hierdoor kan deze niet uit de kabel lekken, ook niet bij een kabelbreuk. Het zijn deze massa geïmpregneerde kabels (MI-kabels) die zullen worden toegepast voor de BritNed-verbinding (zie paragraaf 4.5).

Bitumen in de bewapende kabelmantel

Alle kabeltypen worden uitgerust met een externe wapening, die zorgt voor voldoende trekkracht van de kabel, voldoende weerstand tegen de krachten die vrijkomen bij de installatie en bescherming tegen beschadigingen van buitenaf. De wapening (armering) bestaat uit gegalvaniseerde metalen wapeningsdraden, die in teer zijn gecoat. Afhankelijk van de gewenste kabelsterkte kan worden gekozen voor een dubbele wapeningslaag.

De wapeningsdraden zijn relatief los rondom de kabel gewikkeld, omdat de kabel anders te stijf wordt. Om de wapeningsdraden te beschermen tegen corrosie, zijn deze omwikkeld met een juteband, die met bitumen is gecoat. Daaromheen is weer een band van polypropyleen (PP) draden gewikkeld, die de buitenkant van de kabel vormt. De PP-laag zorgt er voor dat de wapeningsdraden bij elkaar worden gehouden en geeft de kabel een geschikt oppervlak voor de verschillende handelingen tijdens de installatie.

Het bitumen heeft een 'vaste' vorm bij de normale bedrijfstemperatuur van de kabel. Het zal niet of slechts in zeer beperkte mate uitlogen aan de buitenzijde van de kabel en is daarom niet schadelijk voor het milieu. Het materiaal bevat geen PAK's (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen).

4.4.10 Ruimtebeslag

In het basisontwerp en de redelijkerwijs uitvoerbare alternatieven wordt het directe ruimtebeslag van de kabels op zee en op land wordt zoveel mogelijk beperkt door de beide kabels, waaruit de BritNed-verbinding bestaat, dicht bij elkaar te leggen. Het indirecte ruimtebeslag wordt zoveel mogelijk beperkt door, daar waar mogelijk, te bundelen met andere infrastructuur.

Het directe ruimtebeslag van de kabels op zee bedraagt ongeveer 0,75 tot 2,5 meter. In deze strook van maximaal 2,5 meter breed worden de kabels op ongeveer 3 meter diepte in de zeebodem gebracht.

Op land bestaat het directe ruimtebeslag uit een strook van ongeveer 2,5 breed en wordt de kabel op ongeveer 1 tot 1,5 meter diepte in de bodem gebracht.

Het indirecte ruimtebeslag van de kabels op zee bestaat uit de onderlinge afstand die bij voorkeur, of soms wettelijk gezien, moet worden aangehouden ten opzichte van andere functies op infrastructuur op zee. Het indirecte ruimtebeslag kan zoveel mogelijk worden beperkt door deze onderhouds- of veiligheidszones van verschillende functies zoveel mogelijk te bundelen. Het is echter wel van belang dat de kabel en de andere infrastructuur of functies op zee bereikbaar blijven voor onderhoud en eventuele reparaties. Het is dan ook niet altijd mogelijk om de BritNed-verbinding zonder meer te bundelen of te combineren met andere functies en infrastructuur. Bijvoorbeeld omdat dit te kostbaar is, praktisch niet haalbaar, of omdat er wederzijdse schade of hinder kan ontstaan. In de bijlage bij dit hoofdstuk 4 wordt een verantwoording gegeven van de routekeuzes voor de BritNed-verbinding op zee. Daarbij wordt ook ingegaan op de (on)mogelijkheden van bundeling en functiecombinaties. De gevolgen of eventuele hinder van de BritNed-verbinding voor andere gebruiksfuncties op zee, wordt beschreven in hoofdstuk 10.

Op land wordt de verbinding zoveel mogelijk aangelegd in een daartoe bestemde leidingenstrook waarin ook andere kabels en leidingen liggen. In paragraaf 4.8.2 van dit hoofdstuk wordt aangegeven welke afstanden daarbij in acht moeten worden genomen ten opzichte van de andere infrastructuur in de leidingenstrook.

Het ruimtebeslag van het convertorstation komt overeen met een terrein van ongeveer 4 hectare. Het convertorstation zal zorgvuldig worden ingepast in een bestaande industriële omgeving. Er gaat geen natuurgebied of ander landelijk gebied verloren.

4.4.11 Milieu-aspecten van het convertorstation

De belangrijkste milieu-aspecten van het convertorstation zijn over het algemeen geluid, ruimtelijke inpassing, visuele gevolgen en voorzieningen ter bescherming van de bodem. Bij het ontwerp van het convertorstation wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met het voorkomen van milieueffecten naar de omgeving, zoals het gebruik van vloeistofdichte kelders en voorzieningen voor het opvangen en afvoeren van (eventueel door het contact met de installaties verontreinigd) hemelwater. Milieueffecten op bodem en (grond)water worden zo voorkomen.

In het geval van BritNed is het van belang te melden dat het convertorstation zal worden gerealiseerd in een industriële omgeving en niet in bijvoorbeeld een woon-, recreatie-, of natuurgebied. Het convertorstation zal voldoen aan de bouwvoorschriften zoals die gelden voor het industriegebied Maasvlakte. In het vervolg van dit MER wordt wel nader ingegaan op het geluid vanwege het convertorstation, vanwege de inpassing in de geldende geluidzoning.

4.5 Kabeltype

Het Basisontwerp van de voorgenomen activiteit gaat uit van een bipolair systeem met twee massa geïmpregneerde (MI) kabels die beide onder hoogspanning staan. De MI-kabel is het enige kabeltype dat technisch-economisch en commercieel beschikbaar is voor de BritNed-verbinding.

Het alternatief is een monopolair systeem met twee massa geïmpregneerde kabels of een monopolair systeem met één massa geïmpregneerde kabel en één kunststofkabel voor de retourstroom. Alleen in het eerste geval bestaat de mogelijkheid om het monopolaire systeem op termijn te schalen tot een bipolair systeem. De keuze tussen beide is afhankelijk van marktomstandigheden en -ontwikkelingen ten tijde van de aanbestedingsfase.

In kader 4.1 is reeds aangegeven welke parameters een rol spelen bij het ontwerp van de kabel. De keuze van het kabeltype houdt vooral verband met de keuze van het type *elektrische isolatie* rondom de stroomgeleider; milieu-aspecten zijn hierbij weinig relevant. Het verlies van koolwaterstoffen (zoals olie en bitumen) is namelijk bij alle in aanmerking komende kabeltypen verwaarloosbaar, (voor de volledigheid wordt dit aspect hierna nog wel als selectie criterium meegenomen). Het beperken van energieverliezen en lekstromen staat vrijwel los van het kabeltype en moet in alle gevallen plaatsvinden. De overige milieu-aspecten van de kabel, zoals magneetvelden en warmte-ontwikkeling, zijn alleen van belang bij de keuze van de kabelconfiguratie (paragraaf 4.6) en blijven bij de behandeling van het kabeltype buiten beschouwing. In het vervolg van deze paragraaf worden de in aanmerking komende kabeltypen beschreven en wordt duidelijk gemaakt waarom voor de BritNed-verbinding alleen een MI-kabel in aanmerking komt als polaire (dat wil zeggen hoogspanning voerende) kabel.

4.5.1 Selectiecriteria 'kabeltype'

Voor de selectie van het kabeltype, incl. de kabelverbindingen, gelden de volgende criteria:

Bij een bipolair systeem

- (a) Transportcapaciteit tussen de 1.000 en 1.320 MW;
- (b) Bedrijfsspanning circa 400 tot 500 kV.

Bij een monopolair systeem

- (c) Transportcapaciteit tussen de 600 en 800 MW;
- (d) Bedrijfsspanning circa 250 tot 500 kV.

Bij zowel een bipolair als een monopolair systeem

- (e) Leverbare en toepasbare kabellengte, afhankelijk van de corridor, zo'n 240 tot 300 kilometer, afhankelijk van de corridor;
- (f) Bewezen product voor de beoogde toepassing (levensduur minimaal 40 jaar);
- (g) Beperken van het gebruik van milieuonvriendelijke stoffen en materialen in de kabel, en het voorkómen van het weglekken daarvan naar de omgeving;
- (h) Beperken van de investerings- en ontwikkelingskosten met inachtneming van de overige criteria;
- (i) Beschikbaarheid op de markt.

Hierna worden de in aanmerking komende kabeltypen beschreven en getoetst aan de criteria. De criteria komen voort uit de projectuitgangspunten zoals omschreven in hoofdstuk 2.

4.5.2 Vergelijking 'kabeltypen'

Tabel 4.4 geeft een overzicht van de kabeltypen die op de markt beschikbaar zijn voor het aanleggen van een gelijkspanningsverbinding met een vermogen van minimaal 600 MW tot maximaal 1.320 MW. Het gaat daarbij om de volgende isolatietypen:

- Massa geïmpregneerd (MI);
- Oliegevuld (LPOF);
- Kunststof (XLPE).

De kunststofkabel is nog niet zover ontwikkeld dat deze kan worden gebruikt voor gelijkstroom hoogspanningsverbindingen, terwijl de oliegevulde kabel weer niet geschikt is voor grote afstanden. Dat komt omdat de olie in die kabels op druk moet worden gehouden. Dat gebeurt met druktanks op regelmatige afstanden op de kabel. Op zee kunnen deze tanks niet worden geplaatst en onderhouden.

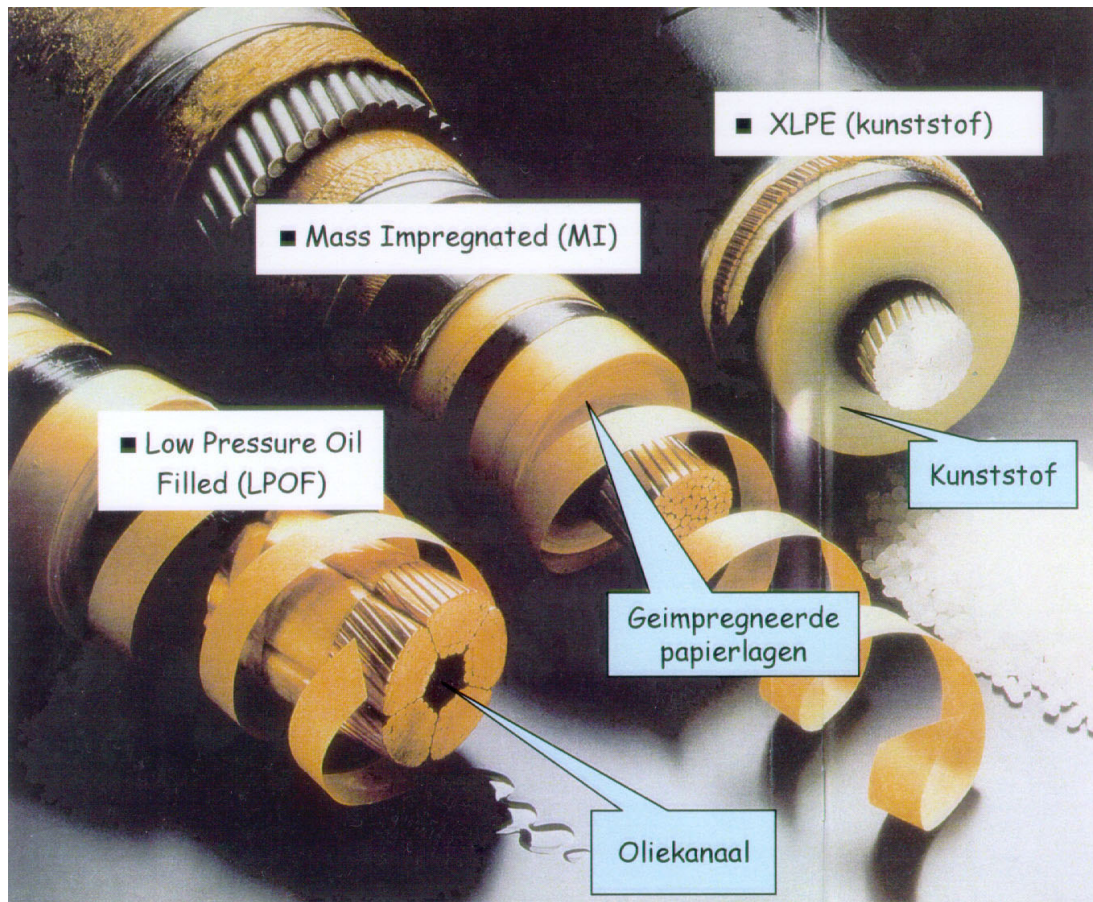
De MI-kabel is als enige geschikt voor geleiding van elektriciteit onder zowel hoge als lage spanning en over grote en minder grote afstanden. Op de MI-kabel bestaat een tweetal varianten, de IRC en FMI kabels, die hierna worden besproken.

Systeem Capaciteit	Spanningstype	Kabellengte	Isolatietypen		
			Massa geïmpregneerd (MI) ****	Oliegevuld (LPOF)	Kunststof (XLPE)
Bipolair: 1.000-1.320MW	Hoogspanning*	Lang***	😊	😞	😞
	Hoogspanning	Kort	😊	😊	😞
Monopolair: 600-800MW	Hoogspanning	Lang	😊	😞	😞
	Hoogspanning	Kort	😊	😊	😞
	tot max 50 kV**	Lang	😊	😞	😊
	tot max 50 kV**	Kort	😊	😊	😊

* tot circa 500 kV; ** Retourkabel; *** Lang = >100 km; **** Geen IRC- of FMI-variant

😊 = Technisch en economisch haalbaar 😞 = Technisch niet mogelijk

Tabel 4.4 Overzicht van mogelijke isolatietypen voor gelijkstroomverbindingen

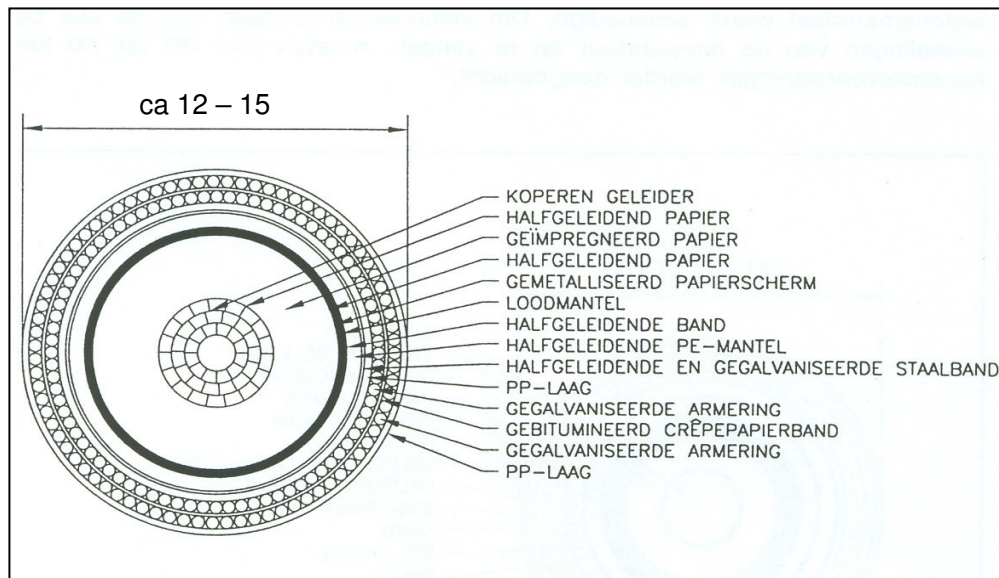


Figuur 4.6 Drie isolatietypen: MI, olie en kunststof

De Massa-geïmpregneerde kabel

De massa-geïmpregneerde kabel (MI-kabel) omvat een enkele koperen kern en papierlagen die daar als elektrische isolatie omheen zijn gewikkeld. De papierlagen zijn geïmpregneerd met een olie van hoge viscositeit; dat wil zeggen niet of nauwelijks vloeibaar. Om de papierlagen is een waterdichte loodmantel aangebracht met daaromheen een beschermlaag en een wapening. De beschermlaag is bitumineus, zonder PAK's. De wapening is opgebouwd uit verzinkte stalen draden. Om deze wapening zijn als omhulling één of meer lagen bandage van geïmpregneerd polypropeengaren aangebracht. Polypropeen is een kunststof. De (eventueel dubbele) wapening biedt bescherming tegen beschadigingen, maar is ook nodig om de krachten op te vangen die tijdens het leggen op de kabel worden uitgeoefend.

Tussen de genoemde omhullende lagen bevinden zich dunne lagen andere materialen. In de isolatielaag is dat meestal een dunne laag papier waaraan grafiet is toegevoegd, of een dunne poreuze metaalfolie. Deze lagen voorkomen dat de elektrische veldsterkte op het grensvlak van metaal en isolatielaag te groot wordt. Verder van de kern zijn tussenlagen aangebracht om de metalen wapeningslagen te scheiden, zodat de kabel bij het fabriceren en installeren flexibeler is.



Figuur 4.7 Dwarsdoorsnede MI kabel met een dubbele wapening

Toetsing MI Kabel

De MI-(*massa geïmpregneerde*) kabel voldoet aan de in paragraaf 4.5.1 genoemde criteria. De milieugevolgen van het gebruik van met olie geïmpregneerde papierlagen en bitumen zijn nihil. De kabel en de bewapening zijn zodanig ontworpen dat deze stoffen niet naar de omgeving lekken. Een belangrijk voordeel van de MI-kabel is verder dat deze techniek wereldwijd wordt geaccepteerd en toegepast als onderzeese elektriciteitsverbinding, waardoor bij onderhoud en reparatie de ondersteuning en de verkrijgbaarheid van materiaal en materieel ook goed is. De ervaringen met en, daarmee ook de reputatie van de MI-kabel zijn positief.

Als retourkabel in een monopolaire systeem is een MI-kabel minder aantrekkelijk dan een XLPE-kabel vanwege de relatief hoge kosten (zie hierna bij 'toetsing XLPE-kabel').

IRC-variant

De Integrated Return Conductor (IRC) is een variant van de MI-kabel. De interne constructie is echter anders. De IRC-kabel heeft namelijk twee koperen geleiders. Eén geleider in het midden van de kabel, en een tweede geleider daaromheen. De tweede koperen geleider is coaxiaal aangebracht rondom de massa-geïmpregneerde isolatie van de binnenste kabelkern. De buitenste, coaxiale IRC-geleider kan niet worden gebruikt voor bi-polaire HVDC-toepassingen, omdat de elektrische isolatie daartoe ongeschikt is. Een IRC-kabel kan daarom alleen worden gebruikt in monopolaire systemen met een retourgeleider die niet onder hoge spanning staat (<50 kV). De centrale geleider doet dan dienst als HVDC-kabel, de buitenste geleider als retourkabel.

Toetsing IRC-variant

De IRC-variant van de MI-kabel voldoet niet aan de criteria (a), (b), (c) en (h). De IRC-kabel is niet geschikt als bipolaire kabel. Maar ook voor een monopolaire verbinding heeft de IRC kabel voor BritNed grote nadelen. De huidige capaciteit van commercieel beschikbare IRC-kabels is namelijk beperkt tot ongeveer 250 MW. Om de voor BritNed gewenste capaciteit in een eventuele monopolaire verbinding (600-800 MW) te bereiken, zijn er dus drie kabels nodig. Uit economisch oogpunt is dit zeer ongewenst.

Ook uit milieu-oogpunt kleven daar nadelen aan, omdat er drie kabelsleuven nodig zijn en dus ook meer installatiewerkzaamheden.

FMI Variant

Naaste de IRC-kabel is er nog een variant denkbaar van één kabel met twee geleiders: de zogenaamde flat type MI-kabel (FMI). Het verschil met de IRC-kabel is dat de FMI kabel wel uit twee HVDC geleiders bestaat. De FMI-kabel wordt daarom ook wel een geïntegreerde bipolaire kabel genoemd. Daardoor is de FMI-kabel niet rond, zoals de andere beschreven kabeltypen, maar afgeplat ('flat type').

De koperen kabelkernen van de afgeplatte FMI-kabel zijn voorzien van een eigen isolatie en een eigen loodmantel, die qua opbouw vergelijkbaar is met die van de conventionele enkelvoudige MI-kabels. Rondom de beide loodmantels is één wapeningslaag aangebracht. De ruimte tussen de twee loodmantels en de beschermende wapeningslaag is opgevuld met een kunststof diabolovormig tussenstuk. Dit tussenstuk zorgt dat de beide kabelkernen op hun plaats blijven en niet gaan schuiven binnen de wapeningslaag.

Toetsing FMI-kabel

De FMI-kabel voldoet niet aan de criteria (a), en in mindere mate dan de conventionele MI-kabel aan criterium (f), (h) en (i). Een FMI-kabel heeft een capaciteit van ca. 600 tot 800 MW, afhankelijk van het ontwerp en de bedrijfsomstandigheden. De kabel wordt geleverd door maar één leverancier, wat een afhankelijkheid betekent. De techniek is relatief duur en voor relatief grote capaciteiten zijn mogelijk ontwikkelingskosten nodig. Er zijn geen belangrijke milieutechnische voor- of nadelen ten opzichte van twee samengebonden MI-kabels (zie paragraaf 4.6).

Het integreren van één HVDC-kabel en een kleinere retourkabel in één beschermende mantel is geen bewezen techniek. Een zware HVDC-kabel en een relatief kleine, lichte retourkabel hebben verschillende mechanische eigenschappen. De hanteerbaarheid daarvan is onbekend en dus een groot (ontwikkelings)risico, niet alleen bij de fabricage maar ook bij de installatie.

De combinatie van een aantal nadelen zonder duidelijke voordelen maakt dat de FMI-kabel geen alternatief is voor de BritNed-verbinding, ook niet bij een capaciteit van 600 tot 800 MW.

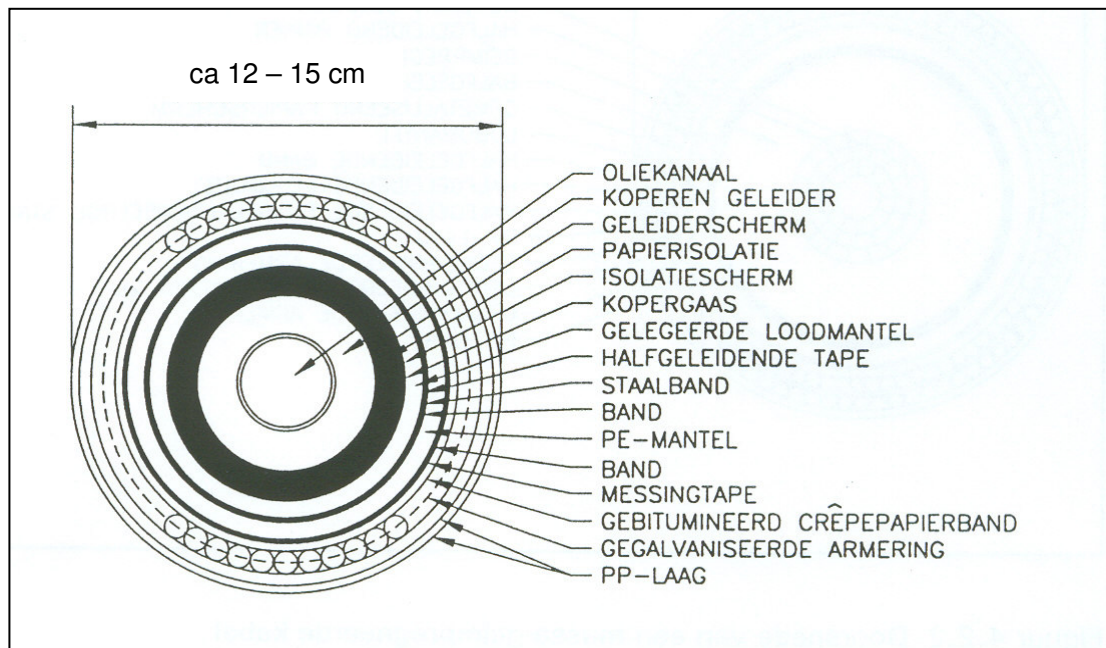
De kabel met olie onder lage druk gevuld (LPOF)

De met olie onder lage druk gevulde kabel (*low pressure oil-filled* of LPOF-kabel) is in een paar opzichten vergelijkbaar met de MI-kabel. De kabel omvat een koperen kern, waaromheen als isolatie papierlagen zijn gewikkeld. In de koperen kern bevindt zich echter een oliekanaal. De papierlagen zijn geïmpregneerd met een laag-visceuze olie, ofwel olie die vloeibaar is. Deze olie staat via capillairen, een soort haarvaatjes, in verbinding met de olie in de kern. De olie in de kern moet op een constante druk worden gehouden (ter hoogte van enkele bar). Dat gebeurt door middel van zogenaamde expansie- of drukstations. Bij lange verbindingen worden meerdere van deze stations op regelmatige afstand van elkaar langs het kabeltracé geïnstalleerd. De (vloeibare) olie dient als elektrische isolatie.

Toetsing LPOF-kabel

De LPOF-kabel voldoet niet aan criterium (e), (g) en (h). De noodzaak van olie-expansievoorzieningen vormt een beperking voor de benodigde kabellengte. De maximaal haalbare kabellengte tussen de expansiestations zo'n 30 tot 50 kilometer. Het aaneenrijgen van meerdere kabelsecties tussen meerdere expansiestations is geen optie. Ten eerste zijn deze stations niet toegerust voor een zeemilieu en ten tweede is dit te duur. De expansiestations hebben niet de vereiste mechanische sterkte voor toepassing in zee en bovendien bestaat er het gevaar van corrosie. Voor wat betreft het kostenaspect zijn niet alleen de stations zelf kostbaar. Er zouden ook extra voedingskabels naar toe moeten worden aangelegd en er zou een telecommunicatiesysteem nodig zijn voor de bediening van deze stations op afstand. Bovendien zijn er speciale verbindingstukken nodig tussen bepaalde kabelsecties die vragen om een extra regulering van de oliedruk. Dit laatste is nodig op tracés waar de (zee)bodemligging in hoogte varieert en de olie als het ware 'op' en 'neer' gaat. Door al deze problemen is een LPOF kabel in de praktijk dan ook nooit toegepast voor onderzeese kabels over grote lengten. Alleen over kortere afstanden door zee (b.v. de kruising van een zeearm) is de LPOF kabel een alternatief en een bewezen techniek.

De aanwezigheid van een vloeibaar oliereservoir, dat bovendien op druk wordt gehouden, is ook vanuit milieuoogpunt ongewenst. In tegenstelling tot een MI-kabel bestaat er bij een LPOF-kabel wel het gevaar van olieversies. Als de kabel wordt beschadigd kan de olie namelijk weglekken en in de bodem of in zee terecht komen.



Figuur 4.8 Dwarsdoorsnede LPOF-kabel

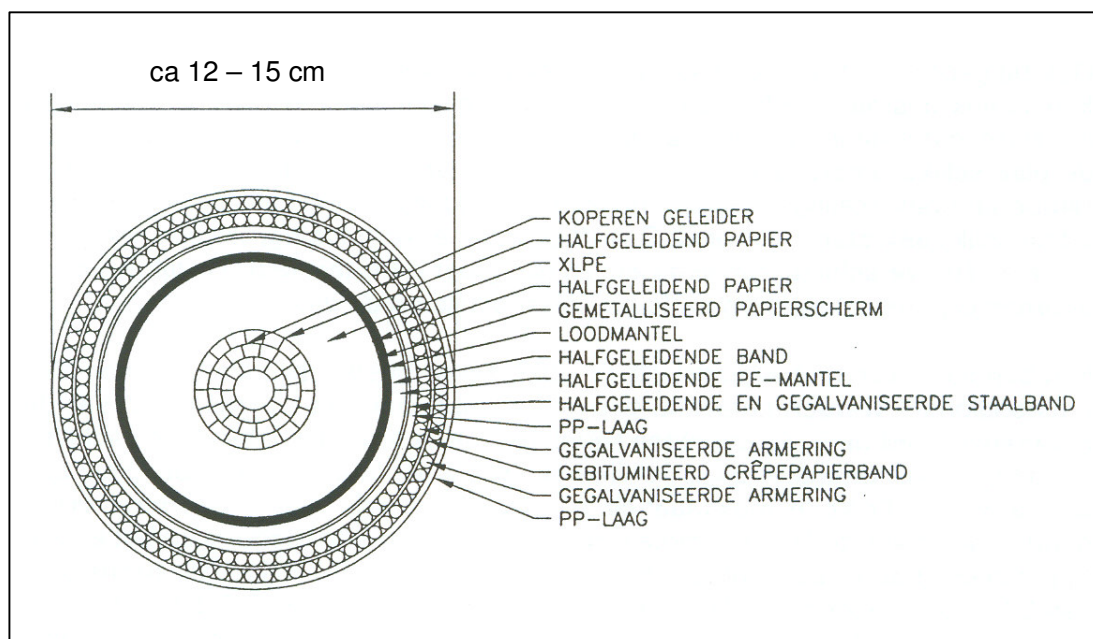
Variant Möllerhoj-kabel (NorNed)

De Möllerhoj-kabel is als concept overwogen voor de voorgenomen hoogspanningsverbinding van circa 600 MW tussen Nederland en Noorwegen. De kabel is een variant op een oliegevulde kabel, maar dan zonder expansiestations. Net zoals de Flat Type MI-kabel is ook de Möllerhoj-kabel een geïntegreerde bipolaire kabel, ofwel één kabel met twee koperen kernen. De Möllerhoj-kabel heeft één loodmantel en een of twee beschermende mantels. Omdat de ruimte tussen de kernen binnen de loodmantel van de kabel is gevuld met olie, is de Möllerhoj-kabel feitelijk een variant van de LPOF kabel. In het MER voor de NorNed-verbinding is de Möllerhoj-kabel destijds beschreven als voorkeursalternatief. De kabel wordt echter niet meer geproduceerd en is niet meer leverbaar. De fabriek die de Möllerhoj kabel fabriceert is ontmanteld. Als onderzeese verbinding met capaciteiten van meer dan 600 MW is het Möllerhoj-kabeltype nooit gerealiseerd.

Kader 4.3 Intermezzo: Möllerhoj-Kabel

Kunststofkabel

Moderne hoogspanningskabels worden dikwijls uitgevoerd met verknoopt polyetheen (*cross-linked polyethylene* of XLPE) als isolatiemateriaal. XLPE is een kunststof. Op het vasteland worden kabels met XLPE al jaren gebruikt in wisselstroomnetten met spanningen tot 420 kV. XLPE is de enige kunststof met zodanige eigenschappen bij hoge temperaturen, dat het geschikt is om in dergelijke hoogspanningskabels als isolatiemateriaal te worden gebruikt. XLPE-kabels zijn in hoofdzaak op dezelfde manier opgebouwd als MI-kabels, maar in plaats van met olie geïmpregneerd papier fungeert het XLPE als isolatiemateriaal.



Figuur 4.9 Dwarsdoorsnede kunststof (XLPE) kabel

Toetsing kunststof (XLPE) kabel

De XLPE-kabel voldoet niet aan de criteria (a), (b), (c), (d) en (h) voor zover het gaat om een gelijkstroomverbinding. Bij hoogspanningskabels die op wisselspanning worden bedreven ontstaan in het isolatiemateriaal geen grote zogenaamde 'ruimteladingen', doordat de richting van de stroom vaak wisselt. Bij gelijkspanning ontstaan wel (te) grote

ruimteladingen. Bij het omkeren van de transportrichting leiden die tot ontladingen die het kunststof isolatiemateriaal beschadigen. XLPE kan daarom niet worden gebruikt voor gelijkstroomkabels onder hoge spanning. In ieder geval is die ontwikkeling nog niet zover.

Bij gelijkstroomkabels met een maximale spanning van 50 kV treden de ruimteladingen in mindere mate op. De kunststof XLPE-kabel kan daarom wel worden gebruikt als retourkabel in een monopolaire systeem. De zogenaamde diëlektrische sterkte van de kunststofkabel kan, in een gelijkstroomsituatie, Voltages tot 150 kV weerstaan.

Het gebruik van een XLPE-kabel als retourkabel biedt een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van het gebruik van een MI-kabel. Het productieproces van een XLPE kabel is normaal gesproken sneller en (mede daardoor) goedkoper dan van een MI-kabel. Met name het fabriceren en impregneren van de papierlagen voor de MI-kabel is een intensief proces. Een XLPE kabel is bovendien lichter dan een MI-kabel en daardoor makkelijker en sneller te installeren en te repareren.

4.5.3 Basisontwerp en alternatieven 'kabeltype'

Afweging alternatieven

Tabel 4.5 laat zien dat de conventionele massa-geïmpregneerde (MI) kabel het enige type kabel is dat zowel technisch-economisch als commercieel geschikt is als HVDC kabel voor de BritNed-verbinding. Dat geldt zowel voor een bipolair systeem met een capaciteit van 1.000 tot 1.320 MW als voor een monopolaire systeem met een capaciteit van 600 tot 800 MW. De MI-kabel is wereldwijd beschikbaar en wordt ook wereldwijd ingezet voor vergelijkbare onderzeese verbindingen. Dit kabeltype wordt ook wereldwijd geproduceerd. Er zijn weinig technische en economische risico's, de prijzen zijn concurrerend en het ontwerp is eenvoudig aan te passen aan de ontwerpcriteria. Voor de overige kabels geldt het volgende:

- De IRC-kabel heeft een te kleine capaciteit, ook voor een monopolaire verbinding;
- De FMI-kabel heeft een te beperkte capaciteit, tegen zeer hoge kosten. Er is bovendien slechts beperkte ervaring met de FMI-kabel. De kabel is beperkt leverbaar en relatief moeilijk te hanteren bij de installatie;
- De XLPE-kabel is technisch niet geschikt als HVDC-kabel;
- De LPOF-kabel is niet geschikt voor grote afstanden;
- De Möllerhoj-kabel heeft een te beperkte capaciteit en is niet meer leverbaar.

De LPOF-kabel en de Möllerhoj kabel brengen bovendien een (beperkt) risico met zich mee door olie lekkage, in het geval de kabel beschadigd raakt. De impregneerolie in de MI-kabel staat niet onder druk en is bovendien van hoge viscositeit (weinig vloeibaar). Hierdoor lekt er geen olie weg als de kabel beschadigd raakt.

Voor de retourkabel in monopolaire systeem gaat de voorkeur uit naar de lichtere, goedkopere en meer flexibele kunststof geïsoleerde kabel (XLPE).

Criteria	Kabel (isolatie) typen voor HVDC polaire kabel				
	MI			Oliegevuld (LPOF)	Kunststof (XLPE)
<i>Bij een bipolair systeem</i>	Conventioneel	IRC	FMI		
a. Transportcapaciteit 1.000 – 1.320 MW	😊	😞	😞	😊	😞
b. Bedrijfsspanning circa 400 tot 600 kV (DC)	😊	😞	😊	😊	😞
<i>Bij een monopolair systeem</i>					
c. Transportcapaciteit tussen de 600 en 800 MW	😊	😞	😊	😊	😞*
d. Bedrijfsspanning circa 250 tot 400 kV	😊	😐	😊	😊	😞*
<i>Bij een bipolair en een monopolair systeem</i>					
e. Kabellengte 180 tot ruim 300 kilometer	😊	😊	😊	😞	😊
f. Bewezen en beschikbare techniek	😊	😊	😐	😊	😊
g. Milieuvriendelijke stoffen/ materialen	😊	😊	😊	😐	😊
h. Investerings- en ontwikkelingskosten	😊	😞	😐	😞	😞
i. Beschikbaarheid op de markt	😊	😊	😐	😊	😊

* Wel geschikt als retourkabel (< 50kV) in een monopolair systeem

😊 = goed

😐 = matig / ongewenst

😞 = slecht / niet mogelijk

Tabel 4.5 Onderlinge vergelijking HVDC kabeltypen voor de BritNed-verbinding

Basisontwerp op zee: Conventionele MI-kabel in een bipolair systeem

Tabel 4.6 geeft een overzicht van de ontwerpparameters van de conventionele MI-kabel (meestal – en zo ook in dit MER - kortweg aangeduid als “MI-kabel”). Op locaties waar een grote kans is op beschadigingen door scheepsankers en vissersmaterieel kunnen de kabels dubbel gewapend worden. Deze extra bescherming kan ook in situaties worden toegepast waar de conditie van de zeebodem lastig is, bijvoorbeeld waar gesteente boven de zeebodem uitkomt.

Stelsel parameters	Bipolair systeem	Monopolair systeem	
Nominaal vermogen	1.320 MW	800 MW	
Nominaal voltage (DC)	maximaal 500 kV	maximaal 400 kV	
Stroomsterkte (DC)	1.325 A	2.000 A	
Systeemverliezen	2.2%	2.5%	
Kabel parameters (dubbele wapening)	HVDC-kabel	HVDC-kabel	Retour kabel
Kabel isolatie type	MI kabel	MI kabel	XLPE kabel
Nominaal voltage (DC)	500 kV	400 kV	20 kV
Uitwendige diameter	120 tot 150 mm	120 tot 150 mm	80 mm
Gewicht	circa 55 kg / m	circa 55 kg / m	circa 20 kg / m
Minimale buigstraal	circa 5 m	circa 5 m	circa 5 m
Treksterkte (maximaal)	circa 385 kN	circa 385 kN	circa 385 kN
Verlies per lengte eenheid	circa 20 W / m	circa 40 W / m	circa 48 W / m
Maximale temperatuur conductor	circa 50 ^o C	circa 50 ^o C	circa 70 ^o C
Maximale temperatuur kabeloppervlak	circa 35 ^o C	circa 35 ^o C	circa 45 ^o C

Tabel 4.6 Ontwerpparameters HVDC kabel op zee

Alternatief op zee: 2 conventionele MI-kabels of 1 conventionele MI- en 1 XLPE-kabel in een monopolair systeem

Tabel 4.6 laat tevens zien dat het ontwerp van de MI-kabel in een monopolair systeem vergelijkbaar is met het ontwerp van de MI-kabel in een bipolair systeem. De retourkabel in een monopolair systeem kan eveneens worden uitgevoerd als een HVDC MI-kabel of als een XLPE-kabel met een veel lager voltage. De tabel geeft tevens de verwachte ontwerpparameters voor een XLPE-retourkabel.

Basisontwerp op land (van zee tot convertorstation): HVDC kabel

Vanaf de plek waar de kabel aan land komt tot aan het convertorstation is ook een HVDC-kabel nodig. De kabels die op land worden toegepast in een HVDC-verbinding zijn van hetzelfde type als van de kabels op zee – zie hierboven – en hebben ongeveer dezelfde omvang, hetzelfde gewicht en dezelfde constructie. Voor de kabels op land wordt echter doorgaans geen gegalvaniseerde stalen wapening gebruikt. Deze kabels liggen namelijk onder een beschermingsplaat en/of in een beschermende kabelgoot.

Basisontwerp op land (van convertorstation tot landelijk net): HVAC verbinding

Het Basisontwerp voor de HVAC-verbinding tussen het convertorstation en het aansluitpunt op het 380 kV-net gaat uit van bovengrondse lijnen. Omdat het convertorstation naast het aansluitpunt van het 380 kV-net wordt gesitueerd (zie paragraaf 4.8.2), worden de lijnen rechtstreeks afgespannen tussen de stations, met jukken. De spanlengte bedraagt enkele tientallen meters.

Het, overigens minder waarschijnlijke alternatief bestaat uit 3 of 6 ondergrondse XLPE-kabels, afhankelijk van de zwaarte. Deze kabels worden reeds jaren gebruikt in wisselstroomnetten met spanningen tot 420 kV. Ze zijn naar verhouding eenvoudig aan te sluiten, flexibel en relatief licht. Ondergrondse kabels over enkele tientallen meters tussen het convertorstation en het aansluitpunt zijn echter vele malen duurder.

Glasvezelkabel

Tussen het convertorstation in Engeland en het convertorstation in Nederland zal een hoogwaardig telecommunicatiesysteem worden aangelegd. Zo'n systeem is noodzakelijk voor directe, real time controle, monitoring en communicatie tussen beide stations. De telecommunicatieverbinding kan tot stand worden gebracht door gebruik te maken van bestaande glasvezelcapaciteit (leasing), of door zelf een glasvezelkabel te installeren gebundeld met of geïntegreerd in de hoogspanningskabels. Deze glasvezelkabel zal naar verwachting bestaan uit zo'n 6 tot 8 (fiber-) draden. Het al dan niet installeren of integreren van een glasvezelkabel heeft geen effect op de wijze van installeren en geen relevantie voor de milieueffecten.

Conclusie

Het basisontwerp voor de kabel op zee is twee MI-kabels in een bipolair systeem (voor capaciteiten tot ca. 1.320 MW). Het alternatief is 1 MI-kabel en 1 XLPE-kabel in een monopolair systeem (voor capaciteiten tot 800 MW). De milieu-effecten van dit alternatief verschillen niet van het Basisontwerp; daarom wordt in de effectbeschrijvingen uitgegaan van het Basisontwerp. Het basisontwerp kan eventueel ook (tijdelijk, in een eerste bedrijfsfase) monopolair worden bedreven) Basisontwerp op land voor het traject van zee tot aan het convertorstation is een HVDC kabel van hetzelfde type als de kabel op zee. Basisontwerp op land van het convertorstation tot het landelijk net is een bovengrondse HVAC lijn.

4.6 Kabelconfiguratie

Onder de kabelconfiguratie - in een bipolair of monopolair systeem - wordt verstaan de onderlinge afstand en oriëntatie van de kabels en de wijze waarop ze al dan niet onderling worden verbonden. De kabelconfiguratie heeft gevolgen voor de installatiewijze, de magneetvelden en de temperatuur van de omringende grond.

Het Basisontwerp op zee bestaat uit twee kabels die worden samengebonden (gebundeld). De gebundelde kabels worden samen in één sleuf gelegd en begraven. De alternatieve kabelconfiguratie op zee gaat eveneens uit van twee kabels, maar dan met een kleine onderlinge afstand van 0,5 tot 2 meter. De kabels worden afzonderlijk in twee smalle sleuven vlak naast elkaar gelegd en begraven. Op land worden de kabels niet samengebonden, maar vlak naast elkaar in één kabelgoot gelegd en begraven.

In het vervolg van deze paragraaf worden de verschillende mogelijkheden en de keuzes toegelicht.

4.6.1 Selectiecriteria voor de kabelconfiguraties

Voor de selectie van de kabelconfiguratie worden de volgende criteria gehanteerd. De criteria komen voort uit de projectuitgangspunten zoals omschreven in hoofdstuk 2.

- (a) Beperken van de resulterende magnetische veldsterkte
- (b) Beperken van de temperatuurstijging van de kabel en de bodem
- (c) Beperken van de verstoring van de (zee)bodem
- (d) Beperken van de risico's voor de kabel en van problemen tijdens de installatie
- (e) Zoveel mogelijk gebruik maken van bewezen en commercieel beschikbare installatietechnieken
- (f) Beperken van de investeringskosten, ontwikkelingskosten en installatiekosten, met inachtneming van de overige criteria

Magnetische veldsterkte (a) en warmte-ontwikkeling (b)

Hoe kleiner de onderlinge afstand tussen gelijkstroomkabels is, hoe zwakker het resulterend magnetisch veld is, maar hoe warmer de omringende bodem wordt. Als de kabels worden samengebonden is het resulterend magnetisch veld minimaal.

Het resulterend magnetisch veld is in zowel het Basisontwerp als het alternatief onschadelijk voor het milieu en de volksgezondheid, omdat de veldsterkten ter plaatse van de receptoren ver onder de advieswaarden blijven. Hierop zal nader worden ingegaan bij de effectbeschrijvingen in hoofdstuk 6 en verder.

Bepalend voor het beperken van de magnetische veldsterkte is daarom de (plaatselijke en tijdelijke) invloed op kompassen van schepen nabij de kabel, met name in de vaarwegen. Over het algemeen wordt door de Kustwacht een kompasafwijking van maximaal vijf graden geaccepteerd.

Het warmer worden van de kabel en de bodem door het verkleinen van de onderlinge afstand tussen de kabels, kan worden beperkt of tegengegaan door een grotere diameter van de koperen kabelgeleider te kiezen.

Beperken van de verstoring (c)

De kabels worden mechanisch in de bodem gebracht, om ze te beschermen tegen beschadiging door invloeden van buitenaf (scheepsankers, bodemvisserij e.d.). De kabelconfiguratie bepaalt mede de breedte van de benodigde sleuf/sleuven is daardoor van invloed op de mate waarin de bodem wordt verstoord.

In het Basisontwerp zijn de kabels samengebonden en worden ze gezamenlijk in één sleuf gelegd. In dat geval is de sleuf het smalst en daarmee de verstoorde zone en het grondverzet het kleinst.

In het alternatieve ontwerp worden de kabels op 0,5 tot 2 meter in de bodem gelegd. In dat geval zijn de verstoorde zone en het grondverzet iets groter.

De grootte van en verschillen in het grondverzet zijn afhankelijk van de ingraafmethode en ingraafdiepte, die langs de corridor variëren. Daarmee wordt bij de effectbepalingen in hoofdstuk 6 en verder rekening gehouden.

Beperken van risico's en installatieproblemen (d), bewezen techniek (e)

Bij de keuze van de kabelconfiguratie gaat de initiatiefnemer zoveel mogelijk uit van bewezen technieken die bovendien commercieel beschikbaar zijn. Daarbij is niet uitgesloten dat op onderdelen het beschikbare installatiematerieel moet worden aangepast om de gewenste kabelconfiguratie te kunnen installeren.

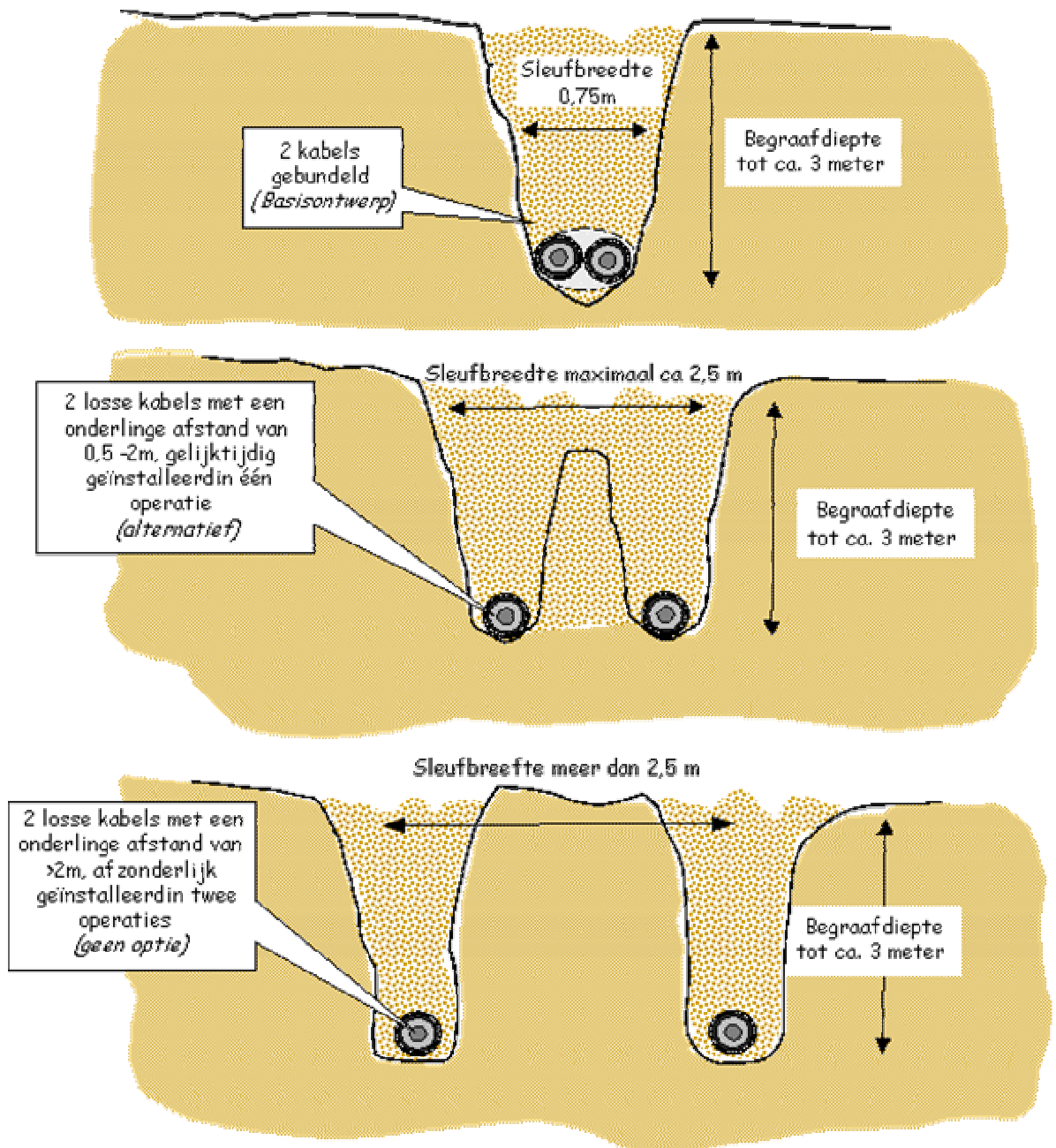
Als de onderlinge afstand van de kabels wordt beperkt tot maximaal ca. 2 meter, dan kunnen beide kabels waarschijnlijk in één keer worden neergelegd en vervolgens begraven in de zeebodem. Als de onderlinge afstand groter is dan ca. 2 meter, dan zijn waarschijnlijk twee aparte leg- en begraafoperaties nodig (zie figuur 4.10). In dat geval is sprake van een wat grotere verstoring van de zeebodem, een verhoogd niveau van activiteiten op zee en een langere aanlegperiode.

Investerings-, ontwikkelings en installatiekosten (f)

Als de kabels zeer dicht bij of tegen elkaar liggen worden de kabels warmer. Om dat te voorkomen kan het nodig zijn de koperen kabelkern groter te kiezen dan wanneer ze verder van elkaar liggen. Een dikkere koperen geleider produceert namelijk minder warmte, omdat de weerstand lager is. De *investeringskosten* voor de aanschaf van de kabel nemen echter toe naarmate de koperen kabelkern groter moet worden.

Wanneer de kabels niet worden samengebonden, maar op een afstand van 0,5 tot 2 meter worden gelegd, zijn waarschijnlijk *ontwikkelingskosten* nodig om de het ingraafmaterieel aan te passen.

Als de onderlinge afstand van de kabels groter wordt dan twee meter, dan nemen mogelijk de *installatiekosten* toe omdat er twee aparte leg- en begraafoperaties nodig zijn.



Figuur 4.10 Drie denkbare kabel(leg)configuraties en kabelsleuven

4.6.2 Vergelijking kabelconfiguraties

Zowel in een bipolair systeem als in een monopolair systeem zijn in beginsel de volgende kabel(leg)configuraties mogelijk:

- Twee losse kabels met een onderlinge afstand van meer dan 2 meter;
- Twee losse kabels naast elkaar met een onderlinge afstand van minder dan 2 meter;
- Twee losse kabels die, op het schip of in de fabriek, worden samengebonden.

Twee losse kabels meer dan 2 meter uit elkaar

Kabel leggen

Het installeren van twee losse kabels die meer dan twee meter uit elkaar liggen, vereist twee aparte legoperaties. De kabels worden op een conventionele manier onafhankelijk van elkaar geïnstalleerd. Meest waarschijnlijk is dat hiervoor één kabellegschip wordt gebruikt dat de beide kabels na elkaar op de zeebodem installeert. Het werken met twee schepen tegelijk is niet gebruikelijk. Het is niet alleen zeer kostbaar, het is mogelijk ook niet uitvoerbaar omdat de beschikbaarheid van twee grote legschepen van hetzelfde type op het hetzelfde moment onwaarschijnlijk is.

Kabel begraven

De kabels kunnen op een conventionele manier in de zeebodem worden begraven. Het begraven van de tweede kabel op minder dan 10 meter afstand van de eerste kabel betekent echter een substantieel risico voor de eerste kabel. Dit heeft vooral te maken met de, weliswaar kleine, onnauwkeurigheidsmarge van de positioneringsapparatuur en met de omvang van de begraafmachines (enkele meters breed). Hierdoor kan bij het begraven van de tweede kabel, de eerste kabel beschadigd raken. Dit kan worden voorkomen door de onderlinge afstand tussen de kabels minimaal 10 meter te maken. Het belangrijkste nadeel daarvan is, dat meer grondverzet nodig kan zijn, in gebieden waar de zeebodem eerst vlakker moet worden gemaakt. Het vlakker maken van de bodem zal dan voor elk van de twee kabels apart moeten plaatsvinden.

Toetsing

Een configuratie van twee losse kabels op een onderlinge afstand van meer dan 2 meter voldoet niet aan criterium (a) en (d) en in mindere mate aan criterium (c), (e) en (f). Omdat de kabels meer dan twee meter van elkaar liggen worden de magnetische velden niet of onvoldoende opgeheven. Daarnaast brengt het begraven van de tweede kabel risico's met zich mee op beschadiging van de eerste, reeds begraven kabel. De verstoring (van de zeebodem) is iets groter en de legoperatie is duurder omdat er twee aparte leg- en begraafoperaties noodzakelijk zijn.

Als de kabels op een afstand van meer dan 10 meter worden geïnstalleerd, dan vermindert het risico op beschadiging aanzienlijk (d), maar is er meer grondverzet nodig in gebieden waar de zeebodem moet worden uitgevlakt (c). De resulterende magnetische veldsterkte neemt ook toe.

Twee losse kabels op een onderlinge afstand van 0,5 tot 2 meter

Kabel leggen

Als de twee kabels voldoende dicht bij elkaar liggen, kunnen ze simultaan op de zeebodem worden gelegd vanaf hetzelfde legschip. Het legschip moet dan wel voldoende breed zijn en beschikken over twee zogenaamde 'kabelcarroussels', waarop de kabels zijn gewonden. Hoewel de legschepen relatief groot zijn, kan de onderlinge afstand van de kabels waarschijnlijk niet groter zijn dan enkele meters, als ze in één keer vanaf hetzelfde schip moeten worden gelegd.

Er is bij de initiatiefnemer evenwel geen legschip bekend dat reeds is aangepast voor het gelijktijdig leggen van twee kabels met een onderlinge afstand van 0,5 tot 2 meter. Het hanteren van twee kabelcarroussels tegelijk is echter technisch goed uitvoerbaar. De benodigde apparatuur aan boord is namelijk eenvoudig te synchroniseren.

Het is evenwel minder eenvoudig om steeds de gewenste onderlinge afstand aan te houden vanaf de achtersteven van het schip, tot op de zeebodem. Dit heeft te maken met de stromingen onder water en met eventuele verschillen in de hoogteligging van de zeebodem op de precieze plek van elk van de kabels. Ook veranderingen in de richting van het kabeltracé 'bemoeilijken' het aanhouden van de gewenste onderlinge afstand tussen de kabels. Een accurate behandeling van de legoperatie en van de positionering van de kabels op de zeebodem door één legschip wordt moeilijker naarmate de onderlinge afstand van de kabels toeneemt.

Kabel begraven

Als de onderlinge afstand van de kabels niet groter is dan 2 meter, dan kunnen de beide kabels tegelijkertijd met één begraafwerktuig in de zeebodem worden begraven. Het inzetten van één begraafwerktuig om twee kabels tegelijk te begraven, vraagt echter wel om een technische aanpassing van het beschikbare materieel. Zo moet de machine geschikt zijn om twee smalle sleuven te maken vlak naast elkaar in de zeebodem.

Om de gewenste onderlinge afstand aan te houden, heeft het begraven in twee smalle sleuven de voorkeur. Het begraven van beide losse kabels in één brede sleuf wordt niet overwogen. Als de beide kabels in één brede sleuf worden begraven, dan bestaat namelijk het gevaar dat de kabels direct of op den duur naar elkaar toe bewegen, waardoor ze misschien te heet worden. Bij het maken van twee smalle sleuven hoeft de begraafmachine bovendien 'minder werk te verzetten' dan bij een brede sleuf. Dit vergemakkelijkt de aanpassing van het begraafwerktuig en het verhoogt de installatiesnelheid. Het maken van één brede trench tot maximaal twee meter is niet alleen zwaarder, er wordt ook meer bodemmateriaal verplaatst. Twee smalle sleuven zijn dus ook vanuit milieuoogpunt beter dan één brede.

Toetsing

Een configuratie van twee losse kabels met een onderlinge afstand van 0,5 tot 2 meter voldoet in principe aan alle selectiecriteria. Wel is er sprake van een aantal nadelen ten aanzien van de criteria (a), (b), (c) en (e). Zo wordt de resulterende magnetische veldsterkte minder beperkt dan wanneer de kabels worden gebundeld. En de temperatuurstijging van de bodem wordt minder beperkt dan wanneer de kabels meer dan 2 meter uit elkaar liggen.

De technische uitrusting van de huidige installatiewerktuigen moet worden aangepast om simultaan twee kabels op de zeebodem te leggen en vervolgens simultaan te begraven in twee smalle gleuven, vlak naast elkaar. Het gaat dus niet om een aanpassing van de installatietechniek, maar om een modificatie aan het materieel (legschip en begraafwerktuig). Om het sedimentvolume dat wordt verplaatst te minimaliseren, heeft het de voorkeur om twee separate sleuven te maken, die zo smal mogelijk zijn.

Twee kabels samengebonden

Kabel leggen

Het samenbinden (bundelen) van twee kabels kan op het legschip of in de fabriek plaatsvinden. De keuze voor bundelen op het schip of in de fabriek is een technisch-economische afweging en heeft geen relevantie voor het milieu.

Bundeling van de kabels op het schip is relatief eenvoudig. Ook op het schip kan de verbinding tussen de kabels degelijk en duurzaam worden uitgevoerd. Voor het installeren van twee op het schip samengebonden kabels is geen aanpassing nodig van de installatietechniek, maar wel een modificatie van het materieel (twee carroussels op één legschip). Voor de voorgenomen hoogspanningsverbinding tussen Noorwegen en Engeland (NSI Verbinding) is deze techniek ook voorgesteld.

De kabels kunnen worden gebundeld met een van te voren vastgestelde onderlinge afstand van maximaal 0,5 meter. Zogenaamde 'spacers' (verbindingsstukken dwars op de beide kabels) kunnen de kabels op gelijke afstand houden ten opzichte van elkaar.

Zouden de kabels in de fabriek worden gebundeld, dan volstaat één carroussel. Een nadeel van bundeling in de fabriek is dat de gebundelde kabel veel zwaarder is, minder buigzaam, minder flexibel en moeilijker hanteerbaar. De kabel krijgt een afgeplatte vorm en is daardoor minder goed 'op te rollen' op de carroussel. Het bundelen van zeer zware hoogspanningskabels in de fabriek is tot nog toe niet eerder toegepast.

Kabel begraven

Voor het begraven van de samengebonden kabels in de zeebodem kan worden volstaan met één begraafoperatie en één sleuf van ongeveer 75 cm. Als het gaat om kabels met spacers is een iets grotere breedte nodig.

Toetsing

Een configuratie van twee kabels in één bundel voldoet in mindere mate aan criterium (b) en (e). Omdat de kabels zeer dicht bij elkaar liggen of zelfs tegen elkaar aan, kunnen de kabels te heet worden. Om dit te voorkomen wordt overwogen om meer koper te gebruiken in de kabelkern die daardoor groter wordt. De kabels worden dan wel zwaarder en moeilijker hanteerbaar. Bij de legoperatie hebben twee samengebonden kabels door hun grote gewicht wel weer minder last van stroming onder water.

De initiatiefnemer is niet overtuigd van de haalbaarheid van het installeren van in de fabriek gebundelde kabels. Voor BritNed komt een in de fabriek gebundelde kabel daarom alleen in aanmerking als tests in de praktijk hebben uitgewezen dat de installatie ervan probleemloos kan verlopen.

Voor een monopolair systeem met één MI-kabel en één kunststof-geïsoleerde (XLPE)-kabel is de installeerbaarheid van fabrieksmatig gebundelde kabels nog lastiger. Beide kabels hebben immers verschillende mechanische eigenschappen en diameters. Dit kan de hanteerbaarheid van de kabel (verder) bemoeilijken. bundeling op het schip van één MI en één XLPE-kabel¹ is al eens uitgevoerd voor een monopolaire hoogspanningsverbinding (de 'Basslink').

¹ Overigens heeft de installatie van beide kabels niet plaatsgevonden vanaf twee carroussels. Voor de 'lichtere' en meer 'flexibele' XLPE-retourkabel is geen carroussel maar een zogenaamde 'kabeltank' gebruikt. Voor een zware MI-kabel is dit niet geschikt.

4.6.3 Basisontwerp en alternatief 'kabelconfiguratie'

Afweging Alternatieven

De gewenste onderlinge afstand van de kabels wordt voor een belangrijk deel bepaald door het optimum tussen het beperken van de magnetische veldsterkte en het beperken van de temperatuurstijging. Het beperken van de magnetische velden tot toelaatbare waarden heeft daarbij prioriteit. De norm voor de maximaal toelaatbare kompasafwijking (op de meeste plaatsen maximaal 5 graden) is daarbij bepalend.

Bovenstaande afweging leidt tot een configuratie waarbij de kabels relatief dicht bij elkaar liggen. Om te voorkomen dat de kabels te heet worden, is mogelijk een dikkere koperen geleider noodzakelijk². Het beperken van de onderlinge afstand tot maximaal twee meter heeft verder als belangrijk voordeel, dat beide kabels in één operatie kunnen worden geïnstalleerd en het grondverzet beperkt blijft. Dat is niet alleen meer economisch, maar ook beter voor het milieu. Ook voor het zonnig uitvlakken van de zeebodem, kan dan worden volstaan met één operatie. Om de kabels in één operatie op de zeebodem te leggen en te begraven is wel een modificatie nodig van het beschikbare materieel. Deze aanpassingen zijn technisch uitvoerbaar.

Tabel 4.7 geeft een samenvattend overzicht van de beoordeling en vergelijking van de verschillende kabel(leg)configuraties. De conclusie is dat de onderlinge afstand tussen de kabels minder dan 2 meter moet zijn. Een configuratie met een kleine onderlinge afstand tussen de kabels beperkt de magnetische velden, het directe ruimtebeslag van de zeebodem en daarmee ook de verstoring van de zeebodem. In het Basisontwerp worden de kabels samengebonden, omdat de magnetische veldsterkte, en de verstoring van de zeebodem zo nog verder kan worden beperkt. Een alternatief is om de kabels weliswaar dicht bij elkaar te leggen (0,5 tot 2 meter), maar wel in twee aparte sleuven. De warmte-ontwikkeling is dan minder groot. Er hoeft dan ook geen grotere koperen kabelgeleider te worden gebruikt. Om die reden kan dan mogelijk worden volstaan met minder koper en dus met minder investeringskosten voor de kabel zelf, dan bij bundeling van de kabel.

Criteria	Kabel(leg)configuraties			
	2 losse kabels			2 losse kabels gebundeld
	>10m	10m tot 2 m	2m tot 0,5m	
a. Beperken magnetische deviatie	☹	☹	☺	☺
b. Beperken warmte-ontwikkeling	☺	☺	☺	☺
c. Beperken verstoring (zeebodem)	☹	☺	☺	☺
d. Snelle en probleemloze installatie	☺	☹	☺	☺
e. Bewezen techniek	☺	☺	☺	☺
f. Beperken kosten	☺	☺	☺	☺

☺ = positief ☺ = neutraal ☹ = negatief

Tabel 4.7 Vergelijking kabelconfiguraties BritNedverbinding

² Uit oogpunt van kosten en hanteerbaarheid bij de installatie is het dikker maken van de kabelkern aan een maximum gebonden. De optimale dikte van de koperen geleider, gegeven de onderlinge afstand tussen de kabels, is niet relevant voor het MER en zal pas in de aanbestedingsfase worden bepaald.

Een kabelconfiguratie met een onderlinge afstand van meer dan 2 meter voldoet niet aan het criterium om de magnetische velden te beperken. Bovendien zijn bij deze afstanden twee afzonderlijke leg- en begraafoperaties noodzakelijk, hetgeen meer ruimtebeslag met zich meebrengt en daarmee meer verstoring, meer installatiekosten en meer risico's voor de kabel. Dit laatste is overigens alleen het geval als de onderlinge afstand tussen de kabels minder dan 10 meter is. Bij een onderlinge afstand van meer dan 10 meter neemt echter de verstoring van de zeebodem en de installatietijd nog verder toe, omdat de zeebodem (waar dat nodig is) twee keer moet worden uitgevlakt.

Conclusie

Het Basisontwerp voor de kabellegconfiguratie gaat uit van twee kabels die op het legschip worden samengebonden. De gebundelde kabels worden in één sleuf gelegd en begraven op een onderlinge afstand van 0 tot 50 centimeter. De breedte van de sleuf is ongeveer 75 centimeter. Op het legschip worden twee kabelcarroussels gemonteerd.

Het alternatief voor de kabellegconfiguratie gaat uit van twee losse kabels met een onderlinge afstand van 0,5 tot 2 meter. De kabels worden apart in twee smalle sleuven begraven, die vlak naast elkaar liggen. Het leggen en begraven van de kabels vindt plaats in één operatie. Daartoe moeten twee kabelcarroussels op het legschip worden gemonteerd en moet de begraafmachine worden uitgerust met materieel dat tegelijkertijd twee sleuven in de zeebodem kan maken. Het ruimtebeslag en de verstoring van de zeebodem zijn iets groter, maar het verschil met het basisontwerp op dit punt is nauwelijks relevant voor de effectvoorspelling. De resterende magnetische veldsterkte is iets groter, maar de warmte-ontwikkeling kleiner, zodat het gebruik van meer (kostbaar) koper in de kabelkern niet nodig is.

4.6.4 Basisontwerp kabelbescherming

De kabel wordt beschermd tegen beschadiging door uitwendige oorzaken (ankers, bodemvisserij, e.d.) door ingraven in de bodem. De kabel wordt beschermd tegen beschadiging tijdens de leg en ingraafoperaties door een wapeningsmantel. Wanneer de kans op beschadiging groot is, kan een tweede wapeningsmantel worden overwogen. De kabel wordt daardoor wel dikker, zwaarder, moeilijker te installeren en duurder. Een tweede wapeningsmantel geeft tot op zekere hoogte ook extra bescherming tegen lichte ankers en bodemvisserij. Het primaire beschermingsmiddel daartegen blijft echter het ingraven van de kabel. Deze maatregelen zijn niet goed uitwisselbaar.

In het Basisontwerp krijgt de kabel tenminste één wapeningsmantel. Op diep water of plaatsen met veel stroming of met veel stenen in de bodem, kan als alternatief een tweede mantel worden overwogen.

4.7 Kabelcorridors en –routes op zee

Het aansluitpunt van de BritNed-verbinding op het Nederlandse koppelnet is gesitueerd op de Maasvlakte, nabij de E.ON-centrale. Er zijn geen andere aansluitpunten dicht bij kust die redelijkerwijs in aanmerking komen voor het BritNed-project (zie hoofdstuk 2). Een aanlanding op de Maasvlakte is maar op twee locaties mogelijk, omdat westelijk van de Maasvlakte de Tweede Maasvlakte wordt gerealiseerd. De ene aanlandingslocatie is ‘bovenlangs’ het zoekgebied voor Maasvlakte 2, de kabel landt dan aan op de noordzijde van de Maasvlakte in de Edisonbaai. Daarvoor moet wel de druk bevaren en brede Maasmond worden gekruist. De andere aanlandingslocatie is ‘onderlangs’, de kabel landt dan aan op de zuidwestpunt van de Maasvlakte ter hoogte van het baggerspeciedepot Slufter (zie figuur 4.15a achteraan dit hoofdstuk).

Bij een noordelijke aanlanding is op zee maar één route mogelijk. Dit komt met name door de ligging van verschillende gebruiksfuncties in het gebied ten noorden van de Maasvlakte, zoals het scheepvaartverkeersstelsel, andere kabels en leidingen, een zandwingebied en gebieden voor het storten van baggerspecie. Deze route heet de Noordelijke zeeroute B en is het basisontwerp bij een noordelijke aanlanding. De noodzakelijke kruising van de Maasmond is echter complex en ook de landroute bij een noordelijke aanlanding brengt de nodige complexiteit en risico's met zich mee als gevolg van geplande ingrepen op de Maasvlakte (zie paragraaf 4.8). De risico's, kosten en complexiteit van de gecombineerde noordelijke zeeroute, aanlanding en landroute kan daarom worden gekwalificeerd als zeer bezwaarlijk.

Omdat de combinatie van een noordelijke zeeroute, aanlanding en landroute technisch en financieel zeer bezwaarlijk is, zijn ook zeeroutes onderzocht die zuidelijke aanlanden op de Maasvlakte. Bij een zuidelijke aanlanding zijn drie alternatieve zeeroutes denkbaar: de Zuidelijke zeeroutes A2, B en C. Het basisontwerp is de Zuidelijke zeeroute B. Alle zuidelijke zeeroutes doorkruisen onvermijdelijk de Voordelta en het uiterste puntje van het zoekgebied voor een zeereservaat. De Voordelta is een beschermd gebied op grond van de Habitatrichtlijn, het zeereservaat natuurcompensatiegebied voor de aanleg van Maasvlakte 2. Vanwege de kruising van de zuidelijke zeeroutes door deze natuurgebieden, is ook de mogelijkheid van een noordelijke aanlanding uitgebreid onderzocht. De aanleg en het gebruik van een hoogspanningskabel in de Voordelta en het uiterste noordelijke puntje van het zoekgebied zeereservaat is echter mogelijk zonder significante effecten op de natuurwaarden in deze gebieden (zie hoofdstuk 6 ‘Toetsing’).

In het vervolg van deze paragraaf wordt de ontwikkeling van de redelijkerwijs in beschouwing te nemen zeeroutes nader onderbouwd. In paragraaf 4.7.1 wordt de methodiek voor ontwikkeling en selectie van de corridors op zee beschreven en worden de corridors met elkaar vergeleken. Binnen deze corridors zijn vervolgens in paragraaf 4.7.2 de redelijkerwijs uitvoerbare routes gedefinieerd. De ontwikkeling van de mogelijke routes op land en de aanlandingen van de kabel, zijn beschreven in paragraaf 4.8.

4.7.1 Zoekmethodiek

Concrete beleidsbeslissing

De initiatiefnemer heeft verzocht om in de Planlogische kernbeslissing ter wijziging van het SEV II een concrete beleidsbeslissing te nemen over de corridor waarbinnen de kabelverbinding moet worden aangelegd. Dat betekent dat de corridor in de territoriale wateren en op land concreet moet worden begrensd, rekening houdend met de geldende regelgeving en beleidskaders en met de overige gebiedsfuncties.

Stappenplan Noordzee

Plan- en besluitvorming over nieuwe activiteiten op de Noordzee dient plaats te vinden aan de hand van het zogenaamde Stappenplan dat is opgenomen in de Nota Ruimte en het Integraal Beheerplan Noordzee 2015. Belangrijke onderdelen van dit Stappenplan zijn:

- Het definiëren van de ruimtelijke claim;
- Waar mogelijk het combineren met andere functies in ruimte en in tijd;
- Het streven naar efficiënter gebruik van de ruimte;
- Het toepassen van het voorzorgprincipe;
- Het aangeven van het nut en de noodzaak;
- De locatiekeuze uitgaande van het (overige) beleid;
- De geldende wet- en regelgeving voor de Noordzee;
- Het zoveel mogelijk beperken van de effecten.

In hoofdstuk 6 van dit MER vindt de toetsing plaats van de voorgenomen activiteit aan de beleidskaders, waaronder het Stappenplan. De voorliggende paragraaf geeft aan hoe, conform het Stappenplan, de locatiekeuze – ofwel de tracé-ontwikkeling - voor de alternatieve corridors heeft plaatsgevonden. De criteria die daarvoor zijn ontwikkeld sluiten aan bij de onderdelen van het Stappenplan en bij de overige beleids- en afwegingskaders voor de Noordzee.

Ontwikkeling van corridoralternatieven

De ontwikkeling van corridoralternatieven heeft plaatsgevonden in drie stappen, die hierna worden toegelicht (zie ook figuur 4.11):

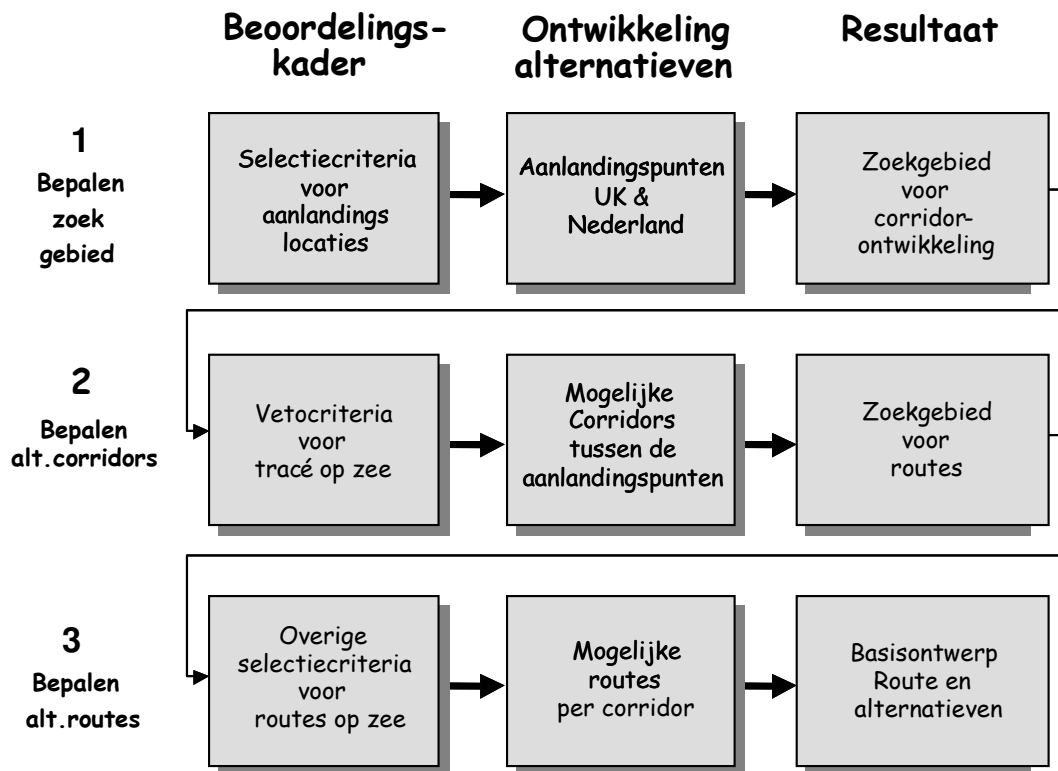
- Stap 1: Bepalen van het zoekgebied;
- Stap 2: Inperken van het zoekgebied en ontwikkeling van ‘zoek’corridors;
- Stap 3: Bepalen van alternatieve corridors en routes.

Stap 1: Bepalen van het zoekgebied

Langs de oostkust van Groot-Brittannië komt slechts één aanlandingslocatie in aanmerking voor de BritNed-verbinding: een locatie te Grain (zie figuur 4.13, direct achter de tekst van dit hoofdstuk). Deze locatie is de enige die voldoet uit oogpunt van inpasbaarheid op het Engelse hoogspanningsnet en beschikbaarheid van grond voor het convertorstation aldaar. Voort is in hoofdstuk 2 toegelicht dat de locatie Maasvlakte (zie figuur 4.13) als enige punt in het Nederlandse 380 kV-net in aanmerking komt als aansluitpunt voor 1.320 MW in- en export.

Langs de oostkust van Groot-Brittannië is ook een aansluiting in Sizewell onderzocht. Een aanlanding in Sizewell is echter niet haalbaar gebleken, omdat er geen grond beschikbaar is voor een convertorstation.

Het basisontwerp gaat daarom uit van een verbinding tussen Grain, aan de Engelse oostkust, en de Maasvlakte, aan de Nederlandse westkust. Tussen deze locaties kan een zoekgebied worden gedefinieerd voor de ontwikkeling van mogelijke corridors, voor de BritNed-verbinding. Het zoekgebied is een ruim gebied rondom de denkbeeldige directe en kortste route tussen beide aansluitpunten. Hoe verder van deze rechte lijn wordt afgeweken, hoe langer de kabel wordt en hoe onaantrekkelijk de route in beginsel is uit oogpunt van kosten, ruimtegebruik, hinder en milieueffecten. Lokale omstandigheden kunnen er echter uiteraard toe leiden dat van deze denkbeeldige rechte lijn moet worden afgeweken, juist ook op grond van kosten, ruimtegebruik, hinder en milieueffecten. Die lokale omstandigheden zijn t.b.v. dit MER onderzocht en afgewogen tegen het beginsel van de rechte lijn.



Figuur 4.11 Methodiek corridor-ontwikkeling

Stap 2: Alternatieve 'zoek'corridors

De inperking van het zoekgebied heeft plaatsgevonden door gebieden waar de kabel niet doorheen kan of mag gaan te bepalen en uit te sluiten. Tussen deze uitsluitingsgebieden zijn 'zoek'corridors 'overgebleven'.

Stap 3: Alternatieve routes

Binnen de 'zoek'corridors is zoveel mogelijk gezocht naar de kortste verbinding, volgens rechte lijnen (zie figuur 4.14, opgenomen direct achter de tekst van dit hoofdstuk). Uiteindelijk zijn twee smallere en concrete alternatieve corridors geselecteerd om volledig te worden ontwikkeld tot kabeltracés. De overige corridors, alternatieve routes

of -varianten voldoen bij nadere beschouwing niet aan de selectiecriteria of hebben overwegende nadelen ten opzichte van de geselecteerde corridors en routes. Voor de volledigheid zijn de niet-geselecteerde routevarianten beschreven in een aparte bijlage bij dit hoofdstuk (zie hoofdstuk 3 in de bijlage bij dit hoofdstuk).

Bij de selectie van corridors wordt een groot aantal criteria gehanteerd. Conform de richtlijnen voor het MER gaat het daarbij om de volgende categorieën van criteria:

- Algemene projectuitgangspunten;
- Technisch-economische criteria;
- Planologische criteria;
- Milieucriteria;
- Criteria uit het natuurbeleid.

Een uitgebreide beschrijving van de selectiecriteria en de daaruit resulterende afweging van corridors en routes is opgenomen in hoofdstuk 1 van de bijlage bij dit hoofdstuk. Een gedetailleerde beschrijving van de routes is opgenomen in hoofdstuk 2 van de bijlage bij dit hoofdstuk.

4.7.2 Afweging alternatieven en keuze Basisontwerp zeeroute

Conform de richtlijnen voor het MER zijn enkele alternatieve routes ontwikkeld op het Nederlandse deel van de Noordzee. Dit zijn:

- Noordelijke zeeroute A;
- Noordelijke zeeroute B;
- Zuidelijke zeeroute A;
- Zuidelijke zeeroute A2;
- Zuidelijke zeeroute B;
- Zuidelijke zeeroute C.

De ligging van deze routes is aangegeven op kaart 4.3 t/m 4.5 in de kaartenbijlage en figuur 4.15a (direct achter hoofdstuk 4). Voor deze routes zijn een aantal varianten onderzocht en afgewogen. Enkele varianten van deze alternatieve zeeroutes zijn daarbij al direct afgefallen (zie hoofdstuk 3 van de bijlage bij hoofdstuk 4). Ook verschillende varianten voor de complexe noordelijke aanlanding op de Maasvlakte zijn onderzocht en direct afgefallen. Het gaat daarbij om een gestuurde boring onder de Noorderdam en de Maasmond, om aanlandingen op de kust van Zuid Holland ter hoogte van Hoek van Holland, en om aanlandingen via de Maasmond en vervolgens door het Calandkanaal en het Beerkanaal (zie hoofdstuk 4 en 5 in de bijlage bij dit hoofdstuk 4).

Noordelijke routes

In de Startnotitie voor dit MER is uitgegaan van het alternatief Noordelijke zeeroute A (destijds genoemd: Noordelijke route, zie kaart 4.15b). De Noordelijke route A ligt over een grote lengte in het drukke scheepvaartverkeersstelsel voor de Rotterdamse haven, evenwijdig aan de vaargeul. Nadere analyse heeft uitgewezen dat deze route, in verband met de nautische risico's, geen vergunbaar en daarmee geen redelijk alternatief is. Zowel het Havenbedrijf Rotterdam als de Kustwacht hebben aangegeven dat de oorspronkelijke Noordelijke route om nautische redenen voor hen onacceptabel is. Deze route vervalt dus.

Het alternatief is de Noordelijke zeeroute B (in Startnotitie genoemd: Noordelijke plusroute). Deze voldoet uit oogpunt van nautische veiligheid maar is langer dan de Noordelijk zeeroute A en is ruimtelijk gecompliceerder. In de kustzee is slechts een smalle corridor beschikbaar om noordelijk op de Maasvlakte te kunnen aanlanden. De ruimte om hier een hoogspanningskabel te installeren is wel aanwezig, maar is zeer beperkt door de aanwezigheid van olie- en gasinfrastructuur, zandwinning- en baggerspreidinglocaties. De consequentie daarvan is dat niet overal de gewenste afstand kan worden aangehouden, tot deze functies. In feite is met de eventuele aanleg van de BritNed kabels op deze route de corridor gesloten.

Om de Noordelijke zeeroute B te kunnen aanlanden op de Maasvlakte, moet de haventoeegang naar de haven van Rotterdam worden gekruist: de Maasmond. Voor het kruisen van de Maasgeul bij de Noordelijke zeeroute B zijn twee varianten onderzocht:

- Een eerste variant is het inbaggeren van de kabel, parallel aan de huidige gastransportleiding van BPNE. Dit vergt een grote baggeroperatie haaks op de Maasmond, om de kabels tot op de vereiste diepte (8 tot 10 meter onder de onderhoudsdiepte van N.A.P. – 26 meter) te brengen. Daarbij is de stabiliteit van de gasleiding en de Noorder en Zuiderdam een belangrijk aandachtspunt.
- Een tweede variant is het kruisen van de Noorderdam, de Maasgeul en de gasleiding in de Maasgeul middels een horizontale gestuurde boring. Deze oplossing is door de grote lengte, de geologische gesteldheid (grindbanken) en het zoute grondwater technisch complex en heeft een hoog faalrisico, zowel tijdens het boren van de mantelbuizen en het intrekken van de kabels als tijdens de bedrijfsfase. Een geboorde oplossing is daarom na heroverweging uiteindelijk afgefallen. Een toelichting hierop wordt gegeven in hoofdstuk 4 van de bijlage bij dit hoofdstuk. De geboorde oplossing is aangegeven op bijvoorbeeld kaart 10.5 en 10.7 in de kaartenbijlage.

In beide gevallen moet er rekening mee worden gehouden dat bij de aanleg van Maasvlakte 2 de huidige Yangtzehaven wordt verbreed en verlengd (zie kaart 4.11 in de kaartenbijlage). Daardoor zouden de BritNed kabels ofwel:

- onder dat nieuwe havenbassin moeten worden gelegd;
- ofwel moeten worden omgelegd via de nieuwe buitencontour van Maasvlakte2;
- Als derde variant voor een aanlanding op de noordkust van de Maasvlakte is daarom overwogen om aan te landen via het Beerkanaal, aan de achterzijde van de E.on locatie. Alle daarop betrekking hebbende varianten impliceren echter lange omwegen over land door Hoek van Holland ofwel lange omwegen via de Maasmond en vervolgens door het Calandkanaal en Beerkanaal (zie kaart 4.12 in de kaartenbijlage). Aanlandingen op de kust van Hoek van Holland en routes door de bebouwde kom van Hoek van Holland, gedeeltelijk gebundeld met de daar reeds aanwezige olieleiding, zijn op voorhand afgewezen als te belastend voor de omgeving. Ook zijn daarvoor (meerdere) grote waterkruisingen noodzakelijk, zoals een kruising van de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal, gevolgd door een tracé via het Beerkanaal (overal op 8 tot 10 meter onder de waterbodem). De kosten van een dergelijk omweg zijn onevenredig hoog. De kabels zouden bovendien bij een eventuele storing over grote lengten moeilijk inspecteerbaar en bereikbaar zijn. Ook

vanuit milieuoogpunt zijn er geen voordelen te behalen met een aanlanding in Hoek van Holland ten opzichte van een aanlanding op de noordkust van de Maasvlakte. Routes via de Maasmond en vervolgens door het Calandkanaal en het Beerkanaal hebben dezelfde bezwaren. Dit aanlandingstracé zou over een extra lengte van ca. 8 km eveneens op 8 tot 10 meter onder de waterbodem van deze havenbekkens moeten worden ingebaggerd. Ook hier zouden de kabels bij een eventuele storing over grote lengten moeilijk inspecteerbaar en bereikbaar zijn. De kosten, nautische risico's en slechte bereikbaarheid voor reparaties wegen eveneens niet op tegen de nadelen van een kruising van de Maasmond en een (toekomstige) kruising van de (verlengde) Yangtzehaven.

Zuidelijk routes

De zuidelijk routes zijn ontwikkeld om de hoge risico's en kosten van de noordelijke aanlandingen te vermijden. Omdat de verbinding vanuit het relatief zuidelijk gelegen Grain komt, betekent een zuidelijke route een minder lang tracé door de Noordzee. De zuidelijk routes hebben echter als nadeel dat ze onvermijdelijk de Voordelta kruisen, die wordt beschermd op grond van de Habitatrichtlijn. Daarom was een belangrijk ontwerputgangspunt dat er met zekerheid geen significante effecten op de Voordelta mogen ontstaan. Uit verkennende studies en ervaring met vergelijkbare projecten, waaronder het NorNed project (een vergelijkbare kabelverbinding door de Waddenzee), bestaat bij de initiatiefnemer het vertrouwen dat het ontwerp van de verbinding zodanig ver kan worden gemitigeerd dat significante effecten kunnen worden uitgesloten en dat de verbinding ook inpasbaar is in gebieden die worden beschermd op grond van de Habitatrichtlijn. In de effectvoorspelling van dit MER wordt bevestigd dat het BritNed-project met zekerheid geen significante effecten zal veroorzaken in de Voordelta (zie hoofdstuk 6 'Toetsing' en hoofdstuk 9 'Ecologie').

Op zee is alleen de sector tussen de zogenoemde Demarcatielijn en de - in een convenant tussen de milieubeweging en Rotterdam vastgelegde- verlengde Haringvlietlijn beschikbaar voor de zuidelijk routes. Deze beide lijnen zijn aangegeven op kaart 4.3 van de kaartenbijlage. De zuidelijk routes kruisen in dat gebied bijna allemaal in meer of mindere mate het zoekgebied voor een nog in te stellen zeereservaat, dat als compensatie dient voor de aanleg van Maasvlakte 2. Het is echter nog onzeker welk gebied het reservaat precies zal omvatten, wat het beheersregime zal zijn en wanneer het wordt ingesteld. Recentelijk zijn de concrete beleidsbeslissingen uit de pkb+ PMR die o.a. aanleg van Maasvlakte 2 en het zeereservaat moesten bespoedigen, vernietigd. Wel blijkt uit de pkb+ dat kabels en leidingen niet zijn genoemd als 'uit het reservaat te weren activiteit'. Gezien het eenmalig en zeer lokale karakter van de ingreep is daar ook geen aanleiding toe.

Niettemin zijn, mede op verzoek van de milieubeweging, zuidelijke routevarianten ontwikkeld die het zoekgebied voor het beoogde reservaatgebied zo veel mogelijk vermijden. Routes die het zoekgebied helemaal vermijden zijn niet goed mogelijk in verband met bestaande zandwinnings, scheepswrakken en de eveneens beoogde aanleg van Maasvlakte 2. Uiteindelijk is als basisontwerp gekozen voor een route die nog net in de noordelijke rand van het beoogde zoekgebied zeereservaat loopt, maar dan tussen twee bestaande zandwinnings in. Een route tussen deze twee zandwingebieden in vergroot het verstoringsgebied in deze omgeving van de Noordzee niet of nauwelijks. Het doorkruisen van het zoekgebied zeereservaat richting het aanlandingspunt op de zuidwestpunt van de Maasvlakte is noodzakelijk om zo de route in het Habitatrichtlijngebied Voordelta zo kort mogelijk te houden. Het helemaal ontzien

van het zoekgebied zeerreservaat zonder grote omweg in de Voordelta is niet mogelijk. Ook de Zuid-Hollandse milieufederatie en het Zuid-Hollands Landschap hebben in een gesprek met BritNed aangegeven dat een dergelijke 'omweg' door de Voordelta weinig zinvol is. Meer noordelijk gelegen routes die het zoekgebied zeerreservaat vermijden zijn dus niet wenselijk en ook niet goed mogelijk, omdat zich daar een zandwingebied en een scheepswrak bevinden en omdat de route door de Voordelta daarmee alleen maar verder zou toenemen. Een 'te noordelijke aanlanding' op de zuidwestpunt van de Maasvlakte geeft bovendien problemen met kusterosie en de realisatie van Maasvlakte 2 (zie paragraaf 4.8.4).

De Zuidelijke zeeroutes doorkuisen zoveel als mogelijk de diepere delen van de Voordelta. De ecologische waarde van de diepere delen van de Voordelta is vooral gelegen in het mogelijke voorkomen van banken van het schelpdier *Spisula subtruncata*, een belangrijke voedselbron voor duikeenden als Zwarte zee-eend. *Spisula* banken verplaatsen zich echter vrij snel en zijn daarom niet goed bruikbaar als criterium bij de ontwikkeling van routealternatieven. De snelle verplaatsing impliceert ook dat sprake is van korte hersteltijden, bijvoorbeeld in het geval een bank zich ten tijde van de installatie op de route zou bevinden.

De ondiepere delen van de Voordelta vormen een belangrijk foerageergebied voor visetende vogels, waaronder visdief en grote stern. Ten zuiden van de Demarcatielijn ligt de Hinderplaat, een ligplaats voor zeehonden in de Voordelta. Om deze redenen worden de ondiepe delen zoveel mogelijk vermeden. Dit sluit ook goed aan bij de wens om de kabels zo lang mogelijk in voldoende diep water (> 10 meter) te installeren, omdat dan efficiënt kan worden gewerkt met dezelfde apparatuur die ook verderop op zee wordt ingezet. In waterdieptes < 10 meter moet van materieel worden gewisseld en is de installatie moeilijker en kostbaar. Economische overwegingen en natuurbelangen gaan daarbij dus goed samen.

Om de lengte waarover de kabel het zoekgebied zeerreservaat kruist te beperken én zo veel mogelijk afstand te bewaren tot de Hinderplaat, is een aanlandingslocatie ten noorden van de Demarcatielijn gekozen. Deze locatie is morfologisch stabiel, ligt aan relatief diep water en net buiten de verstoringafstand voor eventueel op de Hinderplaat rustende zeehonden. De locatie ligt bovendien buiten de contour en net ten zuiden van het Referentie Ontwerp uit de pkb+ deel 4 voor Maasvlakte 2. Tijdens de routeontwikkeling, was dit het meest actuele en waarschijnlijke ontwerpalternatief voor Maasvlakte 2. De zachte zeevering van het ontwerp voor Maasvlakte 2 waar het Havenbedrijf Rotterdam nu van uitgaat, het zogenaamde Doorsteekalternatief, ligt echter voor een deel op het aanlandingstracé voor de zuidelijke zeeroutes. Een nadere beschouwing van de aard en omvang van de voorgenomen zachte zeevering leert evenwel dat deze bedekking geen mechanische of elektrische bedreiging vormt voor de BritNed-kabels. BritNed handhaaft daarom de aanlandingslocatie en het aanlandingstracé voor de zuidelijke zeeroutes om zo de minimale afstand van 1.200 meter tot de zeehondenrustplaats te kunnen garanderen.

Op basis van voorgaande overwegingen zijn de Zuidelijke zeeroutes A2, B en C ontwikkeld (zie kaart 4.6 - 4.8 in de kaartenbijlage). De Zuidelijke zeeroutes B en C lopen door de twee eerder genoemde actieve zandwingebieden. De Zuidelijke zeeroute C doorsnijdt het zoekgebied zeerreservaat over de kortst mogelijke afstand, omdat er een extra 'omweg' in de route is aangebracht zoveel als mogelijk om het zoekgebied zeerreservaat heen. De Zuidelijke zeeroute C is daardoor in zijn totaliteit echter wel

langer dan de andere routes en doorkruist ook de Voordelta dus over een grotere lengte. Er zijn geen duidelijke milieuvordelen verbonden aan de Zuidelijke zeeroute C, terwijl de lengte van de route in de Voordelta 1 kilometer langer is en daarmee de duur van de verstoring en de bodemberoering in dit gebied iets groter is. In de laatste 1,5 kilometers voor de kust volgen de Zuidelijke zeeroutes B en C eenzelfde lijn, en naderen ze het strand bij de Maasvlakte vanaf de westkant.

De in eerste instantie ontwikkelde Zuidelijke zeeroute A (in de startnotitie genoemd: Zuidelijke zeeroute) nadert het strand zo zuidelijk mogelijk, zodat de afstand tot de landaanwinning voor Maasvlakte 2 zo groot mogelijk is. Op deze laatste kilometers bevindt de Zuidelijke zeeroute A zich over 0,9 km binnen de 1.200 m 'verstoringcontour' voor eventuele zeehonden op de Hinderplaat. Significante effecten kunnen daardoor niet met zekerheid op voorhand worden uitgesloten. Als alternatief kan daarom voor de Zuidelijke zeeroute A gebruik worden gemaakt van de meer noordelijke aanlandingsplaats van de routes B en C. Dit is de Zuidelijke zeeroute A2 (zie kaart 4.6 - 4.8 in de kaartenbijlage). Deze route buigt op ongeveer 5 km. van de Hinderplaat af naar het noorden en landt op dezelfde plaats aan als de zeeroutes B en C.

Conclusies

De Noordelijke zeeroute B en de zuidelijke zeeroutes A2, B en C zijn uitvoerbaar gebleken zonder significante effecten op natuur- en milieuwaarden (zie hoofdstuk 6 'Toetsing'). De zuidelijk routes zijn met name ontwikkeld om de hoge risico's en kosten van de noordelijke aanlandingen te vermijden. Omdat de verbinding vanuit het relatief zuidelijk gelegen Grain komt, betekent een noordelijke aanlanding bovendien een langere route door de Noordzee, met een navenant groter ruimtegebruik en hinder voor andere gebruikers. De grotere lengte van de Noordelijke zeeroute B geldt echter vooral voor het Britse deel van de Noordzee. De zuidelijk routes hebben als nadeel dat ze onvermijdelijk de Voordelta kruisen, die wordt beschermd op grond van de Habitatrichtlijn. Daarom was een belangrijk ontwerpuitgangspunt dat geen significante effecten op de Voordelta mogen ontstaan. Als significante effecten kunnen worden uitgesloten, dan hoeft er ook geen passende beoordeling conform art 6 van de Habitatrichtlijn te worden uitgevoerd. Bij een passende beoordeling moet de natuurschade worden afgewogen tegen het projectbelang. Uit verkennende studies en ervaring met vergelijkbare projecten, waaronder het NorNed project (een vergelijkbare kabelverbinding door de Waddenzee), bestaat bij de initiatiefnemer het vertrouwen dat het ontwerp van de verbinding zodanig ver kan worden gemitigeerd dat significante effecten kunnen worden uitgesloten en dat de verbinding ook inpasbaar is in gebieden die worden beschermd op grond van de Habitatrichtlijn. Dit uitgangspunt wordt geverifieerd in hoofdstuk 6 en 9 van dit MER. De conclusie van deze hoofdstukken is dan ook dat er met zekerheid geen sprake is van significante effecten als gevolg van de BritNed-verbinding, mits aan een aantal mitigerende voorwaarden wordt voldaan.

4.8 Kabelroutes en convertorlocatie op land

Voor de situering van het convertorstation is slechts één beschikbare locatie geschikt de E.ON-locatie. Dat is het basisontwerp. Het station komt daarmee direct naast het aansluitpunt op het 380 kV-net te liggen. Tussen het convertorstation en het netaansluitingspunt is slechts een korte HVAC-verbinding nodig van enkele tientallen meters. De locatie E.ON grenst aan de kabel- en leidingenstrook op de Maasvlakte langs de Europaweg. Deze locatie heeft een nutsbestemming en de beschikbare geluidsruimte is voldoende om de convertor in te passen. Er zijn geen redelijkerwijs uitvoerbare alternatieven voor de locatie van het convertorstation.

Voor de verbinding tussen de aanlanding van de Zuidelijke zeeroutes en het convertorstation zijn verschillende alternatieven landtracés bestudeerd; een directe westelijke route langs de huidige westelijke kustlijn, een zigzagroute door het Distripark en een zuidelijke 'bestemde' route langs de zuidkant van de Slufter naar de Leidingenstrook langs de N15. Deze laatste geldt als Basisontwerp. De andere alternatieven zijn in meer of mindere mate redelijkerwijs uitvoerbaar, al heeft het havenbedrijf Rotterdam wel grote bezwaren tegen de rechtstreekse westelijke route.

Voor de verbinding tussen de aanlanding van de Noordelijke zeeroute B en het convertorstation komt alleen de leidingstrook langs de N15 in aanmerking. Bij een noordelijke aanlanding is een landtracé via de leidingenstrook dan ook het basisontwerp. Er zijn geen redelijkerwijs uitvoerbare alternatieven voor het noordelijke landtracé.

Het vervolg van deze paragraaf geeft een beschrijving van de ontwikkeling en selectie van de mogelijke kabelroutes op land (4.8.3) en de locatie voor het convertorstation (4.8.2). Daartoe wordt eerst nog eens kort ingegaan op de noodzakelijke infrastructuur die aan de landzijde moet worden gerealiseerd en de daaruit volgende ruimteclaims (4.8.1).

4.8.1 Ruimtegebruik

Deze paragraaf beschrijft in het kort het ruimtegebruik van de benodigde infrastructuur op land:

- Kabels vanaf de waterlijn tot de leidingstrook langs de N15;
- Kabels in de leidingstrook langs de N15;
- Een convertorstation;
- Een wisselstroomverbinding tussen de convertor en het aansluitpunt;
- Een aansluitpunt op het elektriciteitsnet.

Ruimtebeslag gelijkstroomverbinding (HVDC) op land, buiten de leidingstrook

Vanaf de plek waar de kabels op de Maasvlakte aan land komen, worden ze tot aan de leidingstrook langs de N15 in een leidingsleuf gelegd. Het ondergrondse ruimtebeslag bedraagt ongeveer 2,5 meter, namelijk ca. 0,5 meter voor de kabels zelf (sleufbodem) en minimaal ca. 1 meter aan weerszijde ten opzichte van andere infrastructuur³.

Bovengronds is aan één zijde een werkstrook van ca. 8 meter nodig voor de aanleg en voor eventuele onderhoud- en/of herstelwerkzaamheden. De aan te houden ondergrondse afstand tot andere infrastructuur is nodig om de volgende redenen:

- Minimaliseren kans op schade aan omliggende infrastructuur, tijdens aanleg;
- Voorkómen van corrosie van omliggende infrastructuur, door geïnduceerde elektrische velden (zie ook par. 4.3.2);
- De afvoer van warmte van de kabels naar de omgeving.

Ruimtelijke inpassing in de kabel- en leidingstrook

De ligging van de leidingstrook langs de N15 is aangegeven op kaarten 4.10 en 4.11 in de kaartenbijlage. Voor de BritNed-verbinding wordt ook hier een afstand van minimaal 1 meter tot de andere ondergrondse infrastructuur aangehouden³, om de redenen zoals hiervoor reeds genoemd: voorkómen van schade tijdens aanleg, corrosie en effecten van de warmteontwikkeling. De kabels liggen hier in een leidinggoot van ca. 1 meter breedte. Het totale ondergrondse ruimtebeslag van de HVDC-verbinding in de leidingstrook is daarom ongeveer 3 meter.⁴

Wisselstroomverbinding (HVAC) op land

Tussen het convertorstation en het aansluitpunt wordt een wisselstroomverbinding aangelegd. Een wisselstroomverbinding bestaat uit drie fasen, met minimaal één geleider per fase (zie paragraaf 4.3.3). De korte wisselstroomverbinding tussen het convertorstation en het netaansluitpunt zal naar verwachting bovengronds worden uitgevoerd (zie paragraaf 4.3.4). De bovengrondse uitvoering zal bestaan uit drie geleiders of geleiderbundels, die met jukken, rechtstreeks worden afgespannen tussen de stations. Het ruimtebeslag van deze bovengrondse verbinding is minimaal. In het geval wordt gekozen voor een ondergrondse aanleg van HVAC-kabels – bijvoorbeeld van het type XLPE – dan bedraagt het ruimtebeslag naar verwachting zo'n 3 tot 3,5 meter. Namelijk 2 tot 2,5 meter voor de kabels en ca. 0,5 meter aan weerszijde, ten opzichte van andere infrastructuur. Het gaat dan alleen om ruimtebeslag in de inrichting zelf en niet in het 'openbare gebied' van de haven.

Inpassing convertorstation

Voor een bi-polair convertorstation met een vermogen van 1.320 MW is een terrein nodig van ongeveer 4 hectare. Een monopolaire convertorstation zal in de praktijk niet of weinig kleiner zijn (zie paragraaf 4.3.6), te meer om dat dan waarschijnlijk toch met een latere uitbreiding naar een bi-polaire verbinding rekening zal worden gehouden. Tabel 4.8 geeft een overzicht van de ruimtelijke dimensies van het convertorstation en het terrein voor het convertorstation.

³ Bij ligging langs bestaande hoogspanningskabels wordt ca. 5 meter aangehouden, i.v.m. de wederzijdse warmteontwikkeling- en beïnvloeding. Bij ligging langs plastic buizen volstaat een onderlinge afstand van 40 cm.

⁴ Bij ligging langs hoogspanningskabels is het totale ondergrondse ruimtebeslag om de leidingstrook groter, bij ligging langs plastic buizen kleiner (zie ook vorige noot).

De locatie van het convertorstation bestaat uit meerdere deelterreinen. Voor de twee convertorhallen en het servicegebouw is een terrein nodig van ongeveer 1 tot 1,5 hectare (100 bij 120 meter). De naar verwachting zes filterbanken op het buitenterrein hebben tezamen een terrein nodig van ongeveer 1 hectare (6 x 30 bij 50 meter). Verder is er voor de aanleg een tijdelijk bouwterrein nodig van 0,5 hectare (zo'n 100 bij 50 meter).

Gebouwen en terreinen	Omvang
Terrein met convertorhallen	1 tot 1,5 hectare
Buitenterrein voor de filterbanken	ongeveer 1 hectare
Buitenterrein voor hoogspanningsrails en -velden	1,5 hectare tot 2 hectare
Totale omvang locatie convertorstation	4 hectare
Maximale bouwhoogte van de gebouwen	25 meter
Maximale hoogte van de installaties op het buitenterrein	15 meter
Dimensies convertorhal (2x)	40 x 25 x 25 meter
Dimensies servicegebouw	25 x 20 x 15 meter

Tabel 4.8 Ruimtebeslag en ruimtelijke dimensies convertorstation

Ruimtebeslag aansluitpunt

Voor de aansluiting van de BritNed-verbinding op het Nederlandse 380 kV net, kan gebruik worden gemaakt van het nieuwe TenneT schakel- en transformatorstation naast de E.ON centrale op de Maasvlakte. Daartoe is reeds rekening gehouden bij het ontwerp van dat nieuwe station. Het (extra) ruimtebeslag van het te realiseren aansluitpunt is minimaal.

4.8.2 Locatie convertorstation

In samenwerking met het Havenbedrijf Rotterdam heeft BritNed een groot aantal locatiemogelijkheden op de Maasvlakte onderzocht voor het convertorstation. Voor de selectie van mogelijke locatiealternatieven zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Nabijheid ten opzichte van het netaansluitingspunt;
- Nabijheid van de aanlandingspunten;
- Nabijheid ten opzichte van de bestaande kabel- en leidingenstrook;
- Fysieke beschikbaarheid van een geschikt terrein met een omvang van 4 hectare;
- Verwerfbaarheid van het terrein;
- Minimaliseren van de impact op de omgeving.

Op basis van deze criteria zijn aanvankelijk twee beschikbare en geschikte locaties gevonden voor het convertorstation (zie kaart 4.11):

- De locatie Lyondell;
- de locatie E.ON.

Locatie Lyondell

Deze locatie ligt direct ten noorden van het terrein waar het chemiebedrijf Lyondell is gevestigd en ruim 2 km ten noorden van het netaansluitingspunt. Het grenst aan de kabel- en leidingenstrook langs de N15. Het terrein ligt nog braak, evenals het grootste

deel van directe omgeving. Het Havenbedrijf Rotterdam heeft echter inmiddels besloten om de Yangtzehaven te zijner tijd in westelijke richting te verlengen en in zuidelijk richting te verbreden, als toegang van Maasvlakte 2 voor zeeschepen. Daardoor is deze locatie niet meer beschikbaar en blijft deze verder buiten beschouwing.

Locatie E.ON

Als gevolg van de realisatie van een nieuw TenneT schakel- en transformatorstation hebben aanpassingen plaatsgevonden op het terrein van de E.ON-centrale op de Maasvlakte. Mede als gevolg van deze aanpassingen is ruimte voor het convertorstation ontstaan. Het convertorstation komt daarmee direct naast het aansluitpunt op het 380 kV-net te liggen. Ook deze locatie grenst aan de kabel- en leidingenstrook op de Maasvlakte. De natuurwaarden op en direct naast dit terrein zijn zeer beperkt. Het terrein heeft bovendien een nutsbestemming. De realisatie van een convertorstation op deze locatie is technisch gecompliceerd door de aanwezige installaties en verbindingen (met name ondergrondse kabels) en door moeilijker ontsluiting voor zwaar materieel (transport van transformatoren). Het is echter mogelijk gebleken een ontwerp te maken dat met deze beperkingen rekening houdt. Omdat geen locatiealternatieven (meer) beschikbaar zijn is de locatie E.ON gekozen voor het Basisontwerp.

Conclusie

Het ontwerp gaat uit een convertorstation op de locatie E.ON. Er zijn hiervoor geen alternatieven (meer) beschikbaar.

4.8.3 Routealternatieven op land

Voor de selectie van mogelijke routes voor de kabel op land zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Een zo rechtstreeks mogelijke route;
- Voldoende ruimte voor aanleg en onderhoud;
- Bij voorkeur in kabel- en leidingenstroken;
- Indien geen kabel- en leidingenstroken beschikbaar bij voorkeur bundelen met andere infrastructuur;
- Vermijden van toekomstige ontwikkelingen die last kunnen hebben van de kabel, of andersom (zoals de aanleg van nieuwe waterwegen).

Op basis van de alternatieve aanlandingslocaties, de locatie voor het convertorstation en de genoemde selectiecriteria zijn door de initiatiefnemer vier alternatieve routes onderzocht voor het landtracé van de kabel (zie kaart 4.10):

Uitgaande van de Noordelijke zeeroute B:

- Een Noordelijke landroute.

Uitgaande van de Zuidelijke zeeroutes (A, A2, B en C):

- Een directe Westelijke landroute langs de huidige westelijke kustlijn;
- Een Zigzag landroute die de Slufter langs west- en noordzijde volgt;
- Een Zuidelijke landroute langs de zuidkant van de Slufter.

Noordelijke landroute

Bij de Noordelijke zeeroute B komt de zeekabel, via een kruising met de Maasmond, aan land op de noordzijde van de Maasvlakte. Direct achter de zachte kustverdediging ligt de leidingenstrook. Het tracé volgt vervolgens de leidingenstrook in zuidelijke richting tot aan de E.ON centrale.

De Noordelijke landroute kruist de (meest waarschijnlijke) nieuwe haveningang voor Maasvlakte 2. Die nieuwe haveningang wordt gerealiseerd door de huidige Yangtzehaven te verlengen en als het ware 'door te steken' door de bestaande leidingenstrook en de Zuiderdam (zie kaart 4.11 in de kaartenbijlage). Omdat de kabel in dit noordelijke deel van de leidingenstrook wordt gesitueerd, zal die te zijner tijd opnieuw en op grote diepte moeten worden herbegraven. Waarschijnlijk zijn de kademuren (damwanden of L-muren op heipalen) van de nieuwe, verlengde Yangtzehaven bepalend voor de benodigde ingraafdiepte, die minimaal op 40 meter onder het huidige maaiveld wordt geschat. Bij een doorvaartbreedte van minimaal 600 meter zou een kruising met een horizontaal gestuurde boring al een lengte van ca. 1.450 meter krijgen. Deze kruising is dus vergelijkbaar met de onderboring van de Nieuwe Waterweg en heeft dezelfde technische en economische bezwaren.

Omdat de ontwikkelingen onzeker zijn en voorlopig nog geen technisch ontwerp van de haven beschikbaar is, is het niet zinvol en mogelijk de kabel nu al op de juiste plaats en diepte te leggen. Dat betekent dat de verbinding te zijner tijd voor een nog niet bekende periode buiten gebruik moet worden gesteld, om de ombouw mogelijk te maken. De kosten van een dergelijke operatie zijn zeer bezwaarlijk voor de realisatie van de verbinding. Bovendien is een dergelijke constructie uit oogpunt van bedrijfsvoering (onderhoud, storing) onaantrekkelijk.

Een belangrijk nadeel van de noordelijke aanlanding is dan ook dat de kabel in elk geval één en mogelijk zelfs twee haveningenangen voor diepstekende schepen moet kruisen. Dit is niet alleen uit installatieoogpunt een complexe operatie, maar heeft ook grote nadelen uit operationeel oogpunt. Met name in de meer verticale gedeelten van het tracé, bij de oevers, is de warmteafvoer naar de bodem slechter. Het is uit de praktijk bekend dat dit punten zijn waar schade aan de kabel kan ontstaan. Indien een dergelijke schade ontstaat, zijn de herstelbaarheid, hersteltijd en kosten op voorhand onzeker. In het ergste geval is de verbinding verloren en moeten de onderboringen opnieuw worden uitgevoerd.

De grote technische en financiële nadelen van een noordelijke aanlanding en een noordelijke landroute worden meegewogen bij de vergelijking van de alternatieven en bij de keuze van het voorkeursalternatief in hoofdstuk 7.

Westelijke landroute

Uitgaande van de Zuidelijke zeeroute werd in eerste instantie gezocht naar een route langs de westzijde van de Slufter en het Distripark. Dit tracé is de kortste route tussen een aanlanding aan de zuidwest-punt van de Slufter waar de zuidelijke routes aanlanden, en de E.ON-centrale waar het convertorstation wordt gerealiseerd (zie kaart 4.10). Het tracé volgt de Noordzeeboulevard ten westen van de Slufter, kruist vervolgens een zandig duingebied tussen de Slufter en het Distripark, en loopt daarna langs de westzijde van het distripark tot aan de E.ON-centrale. Om van het distripark naar de E.ON-centrale te komen, moeten de Europaweg en de bestaande leidingstrook worden gekruist, waarschijnlijk met een onderboring.

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft gewezen op de planologische bezwaren tegen deze westelijke route, in verband met de geplande ontwikkeling van Maasvlakte 2. Bij de ontwikkeling van Maasvlakte 2 wordt rekening gehouden met een uitbreiding van het Distripark naar de noordwestkant. De westelijke landroute van de kabel zou in dat geval het uitgebreide Distripark doorsnijden en tevens beperkingen opleggen voor de inrichting. Ook bij een route door het huidige Distripark ontstaan deze beperkingen. Dit is voor het Havenbedrijf een ongewenste situatie. Het is verder onduidelijk hoeveel ruimte er voor kabels resteert langs deze westelijke landroute, indien Maasvlakte 2 wordt gerealiseerd.

Verder moet bij de Westelijke landroute het beheersgebouw voor de Slufter van Rijkswaterstaat onderdoor worden gepasseerd, wat technisch lastig is. Een route op de top van de Slufterdijk is overwogen. Daar liggen echter ook kabelverbindingen voor de afvoer van de energie van het daar aanwezige windpark naar de locatie E.ON. Deze zouden kunnen interfereren met de BritNed-kabel. Een ligging in de top van de Slufterdijk wordt daarom niet overwogen.

In het zandige duingebied tussen de Slufter en het Distripark ligt de Hartelstrook die moet worden 'overgestoken'. In deze Hartelstrook is nieuwe infrastructuur gepland voor de ontsluiting van Maasvlakte 2.

Overigens moeten aan de westkant van de Slufter vaak zandsuppleties worden uitgevoerd omdat de kusterosie hier relatief groot is. Rijkswaterstaat Dienstkring Nieuwe Waterweg heeft aangegeven dat de aanwezigheid van een kabel deze suppleties en ander onderhoud aan de kustverdediging niet mag hinderen (wat overigens niet het geval zou zijn). Om die reden zou de kabel onder of, aan de landzijde, in de berm van de weg moeten worden aangelegd, westelijk van de Slufter. Deze weg (Noordzeeboulevard) ligt tussen het strand en de duinen enerzijds en de Slufterdijk anderzijds.

Zigzag landroute

Uitgaande van de Westelijke landroute is gezocht naar een alternatief dat tegemoet komt aan de wensen van het Havenbedrijf Rotterdam om de kabel niet langs het Distripark te leiden. Na uitgebreid overleg met het Havenbedrijf heeft dit geresulteerd in de definitie van de "Zigzag" landroute (zie kaart 4.10).

Deze route loopt westelijk van de Slufter, maar buigt tussen de Slufter en het Distripark af in oostelijke richting tot dicht bij het spoorweg-emplacement. Daarna loopt de route naar het noorden, tussen het Distripark en het spoorwegemplacement. Bij de noordkant van het rangeerterrein wordt vervolgens het spoor, de Europaweg en de leidingenstrook gekruist. Daarna gaat de route naar het noorden, naar het E.ON-terrein. De wijze waarop de infrastructuur wordt gekruist, wordt in hoofdstuk 5 nader toegelicht.

Wanneer het traject van de Zigzag landroute aan de zuidkant nog iets wordt verlengd (zie Kaart 4.10, "Verbinding zigzag landroute en zuidelijke routes"), komt de kabel op eenzelfde punt als de Zuidelijke landroute. Vanaf dat punt zijn 5 verschillende routes naar de E.ON-centrale mogelijk; 2 westelijk van het spoorweg-emplacement en 3 oostelijk ervan (zie verder de Zuidelijke landroute).

Voor de Zigzag landroute gelden dezelfde aandachtspunten als voor de Westelijke route, met uitzondering van de uitbreiding van het Distripark. Daarnaast wordt bij de Zigzag landroute de vogelvallei (ten oosten van de Slufter) gepasseerd wat ongunstig is vanwege potentiële verstoring van de vogels aldaar. De landroute kruist de Hartelstrook, waar in de toekomst nieuwe infrastructuur wordt gepland ter ontsluiting van Maasvlakte 2. De onzekerheid die momenteel nog bestaat over het ontwerp en de werkzaamheden voor deze infrastructuur gelden als nadeel voor deze Zigzag landroute. Verder is een groot nadeel van de Zigzagroute de lengte: een route zuidelijk van de Slufter zou feitelijk logischer zijn.

Zuidelijke landroute

Een laatste landroute die is onderzocht is een route zuidelijk van de Slufter (zie kaart 4.10). Deze loopt via de berm van de Noordzeeboulevard naar de Europaweg. Vanaf dat punt zijn er verschillende varianten.

Het Basisontwerp gaat uit van kruising van de Europaweg en het spoor. Daarna volgt de gelijkstroomkabel de leidingenstrook in noordelijke richting tot aan de E.ON-centrale.

In de leidingenstrook komen de kabels aan de oostkant te liggen, onder het westelijk circuit van de hoogspanningsmasten aldaar en naast een reeds aanwezig ondergronds 150 kV kabelcircuit. Deze route wordt "Leidingenstrook oost" genoemd. De route kent verschillende voordelen:

- Gebruik maken van de speciaal aangewezen leidingenstrook past in de ruimtelijke ordening van het gebied en geeft enige zekerheid dat de kabels in de toekomst niet behoeven te wijken voor andere infrastructuur;
- Bundelen met de reeds aanwezige elektrische infrastructuur, aan de oostkant van de leidingenstrook;
- De kabels zijn goed bereikbaar voor inspectie en onderhoud.

Binnen het gebied van de leidingenstrook zijn er twee varianten op dit basisontwerp:

- Een route in het midden van de leidingenstrook ("Leidingenstrook midden"),
- Een route westelijk langs de leidingenstrook ("Leidingenstrook west").

Twee andere varianten van de zuidelijke landroute liggen niet in of langs de leidingenstrook, maar blijven eerst ten westen van het spoorwegemplacement. De kabels lopen tussen het Distripark en het spoorwegemplacement naar het noorden, tot bij de Douanekantoren (daarom worden deze varianten aangeduid met "Douaneroute"). Bij de noordkant van het rangeerterein ontstaat een verschil. Bij de ene variant ("Douaneroute kruising spoor") wordt het spoor, de Europaweg en de bestaande leidingen in de leidingenstrook gekruist. Daarna gaat de route verder naar het noorden, naar het E.ON-terrein. Bij de andere variant ("Douaneroute kruising weg") loopt de kabel aan de westkant van het spoorwegemplacement verder naar het noorden, en gaat dan langs de noordkant van het emplacement naar de leidingenstrook, en van daar naar de E.ON-centrale. De wijze waarop de infrastructuur bij deze varianten wordt gekruist, wordt in hoofdstuk 5 nader toegelicht.

Een belangrijk aandachtspunt voor de route ten zuiden van de Slufter is dat de Noordzeeboulevard iets ten zuiden van de demarcatielijn ligt. Op land volgt de demarcatielijn namelijk niet de grens tussen land en water, maar de kruin van de Slufterdam. Het gebied ten zuiden van de Slufterdam, zoals de Noordzeeboulevard, de

duinen en het strand, behoort tot de gemeente Westvoorne. De gemeente Westvoorne heeft toegezegd planologische medewerking te verlenen aan deze route. De HVDC-landkabels zullen hier ondergronds worden aangelegd in de noordelijke berm van de Noordzeeboulevard.

4.8.4 Aansluiting zee- en landroutes: de aanlandingen

De aanlandingen van de BritNed-kabel op de kust zijn mede bepalend voor de routes in de kustzee en daarom separaat in meer detail bestudeerd. De verschillende aanlandingen die zijn overwogen zijn afgebeeld op kaart 4.9 in de kaartenbijlage.

Voor de Noordelijke zeeroute B ligt de enige redelijkerwijs uitvoerbare aanlanding in de Edisonbaai, op de zuidelijke oever van de Maasmond. Vanaf dit punt volgt de kabel de leidingstrook naar het Converterstation naast de E.on centrale (zie beschrijving noordelijke landroute in par. 4.8.3).

Voor de technische uitvoering van de kruising met de Maasmond zijn twee varianten onderzocht: onderboring en inbaggeren van de kabels. Op grond van de technische risico's is de mogelijkheid van een onderboring afgefallen en wordt gekozen voor een gebaggerde oplossing, parallel aan de huidige gastransportleiding van BPNE.

Voor de Zuidelijke zeeroutes (A, A2, B en C) zijn verschillende aanlandingen ten noorden van de Demarcatielijn bestudeerd (zie tabel 4.9 en kaart 4.9 in de kaartenbijlage). Aanlandingen ten zuiden van de Demarcatielijn zijn niet overwogen, omdat zich in dat deel van de Voordelta de meeste natuurwaarden bevinden.

Bij de ontwikkeling van de noordelijk en de zuidelijke aanlandingen is de relatie met Maasvlakte 2 een belangrijk aandachtspunt. Dit wordt hierna toegelicht.

Relatie met Maasvlakte 2

Bij de ontwikkeling van de zee- en landroutes en bij de aanlanding van de BritNed-verbinding is rekening gehouden met de beoogde ontwikkeling van Maasvlakte 2. In overleg met het Havenbedrijf zijn alleen routes onderzocht die zoveel mogelijk buiten de te (her)ontwikkelen gebieden blijven. Daarbij is uitgegaan van de meest recente informatie over de ligging van het zgn. Doorsteekalternatief, dat de voorkeur van het Havenbedrijf heeft en waarover inmiddels ook een bestuursconvenant is afgesloten. Door de grote schaal van de beoogde ontwikkelingen op de Maasvlakte is het op geen enkele route volledig mogelijk om overlap in de ontwikkeling van BritNed en Maasvlakte 2 volledig te vermijden:

- De Noordelijke route blijft op zee volledig buiten het ontwikkelingsgebied van het Doorsteekalternatief. De route kruist echter onvermijdelijk de kust op een plaats die mogelijk in samenhang met de ontwikkeling van Maasvlakte 2 wordt gereconstrueerd (de Edisonbaai). Op land kruist de noordelijke route onvermijdelijk de toekomstige verlenging van de Yangtzehaven.
- De zuidelijke routes lopen op zee door het gebied tussen de Demarcatielijn en de zgn. Haringvlietlijn. Hoewel dat gebied deels behoort tot het zoekgebied voor de aanleg van Maasvlakte 2, zal de uitbreiding van de Maasvlakte niet in dat gebied

plaatsvinden. Dat is zo afgesproken in een convenant tussen het Havenbedrijf Rotterdam en een aantal milieuorganisaties. Het ontwikkelingsgebied van het Doorsteekalternatief voldoet aan deze randvoorwaarde. De zuidelijk tracés lopen echter onvermijdelijk door het onderwatertalud en de toekomstige zeewering van Maasvlakte 2 en een mogelijk daar te ontwikkelen zeereep, maar blijven op land wel buiten het beoogde uitgeefbare industrieterrein.

De raakvlakken tussen de BritNed-verbinding en de ontwikkeling van Maasvlakte 2 zijn verreweg het kleinst op de zuidelijke routes.

Overige aandachtspunten bij een zuidelijke aanlanding

Bij de ontwikkeling van de zuidelijke aanlandingen zijn ook de volgende aandachtspunten nog van belang:

Erosie

Er is onderzoek verricht naar erosie van de kust ter hoogte van de Slufter (zie hoofdstuk 5). Door erosie zou een (ingegraven) kabel bloot kunnen komen te liggen, wat uiteraard ongewenst is. Aanlanding op een deel van de kust met zo min mogelijk erosie heeft daarom de voorkeur. Uit het erosieonderzoek bleek dat de omvang van de erosie langs de kust van de Slufter over korte afstanden varieert. Door de toekomstige aanleg van Maasvlakte 2 worden deze verschillen overigens minder relevant. Het ontwerp van de kust van Maasvlakte 2 is bovendien minder erosiegevoelig (door de betere hydraulische vorm van de kust en het gebruik van grover zand). Het was echter ten tijde van het opstellen van dit MER niet zeker of en wanneer de aanleg van Maasvlakte 2 zal plaatsvinden. Plaatsen met sterke erosie in de bestaande situatie worden daarom toch zoveel mogelijk vermeden.

Passage ondiep water

Op het laatste traject door zee zal de kabel gelegd moeten worden door ondiep water (minder dan 10 meter waterdiepte). De grote kabellegschepen die op zee worden gebruikt kunnen hier niet komen. Nabij de aanlandingen moet daarom met lichter materieel worden gewerkt. Uit loogpunt van efficiency, tijdsbeslag en natuurwaarden is het wenselijk het traject door ondiep water zo kort mogelijk te houden. Bij de Zuidelijke zeeroute A zou 4-5 km. ondiep water moeten worden gepasseerd; bij meer noordelijke varianten van de zuidelijke routes (A2, B en C) is de lengte van het traject door ondiep water ongeveer de helft. Deze routes zijn dus gunstiger.

Afstand tot leefgebied zeehonden

De Zuidelijke aanlanding van de Zuidelijke zeeroute A bevindt zich op een afstand van ongeveer 900 meter van de noordelijke punt van de Hinderplaat. Deze aanlandingsroute ligt daarmee binnen de 1.200 meter contour, die wordt gebruikt als indicatieve verstoringafstand voor zeehonden (zie hoofdstuk 9 'Ecologie'). Binnen deze 1.200 meter kan verstoring van zeehonden door de aanlegactiviteiten niet worden uitgesloten. De meer naar het noorden gelegen alternatieve aanlandingslocatie voor de zuidelijke zeeroutes ligt net buiten de 1.200 m contour.

Technische mogelijkheden

Vanaf het strand tot aan de Noordzeeboulevard, moet een hoogteverschil van ongeveer 25 meter door de duinen worden overbrugd. Indien de kruising met de duinen haaks zou worden uitgevoerd, dan zou de kabel onder een verhang komen te liggen dat steiler is

dan 1:5. Daardoor zouden niet acceptabele axiale spanningen in de kabels ontstaan en daarom is gezocht naar routes die met een flauwer verhang van het strand naar de boulevard verlopen. Dat wordt bereikt door het tracé niet haaks, maar bijna evenwijdig (diagonaal) aan de duinen omhoog te laten lopen. De zuidwestelijke aanlanding is zo ontworpen. Deze loopt langs een bestaande ontsluitingsweg (een zandpad), die van de Noordzeeboulevard afdaalt naar het strand.

Aansluiting op landroute

De aansluiting op de landroute vindt bij alle aanlandingen plaats in de berm van de Noordzeeboulevard.

4.8.5 Overweging en keuze Basisontwerp en alternatieven op land

Afweging alternatieven convertorlocatie

Het TenneT-terrein op de E.ON-locatie is de enige locatie die in aanmerking komt voor het convertorstation. Deze locatie is bestemd voor nutsactiviteiten en ligt direct naast het aansluitpunt op het 380-kV-net

Afweging alternatieven landroute

Noordelijke landroute

Uitgaande van de Noordelijke zeeroute B is de beschreven Noordelijke landroute het enige redelijkerwijs in aanmerking komende alternatief (zie kaart 4.9 in de kaartenbijlage). Het loopt vrijwel geheel door de Leidingenstrook aan de landzijde van de N15. Bij een toekomstige aanleg van Maasvlakte 2 zal deze route echter waarschijnlijk moeten worden verlegd. Het is nog niet mogelijk om daar nu al met zekerheid iets over te zeggen.

Zuidelijke landroute(s)

Voor de Zuidelijke routes zijn meerdere alternatieve landroutes onderzocht. De Westelijke landroute is de meest rechtstreekse route tussen het aanlandingspunt en convertorstation op de E.on locatie. Belangrijke nadelen van deze route zijn de onzekere en nog onduidelijke ruimtelijke samenhang met de ontwikkeling van Maasvlakte 2. Dat geldt met name voor de doorkruising van de Hartelstrook waar toekomstige infrastructuur is gepland en de mogelijke doorkruising van het Distripark, wanneer dit in het kader van Maasvlakte 2 wordt uitgebreid.

De Zigzag landroute met z'n varianten heeft niet het nadeel van doorkruising van het Distripark, maar wel alle andere nadelen van de Westelijke landroute, en heeft verder als groot nadeel de lengte. Zowel de westelijke route als de zigzag routes passeren op korte afstand een duinmeer in de Hartelstrook, met relatief hoge natuurwaarden.

De Zuidelijke landroute kent al deze nadelen niet, maar loopt wel op korte afstand van de Voordelta. Significante effecten kunnen echter worden uitgesloten (zie hoofdstuk 9 'Ecologie'). De zuidelijke landroute loopt als enige vrijwel volledig vanaf de aanlanding tot het convertorstation door gebied dat is bestemd voor infrastructuur: ofwel in de berm van een bestaande weg, ofwel in een leidingenstrook. Het is vanaf de aanlanding op de Slufter ook de kortste route naar de leidingenstrook langs de N15.

Ondanks de beschreven nadelen van enkele routes, worden voornamelijk alle landroutes als mogelijkheid open gehouden. Hieronder volgt een overzicht van de lengtes van de verschillende landroutes, die tevens een goede indicator zijn voor de tijdelijke verstoring, hinder en kosten. In het algemeen gaat de voorkeur uit naar korte routes, omdat daardoor de omvang van de ingreep en de kosten worden beperkt. Knelpunten in de routeontwikkeling kunnen echter aanleiding zijn af te wijken van de kortste routes.

Zeeroute	Aanlanding	Landroute	Lengte landroute (km.)
Zuidelijke zeeroute A2, B en C	Zuidwestelijke	Zuidelijke landroute (leidingen-strook oost, midden en west)	7
		Zuidelijke landroute (douaneroute kruising weg, kruising spoor)	7,3
		Zigzag landroute	7,5
		Westelijke landroute	4,9
Zuidelijke zeeroute A	Zuidelijke	Zuidelijke landroute (leidingenstrook oost, midden en west)	6,4
		Zuidelijke landroute (douaneroute kruising weg, kruising spoor)	6,7
		Zigzag landroute	8,1
		Westelijke landroute	5,5
Zuidelijke zeeroute A	Rechtstreekse	Zuidelijke landroute (leidingenstrook oost, midden en west)	6,9
		Zuidelijke landroute (douaneroute kruising weg, kruising spoor)	7,2
		Zigzag landroute	7,6
		Westelijke landroute	5,0
Zuidelijke zeeroute A	Westelijke	Zuidelijke landroute (leidingen-strook oost, midden en west)	7,6
		Zuidelijke landroute (douaneroute kruising weg, kruising spoor)	7,8
		Zigzag landroute	7
		Westelijke landroute	4,4
Zuidelijke zeeroute A	Noordwestelijke	Zuidelijke landroute (leidingen-strook oost, midden en west)	7,9
		Zuidelijke landroute (douaneroute kruising spoor, kruising weg)	8,2
		Zigzag landroute	6,7
		Westelijke landroute	4
Noordelijke zeeroute B	Noordelijke	(Baggeren onder Maasmond)	4,3

Tabel 4.9 Overzicht bestudeerde alternatieve routes Britned-verbinding op land (zie kaart 4.9)

Afweging aanlandingen

Noordelijke aanlandingen

Voor de noordelijke zeeroute is er maar één aanlandingsroute redelijkerwijs mogelijk, namelijk door de Maasmond, uitkomend in de Edisonbaai.

Zuidelijke aanlandingen

Tabel 4.9 en kaart 4.9 in de kaartenbijlage geven een overzicht van alle bestudeerde aanlandingsroutes. Uitgaande van de Zuidelijke zeeroute A en de Zuidelijke landroute is de Zuidelijke aanlanding technisch mogelijk en het meest logisch. Een belangrijk nadeel is de ligging op relatief korte afstand van de Hinderplaat (binnen de indicatieve verstoringafstand van 1.200 meter).

De Noordwestelijke en westelijke aanlanding zijn om andere redenen ongunstig. De erosie is op dat deel van de kust het sterkst en de route sluit niet goed aan op de Zuidelijke landroute, die de voorkeur heeft. Deze aanlandingen liggen bovendien het meest in het gebied waar Maasvlakte 2 wordt gerealiseerd, zodat de kans op wederzijdse hinder daardoor toeneemt.

De rechtstreekse aanlanding ligt ook relatief dicht bij de Hinderplaat, maar wel verder weg dan de zuidelijke aanlanding. Een rechtstreekse aanlanding op de duinen bij de Slufter is technisch gezien problematisch, omdat de helling van de duinen hier te stijl is.

De Zuidwestelijke aanlanding is daarom gekozen als Basisontwerp.

Conclusie

Zuidelijke zeeroutes

Voor de zuidelijke zeeroutes begint het Basisontwerp voor de landroute bij de aanlanding op de zuidwest punt van de Slufter, op iets meer dan 1.200 meter van de Hinderplaat. De landroute volgt van daaruit de kortste weg naar de Leidingenstrook, gebundeld met de ontsluitingsweg op de Slufterdijk, tot aan de C2-bocht. Dit is de enige route waarbij de kabels over vrijwel de gehele lengte in daarvoor planologisch bestemd gebied liggen. Niet alleen de Leidingenstrook, maar ook de weg langs de Slufterdijk is (mede) bestemd voor infrastructuur.

In het Basisontwerp voor de zuidelijke landroute komt de BritNed-kabel in het oostelijke deel van de leidingenstrook te liggen, onder het westelijk circuit van de hoogspanningslijnen aldaar. Dit wordt aangeduid als de Zuidelijke landroute, variant Leidingenstrook oost. De Zuidelijke landroute kent nog 4 andere varianten. Daarnaast zijn ook de Westelijke landroute en de Zigzagroute onderzocht.

De overige beschreven aanlandingen en routealternatieven op land - alle behorende bij de zuidelijke zeeroutes - zijn evenals het Basisontwerp volwaardig onderzocht op hun ruimtelijke inpasbaarheid en milieueffecten.

Noordelijke zeeroute

Voor de noordelijke zeeroute is maar één aanlandingsroute en één landroute redelijkerwijs mogelijk. Namelijk een aanlanding door de Maasmond en de Edisonbaai gevolgd door een landroute via de bestaande kabel- en leidingenstrook op de Maasvlakte naar het convertorstation nabij de E.On-centrale. Voor de noordelijke route is dat het Basisontwerp.

4.9 Samenvatting

Het ontwerp van de BritNed-verbinding beslaat verschillende aspecten:

1. De systeemkeuzen;
2. De kabels;
3. De configuratie van de kabels;
4. De route op zee;
5. De aanlanding;
6. De route op land;
7. De convertorlocatie.

Het definitieve detailontwerp van de BritNed-verbinding (aspect 1 t/m 3) staat nog niet vast. In dit MER zijn de redelijkerwijs mogelijke ontwerpalternatieven onderzocht. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen het basisontwerp en uitvoeringalternatieven. Er is weinig verschil tussen de milieueffecten van de in aanmerking komende alternatieve ontwerpen. Ontwerpen die duidelijk verschillen in hun milieueffecten, zijn om uiteenlopende redenen buiten beschouwing gelaten of afgevallен. De belangrijkste niet in beschouwing genomen of afgevallene alternatieven zijn:

- Het gebruik van wisselstroom in plaats van gelijkstroom;
- Het gebruik van (bovengrondse) lijnen voor de gelijkstroomverbinding;
- Het gebruik van aardelektroden voor elektriciteitstransport;
- Het gebruik van vloeibare olie in de kabel;
- Het separaat (op grotere onderlinge afstand) leggen van kabels.

Er is geen verband tussen het technische ontwerp van de verbinding (aspect 1 t/m 3) en de routeontwikkeling (aspect 4 t/m 7). Alle ontwerpen kunnen langs alle routes worden geïnstalleerd. Zonder daarbij een voorkeur te willen uitspreken, wordt het meest waarschijnlijke ontwerp van de verschillende aspecten van de BritNed-verbinding aangeduid als 'Basisontwerp'. Voor de routeontwikkeling wordt gewerkt met twee basisontwerpen; de Noordelijke zeeroute B als beste route voor een noordelijke aanlanding op de Maasvlakte en de Zuidelijke zeeroute B als beste route voor een zuidelijke aanlanding op de Maasvlakte. Hierna worden de keuzeaspecten kort samengevat

Systemkeuzen

Het aansluitpunt van de BritNed-verbinding op het Nederlandse koppelnet is het nieuwe TenneT schakel- en transformatorstation naast de E.On centrale op de Maasvlakte. De BritNed-verbinding wordt bedreven op gelijkstroom. Omdat het Nederlandse (en Engelse) koppelnet op wisselstroom worden bedreven, moet de gelijkstroom van de BritNed-verbinding worden omgezet in wisselstroom en vice versa. Dat vindt plaats in een zogenaamd convertorstation, aan beide einden van de verbinding.

Het Basisontwerp van de BritNed-verbinding bestaat uit een gelijkstroomverbinding met een capaciteit van 1.320 MW die wordt bedreven op ca. 500 kV. De verbinding bestaat uit ondergrondse kabels tussen de convertorstations. Bij de beoogde capaciteit wordt de verbinding bipolair uitgevoerd.

De capaciteit wordt bepaald op basis van marktanalyses. Dergelijke analyses zijn altijd afhankelijk van onzekerheden over de maatschappelijke ontwikkelingen, zoals energieprijzen, energiepolitiek, economische ontwikkelingen e.d. Daarom houdt BritNed er rekening mee dat de kabel een kleinere capaciteit krijgt: ca. 600 tot 800 MW. In dat geval wordt de verbinding monopolar uitgevoerd. Het verschil met een bipolaire verbinding is gelegen in het ontwerp van de convertor en de retourstroomkabel.

Een bipolaire verbinding bestaat uit twee kabels, die beide stroom geleiden onder een hoge, maar tegengestelde spanning van ca. +500 kV en ca. -500 kV. Aan beide uiteinden van elk van die twee kabels staat één convertor, voor de omzetting van wisselspanning in gelijkspanning. Voor een bipolaire verbinding zijn dus in totaal vier convertors nodig, verdeeld over twee stations aan de uiteinden van de verbinding. Omdat beide kabels op hoge spanning worden bedreven, zijn beide kabels zwaar geïsoleerd.

Bij een monopolaire verbinding wordt één kabel op een hoge spanning (ca. 500 kV) bedreven. De retourstroomkabel wordt (vrijwel) spanningsloos bedreven. Daarom zijn maar twee convertors nodig (één aan ieder uiteinde) en kan de retourstroomkabel lichter worden uitgevoerd.

Afhankelijk van de economische perspectieven kan er voor worden gekozen om de kabels technisch uit te voeren voor bipolair bedrijf, maar in eerste instantie één convertor per station te plaatsen en de verbinding monopolair te bedrijven. Bij toenemende transportvraag kan dan alsnog een tweede convertor worden geplaatst. Zonder de kabels te hoeven vervangen kan de verbinding dan worden opgeschaald van monopolair naar bipolair gebruik en kan de capaciteit worden uitgebreid van 600 tot 800 MW naar 1.000 tot 1.320 MW.

De keuze tussen een bipolair en monopolair ontwerp heeft geen gevolgen voor het milieu, omdat in beide gevallen geen gebruik zal worden gemaakt van zee-elektroden. Zwerfstromen en de eventuele gevolgen daarvan worden dus vermeden. Het ontwerp van de kabel en de beveiliging worden bovendien zo ontworpen dat geen lek- of kortsluitstromen via de bodem kunnen lopen die een bedreiging kunnen zijn voor installaties of personen.

Kabeltype en -configuratie

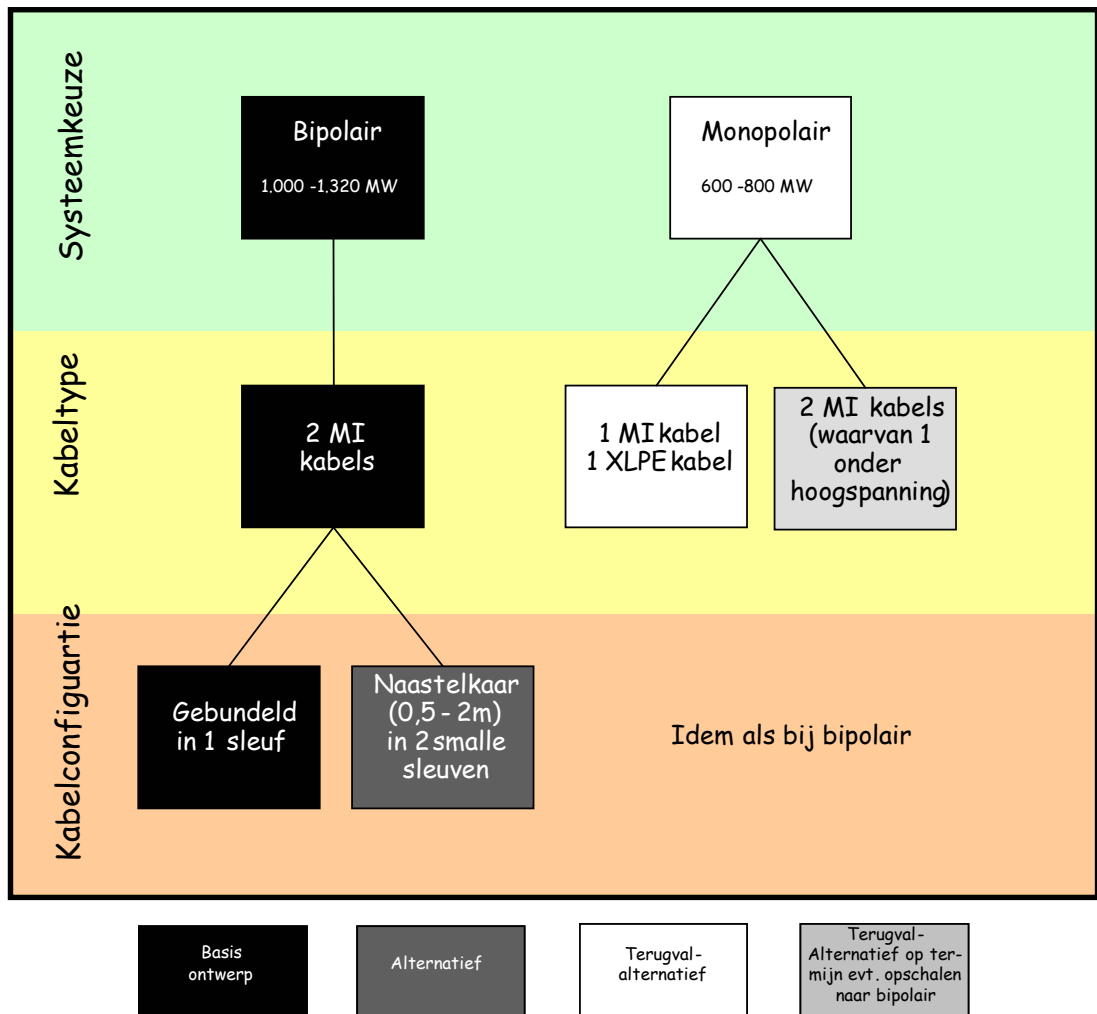
Inductieverschijnselen door spanningsrimpels en belastingwisselingen in de kabels zijn verwaarloosbaar, mede omdat de resulterende magnetische velden sterk worden beperkt door de beide kabels tegen of dicht naast elkaar te installeren.

De warmte die de kabels ontwikkelen wordt beperkt door het ontwerp (de doorsnede van de geleiders) van de kabels. De temperatuur van de kabels en hun omgeving kan verder worden beheerst door de kabels niet tegen, maar dicht naast elkaar te leggen (zie hierna). Op land wordt de warmteafvoer verbeterd door de grond rondom de kabels (de sleufvulling) de juiste warmtegeleidende samenstelling te geven.

De zogenaamde MI-kabel is technisch-economisch en commercieel het meest geschikt voor de BritNed-verbinding (zie figuur 4.7). Met varianten van de MI-kabel, waarbij in één kabel twee stroomgeleiders worden gebundeld, zijn geen milieuvoordelen te halen. Deze varianten hebben, naast andere technisch-economische nadelen, bovendien een beperkte capaciteit. Voor de retourstroomkabel in een monopolair systeem kan ook gebruik worden gemaakt van een met kunststof geïsoleerde kabel. Er wordt in elk geval geen gebruik gemaakt van kabeltypen waarin olie zit, zodat deze niet kan weglekken naar de omgeving.

Het Basisontwerp voor de kabelconfiguratie op zee bestaat uit twee kabels die worden samengebonden (gebundeld). De gebundelde kabels worden in één sleuf gelegd en begraven (zie figuur 4.10). De alternatieve configuratie op zee bestaat eveneens uit twee kabels, maar dan met een kleine onderlinge afstand van 0,5 tot 2 meter. De kabels worden in één operatie afzonderlijk van elkaar in twee smalle sleuven gelegd en begraven vlak naast elkaar. De technische uitrusting en het materieel op de huidige installatiewerktuigen moet daarvoor wel worden aangepast.

Op land worden de kabels niet samengebonden, maar vlak naast elkaar in één kabelgoot gelegd en begraven.



Figuur 4.12 Basisontwerp en alternatieven BritNed-verbinding

Kabelroutes op zee

De onderzochte kabelcorridors op zee zijn aangegeven in figuur 4.14. Op grond van een voorselectie zijn twee alternatieve zoekcorridors in meer detail onderzocht; een noordelijke en een zuidelijke (figuur 4.15a en b). De zuidelijke zoekcorridor heeft meerdere alternatieven die redelijkerwijs uitvoerbaar zijn (Zuidelijke zeeroute B, A2 en C), de noordelijke één (Noordelijke zeeroute B). Alle routes doorkruisen de Kustzee, een onderdeel van de EHS. Bij de Noordelijke zeeroute B wordt de Maasmond (kernzone van de EHS) gekruist. Bij de zuidelijke routes wordt de Voordelta gekruist en de noordelijk rand van een toekomstig zeereservaat, dat mogelijk wordt ingesteld als compensatie voor de milieueffecten van Maasvlakte 2 op de Voordelta. De Voordelta met daarbinnen het zoekgebied zeereservaat is beschermd op grond van de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn.

De belangrijkste, tijdens de voorselectie afgevalen routes zijn:

- Verschillende tracévarianten voor de zuidelijke zeeroutes zoals beschreven in hoofdstuk 3 van de bijlage bij dit hoofdstuk.
- Verschillende tracévarianten van een noordelijk route langs de vaargeul naar de haven (Eurogeul/Maasgeul), welke, ondanks lagere kosten, afviel op grond van nautische bezwaren (veiligheid). Zie hoofdstuk 3 van de bijlage bij dit hoofdstuk;
- Een noordelijke route gebundeld met een reeds aanwezige olieleiding via Hoek van Holland, welke afviel op grond van de noodzakelijk kruising met de duinen, de ruimtelijke inpassing op land en de meerkosten, zonder dat evidente voordelen zijn aan te wijzen. Zie hoofdstuk 5 van de bijlage bij dit hoofdstuk;

De belangrijkste verschillen tussen de twee overgebleven en in meer detail onderzochte routes zijn:

- De beschermingsstatus van de Voordelta (Habitatrichtlijn) langs de zuidelijke zeeroutes;
- De grotere lengte van de noordelijke route, met name op het Britse deel van de Noordzee;
- De noodzakelijke kruising van de Maasmond bij de noordelijke zeeroute;
- De waarschijnlijk noodzakelijke, toekomstige kruising van de verlengde Yangtzehaven bij de noordelijke landroute⁵.

Naam	Variante	Status
Noordelijke zeeroute A	Zie bijlage bij dit hoofdstuk	Onderzocht, maar afgevalen
Noordelijke zeeroute B	Via de Maasmond aanlanden	Basisontwerp noordelijke zeeroute
	Via Hoek van Holland aanlanden	Onderzocht, maar afgevalen
Zuidelijke zeeroute A	Zie bijlage bij dit hoofdstuk	Onderzocht, maar afgevalen
Zuidelijke zeeroute A2	-	Alternatief
Zuidelijke zeeroute B	-	Basisontwerp zuidelijke zeeroute
Zuidelijke zeeroute C	-	Alternatief

Aanlandingen

De zuidelijke zeeroutes landen aan op de zuidwest punt van de Slufter, ten noorden van de Demarcatieline. Deze plaats is gekozen vanwege:

- De morfologische stabiliteit;
- Het uitgangspunt om het gebied ten zuiden van de Demarcatieline niet te doorsnijden;
- Het uitgangspunt om zoveel mogelijk buiten het aanleggebied van Maasvlakte 2 te blijven;
- Het uitgangspunt om op minimaal 1.200 meter afstand van de Hinderplaat in de Voordelta te blijven. De Hinderplaat is een ligplaats voor zeehonden.

⁵ Het laatste punt is een overweging die eigenlijk hoort bij de afweging van de kabelroutes op land (zie hierna). Hij is echter alleen aan de orde bij een eventuele keuze voor de noordelijke route over zee. Een alternatief voor een kruising van de toekomstige verlengde Yangtze haven is het omleggen van de reeds geïnstalleerde kabel om de buitencontour van Maasvlakte 2. Ook dit heeft grote nadelen (zie hoofdstuk 7.12 'Vergelijking op basis kosten en technische risico's').

De noordelijke zeeroute landt via de Maasmond aan in de Edison-baai, op de noordkust van de Maasvlakte. Deze locatie is gekozen omdat een aanlanding op of onder de zuiderdam redelijkerwijs niet uitvoerbaar is en voor een meer oostelijke aanlanding de bestaande oeverbescherming moet worden opengebroken, terwijl de kabellengte door de Maasmond daardoor toeneemt en daarmee geen voordelen te bereiken zijn.

Voor de technische uitvoering van de kruising met de Maasmond zijn twee varianten onderzocht: onderboring en inbaggeren van de kabels. Op grond van de technische risico's is de mogelijkheid van een onderboring afgefallen en wordt gekozen voor een gebaggerde oplossing, parallel aan de huidige gastransportleiding van BPNE. Voor de toekomstige kruising van de Yangtzehaven kan nog geen ontwerp worden gemaakt, omdat het ontwerp van de haven (breedte, diepte, funderingsdiepte kademuren e.d.) nog niet bekend is.

Een noordelijke aanlandingsroute door de vaargeul, de Maasmond, het Calandkanaal en het Beerkanaal (naar de achterzijde van de E.on-locatie) kan de problemen met de verlenging van de Yangtzehaven voorkomen. Deze oplossing valt echter op voorhand af op grond van extra kosten en nautische bezwaren tijdens aanleg en reparaties (veiligheid). Zie hoofdstuk 5 van de bijlage bij dit hoofdstuk.

Aanlandingen op de westkust van de Maasvlakte komen niet in aanmerking omdat dat gebied is bestemd voor de aanleg van Maasvlakte 2. Een kabel in dat gebied zou uiteindelijk 20 meter of meer onder de toekomstige landaanwinning komen te liggen en onbereikbaar zijn voor reparaties. Bovendien zou de kabel een belemmering zijn voor diepe funderingen, zoals voor kademuren.

Zeeroute	Naam	Status
Noordelijke zeeroute B	Aanlanden in Edison baai door baggeren in Maasmond	Basisontwerp noordelijke zeeroute
	Aanlanden in Edison baai door boren onder Maasmond	Afgefallen, in verband met te hoge technische risico's en kosten (zie bijlage bij dit hoofdstuk)
	Aanlanden via Maasmond, Calandkanaal en Beerkanaal	Afgefallen i.v.m. nautische bezwaren, onbereikbaarheid en kosten
Zuidelijke zeeroutes	Noordwestelijke aanlanding	Afgefallen i.v.m. kruisen Zuiderdam, lokale morfologie en aanleg Maasvlakte 2
	Westelijke aanlanding	Afgefallen i.v.m. lokale morfologie en aanleg Maasvlakte 2
	Rechtstreekse aanlanding	Afgefallen i.v.m. mogelijke verstoring Voordelta (met name zeehondenligplaatsen op Hinderplaat) en de steile helling van de duinen ter plaatse
	Zuidwestelijke aanlanding	Basisontwerp zuidelijke zeeroute
	Zuidelijke aanlanding	Afgefallen i.v.m. mogelijke verstoring Voordelta (met name zeehondenligplaatsen op Hinderplaat)

Routes over land

De *Zuidelijke routes* lopen vanaf de aanlanding op de zuidwestkust van de Slufter naar de E.on locatie langs de N15. Daarvoor bestaat een groot aantal mogelijkheden. Op hoofdlijnen kunnen deze worden verdeeld in drie groepen:

1. Tracés die vanaf de aanlanding rechtstreeks naar de E.on locatie gaan, langs de westkust ('directe routes'). Dit is de kortste verbinding over land, maar heeft als nadeel dat gebieden worden doorkruist die moeten worden herontwikkeld in samenhang met de aanleg van Maasvlakte 2, waaronder met name het Distripark en de Hartelstrook. Het is nog onzeker wanneer en hoe deze herontwikkeling plaats zal vinden. Het tracé heeft bovendien als nadeel dat het geen gebruik maakt van daarvoor aangewezen leidingstraten en over grote lengten ook niet bundelt met andere infrastructuur. Hoewel het dus de kortste route is, is het om redenen van ruimtelijke organisatie geen optimale oplossing. Een ander nadeel is dat de route langs het duinmeer in de Hartelstrook loopt (een nog onontgonnen en nat gebied, waar zich relatief veel natuurwaarden bevinden).
2. Tracés die vanaf de aanlanding aanvankelijk langs de westkust lopen, maar bij de kruising met de Hartelstrook landinwaarts buigen, om een weg door of om het Distripark te volgen ('zig-zag routes'). Ook deze oplossing heeft als nadeel dat gebieden worden doorkruist die moeten worden herontwikkeld in samenhang met de ontwikkeling van Maasvlakte 2 en zijn dus niet optimaal uit oogpunt van ruimtelijke organisatie. Ook hier geldt als bijkomend nadeel dat deze routes langs het duinmeer in de Hartelstrook lopen, waar zich natuurwaarden bevinden. De meest oostelijke varianten lopen bovendien langs de daar aanwezige Vogelvallei (een aangelegd natuurgebiedje).
3. Tracés die vanaf de aanlanding langs de zuidkant van de Slufter in oostelijke richting langs de C2-bocht lopen, in de berm van de daar aanwezige ontsluitingsweg. Dit is de kortste route vanaf de aanlanding naar de leidingstrook langs de N15 en heeft als voordeel dat overal wordt gebundeld met bestaande infrastructuur en gebruik wordt gemaakt van daarvoor bestemde grond. Een mogelijk nadeel is dat deze route aanvankelijk langs de Voordelta loopt. De effecten daarvan zijn onderzocht in hoofdstuk 9 en inpasbaar gebleken, mits maatregelen worden genomen en het broedseizoen wordt vermeden. Deze route is daarom het basisontwerp voor de zuidelijke route over land. Voor deze route zijn meerder varianten mogelijk, verdeeld over twee groepen: ten westen van de N15, tussen het spoorwegemplacement en het douanegebied ('douane routes') en ten oosten van de N15, in de leidingstrook. De 'douaneroutes' overlappen deels de zigzagroutes en hebben dan ook dezelfde bezwaren. Ze hebben bovendien geen evidente voordelen t.o.v. de routes door de leidingstrook. In de leidingstrook bestaan weer verschillende inpassingsmogelijkheden. Daarvan is een ligging aan de oostzijde, onder de 150 kV hoogspanningslijnen en naast een 150 kV kabelcircuit het basisontwerp (bundeling met gelijksoortige infrastructuur). Het havenbedrijf heeft inmiddels als gebiedsbeheerder ingestemd met dit ontwerp.

Voor de verbinding tussen de aanlandingslocatie op de *noordzijde* van de Maasvlakte en het convertorstation wordt eveneens uitgegaan van een route die bijna overal gebruik maakt van de leidingstrook langs de N15. Voor deze Noordelijke landroute bestaan geen redelijke alternatieven.

De mogelijke routes over land zijn als volgt samengevat:

Aanlanding	Naam	Variante	Volgnr.*	Status
Noordelijk	Noordelijke landroute	-	-	Basisontwerp Noord
Zuid-westelijk	Westelijke landroute	-	5	Alternatief
	Zigzag landroute	Meerdere varianten mogelijk	6	Alternatief
	Zuidelijke landroute	Leidingenstraat oost	4	Basisontwerp Zuid
		Leidingenstraat midden & west	1 & 3	Varianten
Douaneroutes		2a & b	Varianten	

* zoals aangegeven op kaart 4.10 in de kaartenbijlage

Convertoerlocatie

Het convertoerstation wordt gebouwd op het terrein van de E.on centrale. Dit is het enige beschikbare en geschikte terrein van voldoende omvang op de Maasvlakte, met een nutsbestemming. Het ligt bovendien direct naast het beoogde 380 kV aansluitpunt van TenneT. Tussen het convertoerstation en het netaansluitingspunt is slechts een korte HVAC-lijnverbinding nodig (enkele tientallen meters). De locatie E.ON grenst aan de kabel- en leidingenstrook op de Maasvlakte langs de Europaweg (N15). De convertoer is fysiek en geluidstechnisch inpasbaar op deze locatie. Er zijn op de Maasvlakte geen redelijke locatiealternatieven.