

RAPPORT

Rapportage Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied

Klant: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat,
Provincie Groningen, Gasunie & TenneT

Referentie: T&PBH9744R001F01

Status: Definitief/01

Datum: 1 oktober 2021



Inhoud

Beantwoording onderzoeksvragen	1
1. Inleiding	4
1.1 Aanleiding en doel van de verkenning	4
1.2 Onderzoekscontext	6
1.3 Onderzoeksvragen	6
1.4 Diepte van het onderzoek	7
1.5 Integrale besluitvorming in najaar 2021	7
1.6 Leeswijzer	7
2 Proces	9
2.1 Betrokken partijen	9
2.1.1 Projectteam	9
2.1.2 Expertgesprekken	9
2.1.3 Stakeholdergesprekken	10
2.1.4 Omgevingssessies	10
2.1.5 Waddenacademie	10
2.2 Onderzoeksgebied	11
2.3 Methode	11
3 Uitgangspunten verkenning	14
3.1 Toelichting toe te passen kabel- en leidingconcepten	14
3.2 Benodigde kabel en leidingen capaciteit	14
3.3 Kabelcorridor concept	15
3.4 Station Eemshaven	15
3.5 Amoveren, opwaarderen of vervangen van bestaande kabels en leidingen	16
3.6 Offshore waterstofproductie vóór 2030	17
3.7 Beschikbare ruimte voor kabels en leidingen per route	17
3.7.1 Morfologische risico's en ruimtelijke beperkingen	17
3.7.2 Natuurwaarden en ruimtelijke beperkingen	17
3.7.3 Ruimtelijke beperkingen door bestaande infrastructuur en afgesloten gebieden	18
3.8 Uitgangspunten afstanden tussen kabels en leidingen	19
3.8.1 Bevindingen uit de Joint Fact Finding m.b.t. afstand tussen kabels	19
3.8.2 Bevindingen uit praktijkvoorbeelden m.b.t. afstand tussen kabels	20
3.8.3 Uitgangspunten van deze verkenning m.b.t. afstand tussen kabels	20
3.8.4 Onderlinge afstand tussen kabels en leidingen	21
3.8.5 Afstand tot infrastructuur van derden	21
3.8.6 Voorwaarden voor gehanteerde uitgangspunten	22
3.8.7 Uitgangspunten begraafdiepte en fasering in aanleg	22

4	Relevante aspecten Waddensysteem	23
4.1	Morfologie	23
4.2	Natuurwaarden Waddenzee	24
4.3	Storende factoren	28
5	Stakeholder- en expertgesprekken	29
5.1	Onderzoeksgebied en onderzoekvoorwaarden te beperkend	29
5.2	Alternatieve aanlanding	29
5.3	Grens onderzoeksgebied	29
5.4	Bescherming natuurgebied	30
5.5	Niet-technologische innovatie	30
6	Mogelijke routealternatieven	31
7	Methode beoordeling routes	35
7.1	Beoordelingskader (tabel en toelichting)	35
7.1.1	Toelichting beoordelingskader en beoordelingsmethode	35
7.1.2	Toelichting thema's Natuur, Morfologie, Techniek, Ruimte en Kosten & Planning	35
7.2	Beoordeling routes – Aanpak	37
7.2.1	Doel en context van de beoordelingen	37
7.2.2	Faseplan voor beoordeling routes	37
8	Trechteren van routes	39
8.1	Stap 1 – Trechteren naar routes binnen onderzoeksgebied	40
8.2	Stap 2 – Trechteren naar te detailleren en beoordelen routes	41
8.2.1	De nader te detailleren routes	41
8.2.2	De afgevalen routes	42
9	Toepasbare aanlegtechnieken	44
9.1	Technieken voor ondiep water	44
9.1.1	Baggeren	44
9.1.2	Mechanische sleufgraver (op Wad)	45
9.1.3	Ploegen	45
9.1.4	Jetten	45
9.1.5	Fluïdiseren	46
9.1.6	Vibratiezwaard	46
9.2	Technieken voor diepere wateren	47
9.2.1	Baggeren	47
9.2.2	Kettinggraver	48
9.2.3	Ploegen	48
9.2.4	Jetten	48
9.2.5	Fluïdiseren	49
9.3	Sleufloze technieken	49

9.3.1	Horizontaal gestuurd boren (HDD)	50
9.3.2	Microtunnel installatie	50
9.3.3	Gesegmenteerde tunnel installatie	51
9.3.4	Direct Gestuurde Boorkop – Gesloten Front boorkop (DGB-G)	51
9.3.5	Direct Gestuurde Boorkop – HDD-boorkop (DGB-H)	52
9.3.6	Shell Open hole Continues Casing System (SOCCS)	52
10	Nadere detaillering en beschrijving van de routes	54
10.1	Natuurwaarden routes	54
10.2	Route 20	55
10.3	Route 12	57
10.4	Route 11	59
10.5	Route 9	61
10.6	Route 8	63
10.7	Route 6	65
10.8	Route 2	67
11	Beoordeling nader gedetailleerde routes	70
11.1	Morfologie	70
11.1.1	Samenvattende scoretabel	70
11.1.2	Algemene beschrijving effecten per aanlegmethode	70
11.1.3	Toelichting effecten per route	71
11.2	Ecologie	76
11.3	Techniek	79
11.4	Ruimte	80
11.5	Kosten en planning	82
12	Bevindingen en aanbevelingen	87
12.1	Bevindingen en aanbevelingen	87
12.2	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	88
13	Onderzoeksverantwoording	91
14	Bibliografie	93

Tabellen

Tabel 1 - Onderlinge afstanden tussen kabels, waterstofleiding en infrastructuur derden	20
Tabel 2 - Onderlinge afstanden, uitgangspunten van deze verkenning	21
Tabel 3 - Indicatief overzicht van kwetsbare soorten en perioden en habitattypen in het plangebied	27
Tabel 4 – Longlist van routes, technische alternatieve oplossingen en combinaties hiervan voor TNW.	32
Tabel 5 - Beoordelingskader	38
Tabel 6 – Kernpunten baggeren (ondiep water)	44
Tabel 7 – Kernpunten mechanische sleufgraver	45
Tabel 8 – Kernpunten ploegen (ondiep water)	45
Tabel 9 – Kernpunten Jetten (ondiep water)	46
Tabel 10 – Kernpunten Fluïdiseren (ondiep water)	46
Tabel 11 – Kernpunten vibratiezwaard	47
Tabel 12 – Kernpunten baggeren (diep water)	47
Tabel 13 – Kernpunten open sleuf	48
Tabel 14 – Kernpunten ploegen (diep water)	48
Tabel 15 – Kernpunten jetten (diep water)	49
Tabel 16 – Kernpunten Fluïdiseren (diep water)	49
Tabel 17 – Kernpunten Horizontaal gestuurd boren (HDD)	50
Tabel 18 – Kernpunten microtunnel installatie	51
Tabel 19 – Kernpunten gesegmenteerde tunnel installatie	51
Tabel 20 – Kernpunten DGB-G	52
Tabel 21 – Kernpunten DGB-H	52
Tabel 22 – Kernpunten SOCCS	53
Tabel 23 - Aandachtspunten bij de aanlegtechnieken voor natuurwaarden	54
Tabel 24 - Beoordeling routes morfologie	70
Tabel 25 - Beoordeling routes ecologie	76
Tabel 26 - Beoordeling van routes op techniek	79
Tabel 27 - Beoordeling van routes betreft ruimte	80
Tabel 28 - Beoordeling van routes op kosten en planning	82
Tabel 29 - Opsomming van beoordelingen per route	85
Tabel 30 – Potentiële showstoppers per route en aanbevolen vervolgstappen	89

Figuren

Figuur 2-1 - Routealternatieven VAWOZ 2030	9
Figuur 4-1 - Schematische weergave van de getijstromen en sedimentbewegingen in de Waddenzee	24
Figuur 6-1 - Globale geografische ligging van bestudeerde routes (ter illustratie).	34
Figuur 8-1 – Globaal overzicht van de geïnterpreteerde routes (ter illustratie)	39
Figuur 8-2 - Overzicht van geïnterpreteerde routes binnen de scope van de verkenning	40
Figuur 8-3 - Overzicht van te beoordelen routes voor doorkruising Waddengebied	43
Figuur 10-1 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 20	56
Figuur 10-2 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 12	58
Figuur 10-3 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 11	60
Figuur 10-4 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 9	62
Figuur 10-5 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 8	64
Figuur 10-6 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 6	66
Figuur 10-7 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 2	68
Figuur 10-8 - Overzicht van beoordeelde routes in het onderzoekgebied	69

Bijlagen

Bijlage 1 Overzicht technieken, technische limieten en bodemimpact
Bijlage 2 Gevoerde stakeholder- en expertgesprekken
Bijlage 3 Longlist routes en alternatieven en selectieredenen
Bijlage 4 Quickscan vergunningen doorkruising Wadden
Bijlage 5 Reflectie Waddenacademie op Eindrapportage Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied

Beantwoording onderzoeksvragen

1. *Welke innovaties in aanlegmethodes (en innovaties op reparatiegebied) zijn er mogelijk/beschikbaar (onderverdeeld in <2030 en 2030-2040) en hoe kunnen deze worden toegepast?*

Deze verkenning verkent via welke innovatieve (aanleg)technieken het Waddengebied kan worden doorkruist om toekomstige windgebieden op zee aan te land. Een beknopte opsomming van de beschikbare aanleg- en reparatiemethodes, inclusief innovaties, is opgenomen in hoofdstuk 9. Een meer uitgebreide toelichting van de technieken en hun bijzonderheden is opgenomen in bijlage 1.

De (technische) innovaties zijn op basis van hun technische volwassenheid (Technology Readiness Level 7,8 en 9¹) geselecteerd. Bovendien zijn enkel technieken meegenomen die al in (eerste) projecten of pilots zijn toegepast en succesvol zijn gebleken. Technologieën die op korte termijn (<2030) niet uitvoerbaar of toepasbaar zijn, zijn niet in deze verkenning opgenomen.

Onze experts verwachten dat de aanvullende mogelijkheden die na 2030 mogen worden verwacht, voornamelijk bestaan uit het oprekken van enerzijds de technische mogelijkheden en anderzijds het oprekken van de toepasbaarheid van de in deze rapportage beschreven reeds bekende technieken.

- a. *Wat is de natuurimpact, het ruimtebeslag, vergunbaarheid en financiële (kwalitatieve) beoordeling van deze innovaties? Wat zijn de doorlooptijden (aanleg) en risico's van de innovatieve technieken?*

Tabel 29 in hoofdstuk 11 toont de beoordeling van alle aanlegtechnieken op de aspecten natuurimpact, ruimtebeslag, vergunbaarheid en kosten en planning (kwalitatief). De impact van de innovaties op bovengenoemde

aspecten is afhankelijk van waar een techniek op een route wordt toegepast. Om deze reden zijn technieken niet op zichzelf, maar als onderdeel van de routes beoordeeld.

De toe te passen aanlegtechnieken zijn bij alle routes in grote lijnen vergelijkbaar. De realisatietijd van innovatieve technieken wordt hierdoor op alle routes bepaald door een tweetal bepalende factoren. Enerzijds de toegankelijkheid van de werkgebieden en anderzijds het verkrijgen van overeenkomsten voor een kruising en paralleligging met infrastructuur van derden. Aanvullend op deze twee factoren, zijn per route op bladzijde 82 de bijkomende factoren opgenomen die impact hebben op de realisatietijd.

- b. *Wat kan er van Duitsland en Denemarken worden geleerd over de bescherming van het milieu en natuur bij het ontwikkelen van kabel- en leidingenroutes?*

Tijdens het onderzoek hebben we gesprekken gevoerd met Duitse en Deense partijen (zie paragraaf 2.1.2). In deze gesprekken zijn de voor deze verkenning relevante technieken besproken die in Duitsland en Denemarken zijn toegepast (bijvoorbeeld bij het Waddeneiland Norderney). Tevens is besproken hoe zij de natuurimpact bij soortgelijke projecten minimaliseren. Verscheidende aanlegtechnieken zijn aanbevolen en lessen zijn gedeeld. Deze aanlegtechnieken en lessen zijn opgenomen in de longlist en zijn toegepast bij het trechteren, ontwerpen en beoordelen van de routes.

De grootste les vanuit Duitsland ligt op organisatorisch gebied: in vergelijking met de onderzeese kabels in Nederland, liggen de kabels in Duitsland er geordend bij in een planologische corridor. Door deze strak geplande corridor doorkruisen kabels elkaar niet (of amper) en is het aangetaste gebied minimaal.

Noot: Het verkennen van de mogelijkheden in het Eems-Dollard verdragsgebied met Duitse overheden behoort niet tot de scope van dit

¹ De technology readiness levels geven de mate van ontwikkeling van een technologie aan, waarbij TRL 1 staat voor technologie aan het begin van de ontwikkeling en TRL 9 voor technologie die technisch en commercieel gereed is.

voorliggende onderzoek. Parallel aan dit onderzoek wordt deze verkenning onder andere door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat opgestart.

- c. *Welke mogelijkheden zijn er voor de doorkruising van bijzondere elementen zoals o.a. de zeewering, kwelders, zeegras, schelpenbanken en Schiermonnikoog?*

Paragraaf 7.1.2 beschrijft welke uitgangspunten worden gebruikt om de natuurimpact te beoordelen. Bij de uitwerking van de routes is gezocht naar de techniek met de minste natuurimpact. Waarbij verstoring van bijzondere elementen zoals kwelders, zeegras, schelpenbanken, de zeewering en Schiermonnikoog zo veel als mogelijk wordt vermeden. De -zo veel als mogelijke- geminimaliseerde- natuurimpact is vervolgens beoordeeld.

Aanlegtechnieken die het mogelijk maken om deze bijzondere elementen toch te doorkruisen, zonder ze te beschadigen, zijn ondergrondse aanlegtechnieken. Ideaal zijn deze ondergrondse aanlegtechnieken (nog) niet: er moet namelijk (bovengronds) werkruimte worden ingenomen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het toepassen van een tunnel. Aangezien de maximaal in één keer aan te leggen lengte van een tunnel beperkt is, is de kans aanwezig dat de benodigde werkruimte in bijzonder gebied komt te liggen.

- d. *Kan er op basis van vraag 1a, b, c een "toolbox" worden ontwikkeld met aanpak en technieken passend bij dit gebied?*

In hoofdstuk 9 'Toepasbare aanlegtechnieken' is de gevraagde toolbox opgenomen.

2. *Hoe kunnen de routealternatieven die door VAWOZ (Witteveen+Bos) worden onderzocht om respectievelijk 2, 4 of 6 GW aan land te brengen voor/in 2030 worden benut, met inachtneming van de uitkomsten van vraag 1?*

- a. *Welke scenario's (0, 2, 4 of 6 GW) zijn mogelijk op basis van de onderzochte routes?*

Bij het opstellen van de longlist van routes, zijn de VAWOZ-routes meegenomen. Vervolgens heeft op basis van deze longlist een trechtering plaatsgevonden. Deze trechtering (hoofdstuk 8) heeft geresulteerd in 7 nader verkende routes.

De VAWOZ-routes in het oosttracé zijn geoptimaliseerd. Deze optimalisatie heeft in dit onderzoek kunnen plaatsvinden, doordat Deltares momenteel een morfologiestudie uitvoert. Eerste resultaten van dit onderzoek zijn tussentijds gedeeld en in dit onderzoek meegenomen.

- b. *Welke volgorde van aanleg is het slimst om mogelijke toekomstige doorkruising van de Waddenzee (met waterstofleiding en/of elektriciteitskabel) niet te belemmeren en schade aan de Waddenzee zoveel mogelijk te beperken?*

In de beoordelingstabel (tabel 29) is uitgegaan van een worst-case scenario, waarbij in de meest kwetsbare periode van een soort in een belangrijk leefgebied wordt gewerkt en/of gevoelige gebieden niet ontwaken kunnen worden. Of een negatief effect uiteindelijk optreedt en hoe groot dit negatieve effect is, is onder andere afhankelijk van de techniek die wordt toegepast, de periode waarin de aanleg plaatsvindt, hoelang de aanleg duurt, hoe groot het verstoorde oppervlak is en hoe vaak (frequentie) verstoring optreedt en of mitigerende maatregelen kunnen worden genomen om de effecten te verzachten. Op basis van de diepgang van dit onderzoek, kunnen we geen uitspraken doen over wat de slimst mogelijke volgorde van aanleg is. Hiervoor is een passende beoordeling nodig.

- c. *Wat is de haalbaarheid en meerwaarde van het opwaarderen, amoveren of vervangen van bestaande kabels en gasleidingen?*

De haalbaarheid hiervan is zeer onzeker. Dit komt omdat aanpassingen van bestaande kabels en leidingen in algemene zin zeer ingrijpend is voor de actuele energie- of datavoorziening via deze kabels, aangezien deze geruime

tijd buiten bedrijf zijn. Hierdoor is het verkrijgen van toestemming van de eigenaren onzeker. Over alle kosten en risico's die deze aanpassing met zich meebrengt, moeten namelijk vooraf bindende juridische afspraken worden gemaakt. Alles bij elkaar maakt dit deze optie juridisch zeer complex en is het al dan niet verkrijgen van medewerking van elke individuele eigenaar een potentiële showstopper voor de realisatie (zie paragraaf 2.1.10 voor een uitgebreide toelichting).

3. Leidt toepassing van innovatie in aanleg/reparatie (naar aanleiding van vraag 1) tot nieuwe routemogelijkheden (op basis van routes van Witteveen+Bos) in de periode <2030?

Toepassing van innovatie in aanleg- en reparatiemethodes leidt tot nieuwe potentiële routemogelijkheden. In totaal zijn er 7 alternatieve routes nader verkend en beoordeeld. Wij zien hierbij op basis van onze verkenning op dit moment nog geen definitieve showstoppers op deze 7 routes. Op alle verkende routes is echter wel degelijk sprake van enkele of meerdere risico's en/of potentiële showstoppers. Waaronder technische of vergunning technische zaken die bij een verdere uitwerking van de routes kunnen leiden tot de conclusie dat de beschreven route niet uitvoerbaar is. Voor al deze routes geldt dan ook nadrukkelijk dat aanvullend onderzoek, verdere detaillering van de routes en het maken van bestuurlijke keuzes aangaande de unieke waarde van het te doorkruisen gebied noodzakelijk zijn.

4. Wat is er aanvullend mogelijk in de periode 2030-2040?

a. Welke mogelijkheden zijn er om na 2030 elektriciteitsverbindingen aan te leggen en via welke route (boven op de mogelijkheden binnen scope <2030)?

Bij het beoordelen van de routes is getoetst op toekomstbestendigheid. Tabel 29 laat zien dat voor een aantal routes er, op basis van de in dit onderzoek gehanteerde uitgangspunten, nog ruime uitbreidingsmogelijkheden zijn, waar die voor andere routes (zeer) beperkt zijn. Routes 20, 12 en 2, allen 500 meter op het smalste deel, worden op basis van de gehanteerde uitgangspunten, als toekomstbestendig beschouwd. Daarbij liggen de grootste nog nader te onderzoeken uitdagingen bij route 2. Route 11, met

400 meter op het smalste deel, wordt ook nog als toekomstbestendig beschouwd. En routes 9, 8 en 6, allen met 200 meter op het smalste deel, worden als niet toekomstbestendig beschouwd.

b. Welke mogelijkheden zijn er om na 2030 een waterstofleiding aan te leggen en via welke routes?

De invulling van de routes, betreffende de aanlegtechnieken, richt zich vooral op 2030 en daarmee de beoogde hoogspanningskabels. Niet alle aanlegtechnieken zijn geschikt voor de waterstofleiding die mogelijk na 2030 komt, zoals in hoofdstuk 8 aangegeven. Voor de waterstofleiding zal er (deels) een andere aanlegtechniek gekozen moeten worden voor invulling van de route. Dit zal specifiek voor de waterstofleiding tot een nieuwe beoordeling leiden. Wanneer we alleen naar het ruimtelijke aspect kijken, bieden de routes die als toekomstbestendig worden beschouwd (route 20, 12, 11 en 2) de meeste mogelijkheden voor een waterstofleiding.

c. Welke volgorde van aanleg is het slimst om mogelijke toekomstige doorkruising van de Waddenzee (met waterstofleiding en/of elektriciteitskabels) niet te belemmeren en schade aan de Waddenzee zoveel mogelijk te beperken?

Binnen de in de verkenning gehanteerde corridor aanpak is het mogelijk om aanleg van kabels en leidingen goed op elkaar af te stemmen, ook in tijd. Over het algemeen is echter de kans op negatieve milieueffecten groter wanneer er met tussenpozen een versturende activiteit plaatsvindt, afhankelijk van de aard van de activiteit. Het in één campagne aanleggen van alle benodigde kabels lijkt om die reden wellicht de voorkeur te hebben, echter is dit van veel zaken afhankelijk die nader onderzoek op een hoger detailniveau vergen. Om die reden is deze onderzoeksvraag dan ook niet goed te beantwoorden op basis van de uitgevoerde verkenning.

d. Wat is de haalbaarheid en meerwaarde van het opwaarderen, amoveren of vervangen van bestaande kabels en gasleidingen?

Zie het antwoord op vraag 2c.

1. Inleiding

DISCLAIMER: Onderstaande resultaten zijn afkomstig uit een verkenning die in een relatief kort tijdsbestek heeft plaatsgevonden, met als doel om te inventariseren hoe de kabelroute(s) met zo min mogelijk impact kan/kunnen worden aangelegd. De exacte impact van een route is afhankelijk van het definitieve routeontwerp, zowel qua ligging en toepassing van technieken als qua benodigde logistieke bewegingen naar werklocaties. De impact is daarnaast ook afhankelijk van wanneer iets uitgevoerd wordt, hoelang dit duurt en hoe vaak dit moet worden herhaald. Een nadere onderzoek verantwoording treft u aan in hoofdstuk 13.

1.1 Aanleiding en doel van de verkenning

Het 'Onderzoek innovatie doorkruising Waddengebied' wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, provincie Groningen, TenneT en Gasunie. De Verkenning aanlanding Wind op Zee 2030 (VAWOZ 2030) en de uitkomsten van de Joint Fact Finding (JFF) Corridor vormen de aanleiding voor dit onderzoek. De opdrachtgevende partijen willen gezamenlijk onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om de Waddenzee zoveel mogelijk te ontzien bij de aanlanding van offshore windenergie in Noord-Nederland. Middels de in paragraaf 1.4 uiteengezette onderzoeksvragen, wordt de verbinding gezocht tussen twee grote uitdagingen. Namelijk enerzijds het beschermen van het UNESCO werelderfgoed gebied Waddenzee, en anderzijds de aanlanding van offshore windenergie, welke van cruciaal belang is voor de realisatie van de klimaatopgave.

In deze verkenning wordt, in aanvulling op reeds lopende verkenningen, verkend middels welke innovatieve (aanleg)technieken en/of eventuele alternatieve routes het Waddengebied kan worden doorkruist om de windgebieden op zee aan te landen. Daarnaast wordt de impact van deze technieken en routes op gebied van Natuur, Morfologie, Ruimte, Techniek, Planning en Kosten inzichtelijk gemaakt. In deze verkenning is rekening

gehouden met alle te ontwikkelen relevante windgebieden tot 2030, en worden op hoofdlijnen de ontwikkelingen tot 2040 beschouwd.

Door met een frisse blik te kijken, door de in de onderstaande onderzoeken gehanteerde uitgangspunten en randvoorwaarden uit te dagen, en door het inventariseren van innovatieve technieken of toepassingen van technieken kan dit onderzoek mogelijk leiden tot nieuwe routhemogelijkheden om het Waddengebied te doorkruisen.

Dit rapport reikt beslisinformatie aan ten behoeve van een bestuurlijke afweging. Royal HaskoningDHV trekt geen conclusies, omdat de weging van de impact van de aanleg van kabels en leidingen op verschillende aspecten als ecologie, morfologie en ruimte als een bestuurlijke keuze wordt beschouwd.

De reeds lopende verkenningen, onderzoeken en relevante beleidsstukken zijn:

Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden (NOZ TNW) - Uitwerking van het voorkeustracé voor de aanlanding van het platform op zee van 700 MW ten behoeve van de ontsluiting van het windpark Ten noorden van de Waddeneilanden. Te raadplegen via: <https://www.netopzee.eu/tennoordenvandewaddeneilanden/>

Verkenning aanlanding wind op zee 2030 (VAWOZ 2030) - Binnen de studie VAWOZ 2030 wordt gekeken waar de energie van nog te bouwen windparken op zee het beste aan land kan worden gebracht. Deze studie kijkt naast de windgebieden boven de Waddeneilanden, ook naar de overige te bouwen windparken in het Nederlands zeegebied tot 2030. Aan de hand van deze verkenning over de aanlandingsmogelijkheden, worden er besluiten genomen of en waar er met ruimtelijke procedures voor een netaansluiting wordt gestart. Te raadplegen via: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hoogspanning/verkenning-aanlanding-wind-op-zee-vawoz>

Verkenning aanlanding wind op zee 2030-2040 (VAWOZ 2030-2040)

- Binnen de studie VAWOZ 2030-2040 wordt gekeken hoe de energie van, nog te bouwen, windparken op zee het beste aan land kan worden gebracht. Deze studie kijkt naast de windgebieden boven de Waddeneilanden, ook naar de overige te bouwen windparken in het Nederlands zeegebied tussen 2030 en 2040. Te raadplegen via: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hoogspanning/verkenning-aanlanding-wind-op-zee-vawoz>

Programma Noordzee 2022-2027 – Dit programma gaat over de indeling van de Noordzee. Het Programma Noordzee is het beleidsinstrument om de ruimte op de Noordzee voor alle gebruikers en functies te verdelen. Een belangrijk onderdeel hiervan is windenergie. Momenteel ligt een ontwerp Programma Noordzee ter inzage. Hierin zijn alleen nog potentiële windgebieden gedefinieerd, en nog geen gebieden aangewezen. In afwachting van nadere onderzoeken, zal naar verwachting het kabinet in oktober 2021 een aanvullend ontwerp Noordzee 2022-2027 publiceren, waarin wel windgebieden worden aangewezen. Te raadplegen via: <https://windopzee.nl/actueel/nieuws/nieuws/ontwerp-programma-noordzee-2022-2027-gepubliceerd/#:~:text=E%C3%A9n%20van%20de%20onderdelen%20is%20het%20Programma%20Noordzee,zoals%20visserij%2C%20natuur%2C%20scheepvaart%20en%20windenergie%20te%20verdelen.>

Verziltingseffecten landbouw 2020-ntb – Uit onderzoek komt naar voren dat er in toenemende zin verziltingseffecten kunnen optreden langs de Waddenkust. Voor de landbouw in de zone langs de Waddenzeedijk is het van belang om over voldoende zoet water te kunnen beschikken voor bepaalde teelten. Na een eerste verkennend verziltingsonderzoek in 2020 wordt door het bureau Acacia Water in 2021 gestart met een uitgebreid verziltingsonderzoek, waarbij onder meer gekeken wordt of de aanleg van NOZ TNW additionele verziltingseffecten met zich mee kan brengen. Uitgangspunt hierbij is het Voorkeursalternatief Eemshaven west. In het

onderzoek dat samen met onder andere LTO Noord en het waterschap Noorderzijlvest is opgezet, worden theorie (rekenmodellen) en praktijk (veldmetingen) gecombineerd om gedurende meerdere jaren te meten en mogelijke effecten te bepalen. Verschillende klimaatscenario's worden hierbij als referentiepunt genomen. Ook wordt onderzocht welke mitigerende maatregelen er mogelijk zijn om effecten te verkleinen.

Morfologie Oostelijk Waddengebied – In opdracht van Rijkswaterstaat voert Deltares momenteel een onderzoek uit naar de Morfologie van het oostelijk Waddengebied. Zij actualiseren hiertoe de kombergingsstudie² en nemen hierin specifiek de door Royal HaskoningDHV geïnventariseerde routes mee. Doel van het onderzoek is het in beeld brengen hoe het kombergingsgebied erbij ligt, hoe het kombergingsgebied zich de afgelopen decennia heeft ontwikkeld en indien mogelijk voorzichtige voorspellingen voor de toekomst. De tussenresultaten dienen als input voor dit onderzoek.

Regioadvies Net op Zee Ten noorden van de Waddeneilanden 2020 –

In het Regioadvies adviseren dertien overheden in de provincies Groningen en Fryslân het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat om het windpark Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden aan te laten sluiten op de Eemshaven. Het advies heeft betrekking op alle voor de regio relevante aspecten van een verbinding tussen het (aan te leggen) windpark en de aansluiting op het hoofdnat. Te raadplegen via: [Uitgaand-Stuk GS \(provinciegroningen.nl\)](https://www.provinciegroningen.nl/uitgaand-stuk-gs)

Agenda voor het Waddengebied 2050 – In deze Agenda voor het Waddengebied 2050 hebben overheden, natuurorganisaties, visserijorganisaties en de samenwerkende havens een gezamenlijke koers voor het Waddengebied geformuleerd en een agenda om die koers in te zetten. De gebiedsagenda bundelt bestaande ambities, doelen en strategieën van Rijk en regio, scherpst deze aan waar dat kan en benoemt de belangrijkste opgaven en bijbehorende dilemma's die door nieuwe ontwikkelingen op het Waddengebied afkomen. Waar mogelijk bevat de Agenda ook nieuwe

² De Waddenzee bestaat uit verschillende deelgebieden, zogenaamde kombergingen. Zo'n komberging staat in verbinding met de Noordzee via een zeegat. Met het getij stroomt er water in en uit.

beleidskeuzes. Tegelijk zullen partijen samen de komende jaren nog keuzes moeten maken. Daarmee vormt deze Agenda het vertrekpunt voor beleid en beheer, en een gezamenlijke agenda voor de keuzes en opgaven waar partijen gezamenlijk voor staan in het Waddengebied.

1.2 Onderzoekscontext

Naast de voorafgaande beschreven lopende onderzoeken, wordt dit onderzoek uitgevoerd in een bredere context.

Deze onderzoeksrapportage is namelijk één van de stukken op basis waarvan in het najaar van 2021 een integrale afweging wordt gemaakt voor de aanlanding van Wind op Zee. Deze integrale afweging kan ertoe leiden dat ook het reeds gekozen voorkeurstracé voor het project Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden nog wordt gewijzigd. Verschillende belanghebbenden hebben weerstand geuit tegen de voornomen tracékeuze. Bij deze verkenning zijn verschillende stakeholders nauw betrokken en is het Omgevingsberaad Waddengebied vertegenwoordigd in het projectteam.

Het te doorkruisen gebied is zowel UNESCO Werelderfgoed als Natura 2000-gebied. De hoofddoelstelling voor dit gebied is 'een duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap'. Deze hoofddoelstelling werd reeds in de PKB Waddenzee (2007) omschreven en wordt ook in de vorig jaar verschenen Agenda voor het Waddengebied 2050³ (december 2020) opnieuw als hoofddoelstelling aangehouden.

De opgave vanuit die hoofddoelstelling is om op een zorgvuldige wijze, met zo min mogelijk effect op de natuurwaarden, kabels en (buis)leidingen noodzakelijk voor de energietransitie door de Waddenzee en in het Waddengebied aan te leggen. In de Agenda voor het Waddengebied 2050 is ten aanzien van de aanleg van kabels in de Waddenzee de volgende strategie beschreven: aanleg (en onderhoud) van kabels en leidingen vindt plaats met

zo min mogelijk effect op de natuurwaarden en in de bodem aanwezige archeologische waarden.

Uitgangspunt blijft het clusteren van kabels, buizen en leidingen en zuinig gebruik van de beperkte ruimte in de Waddenzee. De aanleg van kabels en buisleidingen door de Waddenzee, van de Noordzee naar het vaste land en naar de Waddeneilanden, dient in beginsel aan te sluiten bij bestaande corridors (westzijde nabij Den Helder en oostzijde nabij de Eemshaven). Voor het bepalen van de effecten op natuurwaarden vormt de Wet natuurbescherming het belangrijkste kader (zie Beoordelingskader natuur in hoofdstuk 6).

1.3 Onderzoeksvragen

Om het doel van de verkenning te bereiken, worden onderstaande aan ons voorgelegde onderzoeksvragen in deze rapportage beantwoord:

1. Welke innovaties in aanlegmethodes (en innovaties op reparatiegebied) zijn er mogelijk/beschikbaar (onderverdeeld in <2030 en 2030-2040) en hoe kunnen deze worden toegepast?

- a. Wat is de natuurimpact, het ruimtebeslag, vergunbaarheid en financiële (kwalitatieve) beoordeling van deze innovaties? Wat zijn de doorlooptijden (aanleg) en risico's van de innovatieve technieken?*
- b. Wat kan er van Duitsland en Denemarken worden geleerd over de bescherming van het milieu en natuur bij het ontwikkelen van kabel- en leidingenroutes?*
- c. Welke mogelijkheden zijn er voor de doorkruising van bijzondere elementen zoals o.a. de zeewering, kwelders, zeegras, schelpenbanken en Schiermonnikoog?*
- d. Kan er op basis van vraag 1a, b, c een "toolbox" worden ontwikkeld met aanpak en technieken passend bij dit gebied?*

³ In de Agenda voor het Waddengebied 2050 (december 2020) hebben overheden, natuurorganisaties, visserijorganisaties en de samenwerkende havens een gezamenlijke koers voor het Waddengebied geformuleerd en een agenda om die koers in te zetten. De gebiedsagenda bundelt bestaande ambities, doelen en strategieën van Rijk en regio, scherpst deze

aan waar dat kan en benoemt de belangrijkste opgaven en bijbehorende dilemma's die door nieuwe ontwikkelingen op het Waddengebied afkomen. URL: <https://www.agendavoorhetwaddengebied2050.nl/>

2. Hoe kunnen de routealternatieven die door VAWOZ (Witteveen+Bos) worden onderzocht om respectievelijk 2, 4 of 6 GW aan land te brengen voor/in 2030 worden benut, met inachtneming van de uitkomsten van vraag 1?

- a. Welke scenario's (0, 2, 4 of 6 GW) zijn mogelijk op basis van de onderzochte routes?
- b. Welke volgorde van aanleg is het slimst om mogelijke toekomstige doorkruising Waddenzee (met waterstofleiding en/of elektriciteitskabel) niet te belemmeren en schade aan de Waddenzee zoveel mogelijk te beperken?
- c. Wat is de haalbaarheid en meerwaarde van het opwaarderen, amoveren of vervangen van bestaande kabels en gasleidingen?

3. Leidt toepassing van innovatie in aanleg/reparatie (naar aanleiding van vraag 1) tot nieuwe routemogelijkheden (op basis van routes van Witteveen+Bos) in de periode <2030?

4. Wat is er aanvullend mogelijk in de periode 2030-2040?

- a. Welke mogelijkheden zijn er om na 2030 elektriciteitsverbindingen aan te leggen en via welke route (boven op de mogelijkheden binnen scope <2030)?
- b. Welke mogelijkheden zijn er om na 2030 een waterstofleiding aan te leggen en via welke routes?
- c. Welke volgorde van aanleg is het slimst om mogelijke toekomstige doorkruising van de Waddenzee (met waterstofleiding en/of elektriciteitskabels) niet te belemmeren en schade aan de Waddenzee zoveel mogelijk te beperken?
- d. Wat is de haalbaarheid en meerwaarde van het opwaarderen, amoveren of vervangen van bestaande kabels en gasleidingen?

1.4 Diepte van het onderzoek

Voor deze verkenning zetten we experts in die in staat zijn om, op basis van ervaring en met kennis van het gebied, een expert judgment te geven. Ook vindt er een trechtering plaats. Alle geïnventariseerde routes en technieken

worden in dit rapport beschreven. Na trechteren van de routes zal slechts een selectie van routes, die binnen het onderzoeksgebied vallen en waarbij de volgens experts best toepasbare technieken met zo min mogelijk ecologisch en morfologisch effect kunnen worden ingezet, nader worden uitgewerkt. De afwegingen die hierin worden gemaakt worden beschreven.

Vervolgens worden deze nader uitgewerkte routes beoordeeld aan de hand van het beoordelingskader. Dit kader bevat de volgende aspecten: ecologie, morfologie, ruimte, techniek en kosten & planning. Een nadere milieueffectenanalyse behoort niet tot de scope van deze opdracht.

Een meer uitgebreide onderzoeksverantwoording is te vinden in hoofdstuk 13.

1.5 Integrale besluitvorming in najaar 2021

Dit rapport is in september 2021 ter beschikking gesteld ten behoeve van een integraal besluitvormingsmoment, voorzien in het najaar van 2021. Op dat moment wordt een integrale bestuurlijke afweging gemaakt. Hierin wordt een keuze gemaakt in het kader van VAWOZ 2030. En wordt besloten voor welke route(s) of en waar er met ruimtelijke procedures wordt gestart. Daarin wordt dit onderzoek nadrukkelijk meegewogen.

Daarnaast wordt ook besloten of er vanuit de lopende verkenningen nieuwe inzichten zijn, die aanleiding geven het huidige voorkeursalternatief voor Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden opnieuw te beschouwen.

1.6 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt eerst het onderzoeksproces beschreven. In hoofdstuk 3 worden de gehanteerde uitgangspunten beschreven, gevolgd door een beschrijving van de morfologie, de natuurwaarden en de vigerende natuurwetgeving van het Waddengebied in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 wordt in een synthese van de stakeholder- en expertgesprekken de hoofdlijnen van de opgehaalde input beschreven. Vervolgens gaat hoofdstuk 6 in op de middels bureaustudie en de gevoerde gesprekken geïnventariseerde routes.

Vervolgens wordt ingegaan op de wijze van beoordelen van de routes (hoofdstuk 7). De daadwerkelijke trechtering van mogelijke routes naar nader te detailleren routes wordt in hoofdstuk 8 beschreven.

Om op een route een kabel of (buis)leiding aan te leggen zijn verschillende technieken toepasbaar. Deze technieken met bijbehorende technische beperkingen en bodemimpact worden uiteengezet in hoofdstuk 9.

In hoofdstuk 10 wordt middels expert judgment de afweging gemaakt welke techniek(en) het best toegepast kunnen worden in de nader te detailleren routes en worden dwarsprofielen opgesteld. Vervolgens worden deze dwarsprofielen beoordeeld (hoofdstuk 11).

In hoofdstuk 12 worden enkele bevindingen en aanbevelingen gepresenteerd. Dit rapport bevat geen weging en conclusies. Wel bevat het rapport feiten, bevindingen en aanbevelingen. De impact van technieken en routes worden inzichtelijk gemaakt en ten opzichte van elkaar beoordeeld. De bevindingen en aanbevelingen die hieruit voortvloeien, dienen als bouwsteen richting besluitvorming. Het rapport sluit af met een uitgebreidere onderzoeksverantwoording in hoofdstuk 13.

2 Proces

Het voor dit onderzoek doorlopen proces was erop gericht om de beschikbare technische kennis van betrokken partijen, zoals onder andere Gasunie en TenneT (Techniek), optimaal te ontsluiten. Daarnaast is de focus gelegd op de beoordeling van de meest kritische effecten, namelijk die op morfologie en ecologie (Natuur). Tot slot hebben we oog gehad voor de toekomstbestendigheid van de routes. Zodat nieuwe ontwikkelingen in de nabije toekomst niet voor onnodige, nieuwe verstoring zorgen (Ruimte).

De mogelijke toepasbare (aanleg)technieken en routealternatieven zijn via bureaustudie, stakeholder- en expertgesprekken en integrale ontwerp sessies geïnterpreteerd. Hierbij zijn ook de in de lopende verkenningen beschouwde routealternatieven meegenomen. In figuur 2-1 worden ter illustratie de routes uit de VAWOZ 2030-studie weergegeven.



Figuur 2-1 - Routealternatieven VAWOZ 2030

(Beschikbaar gesteld door Witteveen+Bos)

2.1 Betrokken partijen

Ten behoeve van dit onderzoek zijn op verschillende niveaus partijen betrokken. Er heeft een intensieve samenwerking plaatsgevonden met het projectteam (paragraaf 2.1.1). Daarnaast hebben stakeholder- en expertgesprekken plaatsgevonden (paragraaf 2.1.2 en 2.1.3) en is dit onderzoek aan bod geweest bij verschillende omgevings sessies (paragraaf 2.1.4). De betrokkenheid wordt hieronder nader toegelicht.

2.1.1 Projectteam

Het projectteam bestond naast vertegenwoordigers van de opdrachtgevende partijen (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Gasunie, TenneT en provincie Groningen) en de opdrachtnemer Royal HaskoningDHV, uit vertegenwoordigers van een aantal belanghebbende organisaties. Namelijk het Omgevingsberaad Waddengebied, het Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit, gemeente Het Hogeland, Rijkswaterstaat, Groningen Seaports en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).

Het Omgevingsberaad Waddengebied is het adviesorgaan voor het Bestuurlijk Overleg Waddengebied (BOW). Het is tevens een platform waar gestructureerde discussies over het Waddengebied worden geïnitieerd en waar informatie over het Waddengebied wordt uitgewisseld.

2.1.2 Expertgesprekken

In het proces is ook nadrukkelijk aandacht besteed aan het ontsluiten van al beschikbare kennis. Via een bureaustudie en expertgesprekken is de huidige stand van de techniek op het gebied van aanleg van kabels en leidingen in kaart gebracht.

De partijen die input hebben geleverd zijn:

- Gasunie
- TenneT
- Intecsea
- Rijkswaterstaat

- Ministerie van Milieu (van Duitsland en Denemarken)
- Energinet (Netbeheerder Denemarken)

2.1.3 Stakeholdergesprekken

Dit onderzoek is niet uitsluitend technisch van aard. Het onderzoek is nauwlettend gevolgd door omgevingspartijen. Om alle (out-of-the-box)-ideeën op te halen, het concept-beoordelingskader te toetsen en om de kennis en inzichten van deze partijen mee te nemen, hebben stakeholdergesprekken plaatsgevonden. In bijlage 2 is een overzicht van alle betrokken partijen opgenomen.

2.1.4 Omgevingssessies

Naast de stakeholdergesprekken is er ook in een tweetal Omgevingssessies Noord (onderdeel van het VAWOZ-proces) en twee sessies met het Omgevingsberaad Waddengebied (juni en augustus, 2021) aandacht geweest voor dit onderzoek. De eerste sessies in juni (OBW) en juli (Omgevingssessie Noord) hadden een procesmatig karakter. De aanpak, het beoordelingskader en de scope zijn toegelicht. Een tussenversie van het rapport is tijdens deze sessie niet besproken.

Tijdens de bijeenkomst op 23 augustus (OBW) is de inhoud van het rapport gepresenteerd en besproken. Hierbij is het Omgevingsberaad Waddengebied in de gelegenheid gesteld een inhoudelijke reactie te geven op een tussenversie, zodat deze reactie mee kon worden genomen bij het afronden van dit onderzoek. De Omgevingssessie Noord van september had tot doel om het onderzoek inhoudelijk toe te lichten en eventuele vragen te beantwoorden. Zodat alle partijen goed geïnformeerd de bevindingen uit dit onderzoek kunnen meewegen in hun advies of besluitvorming.

2.1.5 Waddenacademie

Gedurende dit onderzoek is het rapport ook tweemaal gereviewd door de Waddenacademie. De eerste review vond plaats op basis van de tussenrapportage. Bij deze review is vooral advies gegeven hoe Royal HaskoningDHV de aanpak kon verbeteren en zijn aandachtspunten

Geografische scope van de verkenning

Met de verkenning Innovatie Doorkruising Waddengebied onderzoeken het Ministerie van EZK, TenneT, Gasunie en de provincie Groningen hoe door middel van (technologische) innovaties en alternatieve aanlegtechnieken de Waddenzee zoveel mogelijk kan worden ontzien bij de aanlanding van offshore windenergie in Noord-Nederland. Dit onderzoek is onderdeel van de Verkenning Aanlanding Wind op Zee 2030 (VAWOZ), waarin adviesbureau Witteveen en Bos op nationaal niveau de routeopties voor kabelverbindingen naar nieuwe windparken op de Noordzee onderzoekt. Zowel in VAWOZ 2030 als in VAWOZ 2030-2040 is de provincie Groningen in beeld voor de aanlanding van energie uit offshore windparken vanwege de grote toename in elektrische vraag in Noord-Nederland. Dit hangt samen met het vergroenen van de industrie, de opbouw van de waterstofeconomie en de lokale energietransitie. Daarnaast worden andere aanlandlocaties (langs de Noordzeekust) volledig benut voor de aanlanding van offshore windenergie uit andere toekomstige windparken op de Noordzee (zie de Afwegingsnotitie VAWOZ 2030 van Witteveen en Bos). De geografische scope van het onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied ligt daarom tussen de oostkant van Ameland en Borkum.

meegegeven. Op zowel de 80% versie als de 95% versie is schriftelijk input geleverd die verwerkt kon worden in deze 100% versie. De Waddenacademie heeft op basis van deze versie een oplegger opgesteld die hun visie op het rapport weergeeft.

Vanuit de Waddenacademie zijn de reviews uitgevoerd door:

1. Prof.dr. Peter Herman (ecologie)
2. Prof.dr. Cees van Rhee (baggeren)
3. Prof.dr. Zheng Bing Wang (morfologie)

2.2 Onderzoeksgebied

Het in de onderzoeksopdracht omschreven onderzoeksgebied beperkt zich tot het oostelijk Waddengebied. Dit gebied strekt zich uit van Oost-Ameland tot en met het Eems-Dollard gebied. In deze verkenning, onderzoeken we uitsluitend hoe met innovatieve (aanleg)technieken de zee en het Waddengebied (inclusief de eilanden) kan worden doorkruist. Het deel van het tracé dat zich op het vaste land bevindt, wordt niet meegenomen. Wel geven we in deze verkenning de effecten, van de aangepaste tracés op de omvang van het bijbehorende landtracé, kwantitatief (in afstanden) weer.

Voor de nadere uitwerking van de routealternatieven, hebben we dwarsdoorsnedes gemaakt die reiken tot de grens van de territoriale wateren (12 zeemijl) vanaf de Nederlandse kust.

2.3 Methode

De verkenning is uitgevoerd in een periode van vier maanden. Gezien deze beperkte doorlooptijd is de aanpak gebaseerd op het gebruik van bestaande kennis en de inzet van experts. Onze onafhankelijke experts (Royal HaskoningDHV & IntecSea) hebben op basis van hun kennis en expertise en de ingebrachte kennis en expertise van de betrokken partijen (waaronder Gasunie en TenneT) afwegingen en beoordelingen gemaakt, waarmee de onderzoeksvragen zijn beantwoord.

Middels onderstaand stappenplan zijn de 4 onderzoeksvragen beantwoord. Deze stappen zijn deels parallel aan elkaar uitgevoerd.

- **Stap 1: Vergaren beschikbare informatie en out-of-the-box ideeën**

Deze stap bestond enerzijds uit het doen van een bureaustudie en anderzijds het voeren van gesprekken met experts en belanghebbenden.

Tijdens de gesprekken is kennis gedeeld en zijn ideeën aangedragen met betrekking tot de mogelijke toepasbare technieken en mogelijke routealternatieven. Met de belanghebbende partijen is ook het concept beoordelingskader besproken.

• **Stap 2: Vaststellen beoordelingskader en (technische) uitgangspunten**

Op basis van de in stap 1 gevoerde gesprekken is het beoordelingskader verder aangescherpt en daarna vastgesteld.

Ook is bepaald welke (technische) uitgangspunten in deze verkenning worden gehanteerd.

- **Stap 3: In kaart brengen van mogelijke routealternatieven**

Op basis van de in stap 1 opgehaalde suggesties, de vergaarde kennis en het expert judgment van de specialisten zijn mogelijke routealternatieven in kaart gebracht. Dit is een long-list van mogelijke routes voor de aanlanding van de opgewekte energie via wind op zee.

Bij het dimensioneren van de routes is, met het oog op toekomstbestendigheid, uitgegaan van een corridorprincipe. We hanteren daarin, op basis van de vastgestelde uitgangspunten, een breedte voor de corridor waar minimaal drie kabels van 2 gigawatt gelijkstroom (2 GW DC) en twee kabels van 350 megawatt wisselstroom (700 MW AC) in te passen zijn. Dit is de capaciteit van de te verwachten windparken op zee tot 2030, met voorziene aanlanding in Noord-Nederland.

Deze routes zijn in één kaart inzichtelijk gemaakt. Op deze kaart (figuur 5-1) staan ook de huidige aanwezige kabels en leidingen afgebeeld.

- **Stap 4: Inventariseren toepasbare (aanleg)technieken**

Op basis van de in stap 1 vergaarde kennis en de expertise van specialisten is een long-list van de toepasbare technieken voor de aanleg van kabels en (buis)leidingen in het onderzoeksgebied opgesteld. Hierbij zijn enkel innovaties meegenomen die reeds zijn toegepast op eerdere projecten of in praktijk succesvol zijn beproefd als pilotproject. Dit om te voorkomen dat innovaties die zich momenteel in een vroeg stadium van ontwikkeling bevinden, later toch ontoepasbaar blijken te zijn.

De technieken zijn onderverdeeld op basis van het type gebied waarin ze te gebruiken zijn, namelijk:

- Technieken op land
- Technieken voor ondiepe wateren
- Technieken voor diepere wateren
- Ondergrondse technieken offshore

Van de technieken zijn ook de technische beperkingen en te verwachten bodemimpact beschreven.

- **Stap 5: Trechteren routes**

Binnen de scope van dit onderzoek was het niet mogelijk om alle routealternatieven nader uit te werken en in te vullen met technieken. Om tot zo'n objectief mogelijke selectie en beslisinformatie te komen, zijn de mogelijke routealternatieven in twee stappen getrechterd tot nader te detailleren routealternatieven.

A: De eerste selectie vond plaats op basis van het afgebakende onderzoeksgebied en of het alternatief een oplossing zou kunnen bieden voor de capaciteit die nodig is tot 2030. Alle routes die hierbuiten vielen zijn niet nader uitgewerkt.

B: Daarna zijn een aantal routes die sterke overeenkomsten vertonen of gedeeltelijk dezelfde ligging delen, beperkt of samengevoegd tot één route die representatief en kansrijk is.

- **Stap 6: Toepassen technieken op de te detailleren routes**

Om routes te kunnen beoordelen is het eerst van belang om te bepalen met welke techniek de kabels of (buis)leidingen kunnen worden aangelegd op de route. Dit is afhankelijk van de ruimtelijke, ecologische en morfologische eigenschappen.

Op basis van actuele morfologische gegevens van het Waddengebied vanuit Deltares en de verschillende habitattypen en ecologische waarden is met expert judgment bepaald welke technieken nodig zijn om de

aanleg van kabels of (buis)leidingen op de betreffende route te realiseren.

Hierbij was het uitgangspunt dat de techniek wordt gekozen waarmee de benodigde diepte kan worden gerealiseerd met de minst mogelijke impact op ecologische waarden.

- **Stap 7: Beoordelen routes op basis van beoordelingskader**

De nader gedetailleerde routes zijn beoordeeld op basis van het beoordelingskader. Per route is beschreven welke impact op het gebied van morfologie, ecologie, ruimte, kosten en planning te verwachten is.

Ook is in deze stap, omdat de route nader gedetailleerd was, beschouwd of er daadwerkelijk voldoende ruimte beschikbaar is in de corridor voor de aanleg van 3x 2 GW DC en 2x 350 MW AC-kabels (700 MW AC).

- **Stap 8: Beschouwen toekomstbestendigheid tot 2040**

Na de beoordeling is voor alle routes de toekomstbestendigheid beschouwd. Er is per route geanalyseerd of er nog ruimte beschikbaar is voor toekomstige ontwikkelingen. Hierbij is eerst bekeken of er ruimte is voor de aanleg van een waterstofleiding met een capaciteit voor 20 GW. Indien deze niet aanvullend aan de benodigde kabels tot 2030 (6,7 GW) op de route kan worden ingepast, is aangegeven hoeveel kabels nog passen als er geen waterstofleiding op de route wordt gelegd. Wanneer

Voorbeeld

In stap 5 is voor de aanleg van een kabel ter plaatse van een kwelder gekozen om een boring toe te passen. Dit vanwege het verminderde effect op de ecologische waarden van de kwelder ten opzichte van bijvoorbeeld een meer traditionele sleuftechniek. Echter, de boring heeft mogelijk nog steeds impact op de ecologische waarde van de kwelder. Deze impact wordt in stap 6 in kaart gebracht.

er naast de 6,7 GW kabels en de 20 GW waterstofleiding nog meer ruimte

over is, is aangegeven hoeveel 2 GW kabels er aanvullend kunnen worden ingepast.

3 Uitgangspunten verkenning

In dit hoofdstuk worden de in deze verkenning gehanteerde uitgangspunten beschreven.

3.1 Toelichting toe te passen kabel- en leidingconcepten

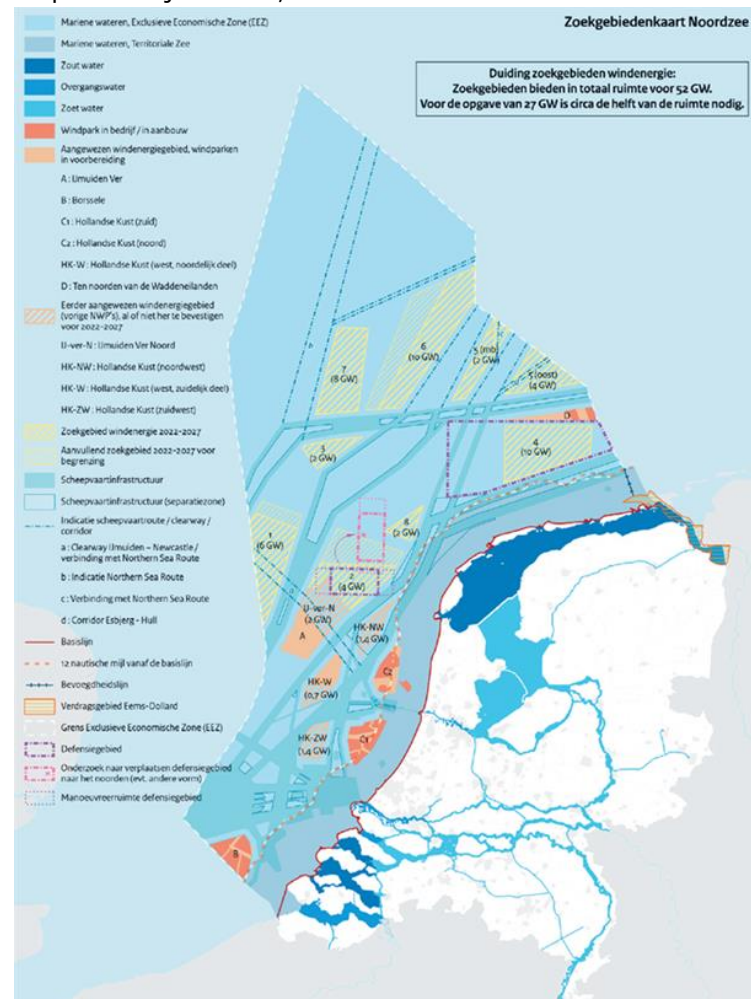
Aanlanding van de op zee opgewekte windenergie is mogelijk via zowel elektronen als moleculen. Wanneer ervoor wordt gekozen om de opgewekte energie als elektronen te transporteren, kan hierbij worden gekozen voor gelijkstroomkabels en wisselstroomkabels. Bij transport met moleculen wordt uitgegaan van het op zee via elektrolyse omzetten van de opgewekte elektriciteit naar waterstofgas.

Voor elektronen geldt dat er twee kabelconcepten zijn meegenomen in deze verkenning. Namelijk de 350 MW wisselstroom (AC) kabels en het 2 GW (=2.000 MW) gelijkstroom DC-concept. AC-kabel kan eenvoudiger worden aangesloten op de windturbines en het landelijke transportnet, maar is in vermogen en kabellengte beperkt. Een DC-kabel kent deze beperkingen niet en wordt dan ook toegepast bij windparken met een hoger vermogen die verder van de kust staan. Voor een windpark van 700 MW moeten twee kabels van 350 MW worden aangelegd. Met het innovatieve 2 DC-concept kan er meer vermogen over grotere afstanden aan land worden gebracht met een enkele kabel. Dit faciliteert het aansluiten van de groter wordende offshore windparken, steeds verder van de Nederlandse kust. Voor deze reden wordt de 2 GW DC-concept momenteel ontwikkeld, o.a. voor IJmuiden Ver, en is het de planning om zes 2 GW-kabels tussen 2028 en 2030 te realiseren.

3.2 Benodigde kabel en leidingen capaciteit

Tot 2030 is er voor 6,7 GW aan windparken voorzien ten noorden van Nederland. Het gaat hierbij om het windpark Ten noorden van de Waddeneilanden (TNW). Dit betreft een park met een capaciteit van 700 MW. Daarnaast is ook invulling van het zogenaamde 'zoekgebied 5' voorzien voor

2030. Dit zoekgebied heeft een capaciteit van 4 GW voor gebied 5 (oost) en 2 GW voor gebied 5 (middenberm). Na 2030 komen daar mogelijk de zoekgebieden 4, 6 en 7 bij. Deze gebieden hebben een totaal potentieel van respectievelijk 10 GW, 10 GW en 8 GW.



Figuur 3-1 – Zoekgebiedenkaart (Ontwerp Programma Noordzee 2022-2027, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021)

Per verkende route is bekeken wat de potentiële aanlandingscapaciteit is. Met andere woorden: voor hoeveel kabels is er ruimte op de route. Daarnaast is ook de mogelijkheid tot aanlanding middels moleculen meegenomen.

Bij de eerste uitwerking van routes is gekeken naar de mogelijkheden om 6,7 GW in één corridor aan te leggen. Bij de verdieping is beschouwd of op de route daadwerkelijk deze capaciteit mogelijk is in 2030. Ook is verkend wat er eventueel nog aanvullend mogelijk is op de route na 2030, waarbij er ook is gekeken naar een mogelijke waterstofleiding (zie paragraaf 10.8).

Voor de waterstofleiding gaan we uit van een grote diameter stalen leiding, waarmee onder een druk van 60 tot 80 bar waterstoftransport kan plaatsvinden met een vermogen van ongeveer 20 GW. De diameter ligt in de ordegrootte van 36" tot 48" (0,9 tot 1,2 meter). Dit is in lijn met de industriestandaarden voor gasleidingen.

Pilots en projecten waterstof via PE (plastic)leidingen

Er worden pilots en projecten uitgevoerd met het transport van waterstof via PE (plastic)leidingen, waarmee onder anderen corrosie wordt vermeden. Ook de elektromagnetische beïnvloeding van nabijgelegen elektriciteitskabels kan hiermee worden vermeden, die mogelijk de leidingen verder aantasten. Echter zijn er geen pilots of projecten bekend waarbij PE-waterstofleidingen worden toegepast met een diameter van rond 1 meter, die geschikt zijn voor hoge druk (60-80 bar). Daarom zijn PE-waterstofleidingen niet meegenomen in de verkenning, in lijn met de onderzoeksverantwoording betreffende innovaties. Aangezien realisatie van een waterstofleiding op zijn vroegst na 2030 plaatsvindt, kan toepassing tegen die tijd wellicht mogelijk zijn.

3.3 Kabelcorridor concept

In deze verkenning is een kabelcorridor concept toegepast als uitgangspunt. De kabelcorridor houdt in dat kabels en/of leidingen gezamenlijk in een toegewezen corridor worden aangelegd. Partijen die in een dergelijke corridor een kabel of leiding willen plaatsen, moeten zich houden aan de vooraf vastgestelde voorwaarden binnen de corridor (waaronder afstand tussen kabels en leidingen). Dit in plaats van dat iedere kabel en leiding een eigen route volgt en daarmee in het vervolg de ruimte voor andere kabels en leidingen beperkt. De routes die zijn onderzocht in deze verkenning, worden dan ook gezien als routes voor een kabelcorridor, waarin onderzocht is hoe de corridor kan worden aangelegd en hoeveel kabels en/of leidingen in de corridor passen.

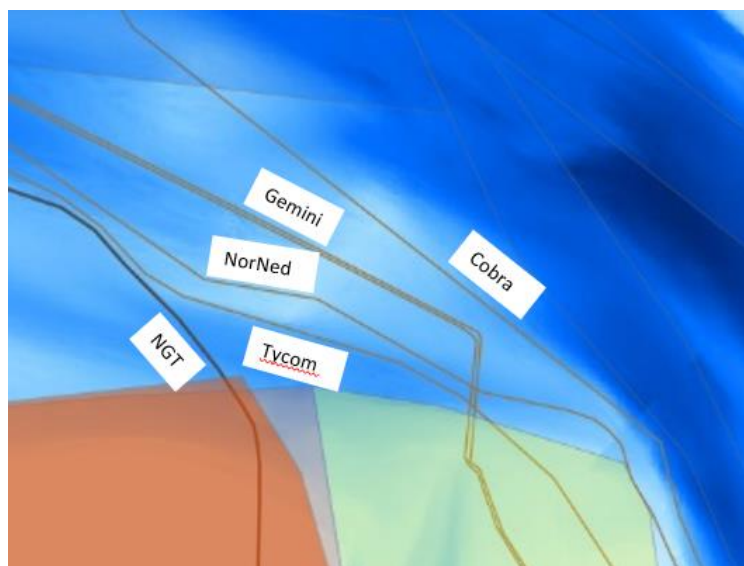
Het kabelcorridorconcept houdt in deze verkenning in dat kabels en leidingen parallel aan elkaar dezelfde route volgen. Een belangrijk uitgangspunt daarbij is, dat alle kabel- en leidingeigenaren de voorwaarden van de corridor accepteren om van een corridor gebruik te kunnen en mogen maken. Een voorbeeld van een voorwaarde is, dat de kabels en leidingen binnen een zekere minimale maar ook maximale afstand van elkaar moeten liggen om de beschikbare ruimte goed te benutten. Een praktijkvoorbeeld hiervan is LeidingenStraat Nederland (LSNED), tussen Rotterdam en Antwerpen, waar de corridorbeheerder onder andere de ligging van de nieuwe kabel of leiding bepaald.

3.4 Station Eemshaven

Voor deze verkenning is de aansluiting op het een hoogspanningsstation in de Eemshaven als uitgangspunt gehanteerd. Er is in de lopende studies VAWOZ 2030 en VAWOZ 2040 nog geen keuze gemaakt voor de aansluitlocatie. In de VAWOZ-studies wordt locatie Viervorlaten aanvullend meegewogen. Voor de onderzochte effecten bij het doorkruisen van het Waddengebied heeft de keuze tussen deze twee locaties geen (groot) effect.

3.5 Amoveren, opwaarderen of vervangen van bestaande kabels en leidingen

In de loop van de tijd zijn er vanaf de Eemshaven diverse kabels aangelegd. Aangezien bij elke kabel, een op dat moment zo optimaal mogelijke, route is gekozen lopen deze kabels niet in nette lijnen naast elkaar. Elke volgende kabel moet rekening houden met de bestaande kabels en alle andere aspecten om zo min mogelijk impact op ecologie, morfologie en scheepvaart te hebben. Hierdoor is uiteindelijk de ruimte niet optimaal benut en heeft bijvoorbeeld Gemini een complexe kruising moeten toepassen. Deze bestaande situatie heeft de vraag opgeroepen of het haalbaar is alle kabels te herschikken en wellicht te verzwaren om daarmee een corridor te creëren met maximale ruimte voor de toekomst.



Figuur 3-2 - Huidige kabels vanaf de Eemshaven op het stuk ten noordoosten van Rottumerplaat, door de jaren heen zijn hier steeds nieuwe kabels aangelegd waardoor deze niet netjes geordend zijn.

Als we inzoomen op het meest complexe stuk van de corridor (Figuur 3-3), waar de kruising van Gemini ligt, wordt duidelijk dat meer ruimte creëren alleen mogelijk is als bij voorkeur alle kabels, maar in ieder geval de kabels tussen NGT en Cobra, opnieuw worden aangelegd. Immers het laten liggen van één van de kabels zorgt ervoor dat een toekomstige corridor tussen NGT en Cobra wordt afgesneden door deze kabel. Dit geeft ook direct de complexiteit van deze optie weer. De 4 kabels (2x Gemini, NorNed en Tycom) hebben een verschillende eigenaar en het uit bedrijf nemen van de kabels voor vervanging brengt naast aanlegkosten ook inkomstenderving met zich mee. Zoals windturbines die niet kunnen draaien, maar ook de handel in elektra tussen Noorwegen en Nederland (NorNed) die stil komt te liggen. De Tycom kabel is een glasvezelkabel naar Engeland, waardoor bij vervanging ook deze verbinding tijdelijk stil komt te liggen.

Daar staat dan wel tegenover dat wanneer deze corridor opnieuw 'bekabeld' wordt, er een corridor ontstaat met een breedte van 1400 meter. Hier moeten de 4 kabels dan wel in terug worden gelegd. Het combineren van de drie stroomkabels via één grotere 2 GW versie is in theorie mogelijk, de vraag is echter of deze extra complexiteit meerwaarde heeft voor het doel: namelijk voldoende ruimte creëren. Hiervoor zal in detail naar het tracé en in het bijzonder het deel wat morfologisch instabiel is moeten worden gekeken. Het deel van de route waar de huidige kabels nu ook al blootspoelen, kan namelijk niet worden ontweken en blijft een beperkende factor in het aantal kabels dat mogelijk is. Daarnaast moeten er afspraken worden gemaakt over de te creëren corridor. Waardoor kabels dichtbij elkaar kunnen worden teruggeplaatst, met duidelijke afspraken over aansprakelijkheid.

Deze optie is dan ook zeer ingrijpend voor de energie- of datavoorziening via deze kabels. Toestemming krijgen van de eigenaren is daarmee onzeker. Over alle kosten en risico's die deze aanpassing met zich meebrengt zullen bindende afspraken moeten worden gemaakt. Alles bij elkaar maakt dit deze optie zeer tijdrovend en juridisch complex en is het al dan niet verkrijgen van medewerking van elke individuele eigenaar een potentiële showstopper voor de realisatie.

3.6 Offshore waterstofproductie vóór 2030

Om een beeld te schetsen van de offshore energie-infrastructuur die nodig is tot 2030, is het van belang om te weten of en waar de omzetting naar waterstof gaat plaatsvinden. Wanneer de omzetting offshore op een eiland of platform plaatsvindt, moet er een gasleiding naar land worden gerealiseerd. In het geval dat de elektrolyse op de aanlandingsplek plaatsvindt, zijn er juist meer offshore elektrakabels benodigd.

Op dit moment schatten we in dat er offshore voor 2030 geen waterstof op grote schaal wordt geproduceerd. De opschaling van de elektrolysecapaciteit staat namelijk nog in de kinderschoenen en productie van waterstof op grote schaal (GW-schaal) voor 2030 is zelfs voor een landlocatie al een grote uitdaging. De verwachting is dat pas na de realisatie van meerdere GW-op-land elektrolyzers een offshore project realistisch wordt. Ditzelfde inzicht is naar boven gekomen bij het NorthH2 initiatief, waar de eerste 4 GW voor 2030 in de Eemshaven is gepland (NorthH2, 2021). Ook het 'North Sea Wind power hub consortium' verwacht tot 2030 alleen elektrische verbindingen naar land (TenneT, 2021).

3.7 Beschikbare ruimte voor kabels en leidingen per route

Bij het aanlanden van een bepaald vermogen van windenergie van zee, kan zich op een route een ruimtelijke beperking voordoen bij het aanleggen van meerdere kabels en leidingen. De benutbare ruimte op een route wordt bepaald door hoofdzakelijk drie factoren: morfologische eenduidigheid, gebieden van natuurwaarde en ruimtelijke beperkingen door bestaande infrastructuur en afgesloten gebieden. Deze factoren bepalen de maximale breedte van een route, en daarmee het maximaal aantal in te passen kabels en/of leidingen op de betreffende route.

3.7.1 Morfologische risico's en ruimtelijke beperkingen

De morfologie op de route bepaalt de minimale begraafdiepte. Dit wordt vastgesteld op basis van opgetreden extremen in de afgelopen 30 jaar. Dit is van belang om de kabels en/of leidingen gedurende hun levensduur bedekt te houden en daarmee mogelijke schade door blootligging of vrijhangen van de kabels of leidingen te vermijden.

Als de morfologie aan een zijde van de route sterk afwijkt van de morfologie op de middenlijn van de route zelf, beïnvloedt dit de aanleg en dekking van de kabels. Het uitgangspunt waarop wordt gehandhaafd is als volgt: de breedte van een route wordt bepaald door hoe consistent de morfologie is aan weerszijde van de route. Hierbij wordt een richtlijn van maximaal 5 meter afwijking, in historische dieptepunten, tussen de hartlijn en rand van de route gehandhaafd.

Per route zijn er doorsneden gemaakt die vanaf de hartlijn in stappen van 100 meter aan beide zijden de morfologisch extremen van de afgelopen 30 jaar in kaart brengen. Hiermee is de benodigde minimale diepte en daarmee in hoeverre deze afwijkt van de hartlijn van de route inzichtelijk gemaakt.

3.7.2 Natuurwaarden en ruimtelijke beperkingen

Hoewel niet alle natuur op het Wad een vaste ligging heeft, hebben sommige soorten wel een definieerbare ligging. Soorten gebieden met een definieerbare ligging zijn kwelders en duingebieden rondom en op de eilanden. Gezien sommige routes deze benaderen, nauw passeren of deels doorkruisen, definiëren deze ook de maximale breedte van een route om ecologische impact te verminderen.

Op basis van natuurkaarten wordt de afstand vanaf de hartlijn tot de rand van de betreffende natuur gemeten. Aan beide zijden van de route indien van toepassing. De gemeten afstand bepaald daarmee de maximale benutbare breedte van de route aan de betreffende zijde van de hartlijn.

3.7.3 Ruimtelijke beperkingen door bestaande infrastructuur en afgesloten gebieden

Bestaande kabels, leidingen en afgesloten gebieden vormen ook een beperking voor de beschikbare ruimte voor de aan te leggen kabels en/of leidingen. Met name zijn er beperkingen bij de afstanden tussen kabels en/of leidingen, met soms specifiek additionele beperkingen zoals anodes voor aarding van leidingen en bestaande kruisingen. Daarnaast zijn er op het Wad ook gebieden gedefinieerd die beperkingen opleggen, bijvoorbeeld vaargeulen, artikel 2.5 gebieden (voorheen artikel 20 gebieden) en het zogenaamde 'referentiegebied' rondom Rottumeroog (zie tekstkader). Op basis van GIS-kaarten wordt de afstand vanaf hartlijn tot de rand van de betreffende infrastructuur of het afgesloten gebied gemeten. Indien er op een route sprake is van bestaande infrastructuur en/of een afgesloten gebied, is deze afstand aan beide zijden gemeten. De gemeten afstand, min de minimale afstand tussen de kabels of leidingen, bepaald daarmee de maximale benutbare breedte van de route aan de betreffende zijde van de hartlijn.

Het komt voor op routes dat de beperking in de ruimte ontstaat door een samenloop van de bovengenoemde drie factoren. Bijvoorbeeld aan de westzijde van een route ligt een morfologische beperking en aan de oostzijde een beperking door een bestaande kabel. In deze gevallen wordt de beschikbare ruimte gedefinieerd door de som van de ruimte aan weerszijde van de route.

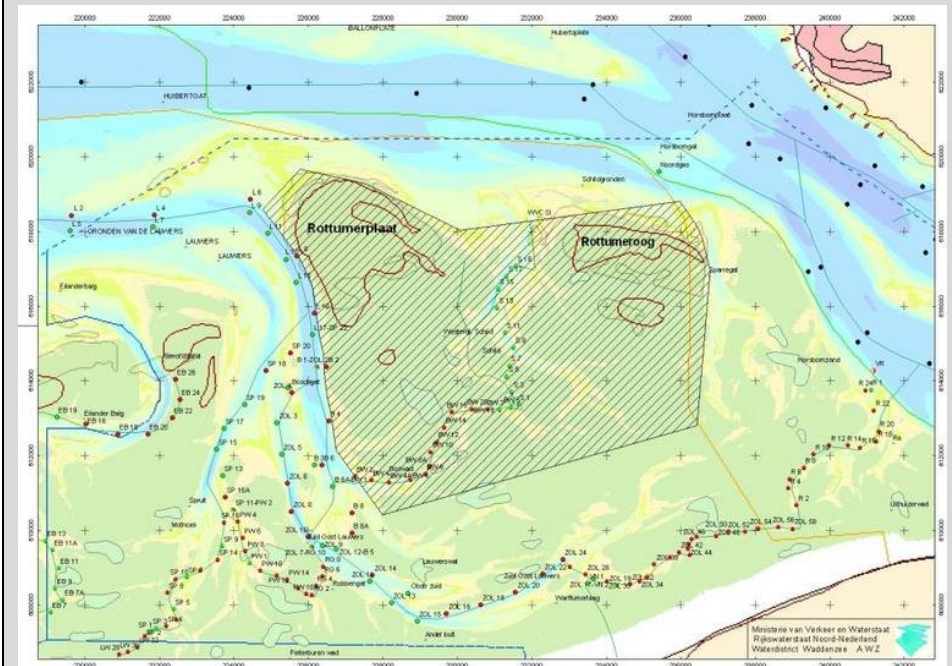
Artikel 2.5 gebieden (voorheen artikel 20 gebieden)

Binnen een Natura 2000 gebied kunnen deelgebieden (een deel van het jaar) worden afgesloten voor menselijke activiteiten als dat ten behoeve van de instandhoudingsdoelstellingen noodzakelijk is. Dat gebeurt met een zogenaamd toegangsbeperkingsbesluit (TBB). Momenteel zijn in en nabij de Waddenzee een aantal TBB-gebieden aangewezen ten behoeve van zeehonden en vogels. Het TBB is één van de instrumenten uit de Wet natuurbescherming (artikel 2.5 Wnb) die ingezet kunnen worden om te voldoen aan de verplichting om maatregelen te nemen ten behoeve van de instandhoudingsdoelstellingen en ter voorkoming van verslechtering van de kwaliteit van habitats en significante verstoring van soorten.

Referentiegebied Rottum

In de Verklaring van Esbjerg in 1991 hebben Denemarken, Duitsland en Nederland afspraken gemaakt over het instellen van referentiegebieden in de Waddenzee waarbinnen geen exploitaties van natuurlijke hulpbronnen mogen plaatsvinden. Doel van deze gebieden is om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur in de Waddenzee te kunnen volgen. Nederland heeft met ingang van 19 november 2005 ten zuiden van Rottumerplaat en Rottumeroog een referentiegebied ingesteld. Dit referentiegebied is ingesteld voor onbepaalde tijd.

Het Nederlandse referentiegebied beslaat 7389 ha (iets meer dan 3% van de Waddenzee) en valt binnen het in 1993 gesloten gebied voor de schelpdiervisserij. Dit gebied is destijds gekozen omdat het reeds voor vrijwel alle activiteiten was gesloten. De natuurlijke ontwikkeling van het gebied wordt jaarlijks in beeld gebracht.



3.8 Uitgangspunten afstanden tussen kabels en leidingen

Om de maximale capaciteit op een route te kunnen berekenen, dienen er minimale afstanden tussen de kabels en/of leidingen te worden bepaald. Deze afstand is noodzakelijk om schade, en de risico daarop, tijdens aanleg, onderhoud of gebruik te beperken. Op basis van deze minimale afstanden wordt er bij de knelpunten van de routes bepaald wat er theoretisch maximaal haalbaar is aan kabels en/of leidingen.

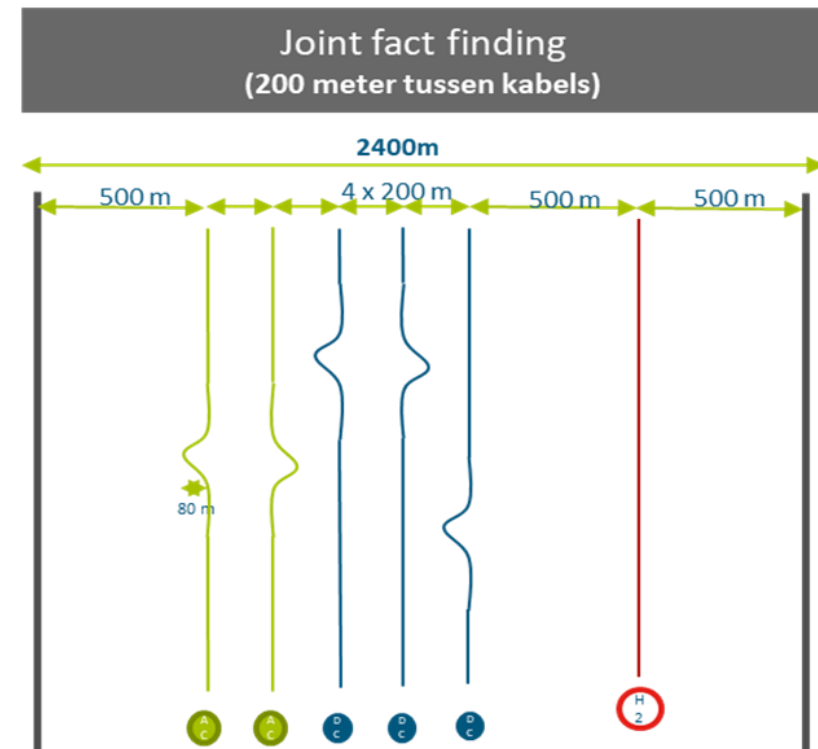
Hiervoor worden eerst de bevindingen van de Joint Fact Finding en praktijkvoorbeelden gepresenteerd. Daaropvolgend worden de uitgangspunten voor kabelafstanden in dit onderzoek vastgesteld.

3.8.1 Bevindingen uit de Joint Fact Finding m.b.t. afstand tussen kabels

In de Joint Fact Finding 'Kabelcorridor/ Ten noorden van de Waddeneilanden' is op basis van de gangbare technische inzichten vastgesteld dat er voor zowel de benodigde capaciteit vóór 2030 en een waterstofleiding, 2400 meter in de breedte nodig is als zoekgebied voor een kabelcorridor. Deze 2400 meter bestaat uit:

- 500 meter afstand aan weerszijde van bestaande kabels en leidingen, als zoekgebied om de route lokaal te verschuiven voor het ontwijken van obstakels.
- 500 meter afstand tussen de waterstofleiding en gelijkstroomkabels, en 1.000 meter tussen de waterstofleiding en de wisselstroomkabels.
- 200 meter tussen de hoogspanningskabels, zowel gelijkstroom als wisselstroom.

Totaal: één waterstofleiding, drie gelijkstroomkabels en een wisselstroomkabelpaar passen in de totale breedte van de corridor (2.400 meter).



Figuur 3-3 - Schematische weergave doorsnede van joint fact finding bevindingen

(Gelijkstroomkabels in blauw, wisselstroomkabels van TNW in groen en waterstofleiding in rood).

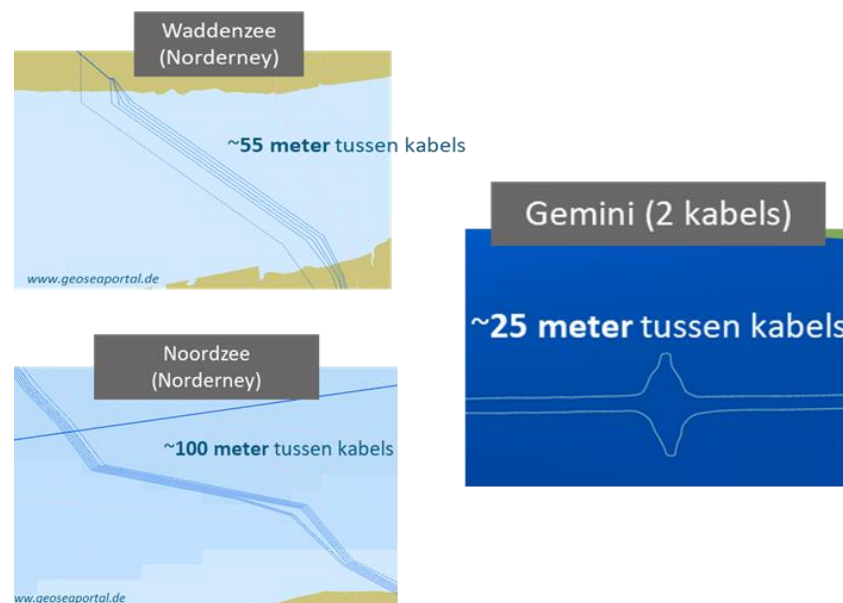
De onderlinge afstanden tussen de diverse kabels, waterstofleiding en infrastructuur van derden zijn opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1 - Onderlinge afstanden tussen kabels, waterstofleiding en infrastructuur derden

	AC-kabel (220 kV)	DC-kabel (525 kV)	Waterstofleiding (20 GW, 80 bar)	Infra van derden
AC-kabel	200 m	200 m	1000 m	500 m
DC-kabel	200 m	200 m	500 m	500 m
Waterstofleiding	1000 m	500 m	-	500 m

3.8.2 Bevindingen uit praktijkvoorbeelden m.b.t. afstand tussen kabels

In de praktijk lijken kabels dicht bij elkaar te kunnen liggen op de Waddenzee en de Noordzee. Zo liggen op het Duitse deel van de Waddenzee, tussen het vasteland en het Waddeneiland Norderney, meerdere gelijkstroomkabels op 55 meter afstand van elkaar. Ten noorden van Norderney, in de Noordzee, is de afstand tussen de kabels 100 meter. De onderlinge afstand tussen wisselstroomkabels kan 25 meter zijn, zoals toegepast bij de Gemini kabels (vanuit de Eemshaven). Hierbij zijn de omegalussen -extra lengte die is ontstaan bij het maken van de verbindingsmoffen tussen twee kabelstukken- naar buiten gelegd. En is er ruimte aan de buitenzijde nodig voor het opstellen van schepen en ander materieel bij reparaties.



Figuur 3-4 - Visualisatie van onderlinge afstand tussen kabels (geoseaportal.de; Dataset RWS: Kabels en leidingen - pijpleidingen op de Noordzee)

3.8.3 Uitgangspunten van deze verkenning m.b.t. afstand tussen kabels

Met het oog op het doel om met de minst mogelijke impact zoveel mogelijk windenergie vanaf zee aan te landen, zoekt deze verkenning de randen van het maximaal haalbare op. De uitgangspunten die in deze verkenning worden gehandhaafd, betreffende de afstanden tussen kabels en/of leidingen, zijn dan ook afhankelijk van een aantal voorwaarden voor realisatie.

Tabel 2 toont de afstanden tussen kabels en/of leidingen die in deze verkenning worden gehandhaafd om de capaciteit van een route te bepalen.

Tabel 2 - Onderlinge afstanden, uitgangspunten van deze verkenning

	AC-kabel (220 kV)	DC-kabel (525 kV)	Waterstofleiding (20 GW, 80 bar)	Dit zijn de
AC-kabel	50 m	50 m	400 m	
DC-kabel	50 m	50 m	200 m	
Waterstofleiding	400 m	200 m	-	

minimumafstanden, met name in de Waddenzee en ondiepere wateren. Op de Noordzee worden de onderlinge afstanden groter, doordat meer ruimte is benodigd voor de aanleg en onderhoud van kabels en leidingen op diepte.

3.8.4 Onderlinge afstand tussen kabels en leidingen

In dit onderzoek wordt een onderlinge afstand tussen kabels van 50 meter als theoretisch uitgangspunt genomen. Deze afstand is gebaseerd op praktijkbevindingen die beaamd worden door de 'Recommended practice: Subsea cables in shallow waters' (DNV GL, 2016) en de bevinding uit de Joint Fact Finding. Daarin wordt vermeld dat 50 meter de minimale acceptabele afstand is tussen twee wisselstroomkabels, indien noodzakelijk. Volgens de 'Recommended practices' kunnen gelijkstroomkabels dichtbij elkaar liggen. Wanneer de kabels te dicht op elkaar liggen en ze elkaar thermisch beïnvloeden, gaat dit ten koste van de capaciteit om stroom te transporteren.

Deze afstanden gelden zowel tijdens de aanlegfase als wanneer de kabels in gebruik zijn, inclusief onderhoud en mogelijke reparaties.

Er moet wel gezegd worden dat de theoretische afstand van 50 meter in de praktijk regelmatig niet gehaald kan worden door diverse omstandigheden. Om die reden is er dan ook altijd nader vervolgonderzoek nodig om te kunnen bepalen of de route op basis van deze minimale afstand tussen kabels gerealiseerd kan worden.

Afstand van de waterstofleiding

Zonder verdere berekening is het niet mogelijk om een technisch minimale afstand tot de waterstofleiding op te nemen. Er zijn twee zaken die een rol spelen bij de bepaling van deze minimale afstand. Ten eerste de afstand ten

behoefte van aanleg en onderhoud. Wanneer er gebaggerd dient te worden, is de diepte zeer bepalend voor de benodigde werkbreedte en het gebied waar invloed op de bodemstabiliteit kan plaatsvinden. Daarnaast is de elektromagnetische beïnvloeding, alleen relevant voor AC-kabels, bepalend. Zeker als de kabels en leidingen over grote afstanden parallel liggen moet er goed worden gekeken naar de beïnvloeding van de AC-kabel op de stalen leiding. Dit magneetveld kan namelijk een verhoogde spanning veroorzaken op de leiding, waardoor de kathodische corrosiebescherming niet meer functioneert. Voor nu is een minimale afstand tussen een DC-kabel en een waterstofleiding aangenomen van 200 meter, voor een AC-kabel is de minimale afstand aangenomen als 400 meter. Deze afstanden zijn een zeer grove schatting en niet verder onderbouwd.

3.8.5 Afstand tot infrastructuur van derden

In het onderzoeksgebied bestaat de huidige infrastructuur van derden onder andere uit telecomkabels, elektriciteitskabels en gasleidingen. Het onderzoeksgebied kent ook de ruimtelijke bestemming 'maritieme activiteiten'. Voorbeelden van activiteiten zijn: vaargeulen, anker- en stortlocaties. Nabij deze gebieden met maritieme activiteiten dient onder internationale maritieme wetgeving (UNCLOS, 1982) een veiligheidszone van 500 meter te worden aangehouden.

De veiligheidszone van 500 meter geldt ook voor kabels en leidingen van derde partijen op de zeebodem. Onder voorwaarden mag de onderlinge (veiligheids)afstand in overeenstemming worden verkleind. In theorie kan de onderlinge afstand gelijk zijn aan de afstand tussen kabels en/of leidingen van dezelfde eigenaar. Daarom worden dezelfde respectievelijke afstanden aangehouden als de afstanden tussen kabels en leidingen in eigen beheer. Dit gebeurt wel onder voorwaarden, zoals beschreven in de volgende paragraaf. Specifiek betreft dit proximity agreements, crossing agreements en effect van elektromagnetische velden. Hieruit kunnen grotere afstandseisen komen.

3.8.6 Voorwaarden voor gehanteerde uitgangspunten

De uitgangspunten zijn onder voorwaarden mogelijk. De voorwaarden garanderen onder andere dat leveringszekerheid, risicobeperking op schade, aansprakelijkheid, toestemming voor aanleg en onderhoud zijn geborgd. Met andere woorden; indien niet aan alle voorwaarden wordt voldaan zijn de uitgangspunten qua onderling afstanden niet langer hanteerbaar.

Hieronder worden de voorwaarden gepresenteerd:

- Voldoen aan een risicoanalyse, betreffende mogelijke beschadiging door externe factoren. De hierbij behorende analyse, een 'risk based assessment', dient verricht te worden. De toegepaste afstand mag geen verhoogd risico op beschadigingen, door externe factoren van de betreffende kabel of leiding, veroorzaken. Hierbij wordt er naar de volgende aspecten gekeken:
 - Aanlegdiepte/zeediepte
 - Eigenaar
 - Type kabel/leiding (spanning/druk en wissel- of gelijkstroom)
 - Inductie en onderlinge beïnvloeding (begravingsdiepte)
 - Aanleg- en reparatietechniek, incl. risico van ankering
 - Scheepvaart
 - Eisen betreft leveringszekerheid, waaronder EU-eisen voor netstabiliteit

Deze risicoanalyse is ook de basis om verdere optimalisatie te verrichten. Enerzijds om risico's te mitigeren waar mogelijk, anderzijds of de activiteiten en het initiatief te verzekeren zijn voor schade en aansprakelijkheid. De finale risicoanalyse bepaalt wat mogelijk is of niet.

- Het hebben van een 'proximity agreement' met derden. Dit is noodzakelijk wanneer de kabel of leiding binnen 500 meter de infrastructuur van derden benadert. Conform UNCLOS (1982) artikel 60. Hierbij wordt ook overeengekomen welke rechten en plichten beide partijen hebben, als aansprakelijk zijn voor mogelijke schades. Dit is vooral afhankelijk van het risico dat de kabel of leiding vormt voor de infrastructuur van derden en de aan te leggen kabel of leiding.

- Wanneer kabels en/of leidingen elkaar kruisen op zee, dient er een 'crossing agreement' worden afgesloten. Hierin dient te worden overeengekomen hoe de kabels en/of leidingen elkaar kruisen en met welke verticale afstand tot elkaar. Hierbij wordt ook overeengekomen welke rechten en plichten beide partijen hebben, als aansprakelijk zijn voor mogelijke schades. Dit is vooral afhankelijk van het risico dat de kabel of leiding vormt voor de infrastructuur van derden en aan te leggen kabel of leiding op plaats van de kruising.

3.8.7 Uitgangspunten begraafdiepte en fasering in aanleg

Begraafdiepte

Voor de minimale begraafdiepte wordt er 1,5 meter aangehouden over de gehele route. Dit is gebaseerd op de praktijk tot nu toe en gesprekken met experts. Bij de invulling van de routes in hoofdstuk 10 wordt er gekeken naar de morfologie en gebiedspecifieke eisen van betreffende partijen, om blootspoelen en/of herbegraven te voorkomen binnen een zekere risicomarge en te voldoen aan de eisen. Bijvoorbeeld eisen vanuit bevoegd gezag of andere partijen om dieper te begraven in verband met behoud van scheepvaart. scheepvaargeulen. Bij de invulling zullen de kabels op delen van de route dieper begraven worden, maar overal is een minimale dekking van 1,5 meter aangehouden.

Fasering in aanleg

In deze verkenning is bij de beoordeling in beginsel uitgegaan van een gefaseerde aanleg van de kabels en/of leiding. Uitgangspunt hierbij is dat de kabels verspreid over meerdere jaren en meerdere aanlegcampagnes, per kabel(paar) of windpark worden gerealiseerd.

4 Relevante aspecten Waddensysteem

Dit onderzoek is specifiek gericht op de doorkruising van het UNESCO werelderfgoed gebied Waddenzee. In dit hoofdstuk worden de voor deze verkenning relevante aspecten van het gebied toegelicht. Het betreft de morfologie van het Waddengebied, de natuurwaarden van de Waddenzee, het wettelijk kader en de factoren die het meest verstorend zijn in specifiek dit gebied bij de aanleg van kabels en leidingen.

4.1 Morfologie

Een dynamisch systeem met eilanden, kwelders, geulen en platen

De Waddenzee is een ondiepe binnenzee die wordt omsloten door eilanden en de bedijkte Waddenzeekust. Tussen de eilanden bevinden zich diepe zeegaten waardoor het getij vanaf de Noordzee naar binnen dringt. In de bekkens bevindt zich een vertakt stelsel van geulen, met daartussen geheel en gedeeltelijk droogvallende platen. De geulen strekken zich uit tot aan de vastelandskusten en de wantijen (de wantijen zijn ondiepe, droogvallende gebieden, waar stroomsnelheden laag zijn; zij vormen de overgang tussen de verschillende kombergingsgebieden of bekkens van de Waddenzee). Aan de Noordzeezijde van de zeegaten liggen buitendelta's die overgaan in het diepere water van de Noordzee.

Het Waddensysteem is een dynamisch systeem waarbij de eilanden en met name de geulen en platen verplaatsen door de tijd. De gebieden rond de zeegaten zijn zeer dynamisch: de buitendelta's zijn continu in beweging en de ligging en diepte van de geulen verandert voortdurend. Nabij de wantijen is de dynamiek beperkt, maar ook de wantijen verplaatsen zich geleidelijk door de tijd evenals de nabijgelegen geulen.

Hydrodynamiek en sedimenttransport

De waterbeweging in de Noordzee en Waddenzee veroorzaakt transport van sediment (zand en slib). De getijslag (het verschil tussen laagwater en hoogwater) in de Waddenzee neemt toe van ongeveer 1,5 meter nabij Den Helder tot ongeveer 2 meter in het oosten (bij Schiermonnikoog). Naast het

getij heeft wind een belangrijke invloed op de waterbeweging in de Waddenzee.

De buitendelta's worden gevormd door de ebstroom door de zeegaten. Zodra de waterstroom door het smalle deel van het zeegat heen is, vertragen de stroomsnelheden en wordt sediment neergelegd op de buitendelta. Tijdens vloed wordt dit sediment weer richting de bekkens getransporteerd. Over de jaren heen is bij de buitendelta's een patroon zichtbaar, waarbij sediment van de oostzijde van de eilanden, via de buitendelta wordt doorgegeven naar de westzijde van het volgende eiland.

In de diepere geulen zijn stroomsnelheden groot. Hier zijn grovere zandfracties te vinden. Op plekken waar de stroomsnelheden lager zijn, zoals bij de wantijen en op de kwelders, worden fijnere deeltjes afgezet.

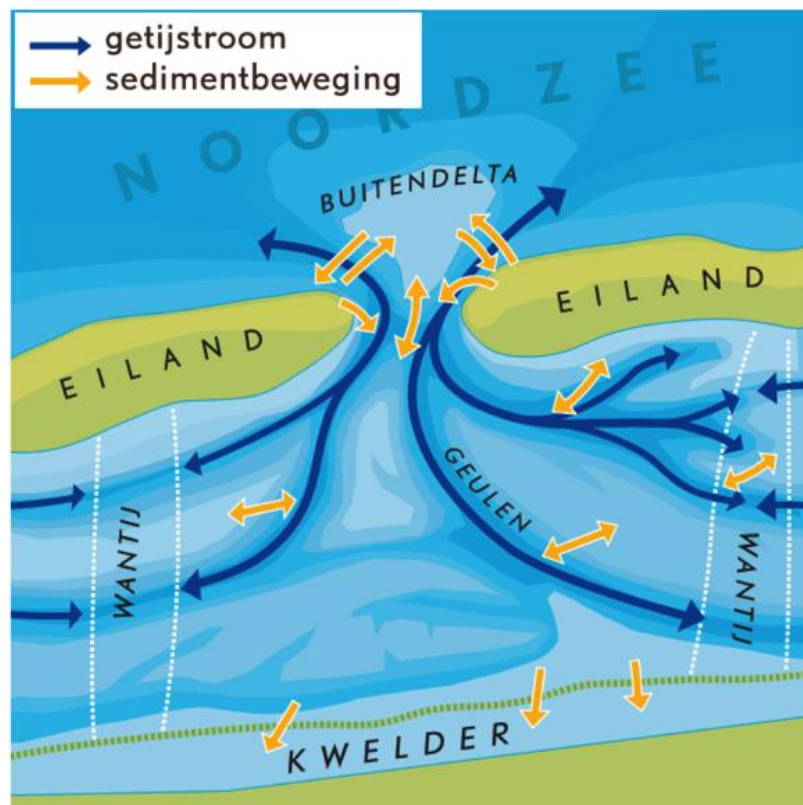
Door het getij en de golven vindt continu transport plaats en verandert de ligging van platen en geulen en de positie en hoogte van de wantijen door de tijd.

Eilandkwelders en vastelandskwelders

Kwelders zijn begroeide stukken land die direct aan zee grenzen en bij storm of extra hoog water onder water komen te staan. De vegetatie op de kwelders vangt sediment in. Hierdoor kunnen kwelders meegroeien met (geleidelijke) zeespiegelstijging.

In de Waddenzee is onderscheid te maken tussen eilandkwelders en vastelandskwelders. Eilandkwelders hebben een natuurlijke oorsprong. Zij hebben zich in de loop van de jaren ontwikkeld door zand en slib in te vangen en zodoende hoogte kunnen ontwikkelen. De hogere delen zijn vervolgens begroeid geraakt. De vastelandskwelders bij de Groningse en Friese kust hebben geen natuurlijke oorsprong. In het verleden zijn hier wel natuurlijke kwelders aanwezig geweest. Door inpolderingen zijn de natuurlijke kwelders verdwenen. Vervolgens is ten behoeve van verdere landaanwinning buitendijks gebied vastgelegd met rijshoutendammen. Met deze dammen is luwte gecreëerd, zodat sediment wordt ingevangen en op de hogere delen vegetatie kan groeien: de kwelderwerken, oftewel de niet natuurlijke

kwelders zoals die nu aanwezig zijn voor de vastelandskust. Veel van deze kwelders zijn zo hoog komen te liggen dat ze steeds minder overstroomd en begroeid zijn met climaxvegetatie.



Figuur 4-1 - Schematische weergave van de getijstroom en sedimentbewegingen in de Waddenzee

(Ministerie van Economische Zaken Landbouw en Innovatie; Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2021)

Menselijke invloed

De morfologische veranderingen van de Waddenzee in de afgelopen eeuw, zijn gedomineerd door de effecten van de afsluitingen van de Zuiderzee

(1932) en de Lauwerszee (1969). Deze afsluitingen veroorzaakten een verandering van het getijdeprisma, het watervolume dat gedurende een getijdencyclus naar binnen stroomt en de lokale hydrodynamiek met grootschalige sedimentatie tot gevolg. Voornamelijk in de geulen. Andere menselijke invloeden op de morfologie van het wad zijn baggerwerkzaamheden, suppleties aan de eilandkusten, inpolderingen en bodemdaling door gaswinning. Verder beïnvloedt de relatieve zeespiegelstijging, en de mogelijke versnelling hiervan, de waterbeweging en sedimenttransporten in de Waddenzee.

4.2 Natuurwaarden Waddenzee

De Waddenzee is het grootste en -in internationaal opzicht- het belangrijkste Natura 2000-gebied in ons land. Deze status dankt dit gebied vooral aan de enorme aantallen vogels, die de wadplaten en kwelders tijdens hun trek aandoen of broeden op de kwelders, stranden en in de duinen. De migrerende vogels worden aangetrokken door de droogvallende wadplaten met hun hoge dichtheid aan schelpdieren, wormen, kreeftachtigen en ander voedsel. De diepere wateren zijn van belang als kraamkamer voor vissen uit de Noordzee. De Waddenzee herbergt ook het overgrote deel van de populatie zeehonden in ons land, evenals de grootste oppervlakte aan kwelder-gemeenschappen. De internationale Waddenzee is met een oppervlakte van zo'n 10.000 km² een van de grootste natuurgebieden in Europa met een hoog aandeel aan natuurlijke levensgemeenschappen.

Vanwege zijn wereldwijd unieke geologische en ecologische waarden is de Waddenzee in 2009 opgenomen op de Werelderfgoedlijst van UNESCO. Nergens anders bestaat er zo'n dynamisch landschap met een veelheid aan leefgebieden die gevormd zijn door wind en getijden. De biodiversiteit op wereldschaal is afhankelijk van de Waddenzee. De Werelderfgoedstatus is de hoogst mogelijke onderscheiding voor een natuurgebied en erkenning van het buitengewone wereldwijde belang ervan. De 'Uitzonderlijke Universele Waarde' – deze beschrijft waarom het aangewezen gebied één van de meest bijzondere plekken op aarde is - van de Waddenzee is dat de Waddenzee het grootste getijdengebied ter wereld is, waar natuurlijke processen ongestoord kunnen verlopen door het hele gebied. Het gebied omvat een groot aantal

overgangszones tussen land en zee en het zoetwatermilieu, en het is rijk aan soorten die speciaal zijn aangepast aan de veeleisende omgevingscondities. Het is een van de belangrijkste gebieden voor trekvogels en is verbonden met andere belangrijke locaties voor deze trekvogels op het noordelijk en zuidelijk halfrond (<https://www.waddensea-worldheritage.org/nl>).

Stroming, golfslag en getij zorgen in de Waddenzee voor steeds wisselende omstandigheden in ruimte en tijd. Het resultaat van deze natuurlijke processen is een mozaïek van hoog gelegen en laag gelegen, meer of minder vaak droogvallende wadplaten, doorsneden door diepe en minder diepe geulen en prielen, met een slikkige dan wel zandige bodem. Aan de randen wordt dit mozaïek omzoomd door kwelders en duinen. Waar zoet water naar zee stroomt, ontwikkelen zich brakke biotopen. Dit complexe ecosysteem wordt in stand gehouden door een evenwicht tussen sedimentatie en erosie.

Ruim tweederde van de oppervlakte in de Waddenzee, wordt door droogvallende wad- en slikplaten ('wadden') ingenomen. Daarnaast bestaat de Waddenzee uit platen die permanent onder water staan, zoals de zandplaten langs de geulen. Samen met de geulen zijn dit gebieden waar relatief hogere stroomsnelheden optreden en waar de bodem dikwijls uit grover zand bestaat. Gewoonlijk zijn deze soorten armer dan de droogvallende platen. Deze 'habitattypen' hangen functioneel echter sterk met elkaar samen.

In de zeegaten liggen grote, zandige en hoog dynamische platen, die worden doorsneden door diepe geulen. Deze platen fungeren als rustgebied voor zeehonden en als foerageergebied voor jonge vis en strandvogels als de Drieteenstrandloper.

De laag dynamische, slibrijke wadplaten hebben, als gevolg van de hoge biodiversiteit in de bodem, een zeer belangrijke functie als voedselgebied voor vogels. Onder de wadvogels is een groot aantal soorten geheel of gedeeltelijk van de droogvallende platen afhankelijk. Veel van deze vogelsoorten overwinteren in zuidelijke streken (van Frankrijk tot Midden-Afrika) en broeden in het noorden (van Scandinavië tot in de toendra van Siberië, Canada en Groenland). Tijdens hun trek zijn deze soorten volledig

afhankelijk van de Waddenzee. Het overleven van de trekvogels is voor een groot deel afhankelijk van de beschikbaarheid van voedsel op het juiste moment.

De bodemdieren (het benthos) zijn niet alleen als voedsel van vissen en vogels een essentiële schakel in het ecosysteem: sommige van de organismen kunnen in zulke hoge dichtheden voorkomen dat ze invloed hebben op de fysische processen. Zo bevordert de Schelpkokerworm de sedimentatie op de wadplaten. Organismen als mossels en kokkels nemen in water opgelost slib en organisch materiaal op en brengen dit in de vorm van pseudofaeces (het uitgescheiden materiaal) op de wadplaten. Zo filteren ze het water en verrijken ze de bodem. Sommige bodembewonende diersoorten hechten zich zodanig aan elkaar vast dat harde structuren ontstaan. Denk hierbij aan banken van soorten als Mossel en (Platte of Japanse) oesters.

Mosselbanken zijn belangrijke foerageergebieden voor vogels en vervullen een rol als opgroeigebied en schuilplaats voor diverse soorten vissen en ongewervelden. De laatste jaren vormen ook oesterbanken dergelijke 'biogene structuren'. De oesterbanken die momenteel voorkomen in de oostelijke Waddenzee bestaan uit Japanse oesters, een exoot, die dichte banken vormt. Veel oesterbanken in de oostelijke Waddenzee zijn ontstaan in mosselbanken. De oesterbanken en mosselbanken transformeren zich in toenemende mate tot gemengde mossel- en oesterbanken.

Sinds de afsluiting van de Zuiderzee is de oppervlakte aan Zeegras- en Ruppiaavelden in de Waddenzee sterk achteruitgegaan. In de oostelijke Waddenzee zijn de zeegrasvelden tegenwoordig beperkt tot de Groninger kust, het Eems-Dollard gebied (Hond-Paap), Rottum en de Eilanderbalg.

Het estuarium van de Eems-Dollard betreft, samen met de Westerschelde, het enige nog bestaande estuarium in ons land. Door de menging van rivierwater met zeewater is hier sprake van een geleidelijke zoetzoutgradiënt. Dankzij de range van zoet naar zout komen zowel riviersoorten als soorten uit het kustgebied voor. Het estuarium kent dan ook een grotere diversiteit aan planten en dieren dan de directe omgeving. Het

gebied fungeert als opgroeigebied voor een aantal zeevissen en als doortrekgebied voor trekvisserij.

In de Waddenzee ligt meer dan 7.000 hectare aan kwelders. Een groot deel van kwelders is mede onder invloed van de mens ontstaan; de ruim 4.000 hectare aan vastelandskwelders heeft deze enorme omvang te danken aan landaanwinningwerken (kwelderwerken) die hier in de 19de en 20ste eeuw zijn uitgevoerd. De vastelandskwelders verschillen daarin sterk van de eilandkwelders. Op de eilanden ontstaan de zilte graslanden doorgaans op zandige strandvlakten en vormen de kwelders allerlei overgangen naar duinen en duinvalleien, en juist deze overgangen zijn soortenrijk en herbergen internationaal zeldzame soorten. De vastelandskwelders zijn ontstaan op de meest slibrijke bodems binnen de Waddenzee en eindigen tegen de harde grens van de zeedijk. Hierdoor zijn ze gemiddeld genomen minder soortenrijk. Van nature worden de kwelders begraasd door ganzen en hazen, maar al van oudsher weidt de mens hier koeien, schapen en paarden. Niet beweide kwelders zoals het grootste deel van de Oosterkwelder op Schiermonnikoog, vormen dan ook een zeldzaamheid in het Waddengebied. Delen van de Oosterkwelder van Schiermonnikoog kennen bovendien dankzij de doorbraakgeulen die hier van de Noordzee naar de Waddenzee lopen, een hoge mate van dynamiek. Een van de fraaiste overgangen van kwelder naar duinvallei binnen het Waddengebied wordt aangetroffen op de Binnenkwelder van Schiermonnikoog. Hier gaat de brakke kwelder geleidelijk over in rietmoeras en wilgenstruweel, om te eindigen in een berkenbos met veenmossen in de ondergroei. De kwelders zijn van groot belang als broedgebied voor diverse vogelsoorten.

Wettelijk kader (natuurwetgeving)

Alle Natura 2000-gebieden in Nederland, waaronder de Waddenzee, Noordzeekustzone en Duinen Schiermonnikoog, zijn beschermd via de Wet natuurbescherming. Voor ruimtelijke ontwikkelingen in en in de omgeving van deze gebieden houdt dit onder andere in dat: het verboden is om zonder vergunning een project te realiseren of andere handelingen te verrichten die, gelet op de instandhoudingsdoelstelling voor een Natura 2000-gebied, de kwaliteit van de natuurlijke habitats of de habitats van soorten in dat gebied

kunnen verslechteren, of een significant verstorend effect kunnen hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen.

Indien het project afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied, moet een passende beoordeling worden gemaakt van de gevolgen voor het Natura 2000-gebied, rekening houdend met de instandhoudingsdoelstellingen voor dat gebied. Slechts indien uit de passende beoordeling de zekerheid wordt verkregen dat het plan, dan wel project, de natuurlijke kenmerken van het gebied niet aantast, wordt de vergunning verleend.

Als de zekerheid niet kan worden verkregen, kan een vergunning alleen worden verleend als er geen alternatieve oplossingen zijn, er sprake is van een dwingende reden van groot openbaar belang, en de nodige compenserende maatregelen worden getroffen. De zogenoemde "ADC-toets".

Ruimtelijke ontwikkelingen die in of rond Natura 2000-gebieden plaatsvinden moeten worden getoetst aan de Wet natuurbescherming, zowel aan het onderdeel gebiedsbescherming als aan het onderdeel soortbescherming.

De Werelderfgoedstatus van de Waddenzee biedt geen extra wettelijke bescherming ten opzichte van de aanwijzing als Natura 2000-gebied. Wel heeft Nederland samen met Duitsland en Denemarken een verdrag ondertekend (2010 Joint Declaration on the Protection of the Wadden Sea) waarin het toezegt het Werelderfgoed Waddenzee goed te beschermen.

Voor alle routes geldt dat deze de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Waddenzee kruisen. Bij de doorkruising van het eiland Schiermonnikoog geldt bovendien dat een deel van het eiland is aangewezen als Natura 2000-gebied en Nationaal Park Schiermonnikoog en dat afhankelijk van de locatie van de kabel en de reikwijdte van de effecten ook rekening moet worden gehouden met effecten op de instandhoudingsdoelen van dit Natura 2000-gebied. In tabel 3 is een globaal overzicht opgenomen van de beschermde soorten die in het plangebied voorkomen, hun leefgebieden en hun kwetsbare periodes. Naast soorten zijn de drie Natura 2000-gebieden ook aangewezen vanwege het voorkomen van een groot aantal beschermde habitattypen.

Tabel 3 - Indicatief overzicht van kwetsbare soorten en perioden en habitattypen in het plangebied⁴

Soortgroep	Plaats	Periode
Vogels	Broedgebied: kwelders, duinen, hooggelegen strandvlakten, schelpenbanken	Broedseizoen: maart tot en met augustus
	Foerageergebied: voedselrijke, rustige platen, visrijke wadgeulen en (onderwater)schelpdierbanken, kwelders.	Broedvogels: maart tot en met augustus
		Trekvogels: april tot en met mei en half juli tot en met half september
		Overwinteraars: augustus tot en met april
	Rustgebieden: hoogwatervluchtplaatsen, droog blijvende wadplaten, duinen en kwelderranden	3 uur voor tot 3 uur na hoogwater
	Ruigebieden: voedselrijke, rustige platen, kwelders, strekdammen, zoetwaterplasjes, rustige geulen.	Ruiperiode: indicatief juli tot en met september
Zeehonden	Kraamgebieden (werpen en zogen): zandbanken langs diepere geulen en hoge, permanent droge platen en stranden (alleen grijze zeehond)	Gewone zeehond: juni tot en met juli
		Grijze zeehond: december tot en met januari
	Verhaargebied: zandbanken langs diepere geulen	Gewone zeehond: augustus
		Grijze zeehond: maart tot en met april

	Rustgebieden: randen van zandbanken langs diepere geulen	Jaarrond
	Foerageergebied: dieper water (in beperkte mate in Waddengebied, vooral ook daar buiten)	Jaarrond
Bruinvis	Leefgebied: ondiepe kustzeeën (tot 200 m diep)	In het Nederlandse deel van de Noordzee: jaarrond Langs de kust: vooral in winter en vroege voorjaar
Vissen	Doortrek- en opgroei gebied voor trekvis	Jaarrond
Groenknolorchis	Natte duinvalleien Schiermonnikoog	Half mei tot en met juli
Diverse habitattypen	Noordzeekustzone, Schiermonnikoog, Waddenzee, Rottumeroog en -plaat, Groningse kwelders	Jaarrond

⁴ Gebaseerd op Leidraad toegangsbeperking Waddenzee, 2020; Profiel documenten aangewezen habitatrictlijnsoorten en habitattypen, 2021; Kaartenbijlage Natura 2000-beheerplan Waddenzee: periode 2016-2022, 2016

4.3 Storende factoren

De meest voorkomende storende factoren die van toepassing zijn bij de aanleg van kabels en leidingen (en die in een voortoets/passende beoordeling moeten worden beoordeeld) in de Waddenzee zijn hieronder op een rij gezet:

1. Verstoring tijdens aanlegfase en onderhoudsfase (optische verstoring, verstoring door geluid, trilling en licht, verstoring door mechanische effecten)
2. Stikstofdepositie tijdens aanlegfase
3. Oppervlakteverlies
4. Verandering dynamiek substraat (als gevolg van het ingraven van de kabel)
5. Vertroebeling (effect op primaire productie)
6. Introductie van gebied vreemde materialen⁵
7. Verontreiniging
8. Elektromagnetische en warmtestraling tijdens gebruiksfase
9. Doden of verwonden dieren tijdens aanleg- en gebruiksfase

⁵ (Eventueel) gebruik van stenen die nodig zijn om kabels op hun plek te houden

5 Stakeholder- en expertgesprekken

Bij aanvang van ons onderzoek zijn de betrokken partijen uitgenodigd voor een gesprek. In bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van alle partijen met wie één of meerdere gesprekken zijn gevoerd. Tijdens het gesprek werd het onderzoekstraject toegelicht, het beoordelingskader beoordeeld en meningen, ideeën en eventuele innovaties opgehaald.

Dit hoofdstuk zet de belangrijkste punten uiteen die naar voren kwamen tijdens deze gesprekken. Dit betreft niet de inhoudelijk aanvullende informatie voor tracés en technieken (dit komt naar voren in de longlist (hoofdstuk 5)), maar overige noemenswaardige informatie uit de gevoerde gesprekken.

5.1 Onderzoeksgebied en onderzoekvoorwaarden te beperkend

Verschillende partijen vanuit het OBW geven aan de onderzoeksvragen voor deze verkenning als beperkend te ervaren. De zoektocht naar innovatieve technieken gaat uit van een doorkruising van het Waddengebied en aanlanding in de Eemshaven. Partijen benadrukken dat in een onderzoek naar innovatieve manieren van aanlanding van wind op zee, ook dit soort aannames uitgedaagd dienen te worden. De Beheerautoriteit Waddenzee zet vraagtekens bij de objectiviteit van het onderzoek, aangezien meerdere opdrachtgevers economische belangen hebben bij een aanlanding van wind op zee in de Eemshaven.

Geïnterviewden staan over het algemeen positief tegenover het feit dat er tijd wordt gemaakt voor een adempauze en voor dit onderzoek, opdat de kabeldoorkruising “nu écht goed gebeurt”. Groningen Seaports benadrukt wel dat het niet mag leiden tot vertraging van de klimaatdoelen. De gemeente Schiermonnikoog stelt echter dat de nu gehanteerde deadlines een goede afweging niet in de weg mag staan, want “draagvlak en een goede ecologische inpassing zijn belangrijker dan tijdige besluitvorming”. Waddenvereniging, Vogelbescherming en Natuurmonumenten maken duidelijk dat een doorkruising van het Waddengebied in principe een no-go

is. Als dit toch gebeurt zien zij, en met hen de meeste andere partijen, het liefst de doorkruising van het gebied in één keer goed gebeuren, opdat dit proces niet bij het volgende windpark wederom moet worden doorlopen. Vanuit de gemeente Het Hogeland en de landbouwsector is nog gewezen op de grote impact van de lengte van het tracé op land op de agrarische grondeigenaren. Hoe korter het tracé op land, hoe beter, is de boodschap.

5.2 Alternatieve aanlanding

Partijen bevragen de kaders van het onderzoek. Moet bijvoorbeeld alle elektriciteit van het toekomstige windpark Ten noorden van de Waddeneilanden naar de Eemshaven? De Natuur en Milieufederatie Groningen stelt die vraag liever vanuit de energiebehoefte van Noord-Nederland. Wat nodig is om in die behoefte te voorzien moet worden aangeland in de Eemshaven en consequenties voor natuur en wad moeten dan worden geaccepteerd. Maar de rest van de opgewekte elektriciteit moet toch naar de Randstad, dus dat kan volgens hen beter naar Den Helder. Ook andere partijen vinden het niet noodzakelijk dat aanlanding in de Eemshaven plaatsvindt. Zo vragen onder andere Natuurmonumenten, Vogelbescherming Nederland en de Waddenvereniging zich af of aanlanden in IJmuiden of Den Helder niet een beter idee is. OBW-lid namens de Zeehavens noemt als mogelijkheid aanlanding op Emden, aangezien daar al een corridor loopt van Gasunie.

5.3 Grens onderzoeksgebied

Partijen benadrukken dat ook over de grens van het onderzoeksgebied moet worden gekeken. Het huidige onderzoeksgebied loopt van de oostzijde van Ameland tot de Nederlands/Duitse grens inclusief het Eems-Dollard verdragsgebied en tot de kwelders, waarbij vasteland in principe dus niet wordt meegenomen. Omdat keuzes op zee effect hebben voor het tracé op land, benadrukt gemeente Het Hogeland dat het ook in deze verkenning relevant is om het belang van agrariërs mee te nemen. Ook moet, volgens verscheidene partijen, de grens met Duitsland niet als blokkade worden gezien. Het is belangrijk om breder te kijken (Natuurmonumenten, Vogelbescherming, Waddenvereniging). Wat Groningen Seaports betreft

kunnen de gesprekken over het Eems-Dollard verdragsgebied weer worden geopend, wellicht met een meer oplossingsgerichte insteek.

Duitsland ziet het Huibertsgat als een belangrijke reservevaargeul, wetenschappelijk onderzoek kan aantonen of de functie van Huibertsgat als vaargeul in stand moet blijven. Ook het OBW-lid namens Zeehavens ziet discussieruimte in de nautische richtlijnen. Het interview met beleidsmedewerkers van Duitsland en Denemarken wijst uit dat het Duitse wad planologisch vrij vol zit en dat uitzonderingen bureaucratisch lastig zijn (maar wel voorkomen). Wanneer de complexiteit van het verdragsgebied de energiedoelen dwarszit, aldus gemeente Het Hogeland, zal dit conflict wellicht opgelost moeten worden vanuit de Europese Unie.

5.4 Bescherming natuurgebied

Het Waddengebied is beschermd binnen Natura 2000, middels de Structuurvisie Waddenzee en heeft een Werelderfgoedstatus. De hoofddoelstelling is natuur, vastgelegd in de Structuurvisie en in de NOVI (Ministerie van LNV). Partijen (Natuurmonumenten, Natuur en Milieufederatie (NMF), Beheerautoriteit Waddenzee) wijzen erop dat wetgeving vereist dat het ecologische systeem stabiel is, alvorens er andere activiteiten mogen plaatsvinden. De gemeente Schiermonnikoog benadrukt de cumulatieve effecten van gaswinning, zoutwinning en kabels in het gebied. Vogelbescherming Nederland, Natuurmonumenten en de Waddenvereniging zijn van mening dat al die activiteiten worden vergund zonder oog te hebben voor het effect op het geheel. Volgens hen moet de stapeling van effecten op systeemniveau worden onderzocht.

Volgens de OBW-vertegenwoordiger namens Toerisme en Recreatie vindt er een “paradigmawisseling” plaats: waar ontwikkelaars voorheen keken wat er technisch mogelijk was binnen de “mazen van de afspraken”, wordt nu eerst de vraag gesteld: “wat wil je met het gebied?”. Ook Beheerautoriteit Waddenzee benadrukt dat het oude systeem van ‘ja mits’ haar beste tijd heeft gehad en er wordt bewogen naar een ‘nee tenzij’-houding: “het is óf beschermd natuurgebied, óf er wordt ontwikkeld. Het kan niet en-en”, zo is

de stelling. De eerlijke politieke discussie zou gaan over of het natuurgebied wordt opgegeven: “als hoofddoelstelling niet langer natuur is, zeg dat dan”.

Als mogelijkheid noemen sommige partijen een combinatie met de natuuropgave. Schiermonnikoog heeft een stikstofprobleem, dus wanneer daar een sleuf zou worden gegraven kan bijvoorbeeld meteen de humusrijke bodemlaag worden verwijderd (RWS). Gasunie wijst erop dat er iets mogelijk moet zijn waarbij natuur een boost krijgt door een menselijke ingreep. Ook wordt natuurcompensatie als mogelijkheid genoemd, maar het ministerie van LNV voegt daaraan toe dat dit erg ingewikkeld is en milieueffecten in eerste instantie vermeden dient te worden.

5.5 Niet-technologische innovatie

Naast technologisch, kan de term ‘innovatie’ in de naam van deze verkenning volgens sommigen ook breder worden opgevat: sommige routhemogelijkheden vereisen planologische, juridische of zelfs geopolitieke verandering. Het out-of-the-box denken waar deze verkenning om vraagt, beweegt ons om ook bestaande aannames en randvoorwaarden uit te dagen. Deze mogelijkheden zijn opgehaald in interviews en stakeholdergesprekken en worden verzameld met een ‘niets is te gek’-houding. Alvorens de bestaande technieken en routes te ‘trechteren’, zet deze sectie de innovaties (in de brede zin van het woord) uiteen.

Planologisch corridors aanwijzen

Het interview met de Duitse beleidsmedewerkers wees uit dat er in het Duitse waddengebied een strak geplande corridoraanpak is. Groningen Seaports wijst erop dat het aanwijzen van een aantal ‘futureproof tracés’ in Nederland ook zou helpen, opdat er niet naar elk project individueel moet worden gekeken.

6 Mogelijke routealternatieven

Tijdens interviews met diverse stakeholders en experts zijn er diverse voorstellen voor mogelijke routealternatieven aangedragen. Vanuit de gedachte van een integrale aanpak, is gekozen om een overzicht te presenteren van alle geïnventariseerde routes. Deze 'longlist' is inclusief de 5 routes uit de VAWOZ-studie, 9 onderzochte routes voor project NOZ TNW, en de verdere uitwerking van het voorkeursalternatief. De oorspronkelijke namen worden aangegeven tussen haakjes.

'Waddentunnel' als Routealternatief

Tijdens meerdere gesprekken met stakeholders kwam het alternatief naar voren om onder de Waddenzee door te gaan met een tunnel. Hieronder worden de primaire varianten van deze 'waddentunnel' alternatief besproken.

• Op zee uitkomen vanaf Eemshaven

De eerste variant is een tunnel direct vanaf de Eemshaven onder de Waddenzee en de bestaande kabels en leidingen door, tot in de Noordzee. Hiermee zouden de effecten op het waddengebied betreft ecologie, morfologie, andere gebruikers en infrastructuur van derden bijna volledig kunnen worden ontzien.

Een dergelijke tunnel vereist een tunnallengte van minimaal 33 kilometer tussen de Eemshaven en een geschikte plek op de Noordzee. Er is om deze tunnel te realiseren een boring vereist van beide kanten om de afstand te overbruggen. Op de Noordzee zou een tijdelijke boorput moeten worden gebouwd om de boring vanaf zee richting land te starten, en om mensen en materiaal aan te voeren voor de tunnelbouw.

Dit is, zover bekend, nergens ter wereld eerder gedaan en moet worden ontwikkeld. Hierdoor zijn er veel onbekende aspecten betreft onderhoud, veiligheid, toegankelijkheid en capaciteit van een dergelijke tunnel, gezien zowel de tijdelijke constructie aan de tunnelmonding op zee als een utiliteitstunnel voor elektriciteit en waterstof op zee.

De benodigde tijd voor planning en realisatie is *zeer waarschijnlijk* langer, vergeleken met de in hoofdstuk 10 uitgewerkte routes, gezien de lengte en

technische uitdagingen van de tunnel. Maar ook zal een dergelijk project een goede samenwerking en toekomstvisie vragen van alle betrokken partijen om realisatie mogelijk te maken.

• Op kunsteland uitkomen vanaf Eemshaven

In deze variant wordt een tunnel aangelegd die direct vanaf de Eemshaven onder de Waddenzee en bestaande kabels en leidingen doorgaat tot aan een kunstmatig nieuw eiland in de Noordzee. Hiermee zouden de effecten op het waddengebied betreft ecologie, morfologie, andere gebruikers en infrastructuur van derden grotendeels kunnen worden ontzien.

Een dergelijke tunnel vereist een tunnallengte van minimaal 33 kilometer tussen de Eemshaven en een geschikte plek op de Noordzee. Er is om deze tunnel te realiseren een boring vereist van beide kanten om de afstand te overbruggen. Op de Noordzee zou een permanent kunstmatig eiland moeten worden aangelegd. Enerzijds om de boring vanaf zee richting land te starten en anderzijds om mensen en materiaal aan te voeren voor de tunnelbouw.

De aanleg van een kunstmatig eiland in de nabijheid van de Waddenzee en scheepvaartroutes zal enige effecten hebben op morfologie, ecologie en andere gebruikers van de Noordzee. Er zijn ook onbekende aspecten betreft onderhoud, veiligheid, toegankelijkheid en capaciteit van een dergelijke tunnel, gezien de bestemming als een utiliteitstunnel voor elektriciteit en waterstof op zee.

De benodigde tijd voor planning en realisatie is zeer waarschijnlijk langer, vergeleken met de in hoofdstuk 10 uitgewerkte routes, gezien de lengte en technische uitdagingen van de tunnel. Maar ook zal een dergelijk project een goede samenwerking en toekomstvisie vragen van alle betrokken partijen om realisatie mogelijk te maken.

• Op eiland uitkomen van nabije vasteland

De laatste variant betreft een tunnel die direct vanaf vasteland onder de Waddenzee naar een van de Waddeneilanden gaat. Hiermee zouden de effecten op de Waddenzee zelf betreffende ecologie, morfologie, andere gebruikers en infrastructuur van derden deels kunnen worden ontzien.

Een dergelijke tunnel vereist een tunnallengte van minimaal 8 kilometer tussen het vaste eiland en een Waddeneiland. Wat met een enkele boring tot maximaal 19 kilometer kan worden uitgevoerd. Op een Waddeneiland moet een uittredepunt voor de tunnelboormachine worden gemaakt, waar vanuit de kabels en/of leidingen verder gaan richting de Noordzee. Omdat enkel de Waddenzee zelf wordt ondertunneld, is het effect op ecologie, morfologie, andere gebruikers en infrastructuur van derden beperkt vergeleken met de andere tunnel opties. Dit doordat er vanaf een Waddeneiland nog steeds een 'bovengrondse' route naar zee moet komen, alsmede een route op vasteland naar een aansluiting op het hoogspanningsnet.

Ontwikkel en realisatie tijd

De realisatietijd schatten we op 4 tot 10 jaar. Hiervan is ten minste 2 jaar nodig voor voorbereidingen en is de boorsnelheid geschat op 5 tot 7 kilometer per jaar.

De kortste tunneloptie is wanneer deze op een bestaand eiland eindigt. Wanneer eerst een offshore werkeiland gecreëerd moet worden zal de realisatietijd beduidend langer duren en richting 10 jaar gaan. We hebben in deze realisatietijd ook rekening gehouden met het trekken van kabels door de nieuw aan te leggen tunnel. Ook zal een dergelijk project een goede samenwerking en toekomstvisie vragen van alle betrokken partijen om realisatie mogelijk te maken.

Gezien de vele vragen rond deze 'Waddentunnel' in al haar varianten, en de nodige nog op te lossen technische vraagstukken, wordt deze niet meegenomen in dit onderzoek. Wel is op basis van bestaande onshore utiliteitstunnels aan te geven, dat de aanlegkosten ongeveer een factor 10 hoger ligt dan andere aanlegtechnieken, ook wanneer meerdere kabels en leidingen worden gecombineerd in een tunnel, en de benodigde tijd voor planning en realisatietijd een lange aanloop zullen hebben.

Tabel 4 – Longlist van routes, technische alternatieve oplossingen en combinaties hiervan voor TNW.

#	Route naam	Beschrijving
1	Over Borkum	Corridor in Duitsland benutten
2	Oude Eems	Vaargeul van de Oude Eems benutten en vervolgens ten noorden van NorNed, met integratie van toekomstige kabels en leidingen
3	Koppelen aan NorNed	Verbinding met NorNed via platform op zee, om direct naar Noorwegen te exporteren
4	Gemini beter benutten met elektriciteitsopslag	Door middel van elektriciteitsopslag (batterij, etc.) de huidige Gemini kabel beter benutten wanneer het windluw is.
5	VAWOZ – in detail (Eemshaven oost)	Verkenning Aanlanding Wind Op Zee – Tussen bestaande leidingen en kabels, met integratie van toekomstige kabels en leidingen
6	Ten zuiden van de NGT	Over het wad langs de vaargeul naar ten noorden van Rottumeroog en dan ten zuiden van de NGT verder, inclusief integratie van toekomstige kabels en leidingen,
7	Waterstofproductie op zee als alternatief	Wind op Zee omzetten in waterstof en daarna aan land brengen
8	Door referentiegebied heen	Rust benutten om ondiepe route aan te leggen met beperkt morfologisch risico
9	Vlak langs Rottumerplaat	Vanaf kwelder, nabij Warffum, naar de geul om deze vervolgens vlak langs Rottumerplaat te volgen naar zee
10	Langs Simonszand	Vanaf kwelder, nabij Warffum, naar de geul om deze vervolgens

#	Route naam	Beschrijving
		<i>vlak langs Simonszand te volgen naar zee</i>
11	Voorkeustracé West (Eemshaven west)	<i>AC over Schiermonnikoog – voorkeur uit eerdere verkenning</i>
12	Geoptimaliseerd voorkeustracé Wantij alternatief West (Eemshaven west+)	<i>AC over Schiermonnikoog, wantij naar het eiland en dan door/onder duinstelsel</i>
13	Gecombineerde kabel	<i>Alle kabels en leidingen bundelen tot een geheel om in één keer aan te leggen langs Schiermonnikoog.</i>
14	(Vierverlaten oost)	<i>Route via Rottumerplaat vanuit Vierverlaten 380 kV</i>
15	(Vierverlaten midden)	<i>Route via tracé 11 over Schiermonnikoog vanuit Vierverlaten 380 kV</i>
16	(Vierverlaten west)	<i>Route via wantij alternatief over Schiermonnikoog vanuit Vierverlaten 380 kV</i>
17	Terug naar Burgum (Lauwersoog)	<i>Aankoppeling op Hoogspanningsstation bij Burgum, via Lauwersoog en rondom Schiermonnikoog</i>
18	(Burgum oost)	<i>Route via Engelsmanplaat langs Schiermonnikoog via Moddergat naar Burgum 220 kV</i>
19	(Burgum midden)	<i>Route via punt van Ameland oost naar Burgum 220 kV</i>
20	(Burgum west)	<i>Route over Ameland naar Burgum 220 kV</i>
21	Aankoppelen aansluiting Ameland	<i>Capaciteit voor NAM-compressor benutten om via Ameland verbinding te maken aan TNW</i>
22	Tunnel naar Ameland	<i>Verkeerstunnel naar Ameland combineren met kabelroute</i>

#	Route naam	Beschrijving
23	Den Helder aanlanding	<i>Rond de Wadden gaan over zee, en aansluiten op het 150 kV net ten zuiden van Den Helder</i>
24	IJmuiden aanlanding	<i>Rond de Wadden gaan over zee, en aansluiten op het 380 kV net in IJmuiden</i>
25	Maasvlakte aanlanding	<i>Rond de Wadden gaan over zee, en aansluiten op het 380 kV net in Maasvlakte</i>
26	TNW van AC naar DC omzetten	<i>In plaats van 700 MW AC- naar DC-kabel, en dan wellicht over route oost</i>
27	Waterstof door NGT na 2035	<i>NGT gaan benutten voor waterstof transport, en daardoor ruimte op route oost</i>

Deze lijst wordt later teruggebracht naar een shortlist in hoofdstuk 8. Deze shortlist wordt gebruikt voor verdere verdieping. Deze verdieping volgt in hoofdstuk 10.

In onderstaande figuur wordt de geografische ligging van de routes weergegeven. Op de kaart worden niet de technische alternatieven getoond, aangezien deze geen specifieke geografische ligging hebben.



Figuur 6-1 - Globale geografische ligging van bestudeerde routes (ter illustratie).

7 Methode beoordeling routes

Dit hoofdstuk behandelt de methode die wordt gebruikt om de verschillende routes te beoordelen. Paragraaf 7.1 licht het hiervoor gebruikte beoordelingstabel toe. Paragraaf 7.2 beschrijft de aanpak van deze beoordeling.

7.1 Beoordelingskader (tabel en toelichting)

Deze paragraaf licht

7.1.1 Toelichting beoordelingskader en beoordelingsmethode

Tabel 5 toont het beoordelingskader voor het beoordelen van de routes. Het beoordelingskader bestaat uit een vijftal overkoepelende thema's: Natuur, Morfologie, Techniek, Ruimte, Kosten en Planning. De vijf thema's worden in paragraaf 7.1.2 nader toegelicht. Per thema is een aantal onderwerpen opgenomen, waarop de aanlegtechniek -groen, oranje of rood- wordt beoordeeld. Het beoordelingskader is in de interviews met de stakeholders toegelicht waarbij gevraagd is naar eventuele op- en aanmerkingen.

7.1.2 Toelichting thema's Natuur, Morfologie, Techniek, Ruimte en Kosten & Planning

Natuur

De effecten op natuur zijn beoordeeld door te bepalen of er (mogelijk) sprake is van verstoring van:

- Noordzeekustzone
- Strand
- Duinen
- Eilandkwelders
- Droogvallende slikkige platen (foerageergebied vogels)
- Zandplaten (rustplaatsen zeehonden)
- Zeezoogdieren en vissen door onderwatergeluid
- Natuurwaarden door vertroebeling

- Natuurwaarden door aanwezigheid
- Mosselbanken/oesterbanken
- Zeegrasvelden
- Vastelandskwelders

Omdat zowel de route, de te gebruiken technieken als de uitvoeringsperiode nog niet zijn vastgesteld en er veel beschermde natuurwaarden in het gebied aanwezig zijn, zijn significant negatieve effecten op soorten en habitattypen in deze fase voor geen enkele route uit te sluiten. Om significant negatieve effecten te voorkomen dient er bij de keuze van het voorkeursalternatief, zowel qua route als techniek, rekening te worden gehouden met de locaties van de meest kwetsbare gebieden. Bovendien dient tijdens de aanlegfase rekening te worden gehouden met de meest kwetsbare periodes van dieren. Negatieve effecten moeten zoveel mogelijk worden voorkomen en eventuele significant negatieve effecten moeten worden gemitigeerd. Zodra het voorkeursalternatief is bepaald, moeten de effecten op beschermde soorten en gebieden worden getoetst aan de Wet natuurbescherming. Het resultaat hiervan kan zijn (als negatieve effecten niet zijn uit te sluiten) dat een vergunning(en) in het kader van de gebiedsbescherming en/of een ontheffing(en) in het kader van de soortbescherming dient te worden aangevraagd bij bevoegd gezag en dat effecten moeten worden gemitigeerd of gecompenseerd.

Morfologie

Voor het onderdeel morfologie is beoordeeld in hoeverre bodemverstoring en vertroebeling plaatsvinden en zijn de effecten op de ligging en stabiliteit van geulen, platen en kwelders beoordeeld.

Aanlegmethoden kunnen de bodemligging direct beïnvloeden, maar ook indirect. Voorbeelden van indirecte impact zijn aantasting van de natuurlijke bodemopbouw, waardoor erosie-eigenschappen van de bodem veranderen, of veranderingen in de lokale hydrodynamiek die leiden tot veranderingen in de bodemligging. Bij het onderdeel bodembegroeiing benoemen we ook in hoeverre de natuurlijke bodemopbouw van de eilandkwelders, een historisch archief met zandige en kleiige bodemlagen die het getij en het voorkomen van stormen en rustige perioden aangeven, wordt aangetast.

Ten slotte geven we aan in hoeverre er nog risico's zijn met betrekking tot blootspoelen of begraving van de kabels. Dit criterium is echter een advies voor de aanleg en geen reden om een route wel/niet te gebruiken. Om de effecten op morfologie te kunnen beoordelen zijn kaarten en profielen gemaakt van de bodemhoogteontwikkelingen over de laatste 30 jaar.

Techniek

Dit beoordelingskader dekt de technische aspecten van de te beoordelen routes. Dit betreft zowel de haalbaarheid van de kabellegtechnieken op een route, als de techniek van het kabelsysteem als geheel en het eventuele onderhoud ervan. Hierbij is gekeken naar de technische (on)mogelijkheden en uitwerking op de betreffende route. Hoewel innovaties verbeteringen ten opzichte van bestaande technieken kunnen brengen, is de haalbaarheid en maakbaarheid van een innovatieve techniek zeer belangrijk voor de uiteindelijke realisatie van een route. De toetsing heeft plaatsgevonden op basis van praktijkvoorbeelden en -ervaringen, en is op basis van expert judgment beoordeeld.

Onder beheerbaarheid is ook de kans op storingen en daardoor benodigde reparaties meegenomen. Daarnaast is in dit criterium de kans op blootspoelen van de kabel en dus de noodzaak voor herbegraven meegenomen. Wanneer bij specifieke routes of toegepaste technieken deze kansen kleiner zijn, vertalen deze voordelen zich door op andere beoordelingskaders. Zoals het effect op de natuur en levensduurkosten.

Als derde onderdeel van techniek is de toekomstvastheid gescoord. Dit met het oog op de verdere benutting van een route als corridor voor extra kabels of leidingen. Specifiek is gekeken of de technieken van een route in de toekomst belemmeringen kunnen vormen voor nieuwe aan te leggen kabels of leidingen. Bijvoorbeeld omdat de aangelegde kabel kwetsbaar is of het onderhoud ervan extra ruimte rondom de kabel vraagt. Waardoor nieuwe kabels en leidingen niet op de route passen.

Ruimte

Omdat de Wadden, alsmede de kustgebieden en de Noordzee, druk worden gebruikt voor diverse doeleinden, is het ruimtebeslag van een route

zelfstandig opgenomen in het beoordelingskader. Hierbij is gekeken naar het ruimtebeslag van de werkcorridor langs de route bij de aanleg, ruimtebeslag van werkterreinen rondom de route voor opslag, aanvoer en voorbereiding van materialen en de beperking in de ruimte tijdens de operationele fase van de kabel (wanneer deze in gebruik is).

Op basis van vergelijkbare projecten en expert judgment is een inschatting gemaakt van het ruimtebeslag van de werkcorridor tijdens de aanleg. Hierbij is niet alleen gekeken naar de te ontgraven grond, maar ook naar de aanvoer van de kabel en bewegingen van materieel over het Wad en de zeebodem.

Voor de aanleg zijn aanvoer en opslag van materialen nodig, en indien bepaalde technieken worden gekozen ook een bouwput. Op basis van vergelijkbare projecten of expert judgment is een inschatting gemaakt van het ruimtebeslag. Hierbij is er ook gekeken naar de ligging van de werkterreinen, wat een gunstig effect kan hebben op andere beoordelingskaders (bijvoorbeeld: natuur).

Kosten en planning

Om inzicht te bieden in de financiële implicaties van een route en tijdigheid voor het aansluiten van het windpark wordt ook gekeken naar kosten en planning.

De kosten worden onderverdeeld in de investeringskosten bij de aanleg van de kabel over de route, en de kosten die kunnen worden verwacht gedurende de levensduur van de kabel. De kosten zijn relatief ten opzichte van elkaar gescoord door middel van expert judgment en gegevens van recente projecten.

De vergunbaarheid is ingeschat op basis van de doorlooptijd en complexiteit van de betreffende vergunningen. Hierbij is zowel gekeken naar de wettelijke minimum doorlooptijd als naar de praktijk bij vergelijkbare projecten.

Tot slot is een inschatting gemaakt van de totale realisatietijd, inclusief ontwerp en vergunningsfase. Waarbij het criterium het tijdig aansluiten van het windpark is.

7.2 Beoordeling routes – Aanpak

In deze paragraaf wordt nader uitleg gegeven hoe de routes zijn beoordeeld aan de hand van het beoordelingskader.

7.2.1 Doel en context van de beoordelingen

Het einddoel van het ingevulde beoordelingskader, per route, is om beslisinformatie te geven over de mogelijkheden en impact per route. Hierbij spelen de scope en kaders van de verkenning een belangrijke rol in het tot stand komen van de beoordeling per route. Met deze inventarisatie van technieken, dient zowel de maximaal mogelijke capaciteit over de route worden bepaald, als de uitgangspunten van diverse stakeholders die het maximum bepalen door de gestelde kaders. Dit vereist dat de routes geoptimaliseerd dienen te worden, om zo het maximaal haalbare van iedere route te kunnen beoordelen. Dit is gebeurd vanuit inzichten betreft ecologie, morfologie, ruimte en, kosten en planning.

7.2.2 Faseplan voor beoordeling routes

Om tot een effectieve beantwoording van de onderzoeksvragen en beoordeling van de routes te komen, is in fases getrechterd, geoptimaliseerd en geïnventariseerd om tot de beoordeling per route te komen.

De eerste fase: trechteren routes

De eerste fase betrof het trechteren van de geïnventariseerde routes uit eerdere studies en overleggen met stakeholders. Hierbij is het onderzoeksgebied van de verkenning gebruikt als eerste trechtering, waarbij routes buiten het onderzoeksgebied of kadering van de verkenning afvallen. Daarna volgde een verdere selectie die heeft geleid tot een uiteindelijke selectie van 7 diverse routes. Dit met het doel om zoveel mogelijk beslisinformatie aan te leveren, binnen de scope en tijd van de verkenning.

De tweede fase: optimalisatie routes

In de tweede fase zijn de 7 routes verder geoptimaliseerd en onderzocht op (aanleg)technieken en mogelijke capaciteit (hoeveel vermogen per stroomkabels of waterstofleiding kan worden getransporteerd). Hierbij is

geoptimaliseerd op basis van verkregen inzichten van de morfologische studie van Deltares en ecologische waarden op de route. Hierbij is, waar technisch mogelijk, gekozen voor (aanleg)technieken die het Waddengebied op gebied van ecologie, morfologie en aanwezige infrastructuur van derden zoveel mogelijk ontzien. Ook is bij de optimalisatie gekeken naar het zoveel mogelijk beperken van de morfologische invloed op de kabels en/of leiding.

De derde fase: inventarisatie

In de derde fase is het volgende geïnventariseerd: de natuurwaarden die op de route liggen, de morfologische invloed, het ruimtebeslag dat de route inneemt en technische invulling.

De vierde fase: invullen beoordelingskader

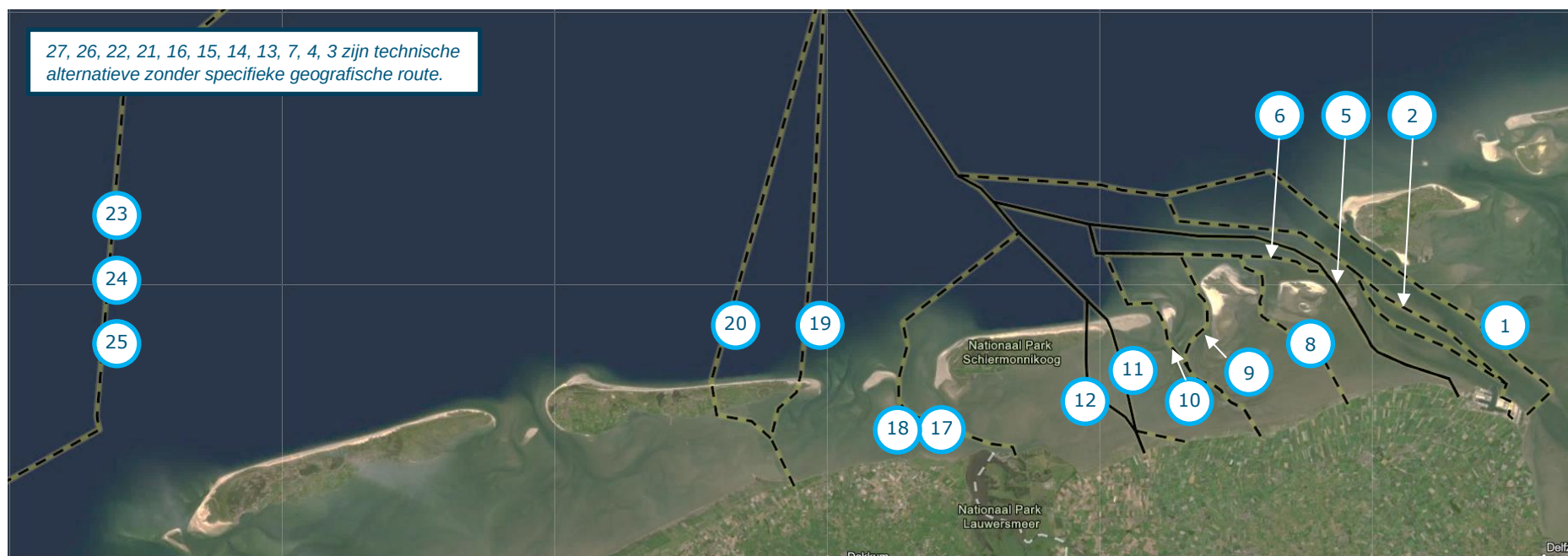
Met de verkregen informatie en inzichten uit de eerdere fases, is in de vierde en laatste fase het beoordelingskader ingevuld en gepresenteerd. Hierbij is vooral een vertaalslag gemaakt uit de eerdere informatie naar een scoreblad per route. Dit is gepresenteerd in één overzichtelijke tabel (tabel 29, p. 84) per aspect van het beoordelingskader en per route.

Tabel 5 - Beoordelingskader

Beoordelingsthema en aspect:	Korte omschrijving	Route X	Route Y	Route Z
Ecologie (Natuur)				
Noordzeekustzone	Mate van beïnvloeding op de ecologie in de kustzone aan de Noordzee zijde			
Strand	Mate van beïnvloeding op de ecologie in het strand, inclusief broedvogels			
Duinen	Mate van beïnvloeding op de ecologie in de duinen, inclusief broedvogels			
Eilandkwelders	Mate van beïnvloeding op de ecologie in de eilandkwelders, inclusief broedvogels			
Droogvallende slikkige platen (foerageergebied vogels)	Mate van beïnvloeding op de ecologie in de droogvallende slikkerige platen			
Zandplaten (rustgebieden zeehonden)	Mate van beïnvloeding op de ecologie in de zandplaten			
Zeezoogdieren en vissen door onderwatergeluid	Mate van beïnvloeding op de ecologie door onderwatergeluid			
Natuurwaarden door aanwezigheid	Mate van beïnvloeding op natuurwaarden door aanwezigheid			
Natuurwaarden door vertroebeling	Mate van beïnvloeding op natuurwaarden door vertroebeling			
Mosselbanken/oesterbanken	Mate van beïnvloeding op mosselbanken/oesterbanken			
Zeegrasvelden	Mate van beïnvloeding op de zeegrasvelden			
Vastelandskwelders	Mate van beïnvloeding op de vastelandskwelders, inclusief broedvogels			
Morfologie				
Bodemverstoring	Mate van beïnvloeding door bodemverstoring			
Vertroebeling	Mate van beïnvloeding door vertroebeling			
Stabiliteit eilanden en eilandstaarten	Mate van beïnvloeding op de stabiliteit van eilanden en eilandstaarten.			
Stabiliteit geulen en platen	Mate van beïnvloeding op de stabiliteit van geulen en platen			
Stabiliteit buitendelta	Mate van beïnvloeding op de stabiliteit van buitendelta			
Stabiliteit kwelders	Mate van beïnvloeding op de stabiliteit van kwelders			
Risico op blootspoelen, begraving	Mate van risico van blootspoelen of begraving van kabels/leidingen			
Techniek				
Haalbaar en maakbaar	Mate van en haalbaarheid inclusief ontwikkeling van eventuele innovaties			
Beheerbaarheid	Mate voor mogelijkheid regulier beheer, kans op storingen, onderhoud			
Uitbreidbaarheid/ Toekomstbestendigheid	Mate waarin toekomstige ontwikkelingen mee kunnen worden genomen			
Ruimte				
Werkcorridor	Benodigde werkcorridor tijdens aanleg			
Werkterrein	Werkterreinen tijdens aanleg			
Beperkingen	Beperkingen tijdens operationele fase (RoW)			
Lengte landtracé	Lengte van het 'droge' gedeelte van het tracé in kilometers tot aan de bestemming			
Kosten en planning				
Investeringskosten	Aanlegkosten per kilometer, route			
Levensduurkosten	Beheer en onderhoudskosten			
Vergunbaarheid	Tijd benodigd voor benodigde vergunningen, onteigening etc.			
Realisatietijd	Raming voorbereidingen en aanleg periode (incl. rustperiodes/broedseizoen)			

8 Trechteren van routes

Dit hoofdstuk beschrijft hoe er tot de shortlist van de beoordeelde routes is gekomen. Onderstaand wordt nogmaals de longlist van geïnventariseerde routes als vertrekpunt gepresenteerd. Waarna in de tweede paragraaf een voorselectie plaatsvindt op basis van de scope van deze verkenning. Vanuit de voorselectie wordt in de derde paragraaf de shortlist gedefinieerd, hierbij wordt per route beschreven waarom deze wel of niet is opgenomen voor beoordeling in het beoordelingskader.



Figuur 8-1 – Globaal overzicht van de geïnventariseerde routes (ter illustratie)

In meerdere gesprekken met stakeholders zijn diverse routes en technische alternatieven genoemd voor het aanlanden van windenergie op zee. Dit heeft geleid tot een longlist van 27 routes of technische alternatieven. Deze longlist is gepresenteerd in hoofdstuk 6. De routes uit de longlist worden hierboven in figuur 8-1 getoond, met de nummering van de longlist als referentie. Een aantal routes zijn in sommige gevallen al geclusterd, omdat meerdere routes dezelfde ligging hebben. Een voorbeeld hiervan is het aanlanden van de elektriciteitskabels in Den Helder, IJmuiden en Maasvlakte, die noordelijk van de Wadden dezelfde route hebben naar de windparken op zee. De doorgetrokken zwarte lijnen geven de routes uit VAWOZ 2030 weer, en de onderbroken zwarte lijnen de alternatieve routes voortkomend uit de gesprekken met stakeholders.

8.1 Stap 1 – Trechteren naar routes binnen onderzoeksgebied

Het zoekgebied van de verkenning, zoals omschreven in paragraaf 2.2, is in onderstaande figuur groen gearceerd. De technische alternatieven, die niet als routes zijn weergegeven in figuur 8-2, passen niet in de (hoofd)opdracht om de maximale aanlandbare capaciteit te bepalen voor 2030. De meeste technische alternatieven beperken zich qua vermogen of zijn niet voor 2030 uitvoerbaar. Verdere uitleg waarom een specifiek alternatief is afgefallen of opgenomen wordt omschreven in bijlage 3. Dit geldt voor alle genoemde routes en alternatieven uit de longlist.

Met de scope van de verkenning in ogenschouw, wordt de lijst met routes hiermee verkort tot 12 routes. De nummering van de routes in onderstaand figuur komt overeen met de nummering uit de longlist in hoofdstuk 6.



Figuur 8-2 - Overzicht van geïnventariseerde routes binnen de scope van de verkenning

8.2 Stap 2 –Trechteren naar te detailleren en beoordelen routes

Voor het beoordelen van de routes, is een zekere mate van detail en optimalisering nodig. Per route dient er voldoende detailinformatie over de ligging en inpassing van de route beschikbaar te zijn. Vervolgens is gekeken naar de implicaties betreffende natuur, morfologie, techniek, ruimte en planning. Echter, nieuwe inzichten uit de vertaling naar de beoordelingsonderwerpen kunnen ook leiden tot optimalisatie van de route. Zo kan bijvoorbeeld de keuze voor een (aanleg)techniek invloed hebben op natuur, morfologie, ruimte en planning, en ook omgekeerd. Hierdoor ontstaat er een samenspel om tot de meest kansrijke invulling van een route te komen, en deze te beoordelen met het beoordelingskader.

Het trechteren van routes heeft geresulteerd in een shortlist van routes, die nader zijn onderzocht en beoordeeld. Hierbij zijn er twee uitgangspunten gehanteerd om zoveel mogelijk beslisinformatie te leveren:

1. De diversiteit over de verschillende aspecten van de routes wordt zoveel als mogelijk behouden.
2. Routes die sterke overeenkomsten vertonen of gedeeltelijk dezelfde ligging hebben, beperken tot routes die representatief en kansrijk zijn.

Op deze wijze trachten wij tot transparante en objectieve beslisinformatie te komen over de te beoordelen routes en de implicaties van deze routes ten opzichte van de beoordelingskaders.

8.2.1 De nader te detailleren routes

20. Over Ameland

Een samenstelling van twee routes over Ameland. Hierbij is het wantij naar Ameland gevolgd en zijn geulen vermeden, om Ameland te doorkruisen en verder op zee te gaan. Deze route is de meest westelijke route in dit onderzoek. De route kan worden vergeleken met alternatieve routes richting het oosten betreffende onder andere natuur, morfologie, ruimte en planning. Hiermee wordt met het toevoegen van deze route in de shortlist de diversiteit van de natuur en ruimtegebruik op de Wadden breed afgedekt.

12. Geoptimaliseerd voorkeustracé Wantij alternatief via Schiermonnikoog

Deze route kwam als alternatief uit de eerdere TNW integrale effect analyse, en is eveneens uitgewerkt in de milieueffectrapportage van TNW. Deze route maakt gebruik van het morfologisch stabielere wantij tussen Schiermonnikoog en de kust bij Pieterburen, waardoor de benodigde kabel begraaftediepte wordt beperkt. De route gaat verder richting het westen over Schiermonnikoog, waarmee deze onder of door het duingebied komt te liggen.

11. Voorkeustracé Ten Noorden van de Wadden (TNW) kabel

Deze route is onderdeel van de integrale effect analyse voor de TNW-kabels, en wordt eveneens verder uitgewerkt in de milieueffectrapportage. Met de uitwerking van deze route kan een vergelijking worden gemaakt met het naaste gelegen 'Wantij alternatief', alsmede de andere alternatieven.

9. Via geulensysteem langs Rottumerplaat

In deze route is het in gebruik nemen van bestaande geulen verkend. De achterliggende gedachte hierbij is, dat hierdoor de kabel makkelijker op een veilige diepte kan worden gelegd. Tevens hebben de aanlegtechnieken een beperkte invloed op morfologie en ecologie. De route komt dicht bij het referentiegebied. Waarmee de invloed op de beoordelingsaspecten kan worden getoetst (bijvoorbeeld: ecologie).

8. Door het referentiegebied

In deze route wordt het wantij tussen Rottumeroog en het vasteland benut. Met deze route is verkend wat de ecologische impact is op het referentiegebied alsmede zijn de wettelijke kaders getoetst betreft toegankelijkheid.

6. Oost tracé – ten zuiden van NGT

Dit is een route over het ondiepere Horsbornzand. De route ligt parallel aan de Gemini-kabels ten noorden van Rottumeroog. Om daar onder de NGT-leiding te kruisen en een deel van het referentiegebied, om vervolgens ten zuiden van de NGT-leiding verder te gaan en op zee naar het noorden te gaan. Hierbij zijn de mogelijkheden en ruimte onderzocht om met een boring of meerdere boringen onder het referentiegebied te gaan, terwijl gebruik wordt gemaakt van de morfologische stabielere platen ten westen van de Gemini-kabels en ten zuiden van de NGT-leiding.

2. Oost tracé via Oude Eems

Deze route benut het ondiepere deel tussen de twee vaargeulen in de Eems. Wat morfologisch dynamisch is, maar ook ecologisch beperktere waardes kent. Om vervolgens ten noorden van Rottumeroog de COBRA-kabel te kruisen en ten noorden van de Gemini-kabels naar het westen te gaan. Hiermee worden de mogelijkheden om ruimte in de Oude Eems te gebruiken onderzocht, samen met de dubbele bestemming van de gedeelde vaargeul, ankergebieden en stortlocaties tussen Nederland en Duitsland.

8.2.2 De afgevalen routes

19. Vlak langs Ameland

Een route die veel overeenkomsten toont met de andere route over Ameland, daarom zijn de routes samengevoegd en geoptimaliseerd tot één route (route 20).

17. Terug naar Burgum

Een route die veel eigenschappen deelt met een andere route door een geulensysteem (route 9 via geulensysteem langs Rottumerplaat). Deze route doorkruist aanvullend de kabels en leidingen naar Schiermonnikoog en de aanleg moet plaatsvinden in de vaargeul voor de veer naar Schiermonnikoog. Hierdoor wordt deze route minder kansrijk geacht dan route 9.

10. Langs Simonszand

Een route die deels de ligging deelt met de route langs Rottumerplaat tot ten zuiden van Simonszand. Gezien het kruisen van geulensystemen en natuur heeft deze route overeenkomsten met het voorkeustracé TNW over Schiermonnikoog. Hierdoor is de route deels een duplicering van de genoemde routes, en biedt hierdoor beperkt nieuwe inzichten ten opzichte van de andere routes.

5. VAWOZ - in detail (Eemshaven oost)

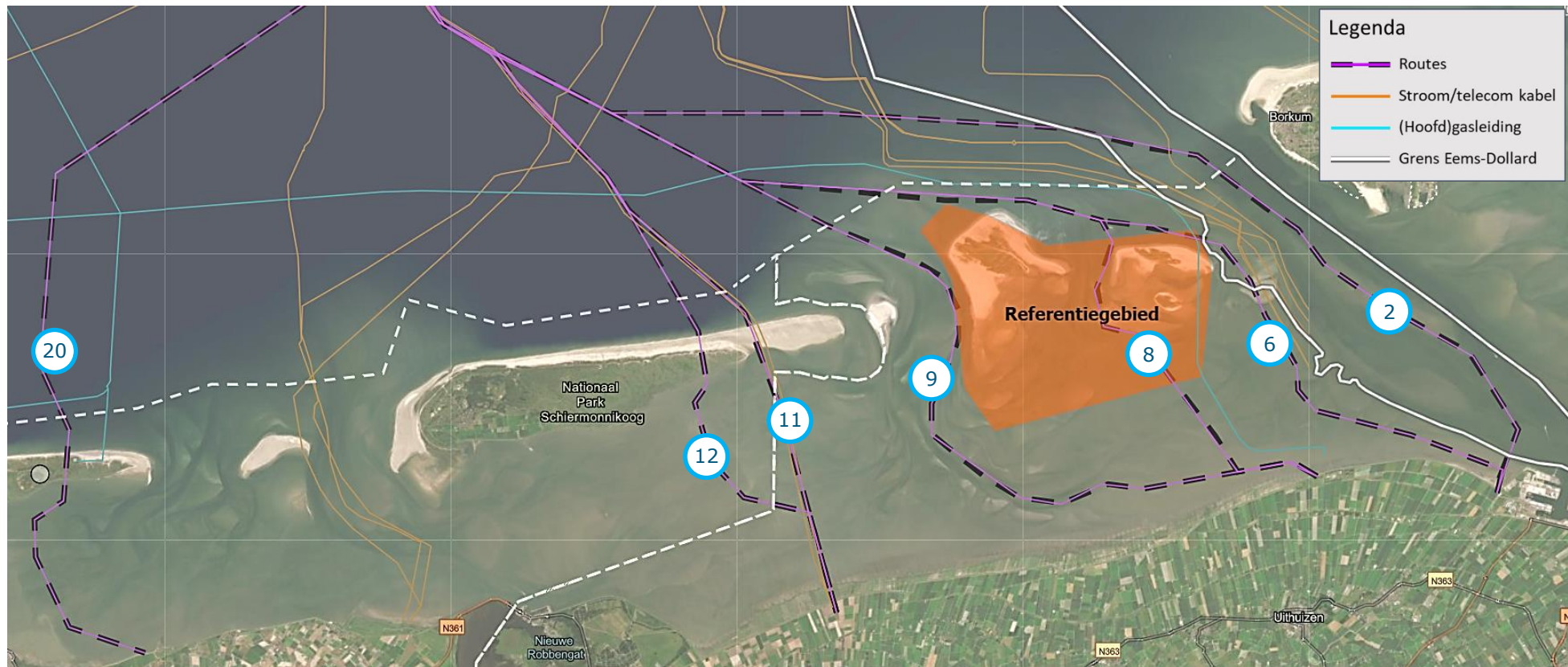
De ingetekende route van VAWOZ Eemshaven oost heeft dezelfde ligging als 'Oost tracé – ten zuiden van NGT' (6) vanaf Eemshaven tot ten noordoosten van Rottumeroog. Hierna maakt de VAWOZ-route een aantal kruisingen met de bestaande NorNed en Tycom kabels in een morfologisch zeer dynamisch gebied, die door stakeholders vaak wordt aangekaart als een locatie waar kabels en leidingen blootspoelen. Hierna vervolgt VAWOZ ten zuiden van de Gemini kabel, in een diepere ligging onder een optionele vaargeul, de route naar zee.

Door de gedeelde overeenkomsten qua ligging met 'Oost tracé - ten zuiden van NGT' (6) en vermijden van (meerdere) kruisingen in morfologisch dynamische gebieden door de routes ten noorden (2) en zuiden (6) van het VAWOZ Eemshaven oost, worden de alternatieve routes als kansrijker gezien. Terwijl de informatie van beide alternatieve routes samen ook een indicatie geven van de VAWOZ-route, door elk een deel van de (vergelijkbare) ligging van de VAWOZ-route te volgen. Dit wel met uitzondering van de kruising met Norned en Tycom. Daarom is de 'VAWOZ – in detail Eemshaven Oost' afgevalen voor de beoordeling.

1. Over Borkum

Een route die over Duits grondgebied loopt ten noordoosten van de hoofdvaargeul in de Eems. Deze Duitse kabelcorridor is reeds gepland en gereserveerd om 6 kabels aan te leggen naar Duitse windparken op zee. Gezien het Duitse grondgebied en de aanwezigheid en bestemming voor kabels naar eigen windparken, wordt deze route niet als kansrijk gezien.

Een aantal routes is samengevoegd of hertekend na bovengenoemde inventarisatie op onder andere techniek en natuur. De reden hiervoor is om iedere route zo kansrijk mogelijk te maken. Tijdens de beoordeling heeft een verdere verfijning van de routes plaatsgevonden om de maakbaarheid te optimaliseren.



Figuur 8-3 - Overzicht van te beoordelen routes voor doorkruising Waddengebiet

9 Toepasbare aanlegtechnieken

Dit hoofdstuk beschrijft de beschikbare technieken om kabels en (buis)leidingen aan te leggen. Per techniek wordt het werkingsprincipe beschreven en ook de verschillen tussen de technieken worden toegelicht. De technieken zijn onderverdeeld in toepassingsgebieden, namelijk in ondiepe wateren (paragraaf 9.1), in diepere wateren (paragraaf 9.2) en sleufloze technieken (paragraaf 9.3). Per techniek wordt aangegeven voor welke type kabels en leidingen deze geschikt is (350 MW AC-kabel, 2 GW DC-kabel of H₂-leiding), wat de technische beperkingen zijn en wat de te verwachten bodemimpact is.

In bijlage 1 wordt een totaaloverzicht weergegeven van de belangrijkste kenmerken van de verschillende technieken.

In bijlage 1 worden ook de technieken voor op land beschreven. Daarin worden ook de technieken uit dit hoofdstuk nader toegelicht en bovendien geïllustreerd middels afbeeldingen.

9.1 Technieken voor ondiep water

In deze paragraaf zijn technieken opgenomen die in kust- en getijdengebieden en ondiepe wateren (waterdiepte minder dan ca. 5 meter) worden toegepast, namelijk:

- Baggeren (paragraaf 9.1.1)
- Mechanische sleufgraver (op Wad) (paragraaf 9.1.2)
- Ploegen (paragraaf 9.1.3)
- Jetten (paragraaf 9.1.4)
- Fluïdiseren (paragraaf 9.1.5)
- Vibratiezwaard (paragraaf 9.1.6)

⁶ Een ponton is een drijvend platform vanaf waar gewerkt kan worden. Vaak worden deze in combinatie met een rechthoekige ongemotoriseerde boot in ondiep water gebruikt voor grond- en waterwerkzaamheden.

9.1.1 Baggeren

Baggeren is het verwijderen van zandige grond onderwater. In ondiepe wateren kan het verwijderen onder andere gedaan worden door middel van afgraving met een graafmachine op een ponton⁶. De opgebaggerde grond wordt naast de sleuf gedeponereerd of overgebracht op schepen, om elders te worden gedeponereerd of om de geul weer te dichtten. Door het baggeren ontstaat een geul. Als de geul eenmaal op de gewenste diepte is, kan de kabel worden geïnstalleerd. Dit gebeurt door de kabel in de geul te leggen vanaf een kabellegpontoon of schip. Nadat de kabel is uitgelegd langs de route, wordt deze bedekt met het uitgebaggerde materiaal of de kabel wordt dieper begraven in de geul met een van de andere technieken.

Tabel 6 – Kernpunten baggeren (ondiep water)

Toepasbaar voor	Baggeren (ondiep water)		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
Technische beperkingen	✓	✓	✓
	• Dieptes tot 10 m. onder bodem te behalen. • Aanvoer kabel gebeurt in delen door groot gewicht en transport over het Wad, of via de gebaggerde geul.		
Bodemimpact	• Hoe dieper, hoe breder de sleuf. • Grondlagen worden gemengd als gevolg aanleg. • Relatief grote impact.		
Bijzonderheden	• Lange installatieduur door opeenvolging van bagger- en legactiviteit, met risico op uitloop.		

9.1.2 Mechanische sleufgraver (op Wad)

Deze techniek wordt in het getijdengebied toegepast. Op drooggevallen vlakken of plaatsen met weinig stroming, wordt een sleuf gegraven met een kettinggraver. Direct achter de ketting wordt de kabel naar beneden gebracht in de sleuf, waarna de sleuf weer wordt dichtgedrukt met naastgelegen bodem. Het eerder uitgegraven materiaal wordt rondom de werkplek verspreid.

Tabel 7 – Kernpunten mechanische sleufgraver

Toepasbaar voor	Mechanische sleufgraver		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	
Technische beperkingen	- Aanvoer kabel gebeurt in delen door groot gewicht en transport over het Wad. - Diepte beperkt tot ca. 10 m onder bodemoppervlakte.		
Bodemimpact	- Verstoort bodemsamenstelling. - Verstoring afhankelijk van benodigde geulbreedte en materiaal.		
Bijzonderheden	-		

9.1.3 Ploegen

Deze methode lijkt erg op de voorgaande, maar bij deze is de kettinggraver vervangen door een ploeg. De ploeg ploegt de grond open en wordt door middel van een ponton met trekanker of (wad)trencher (rupsvoertuig) voortgetrokken. De aan te leggen kabel wordt door de ploeg heengeleid en naar de juiste diepte gebracht. Achter de ploeg wordt de sleuf gedicht door een omgekeerde ploeg (een 'backfill' ploeg), die de grond weer terug in de sleuf schuift. De werkzaamheden kunnen worden gestart op het strand, om vervolgens in één keer door te ploegen naar diepere wateren, zonder te stoppen of van techniek te wisselen.

Tabel 8 – Kernpunten ploegen (ondiep water)

Toepasbaar voor	Ploegen (ondiep water)		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	
Technische beperkingen	- Aanvoer kabel gebeurt in delen door groot gewicht en transport over het Wad. - Geschikt voor zeer ondiep tot zeer diep water (max. 1000 m) en droogvallende gebieden. - Begraafdieptes tot ca. 3 m onder zeebodem. - Voor grotere begraafdieptes is voorbereiding nodig, bijv. door eerst geul uit te baggeren.		
Bodemimpact	- Verstoort bodemsamenstelling. - Voetafdruk techniek afhankelijk van breedte en diepgang ploeg en van ondersteunende vaartuigen, voertuigen of pontons.		
Bijzonderheden	Kan worden verbeterd door jets (waterstralen) of een trilblok toe te voegen. Hierdoor wordt de ondergrond losser en is de ploeg makkelijker voort te trekken en te besturen.		

9.1.4 Jetten

Een jet-injector is een stalen zwaard, ook wel een 'vertical injector' genoemd, die in de bodem snijdt door middel van waterstralen. Door (zee)water onder hoge druk in de grond te spuiten, wordt de bodem lokaal los gespoten. De kabel wordt vervolgens direct op de gewenste diepte ingebracht via de jet-injector zelf. Voor deze techniek dient er wel voldoende water beschikbaar te zijn voor de waterstralen. Een jet-injector kan op meerdere manieren worden voorgetrokken. In ondiepere wateren, mits er voldoende water aangevoerd kan worden, kan een jet-injector worden voortbewogen door middel van een tracked vehicle (rupsvoertuig), op een slede en tussen pontons gespannen

kabelsysteem. In hoofdstuk 10 wordt verwezen naar een jet-injector voorgetrokken tussen twee pontons als een 'spoelzwaard'.

Tabel 9 – Kernpunten Jetten (ondiep water)

Jetten (ondiep water)			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	
Technische beperkingen	• Vooral geschikt voor grond dat met water verslapt kan worden (vooral zandige bodems), begraafdiepten van max. 6 m. • Voor grotere begraafdieptes voorbereiding nodig, bijv. door eerst geul uit te baggeren. • Aanvoer gebeurt in delen door groot gewicht kabel en transport over het Wad. • Benodigd voldoende wateraanvoer om te functioneren.		
Bodemimpact	• Bodemsamenstelling verstoord door wegspoelen deel bodem.		
Bijzonderheden	-		

9.1.5 Fluïdiseren

Door (zee)water in grote hoeveelheden in de bodem te spuiten, wordt lokaal de bodem vloeibaar gemaakt (te vergelijken met drijfzand). De kabel wordt vervolgens direct ingebracht waarna deze -door het hogere gewicht van de kabel- vervolgens zinkt naar de gewenste diepte. Bij deze methode vindt dus geen ontgraving plaats. Deze methode kan alleen toegepast worden indien er voldoende water beschikbaar is om de bodem in suspensie te brengen. Ook de bezinksnelheid van de in suspensie gebrachte bodem dient laag genoeg te zijn om de kabel te laten afzinken.

Tabel 10 – Kernpunten Fluïdiseren (ondiep water)

Fluïdiseren (ondiep water)			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	• Begraafdiepten tot circa 5 meter. • Vooral geschikt voor grond wat met water in suspensie kan worden gebracht, vooral zandige ondergronden, met lage bezinksnelheden. • Voor grotere begraafdieptes is een voorbereiding nodig, bijv. door eerst een geul uit te baggeren. • Aanvoer gebeurt in delen door groot gewicht kabel en transport over het Wad. • Benodigd voldoende wateraanvoer om te functioneren.		
Bodemimpact	• Beperkte verstoring door lokaal verplaatsen deel bodem. • Oppervlakte voetafdruk afhankelijk van de breedte van de fluïdisatie-injector (circa 0,5 tot 1,5 m) en de methode waarmee de injector wordt voortbewogen (trencher of vanaf ponton of schip).		
Bijzonderheden	-		

9.1.6 Vibratiezwaard

Een techniek om de kabel in een natte bodem op diepte te krijgen is deze erin trillen door middel van een vibratiezwaard. Het vibratiezwaard wordt, met daarin de kabel, in de bodem gebracht. Hierin wordt het zwaard voortgetrokken vanaf een ponton of (wad)trencher (rupsvoertuig), terwijl het zwaard trilt om de bodem plaatselijk te verzwakken en vervolgens de kabel op de gewenste diepte te leggen via een opening onderaan het zwaard zelf. Deze techniek is toegepast bij het aanleggen van hoogspanningskabels via Norderney op het Duitse deel van de Wadden.



Figuur 9-1 – Vibratiezwaard

Tabel 11 – Kernpunten vibratiezwaard

Toepasbaar voor	Vibratiezwaard		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	
Technische beperkingen	• Beperkingen door weerstand tijdens voortbewegen. • Aanvoer gebeurt in delen door groot gewicht kabel en transport over het Wad. • Begraafdiepte tot 3 meter.		
Bodemimpact	• Nauwelijks verstoring bodemsamenstelling. • Voetafdruk bepaald door inzet van middelen om zwaard voort te trekken en kabel aan te leveren. In het geval van een voertuig is de voetafdruk ongeveer 5 m breed, door gebruik te maken van drijvende pontons kan dit gereduceerd worden tot 0,5 m.		
Bijzonderheden	Wordt veel toegepast op het Duitse wad.		

9.2 Technieken voor diepere wateren

In deze paragraaf zijn technieken opgenomen die in diepere wateren worden toegepast (vanaf meer dan circa 5 meter waterdiepte), namelijk:

- Baggeren (paragraaf 9.2.1)
- Open sleuf (paragraaf 9.2.2)
- Ploegen (paragraaf 9.2.3)
- Jetten (paragraaf 9.2.4)
- Fluïdiseren (paragraaf 9.2.5)

9.2.1 Baggeren

In diepere wateren wordt baggeren vanaf een schip gedaan, bijvoorbeeld een zogenaamde sleephopperzuiger. Via een zuigerarm die naar de bodem afzakt wordt de losse ondergrond opgezogen. Vervolgens wordt de opgebaggerde grond opgeslagen in de beun (hopper) van het schip om elders te storten of om de sleuf weer te dichten nadat de kabel is gelegd. Dit gebeurt door de kabel in de geul te leggen vanaf een kabellegpontoon of schip. Nadat de kabel is uitgelegd langs de route wordt deze bedekt met het uitgebaggerde materiaal of de kabel wordt dieper begraven in de geul met behulp van een van de andere technieken.

Tabel 12 – Kernpunten baggeren (diep water)

Toepasbaar voor	Baggeren (diep water)		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	Qua diepte zijn dieptes tot 10 meter onder de bodem te behalen, al zal bij grotere dieptes steeds meer materiaal moeten worden uitgebaggerd door de toenemende benodigde breedte.		
Bodemimpact	• Hoe dieper, hoe breder de sleuf. • Grondlagen worden gemengd als gevolg aanleg. • Relatief grote impact.		
Bijzonderheden	Wordt veelvuldig toegepast, zeker op de Noordzee. Er kan tot een diepte van ca. 25 m onder zeespiegel gewerkt worden.		

9.2.2 Kettinggraver

De mechanische sleufgraven techniek of onderwater ontgraving wordt ook in de diepe zee toegepast. Hierbij wordt gebruikgemaakt van onderzeese, op afstand bestuurbare, rupsvoertuigen (Tracked Remotely Operated Vehicle - TROV) om op diepte te graven. De kabel wordt vanaf een schip afgerold, waarna het begeleid aangevoerd naar de sleuf en direct achter de kettinggraver geplaatst. Met een aparte stap wordt de sleuf weer gedicht nadat de kabel is gelegd.

Tabel 13 – Kernpunten open sleuf

Toepasbaar voor	Open sleuf		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	• Geen beperking qua lengte door open ontgravingsmethode. Kabel kan per schip worden aangevoerd waardoor langere kabellengtes gebruikt kunnen worden. • Diepte tot 1000 m onder zeespiegel. • Kabel tot 10 m onder zeebodem.		
Bodemimpact	-		
Bijzonderheden	-		

9.2.3 Ploegen

Ook ploegen is mogelijk in dieper water. Hierbij kan het ploegen vergemakkelijkt worden door het gebruiken van jets of trilblokken, die de bodem plaatselijk verzwakken. Daarna wordt de kabel vanaf een schip afgerold, begeleid aangevoerd naar de sleuf en geplaatst via de ploeg. Nadat de kabel gelegd is, dicht de gegraven sleuf zichzelf weer. De ploeg wordt voortgetrokken door een schip.

Tabel 14 – Kernpunten ploegen (diep water)

Toepasbaar voor	Ploegen (diep water)		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	
Technische beperkingen	• Geschikt voor zeer ondiep tot zeer diep water en droogvallende gebieden. • Diepte tot max. 1000 m. • Graafdiepte tot ca. 3 m.		
Bodemimpact	De milieueffecten en het effect op de bodemsamenstelling zijn hetzelfde als ploegen op land of wad. De voetafdruk tijdens het aanleggen van de kabel is kleiner, in verband met de inzet van schepen in plaats van pontons en voertuigen.		
Bijzonderheden	-		

9.2.4 Jetten

Ook kan in dieper water de kabel worden begraven door middel van een jetting-lans die het zand verwijdert door (zee)water onder hoge druk in de grond te spuiten (jetting). De kabel wordt dan direct ingebracht, via een trencher of een slede, en meteen aangelegd. De trencher verplaatst zich meestal op rupsbanden en wordt vanaf een schip aangestuurd. Een slede wordt voortgetrokken door een schip. In hoofdstuk 10 wordt naar een jetting-lans op een slede verwezen als een 'jetting-slede'.

Tabel 15 – Kernpunten jetten (diep water)

Jetten (diep water)			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	
Technische beperkingen	• Vooral geschikt voor grond dat met water verslapt kan worden (vooral zandige bodems), begraafdiepten van max. 8 m. • Voor grotere begraafdieptes voorbereiding nodig, bijv. door eerst geul uit te baggeren. • Geen beperkingen qua lengte, kabel wordt in lange stukken aangevoerd van zeegaand schip.		
Bodemimpact	• Verstoort bodemsamenstelling door wegspoelen deel bodem, afhankelijk van mate van water dat toegevoegd wordt en stroming tussen de bodemlagen. • Oppervlakte voetafdruk op de bodem is afhankelijk van de breedte van de jet-injector (ca. 0,5 m) en de methode waarmee de injector wordt voortbewogen (trencher of vanaf ponton of schip).		
Bijzonderheden	-		

9.2.5 Fluïdiseren

Evenals bij ondiep water, wordt door (zee)water in grote hoeveelheden in de bodem te spuiten, lokaal de bodem vloeibaar gemaakt (te vergelijken met drijfzand). De kabel wordt vervolgens direct ingebracht, waarna deze -door het hogere gewicht van de kabel- vervolgens zinkt naar de gewenste diepte. In diepere wateren wordt dit gedaan vanaf een slede of trencher die de kabel in de zeebodem brengt. De slede wordt voortgetrokken door een schip, of in geval van een trencher voorziet het schip deze van stroom.

Tabel 16 – Kernpunten Fluïdiseren (diep water)

Fluïdiseren (diep water)			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	• Vooral geschikt voor grond wat met water in suspensie kan worden gebracht, vooral zandige ondergronden, met een lage bezinksnelheid. • Begraafdiepten tot circa 5 meter. • Voor grotere begraafdieptes is een voorbereiding nodig, bijv. door eerst een geul uit te baggeren. • Geen beperkingen qua lengte, kabel wordt in lange stukken aangevoerd van zeegaand schip. • Waterdiepte beperkt door de waterdruk op grotere dieptes. Dit ligt ongeveer op 100 m onder zeeniveau.		
Bodemimpact	• Verstoort bodemsamenstelling beperkt door het lokaal verplaatsen van een deel van de bodem. De verschillende bodemlagen kunnen worden gemengd. • Afhankelijk van de hoeveelheid water dat toegevoegd wordt en van stroming tussen de bodemlagen. • Oppervlakte voetafdruk op de bodem is afhankelijk van de breedte van de fluïdiseren-injector (ca. 0,5 m) en de methode waarmee de injector wordt voortbewogen (trencher of vanaf een ponton of schip).		
Bijzonderheden	-		

9.3 Sleufloze technieken

In deze paragraaf zijn technieken opgenomen die worden toegepast door middel van boren, waarvoor bij de aanleg geen sleuf nodig is, namelijk:

- Horizontaal gestuurd boren (paragraaf 9.3.1)
- Microtunnel installatie (paragraaf 9.3.2)

- Gesegmenteerde tunnel installatie (paragraaf 9.3.3)
- Direct gestuurde boorkop- gesloten front boorkop (paragraaf 9.3.4)
- Direct gestuurde boorkop- HDD boorkop (paragraaf 9.3.5)
- Shell Open hole Continues Casing System (paragraaf 9.3.6)

Aanleg van een kabel bij sleufloze technieken

Bij alle sleufloze technieken wordt er een (tunnel)buis geïnstalleerd, en niet direct een kabel. Deze buis kan worden gebruikt voor de installatie van een kabel, of meerdere kabels, als de (tunnel)buis hier voldoende ruimte voor heeft. In tunnels kan de kabel worden ingebracht over rollers, of per (rail)voertuig indien er voldoende ruimte is. Waarna het door installateurs of robots kan worden geïnstalleerd aan de tunnelwand, hetzij door middel van kabelrekken of goten.

Voor buizen van een kleinere diameter, waar onvoldoende ruimte is om in te werken, moet de kabel in de buis worden getrokken. Met de lengte van de kabel in de buis, wordt de wrijvingsweerstand tussen de buis en kabel groter. Hierdoor is er veel kracht nodig voor het inbrengen van de kabel, en kan de kabel breken of worden beschadigd door deze kracht. Daarom is in deze verkenning een maximale intrekeafstand van 2 kilometer voor de kabels aangehouden. Huidige projecten halen afstanden van 1,5 kilometer en er vinden innovaties plaats om de weerstand te verminderen en daarmee de maximale afstand te vergroten. Ook moet bij het intrekken van de kabel de lier waarmee de kabel wordt ingetrokken, voldoende moeten worden verankerd. Dit is benodigd voor de krachten die op de lier staan. Afhankelijk van de locatie moet hier een ankerveld of andere vorm van verankering plaatsvinden bij in/uittredepunt van de boring.

9.3.1 Horizontaal gestuurd boren (HDD)

Een veelgebruikte boortechniek voor doorkruising van wateren en wegen is horizontaal gestuurd boren (Horizontal Directional Drilling, HDD). Horizontaal gestuurd boren is een techniek waarbij een gravende boorkop wordt voortgeduwd door een boorstang. Door de boorkop kan de boring in de

gewenste richting en diepte worden gestuurd, waarbij een specifieke route kan worden gevolgd. De boring vindt in meerdere stappen plaats. Eerst wordt een kleinere (pilot)boring gedaan die het gewenste tracé volgt. Vervolgens wordt van de andere kant een 'ruimer⁷' door de boring getrokken om het gat groter te maken. Daarna wordt een (mantel)buis door het gat getrokken in tegengestelde richting. En als laatste stap worden de kabels door de buis getrokken. Hiervoor zijn aan zowel het begin- als het eindpunt van de boring stations nodig die op pontons of vasteland kunnen worden geplaatst.

Tabel 17 – Kernpunten Horizontaal gestuurd boren (HDD)

Toepasbaar voor	HDD		
	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	• Maximaal toepasbare lengte van deze techniek is beperkt (uitleg: zie bijlage): Eenzijdige boring max. 2km, Tweezijdige boring max. 5 km.		
Bodemimpact	• Amper bodemimpact (alleen bij boring zelf). • Voetafdruk wordt bepaald door platforms vanaf waar de boringen plaatsvinden.		
Bijzonderheden	-		

Tweezijdige HDD-boring

Een verdere ontwikkeling van HDD is om van twee uit elkaar liggende locaties HDD-leidingen naar elkaar toe te boren. Daarna wordt het boorgat vergroot en wordt de buis van de ene naar de andere kant getrokken. Hierdoor kunnen grotere afstanden ondergronds worden overbrugd, zonder dat bovengronds activiteiten tussen de intredepunten nodig zijn.

9.3.2 Microtunnel installatie

Microtunneling is een tunnelboortechniek met een kleinere diameter, waarbij de tunnelbuis vanaf de opening in het gat wordt geperst en zo ook de

⁷ Een ruimer is een stuk gereedschap waarmee men iets ruimer kan maken, in dit geval het boorgat.

boormachine vooruitduwt. De tunnelbuis wordt vanuit een bouwput erin geperst, waarna steeds een nieuw stuk wordt geplaatst. Deze techniek maakt het mogelijk om kleine tunnels te maken voor meerdere kabels of leidingen. Diameters van de microtunnel kunnen oplopen tot 3 meter. Bij het start- en eindpunt van de microtunnel is een bouwput nodig om de booreenheid te installeren.

Tabel 18 – Kernpunten microtunnel installatie

Microtunnel installatie			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	- Lengte van deze techniek is beperkt tot max. 3,5 km doordat het schuiven van de tunnelbuis wrijving veroorzaakt met de grond. - Om de 150 meter substations nodig. - Offshore vormt extra uitdaging voor de bouwput door de druk van het zeewater en golven (maar is wel bij andere projecten succesvol toegepast).		
Bodemimpact	- Bodemstelling wordt beperkt verstoord door de tunnelboormachine zelf en de twee bouwputten. - Voetafdruk voornamelijk bepaald door de bouwputten vanuit waar de tunnelboormachine vertrekt en aan de andere kant weer ontvangen wordt bij het graven van de tunnel.		
Bijzonderheden	-		

9.3.3 Gesegmenteerde tunnel installatie

Gesegmenteerde tunnel installatie is een techniek waarbij de tunnelbuis wordt opgebouwd uit segmenten achter de boorkop. Deze segmenten worden via de reeds gebouwde tunnel aangevoerd naar de voorkant, waar deze op hun plaats worden gezet en vastgemaakt. Deze techniek wordt ook gebruikt voor (spoor)wegtunnels zoals de kanaaltunnel tussen Frankrijk en Engeland. Door de grotere diameter, die nodig is voor het vervoeren van de segmenten, wordt ook het onderhoud van bestaande en het aanbrengen van nieuwe

kabels gemakkelijker. Bij het start- en eindpunt van de tunnel is een bouwput nodig om de booreenheid te installeren en verwijderen.

Tabel 19 – Kernpunten gesegmenteerde tunnel installatie

Gesegmenteerde tunnel installatie			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	- Langere tunnels (12-15 km), waarbij de lengte wordt beperkt door de reistijd van het begin tot de boorkop van de tunnel. - Bij start- en eindpunt tunnel is een bouwput nodig om booreenheid te installeren. Offshore, op zee, vormt dit een extra uitdaging door de druk van het zeewater en de golven (maar is wel bij andere projecten succesvol toegepast).		
Bodemimpact	- Bodemstelling wordt beperkt verstoord door de tunnelboormachine zelf en de twee bouwputten. - Voetafdruk voornamelijk bepaald door de bouwputten vanuit waar de tunnelboormachine vertrekt en aan de andere kant weer ontvangen wordt bij het graven van de tunnel.		
Bijzonderheden	-		

9.3.4 Direct Gestuurde Boorkop – Gesloten Front boorkop (DGB-G)

Deze nieuwe techniek is een combinatie van een Gesloten Front Techniek boorkop en microtunneling. Een Gesloten Front Techniek boorkop is waterdicht en geschikt om onder (grond)waterstand te boren. Ook is de boorkop stuurbaar, waardoor de gewenste route en diepte kan worden bereikt. In tegenstelling tot HDD wordt de buis in één enkele stap ingebracht, zonder dat er aan de ontvangende kant trekapparatuur nodig is. De gehele duwkracht wordt gemobiliseerd bij het ingangspunt door middel van een

persinstallatie, zoals bij microtunneling. Net zoals bij de HDD-techniek kan de boring vanaf maaiveld plaatsvinden.

Tabel 20 – Kernpunten DGB-G

DGB-G			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	- Max. lengte afhankelijk van de leidingdiameter en van de geologische omstandigheden. - Maximaal toepasbare lengte voor kabels is beperkt (uitleg: zie bijlage). - Dit beperkt lengte van boring en kan tot nu toe niet worden uitgebreid met onderstations, zoals bij microtunneling.		
Bodemimpact	- De bodemstelling wordt beperkt verstoord door de boring zelf, enkel het gedeelte van de bodem waar de boring wordt uitgevoerd. - Voetafdruk wordt voornamelijk bepaald door het platform vanaf waar de boring plaatsvindt.		
Bijzonderheden	-		

9.3.5 Direct Gestuurde Boorkop – HDD-boorkop (DGB-H)

Bij de DGB-H techniek wordt een HDD-boorkop voorop de leiding aangebracht. Daarom wordt deze techniek verder in deze verkenning benoemd als DGB-HDD. De boormachine en leidingdelen worden vervolgens stapsgewijs voortgeduwd met behulp van een persinstallatie. Bij deze techniek wordt de leiding dus in één stap aangebracht en zijn geen aparte pilotboring, ruimergangen en intrekefase benodigd. Net zoals bij de HDD-techniek kan de boring vanaf maaiveld plaatsvinden. Aan de intredezijde wordt de leiding uitgelegd. De leiding wordt schuin ten opzichte van de grond erin ingeperst. Vervolgens wordt de leiding bijgestuurd, waarbij er eventueel op de gewenste diepte horizontaal wordt geboord. Bijsturen is mogelijk, om de leiding daarna onder een hoek omhoog te laten komen naar het uittredepunt.

Omdat de leiding in delen kan worden uitgelegd en er geen of beperkt materieel aan de ontvangtzijde benodigd is, kan DGB-H worden toegepast wanneer de ruimte beperkt is aan de ontvangtzijde. Er is tevens minder risico op een instabiel boorgat dan bij een horizontaal gestuurde boring, omdat de grond maar éénmaal wordt doorboord en het boorgat vrijwel meteen ondersteuning van de ingebrachte buis krijgt

Tabel 21 – Kernpunten DGB-H

DGB-H			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	- Maximaal toepasbare lengte voor kabels is beperkt (uitleg: zie bijlage). - Omdat de leiding in delen kan worden uitgelegd en er geen of beperkt materieel aan de ontvangtzijde benodigd is, kan DGB-H worden toegepast wanneer de ruimte beperkt is aan de ontvangtzijde.		
Bodemimpact	- Bodemstelling wordt beperkt verstoord door de boring zelf, alleen de bodem waar de boring doorheen gaat wordt verwijderd. - Voetafdruk is voornamelijk het platform vanaf waar de boring plaatsvindt.		
Bijzonderheden	-		

9.3.6 Shell Open hole Continues Casing System (SOCCS)

Deze nieuwe techniek voor het boren van putten voor olie of gas kan ook horizontaal worden toegepast. Het open boorgat achter de boorkop wordt direct verstevigd met een ingebrachte leiding. Deze leiding wordt door de leiding zelf ingebracht en achter de boorkop binnenstebuiten gekeerd. Hierdoor is het risico dat het boorgat instort minimaal. Daarnaast hoeft de pijpleiding niet door het boorgat te worden ingetrokken, zoals met HDD, maar wordt deze direct ter plekke aangebracht. Dit voorkomt dat de grond rond het boorgat schuift en maakt grotere afstanden mogelijk door de mindere

weerstand. Deze techniek beperkt zich momenteel nog tot kleine diameters (circa 0.2 meter).

Tabel 22 – Kernpunten SOCCS

SOCCS			
Toepasbaar voor	350 MW AC	2 GW DC	H ₂ -leiding
	✓	✓	✓
Technische beperkingen	Maximaal toepasbare lengte voor kabels is beperkt (uitleg: zie bijlage).		
Bodemimpact	-		
Bijzonderheden	- Van deze techniek is vrij weinig gepubliceerd omdat deze techniek vrij nieuw is en tot dusver weinig is toegepast. - Tot nu toe hebben er boringen tot ongeveer 500 meter plaatsgevonden. Maar met deze techniek zouden afstanden tot 10 á 25 kilometer bereikt kunnen worden. - Tot dusver hebben boringen met diameter van 110 mm plaatsgevonden, wat te klein is voor een hoogspanningskabel met diameter van circa 25 cm.		

10 Nadere detaillering en beschrijving van de routes

Dit hoofdstuk beschrijft per route welke aanlegtechnieken worden toegepast en welke beperkingen er zijn bij het aanleggen van meerdere kabels en/of leidingen. Hierbij is naast dwarsdoorsnedes die de morfologische dynamiek laten zien, ook gebruikt gemaakt van de in paragraaf 10.1 beschreven aanwezige natuurwaarden. In paragraaf 10.2 worden de routes behandeld van west naar oost. De nummering verwijst terug naar de oorspronkelijke longlist van routealternatieven in hoofdstuk 6.

10.1 Natuurwaarden routes

Tabel 23 - Aandachtspunten bij de aanlegtechnieken voor natuurwaarden

Natuurwaarden (van vasteland naar Noordzee)	Aandachtspunten aanlegtechnieken
Binnendijkse natuurwaarden	Periode van uitvoering, duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Zeedijk	Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Vastelandskwelder (alle stadia)	Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Estuarium (Eems-Dollard)	Techniek toepassen met zo weinig mogelijk bodemberoering, weinig mogelijk (tijdelijk) oppervlakteverlies en weinig mogelijk verstoring. Periode van uitvoering van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Wad, bestaande uit complex van:	
- Droogvallende slikkige platen (o.a. foerageergebied vogels)	Techniek toepassen met zo weinig mogelijk bodemberoering, weinig mogelijk (tijdelijk) oppervlakteverlies en weinig mogelijk verstoring. Periode van uitvoering van belang, afstemmen op aanwezige soorten
- Permanent onder water staande platen	Techniek toepassen met zo weinig mogelijk bodemberoering en onderwatergeluidproductie. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten

Natuurwaarden (van vasteland naar Noordzee)	Aandachtspunten aanlegtechnieken
- Zandplaten (o.a. rust- en kraamgebied zeehonden)	Vermijden. Indien dat niet mogelijk is, techniek toepassen waarbij onder zeehondenligplaatsen door zo kort mogelijk wordt verstoord. Periode van uitvoering van belang, afstemmen op aanwezige soorten
- Oppervlaktewater (o.a. leefgebied vissen)	Techniek toepassen met zo weinig mogelijk bodemberoering en onderwatergeluidproductie. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Verspreid over het wad aanwezige:	
- Mosselbanken	Vermijden. Indien dat niet mogelijk is, techniek toepassen waarbij onder schelpdierbanken door geboord wordt. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
- Gemengde banken (mossel en oester)	Vermijden. Indien dat niet mogelijk is, techniek toepassen waarbij onder schelpdierbanken door geboord wordt. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
- Zeegrasvelden	Vermijden. Indien dat niet mogelijk is, techniek toepassen waarbij onder zeegrasveld door geboord wordt. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
- Hotspots van bodemdieren	Vermijden. Indien dat niet mogelijk is, techniek toepassen met zo weinig mogelijk bodemberoering en weinig mogelijk (tijdelijk) oppervlakteverlies. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Eilandkwelders (alle stadia)	Vermijden. Indien dat niet mogelijk is, techniek toepassen waarbij onder kwelder door geboord wordt. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Duingebieden	Vermijden. Indien dat niet mogelijk is, techniek toepassen waarbij onder duingebied door geboord wordt. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Strand	Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten
Noordzeekustzone	Techniek toepassen met zo weinig mogelijk bodemberoering en onderwatergeluidproductie. Periode van uitvoering duur en oppervlak van belang, afstemmen op aanwezige soorten

10.2 Route 20

De route start met de onderdoorgang van de zeedijk aan vasteland, door middel van DGB-HDD boringen. De boringen komen uit op de wadplaat ten noorden van de zeedijk, circa 1 kilometer er vandaan. Er is voor DGB-HDD boringen gekozen, zodat de plaat minimaal wordt verstoord. De boring start aan de landzijde van de zeedijk.

Vervolgens worden de wadplaten en ondiepe geulen -tussen de uittredepunten van de boringen en ten zuiden van Ameland- doorkruist door middel van een vibratiezwaard. Gezien de geringe begraafdiepte heeft een vibratiezwaard de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. Het vibratiezwaard wordt tussen twee pontons voortgetrokken en begraaft de kabel direct tot maximaal 3 meter onder de bodem. Hierbij moet om de maximaal vier kilometer een ponton worden geplaatst om de kabel aan te voeren naar het vibratiezwaard en om het vibratiezwaard voort te trekken over het Wad van de ene ponton naar de volgende. Ook zullen de kabellengtes van 4 kilometer verbonden moeten worden met moffen tussen de kabeleinden om een continue verbinding te maken. De plaatsing van de pontons dient daarom zorgvuldig te gebeuren, zodat de verbindingen tussen de kabels begraven worden op een locatie met minimale impact.

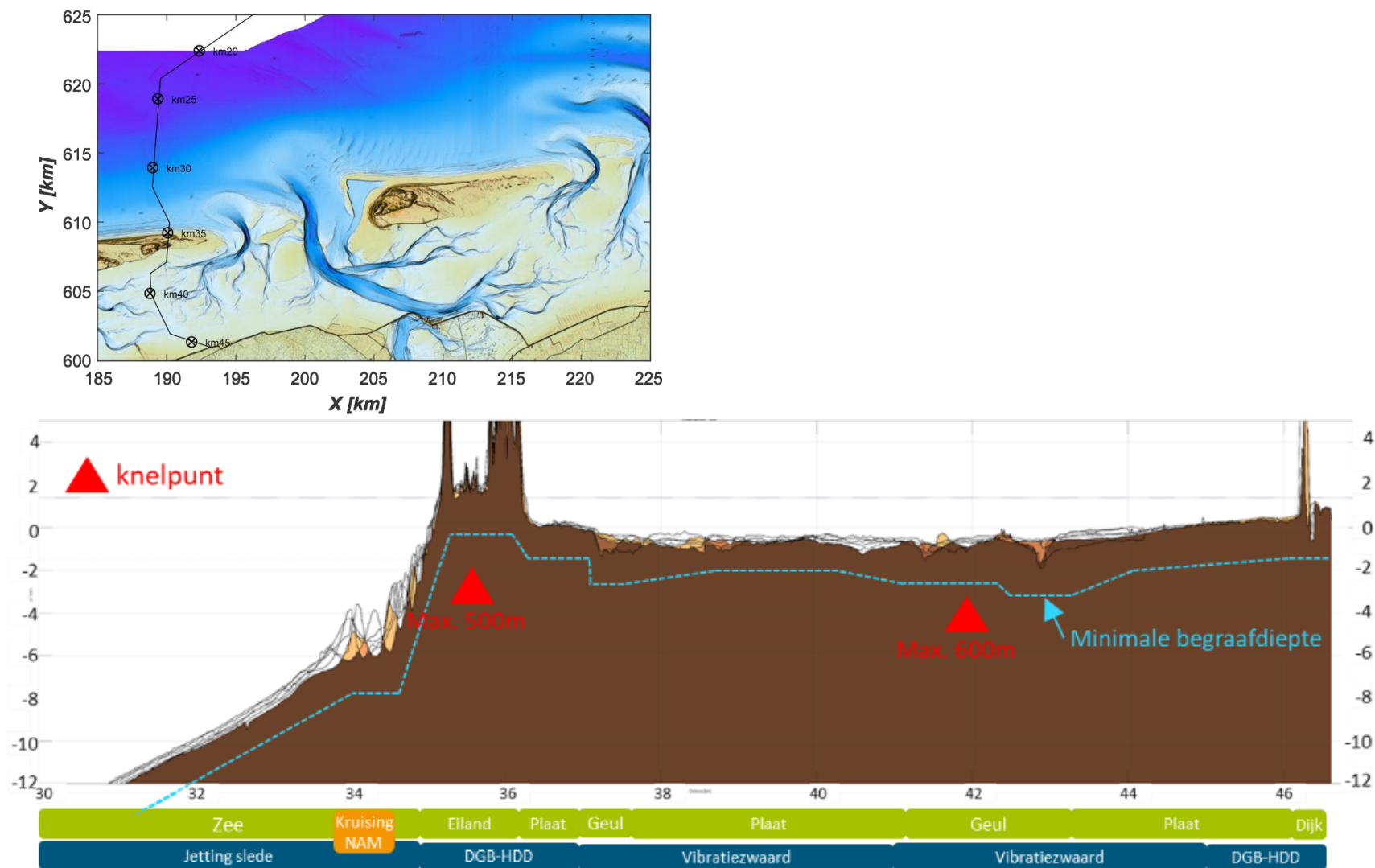
De eerste van de twee knelpunten op de route, bevindt zich ter hoogte van kilometerpunt 42. Het knelpunt ontstaat door de morfologische dynamiek rondom dit punt, specifiek door nabijgelegen geulen aan weerszijde van de route. Waardoor de route op dit punt beperkt is tot 600 meter in de breedte.

Ten zuiden van Ameland wordt van de rand van de geul de DGB-HDD boringen ingezet om onder de droogvallende plaat en Ameland te boren. De boringen zullen uittreden op het strand aan de noordzijde van Ameland. Waar de boorkop moet worden geborgd. Daarna zal de kabel door de geïnstalleerde mantelbuis moeten worden getrokken, en de aansluitingen worden gemaakt met het volgende deel. Door te boren vanaf een ponton aan de zuidzijde van Ameland is de verstoring aan de noordzijde beperkter dan bij een conventionele HDD-boring.

Te midden van Ameland ligt het andere knelpunt, bij de boring op kilometerpunt 35,5, het meest nauwe deel van de route. Het knelpunt wordt enerzijds bepaald door de nabije ligging van het NAM-station (Ameland Oost 1) en anderzijds door de beperkte beschikbare ruimte voor intrede- en uittredepunten van de boring aan weerszijden van het eiland. Hierdoor wordt de breedte van de route beperkt tot 500 meter.

De route wordt vervolgd - vanaf het Noorderstrand van Ameland - door middel van een jetting-slede. Deze jetting-slede kan de kabels tot een diepte van 6 meter begraven onder de bodem, met weinig impact qua bodemberoering en oppervlakte verstoring. Hierbij moet wel een aardgasleiding van de NAM worden gekruist, door er overheen te gaan en af te dekken. Verder op zee kruist de route ook de NGT-leiding door er overheen te gaan en af te dekken.

Figuur 10-1 toont een dwarsdoorsnede van kabelroute 20 met daarop weergegeven de bodemhoogteontwikkeling sinds 1989, morfologische eenheden, speciale aandachtspunten en aanlegmethode. Kilometers corresponderen met de kilometers in de kaart erboven.



Figuur 10-1 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 20

10.3 Route 12

De route start met de onderdoorgang van de zeedijk aan vasteland en de kwelder aan de zeezijde, door middel van DGB-HDD boringen. De boringen komen uit op de wadplaat ten noorden van de zeedijk en kwelders, circa 1 kilometer vanaf de zeedijk. Er is voor DGB-HDD boringen gekozen, zodat de plaat minimaal wordt verstoord. De boring start aan de landzijde van de zeedijk.

Vervolgens wordt door middel van een vibratiezwaard de wadplaten en ondiepe geulen, tussen de uittredepunten van de boringen en ten zuiden van Schiermonnikoog, doorkruist. Gezien de geringe begraaftdiepte zorgt het toepassen van een vibratiezwaard voor de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. Deze wordt tussen twee pontons voorgetrokken door kabels en begraaft de kabel direct tot maximaal 3 meter onder de bodemoppervlakte. Hierbij moet om de maximaal vier kilometer een ponton worden geplaatst, om de kabel aan te voeren richting het zwaard. Hierdoor zullen de kabellengtes van 4 kilometer verbonden moeten worden met moffen tussen de kabeleinden om een continue verbinding te maken. De plaatsing van de pontons dient daarom zorgvuldig te gebeuren, zodat de verbindingen tussen de kabels begraven worden op een locatie met minimale impact.

De eerste van de twee knelpunten op de route, bevindt zich ter hoogte van kilometerpunt 36. Het knelpunt ontstaat door de morfologische dynamiek rondom dit punt, door nabijgelegen geulen aan weerszijde. Hierdoor wordt de route op dit punt beperkt tot 800 meter in de breedte.

Ten zuiden van Schiermonnikoog moet een geul worden doorkruist. Een minimale begraaftdiepte van minimaal -4 meter onder NAP is vereist vanwege morfologische dynamiek. Daarom worden voor dit deel van de route, tussen kilometerpunt 31 tot voorbij 30, de kabels gelegd met een spoelzwaard. Een spoelzwaard is op dit punt de aanlegtechniek met de minste impact qua bodemberoering en oppervlakte verstoring.

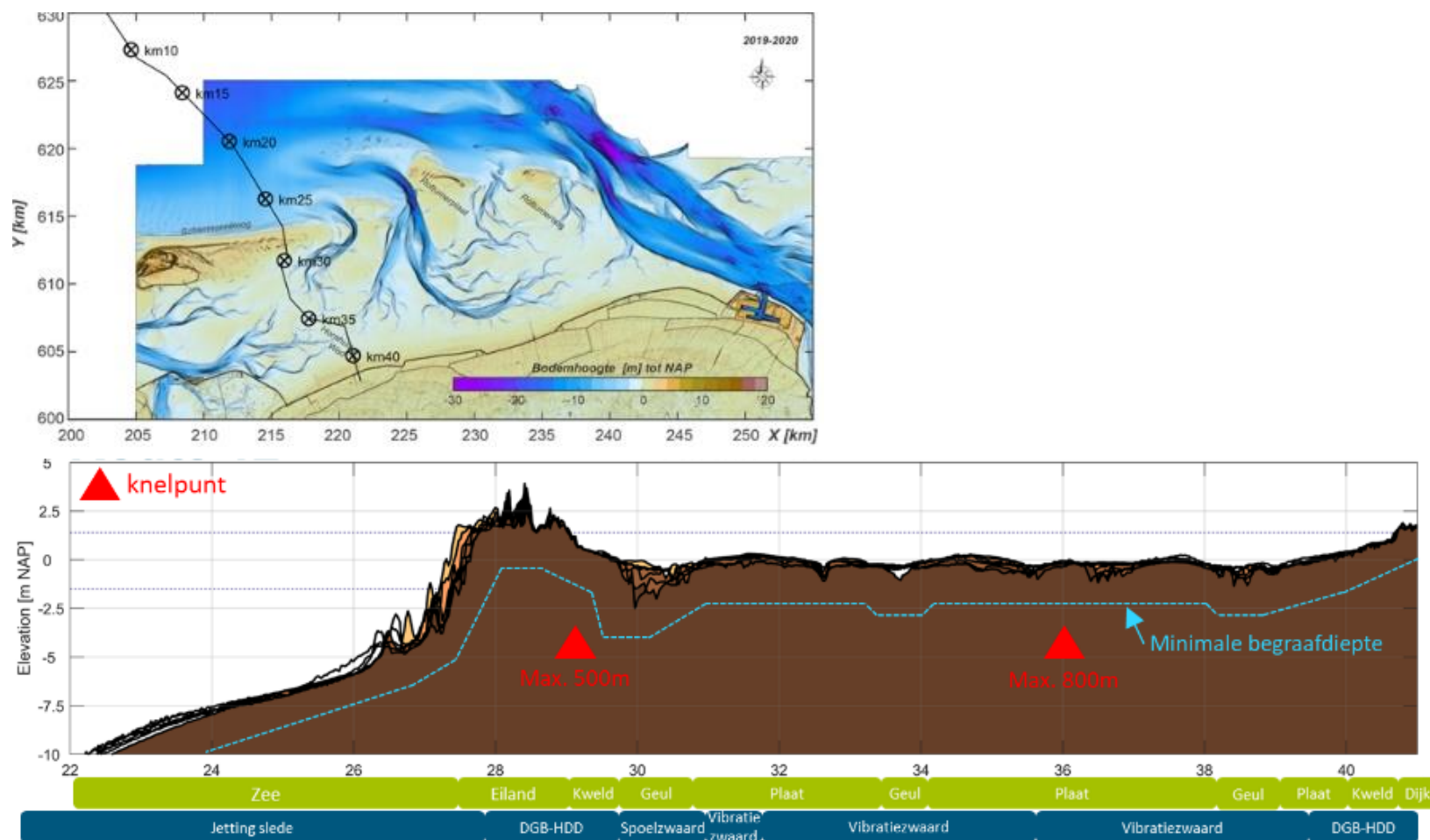
Vanaf de noordrand van de geul, aangrenzend aan de eilandkwelder, worden

DGB-HDD boringen ingezet om onder de eilandkwelders en Schiermonnikoog te boren. De boringen treden uit op het strand aan de noordzijde van Schiermonnikoog. Waar de boorkop moet worden geborgd en wordt aangesloten op het volgende deel. Daarna moet de kabel door de geïnstalleerde mantelbuis worden getrokken. Door de boring vanaf de ponton aan de zuidzijde van Schiermonnikoog uit te voeren, is de verstoring aan de noordzijde beperkt.

Bij het meest zuidelijk gelegen intredepunt van de boringen, op kilometerpunt 29, bevindt zich het andere knelpunt op het meest nauwe deel van de route. Dit knelpunt wordt bepaald door de beperkt beschikbare ruimte voor intredepunten van de boringen aan de zuidzijde van het eiland. Net als de lengte van het eiland waar onderdoor moet worden geboord en de aanwezigheid van geulen aan de oostzijde. Hierdoor wordt de maximale breedte van de route beperkt tot maximaal 500 meter.

De route wordt vervolgd -vanaf het Noorderstrand van Schiermonnikoog- door middel van een jetting-slede. Deze jetting-slede kan de kabels tot een diepte van 6 meter begraven onder de bodem, met weinig impact qua bodemberoering en oppervlakte verstoring. Verder op zee kruist de route de NGT-leiding door er overheen te gaan en af te dekken.

Figuur 10-2 toont een dwarsdoorsnede van kabelroute 12 met daarop weergegeven de bodemhoogteontwikkeling sinds 1989, morfologische eenheden, speciale aandachtspunten en aanlegmethode. Kilometers corresponderen met de kilometers in de kaart erboven.



Figuur 10-2 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 12

10.4 Route 11

De route start met de onderdoorgang van de zeedijk aan vasteland en de kwelder aan de zeezijde, door middel van DGB-HDD boringen. De boringen komen uit op de wadplaat ten noorden van de zeedijk en kwelders, circa 1 kilometer vanaf de zeedijk. Er is voor DGB-HDD boringen gekozen, zodat de plaat minimaal wordt verstoord. De boring start aan de landzijde van de zeedijk.

Vervolgens worden de wadplaten en ondiepe geulen, tussen de uittredepunten van de boringen en het geulensysteem bij kilometerpunt 32,5, doorkruist door middel van een spoelzwaard. Dit is nodig gezien de vereiste begraafdiepte 3 meter onder de oppervlakte. Voor deze diepte heeft een spoelzwaard de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. Dit spoelzwaard wordt tussen twee pontons voortgetrokken door kabels en begraaft de kabel direct tot maximaal 6 meter onder de bodemoppervlakte. Hierbij moet om de vier kilometer een ponton worden geplaatst om de kabel aan te voeren naar het zwaard. Hierdoor zullen de kabellengtes van 4 kilometer verbonden moeten worden met moffen tussen de kabeleinden om een continue verbinding te maken. De plaatsing van de pontons dient daarom zorgvuldig te gebeuren, zodat de verbindingen tussen de kabels begraven worden op een locatie met minimale impact.

Vanaf kilometerpunt 32,5 daalt de minimale begraafdiepte tot -14 meter blonder NAP door morfologische dynamiek in het geulensysteem. Voor deze diepte is het aanleggen van kabels en leidingen enkel mogelijk door middel van baggeren. Daarom wordt vanaf kilometerpunt 32,5 tot de zuidelijke kant van de zandplaat aan Schiermonnikoog deze techniek toegepast.

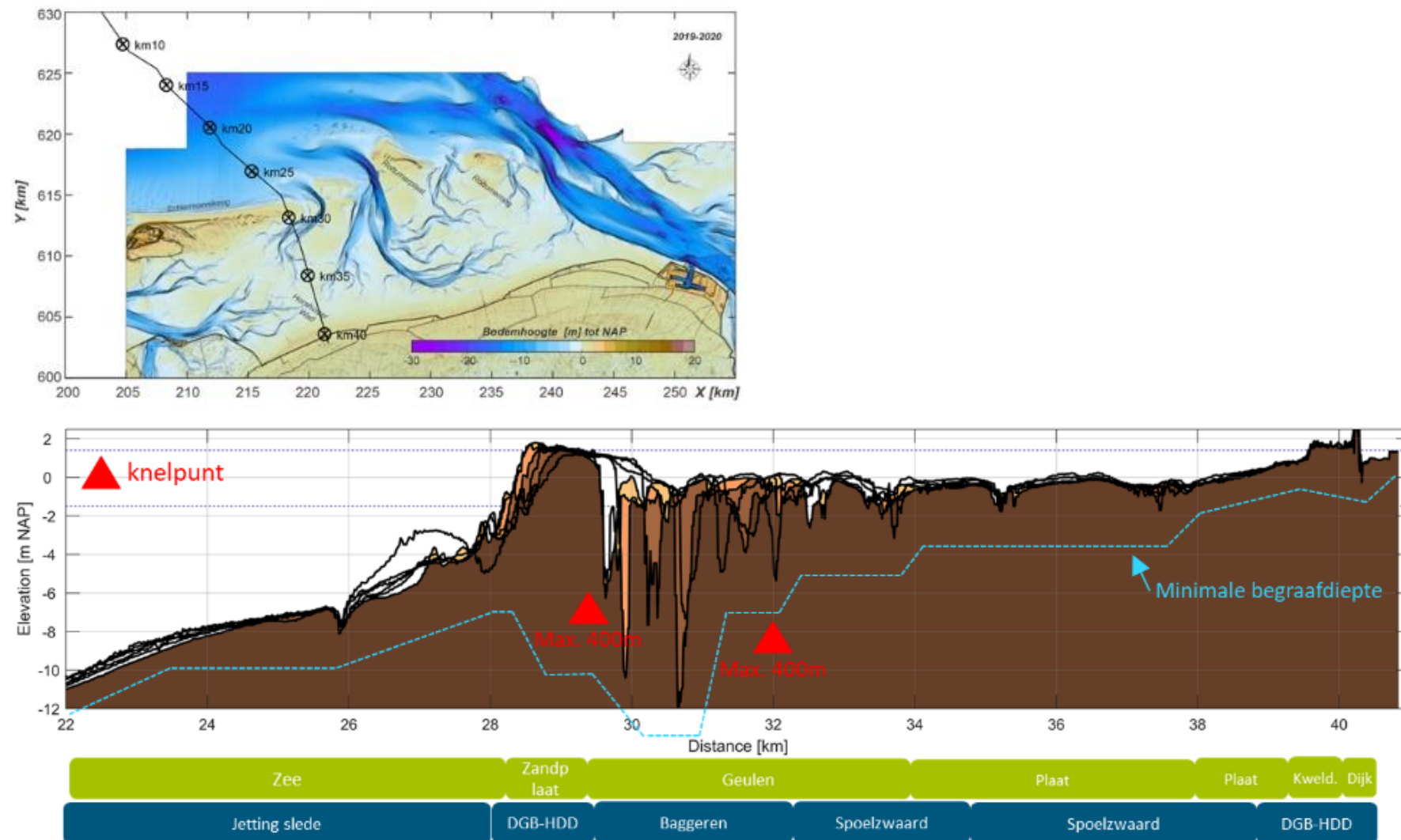
Ter hoogte van kilometerpunt 32,5 en bij de zuidelijke kant van de Schiermonnikoogse zandplaat liggen beide knelpunten op deze route. Deze worden beiden beperkt door morfologische dynamiek aan weerszijde van de route, door de aanwezigheid van het geulensysteem. Hierdoor is de route op beide punten beperkt tot 400 meter.

Vanaf de noordrand van de geul die de zandplaat aan de zuidkant passeert,

worden DGB-HDD boringen ingezet om onder de zandplaat te boren. Door onder de zandplaat te boren, wordt de morfologische stabiliteit van de zandplaat beter behouden. Vanaf een damkist in de geul worden de intredepunten voor de boringen op de benodigde diepte ingezet. De boringen treden aan de noordzijde van de zandplaat uit de branding. Waar de boorkop moet worden geborgd en wordt aangesloten op het volgende deel. Daarna moet de kabel door de geïnstalleerde mantelbuis worden getrokken.

Vanuit de branding aan de noordzijde van de zandplaat, wordt de route vervolgd naar zee door middel van een jetting-slede. Deze jetting-slede kan de kabels tot een diepte van 6 meter begraven onder de bodem, en veroorzaakt de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. Verder op zee kruist de route de NGT-leiding door er overheen te gaan en af te dekken.

Figuur 10-3 toont een dwarsdoorsnede van kabelroute 11 met daarop weergegeven de ontwikkeling van de bodemhoogte sinds 1989, morfologische eenheden, speciale aandachtspunten en aanlegmethode. Kilometers corresponderen met de kilometers in de kaart erboven.



Figuur 10-3 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 11

10.5 Route 9

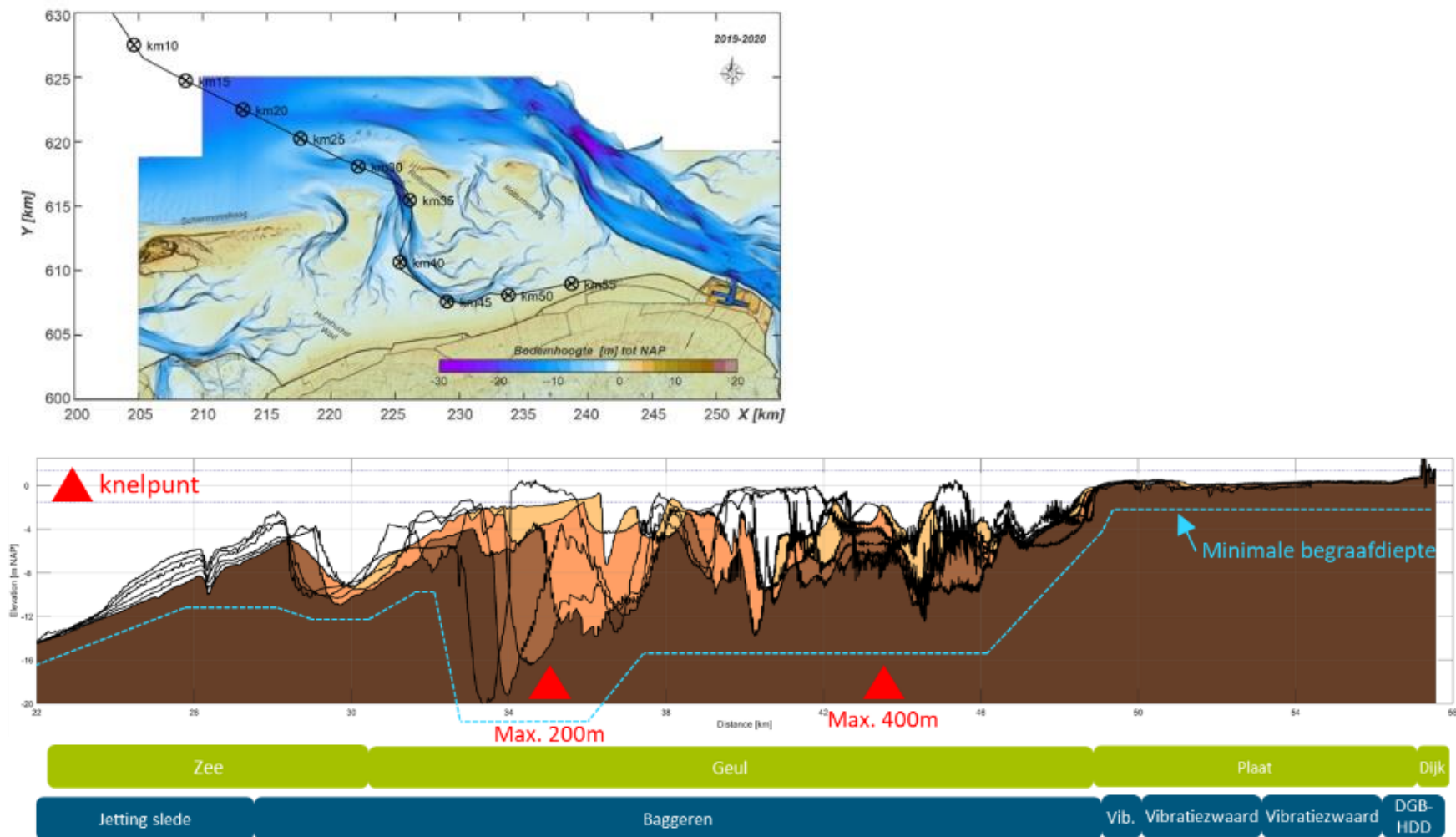
De route begint met de onderdoorgang van de zeedijk aan vasteland, door middel van DGB-HDD boringen. De boringen komen uit op de wadplaat ten noorden van de zeedijk, circa 1 kilometer er vandaan. Er is voor een DGB-HDD gekozen, zodat de plaat zelf minimaal wordt verstoord. Vervolgens worden de wadplaten en ondiepe geulen, tussen de uittredepunten van de boringen en het begin van de geul (kilometerpunt 47), doorkruist door middel van een vibratiezwaard. Gezien de geringe begraafdiepte veroorzaakt een vibratiezwaard de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. Het vibratiezwaard wordt tussen twee pontons voortgetrokken door kabels en begraaft de kabel direct tot maximaal 3 meter onder de bodem. Hierbij moet om de maximaal vier kilometer een ponton worden geplaatst om de kabel aan te voeren richting het zwaard. Hierdoor zullen de kabellengtes van 4 kilometer verbonden moeten worden met moffen tussen de kabeleinden om een continue verbinding te maken. De plaatsing van de pontons dient daarom zorgvuldig te gebeuren, zodat de verbindingen tussen de kabels begraven worden op een locatie met minimale impact.

Vanaf kilometerpunt 49 daalt de minimale begraafdiepte tot -22 meter onder NAP door morfologische dynamiek in het geulensysteem. Voor deze diepte is het aanleggen van kabels en leidingen enkel mogelijk door middel van baggeren. Daarom moet vanaf kilometerpunt 49 tot 28 deze techniek worden toegepast.

De eerste van de twee knelpunten bevindt zich ter hoogte van kilometerpunt 44. Dit knelpunt ontstaat enerzijds door de morfologische dynamiek rondom dit punt, anderzijds door de nabijgelegen platen aan weerszijden van de geul en mogelijke verplaatsing van de geul die de route volgt. Hierdoor is de route op dit punt beperkt tot 400 meter in de breedte. Bij kilometerpunt 35,5 bevindt zich het andere knelpunt. Door de zeer dynamische morfologie en het aangrenzende referentiegebied, wordt de beschikbare ruimte beperkt. Hierdoor is de route op dit punt beperkt tot 200 meter in de breedte.

De rest van de route -van kilometerpunt 28 naar zee- wordt vervolgd door middel van een jetting-slede. Deze jetting-slede kan de kabels tot een diepte van 6 meter begraven onder de bodem, met de minste impact qua bodemberoering en oppervlakte verstoring. Verder op zee moet de route de NGT-leiding kruisen door er overheen te gaan en af te dekken.

Figuur 10-4 toont een dwarsdoorsnede van kabelroute 9 met daarop weergegeven de ontwikkeling van de bodemhoogte sinds 1989, morfologische eenheden, speciale aandachtspunten en aanlegmethode. Kilometers corresponderen met de kilometers in de kaart erboven.



Figuur 10-4 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 9

10.6 Route 8

De route start met de onderdoorgang van de zeedijk aan vasteland, door middel van DGB-HDD boringen. De boringen komen uit op de wadplaat ten noorden van de zeedijk, op circa 1 kilometer afstand. Er is voor een DGB-HDD boring die start aan de landzijde van de zeedijk gekozen, zodat er minimale verstoring plaatsvindt op de plaat zelf.

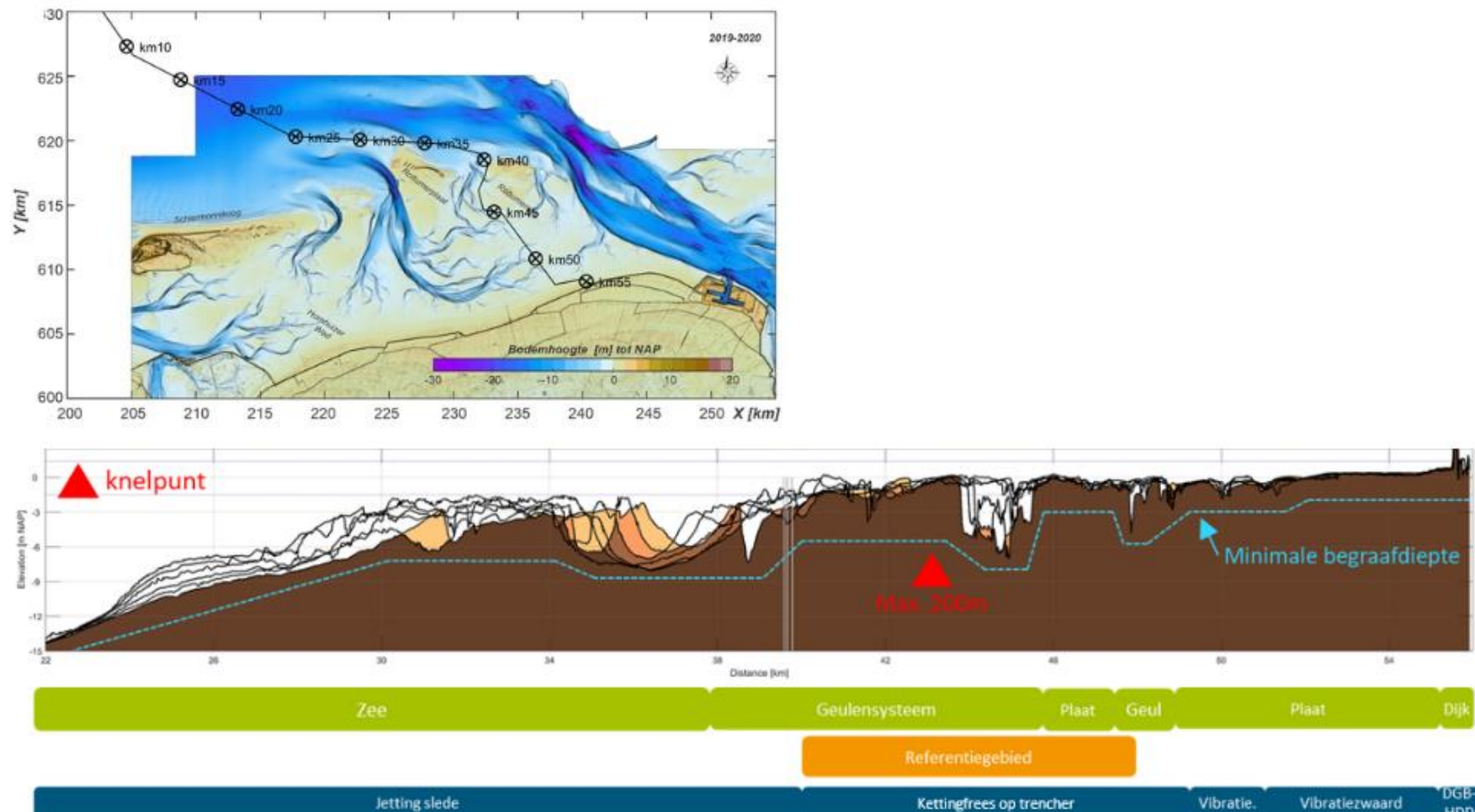
Vervolgens worden de wadplaten en ondiepe geulen -tussen de uittredepunten van de boringen en het begin van de geul (kilometerpunt 48)- doorkruist door middel van een vibratiezwaard. Gezien de geringe begraafdiepte zorgt een vibratiezwaard voor de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. Dit vibratiezwaard wordt tussen twee pontons voortgetrokken door kabels en begraaft de kabel direct tot maximaal 3 meter onder de bodem. Hierbij moet om de vier kilometer een ponton worden geplaatst om de kabel aan te voeren naar het zwaard. Hierdoor zullen de kabellengtes van 4 kilometer verbonden moeten worden met moffen tussen de kabeleinden om een continue verbinding te maken. De plaatsing van de pontons dient daarom zorgvuldig te gebeuren, zodat de verbindingen tussen de kabels begraven worden op een locatie met minimale impact.

Vanaf de geul -bij kilometerpunt 48 tot ten noorden van het referentiegebied- ligt de minimale begraafdiepte tot 6 meter onder de bodemoppervlakte. Daarom moet voor dit deel van de route, tussen kilometerpunt 48 en 38, de kabels worden gelegd met een kettingfrees. Voor de vereiste begraafdiepte en waterhoogte is een kettingfrees de aanlegtechniek die zorgt voor de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. De kettingfrees wordt door middel van een wadtrencher (een rupsvoertuig gebouwd voor het Wad) voortbewogen. Dit in verband met de droogvallende zandplaten en beperkte materieel inzet in het referentiegebied.

In het referentiegebied, ter hoogte van kilometerpunt 43, bevindt zich een knelpunt. Dit knelpunt is beperkt door de sterke morfologische dynamiek rondom dit punt, met name de sterke variatie in de historische dieptes. Hierdoor is de route op dit punt beperkt tot 200 meter in de breedte.

Vanuit kilometerpunt 38 wordt de rest van de route naar zee door middel van een jetting-slede vervolgd. Deze jetting-slede kan de kabels tot een diepte van 6 meter begraven onder de bodemoppervlakte, en zorgt voor de minste impact qua bodemberoering en oppervlakte verstoring. Verder op zee moet de route de NGT-leiding kruisen door er overheen te gaan en af te dekken.

Figuur 10-5 toont een dwarsdoorsnede van kabelroute 8 met daarop weergegeven de ontwikkeling van de bodemhoogte sinds 1989, morfologische eenheden, speciale aandachtspunten en aanlegmethode. Kilometers corresponderen met de kilometers in de kaart erboven.



Figuur 10-5 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 8

10.7 Route 6

De route start met de onderdoorgang van de zeedijk aan vasteland door middel van DGB-HDD boringen. De boringen komen uit op de wadplaat ten noordoosten van de zeedijk, circa 1 kilometer vanaf de zeedijk. Er is voor een DGB-HDD die aan de landzijde van de zeedijk start gekozen zodat de plaat zelf minimaal wordt verstoord.

Vervolgens worden de wadplaten en ondiepe geulen -tussen de uittredepunten van de boringen en de geul op kilometerpunt 52- doorkruist door middel van een vibratiezwaard. Gezien de geringe begraafdiepte zorgt een vibratiezwaard voor de minste impact qua bodemberoering en oppervlakte verstoring. Het vibratiezwaard wordt door kabels tussen twee pontons voortgetrokken en begraaft de kabel direct tot maximaal 3 meter onder de bodem. Hierbij moet om de maximaal vier kilometer een ponton worden geplaatst om de kabel aan te voeren richting het zwaard. Hierdoor zullen de kabellengtes van 4 kilometer verbonden moeten worden met moffen tussen de kabeleinden om een continue verbinding te maken. De plaatsing van de pontons dient daarom zorgvuldig te gebeuren, zodat de verbindingen tussen de kabels begraven worden op een locatie met minimale impact.

Vanaf de geul, op kilometerpunt 52, dienen er meerdere geulen te worden doorkruist. Door morfologische dynamiek is een minimale begraafdiepte van -7 meter onder NAP vereist. Daarom worden voor dit deel van de route, tussen kilometerpunt 52 tot 44, de kabels gelegd met een spoelzwaard. Voor de vereiste begraafdiepte is een spoelzwaard de aanlegtechniek dat zorgt voor de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring.

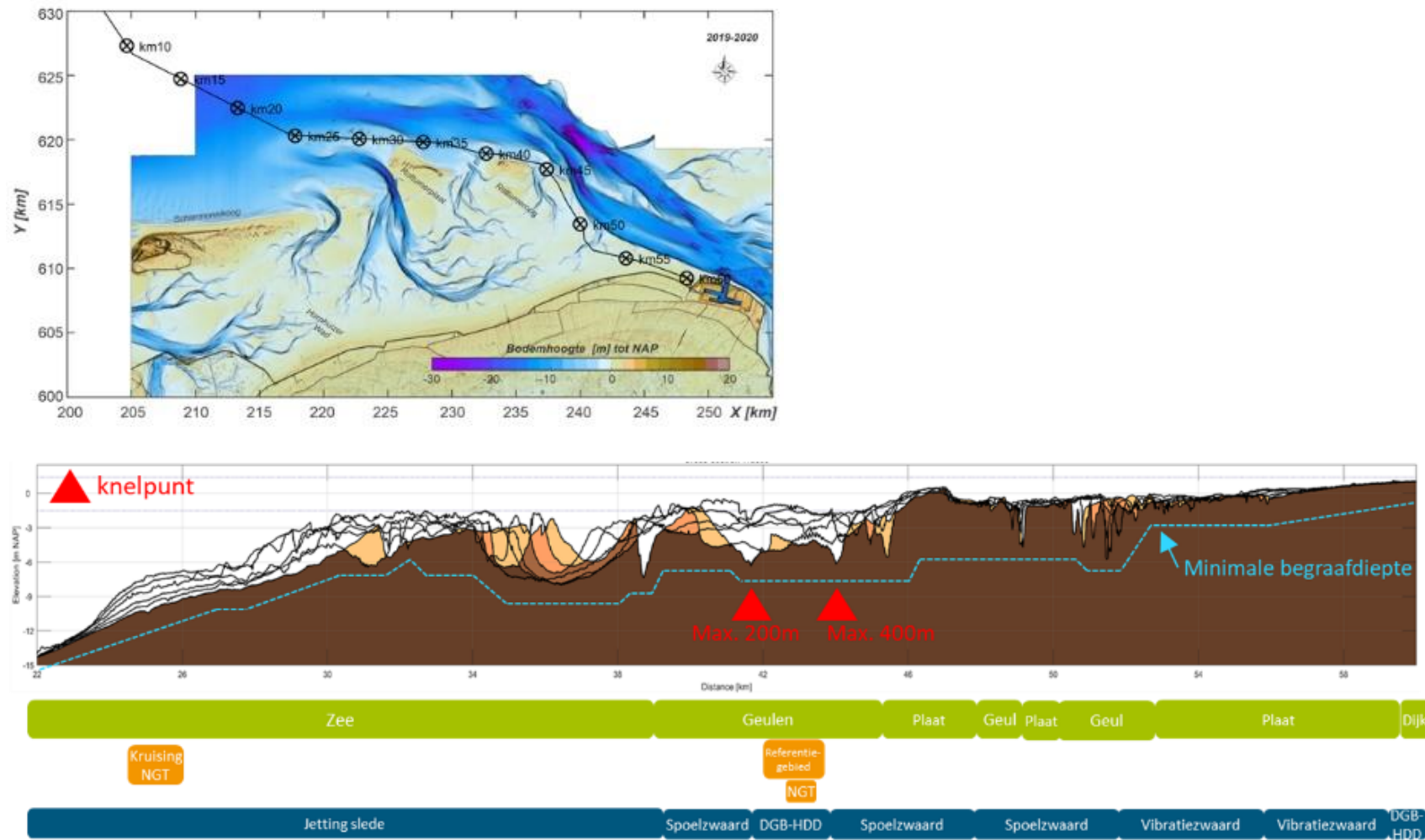
Ter hoogte vanwaar de route door middel van een boring onder een stuk van het referentiegebied doorgaat, bevindt zich een van de twee knelpunten op de route. Dit knelpunt ontstaat door de morfologische dynamiek ten oosten en noorden van het referentiegebied, de nabije ligging van de NGT en het referentiegebied. Hierdoor is de route op dit punt beperkt tot 400 meter in de breedte.

Om onder de NGT en het referentiegebied door te gaan, worden DGB-HDD boringen ingezet voor dit deel van de route. Dit is nodig om de ruimte tussen het referentiegebied en morfologisch dynamische gebieden ten noorden van het referentiegebied ten volle te benutten voor deze route. De boringen treden in vanaf het ondiepere deel van de geul ten oosten van het referentiegebied, -zodat op diepte de NGT kan worden doorkruist-, en treden uit op de zandplaat ten noorden van het referentiegebied. Door te boren vanuit een bouwkuip in de geul aan de oostzijde is de verstoring aan de noordzijde naast het referentiegebied beperkt.

Bij de uittredepunten van de boringen, ten noorden van het referentiegebied, ligt het andere knelpunt en meest nauwe deel van de route. Dit knelpunt wordt bepaald door morfologische dynamiek ten noorden van dit punt en het referentiegebied ten zuiden. Hierdoor wordt de breedte van de route beperkt tot maximaal 200 meter.

De rest van de route, vanaf de noordzijde van het referentiegebied naar zee, wordt door middel van jetting-slede vervolgd. Deze kan de kabels tot een diepte van 6 meter begraven onder de bodemoppervlakte, met de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring. Verder op zee zal de route wederom de NGT-leiding kruisen, door er overheen te gaan en af te dekken.

Figuur 10-6 toont een dwarsdoorsnede van kabelroute 6 met daarop weergegeven de ontwikkeling van de bodemhoogte sinds 1989, morfologische eenheden, speciale aandachtspunten en aanlegmethode. Kilometers corresponderen met de kilometers in de kaart erboven.



Figuur 10-6 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 6

10.8 Route 2

De route start met de onderdoorgang van de zeedijk aan vasteland door middel van DGB-HDD boringen. De boringen komen direct achter de zeedijk uit, om daar direct aan te sluiten op de boringen vanuit de geul onder de bestaande kabels en leidingen naar de Eemshaven. Er is voor een DGB-HDD die start aan de landzijde van de zeedijk en vanuit de geul gekozen, zodat de plaat zelf minimaal wordt verstoord.

Door de morfologische dynamiek van de geul naast de plaat ten noordwesten van de Eemshaven en de plaat tussen de Eems en de Oude Eems, ligt de begraafdiepte zo'n 5 à 6 meter onder de zeebodemoppervlakte. Daarom wordt dit deel van de route aangelegd met een jetting-slede, wat met deze omstandigheden zorgt voor de minste impact qua bodemberoering en oppervlakteverstoring.

De kruising met de COBRA-kabel wordt gedaan door middel van DGB-HDD boringen. De boringen worden richting het westen onder de COBRA-kabel door verricht, vanuit een bouwkuip aan de oostzijde van de COBRA-kabel. Dit resulteert in een stabiele en betrouwbare kruising in een morfologisch dynamisch gebied met nabijheid van scheepvaart.

Ter hoogte van de kruising met de COBRA-kabel, bevindt zich een knelpunt op de route (ook het nauwste punt van de route). Door de ligging van de COBRA-kabel nabij de kruising, alsmede de vereiste begraafdiepte ter plekke, is de maximale breedte van de route beperkt tot 500 meter.

Na de kruising met de COBRA-kabel, volgt een deel van de route door morfologisch zeer dynamisch gebied. Hierdoor daalt de minimale begraafdiepte tot -19 meter. Daarom zal dit deel van de route door middel van baggeren moeten worden aangelegd, tot en met kilometerpunt 36.

Vanaf kilometerpunt 36 loopt de rest van de route naar zee in morfologisch stabiel gebied. Hierdoor kan dit deel worden aangelegd door middel van een jetting-slede. Deze jetting-slede kan de kabels tot een diepte van 6 meter begraven onder de bodemoppervlakte, en zorgt voor de minste impact qua

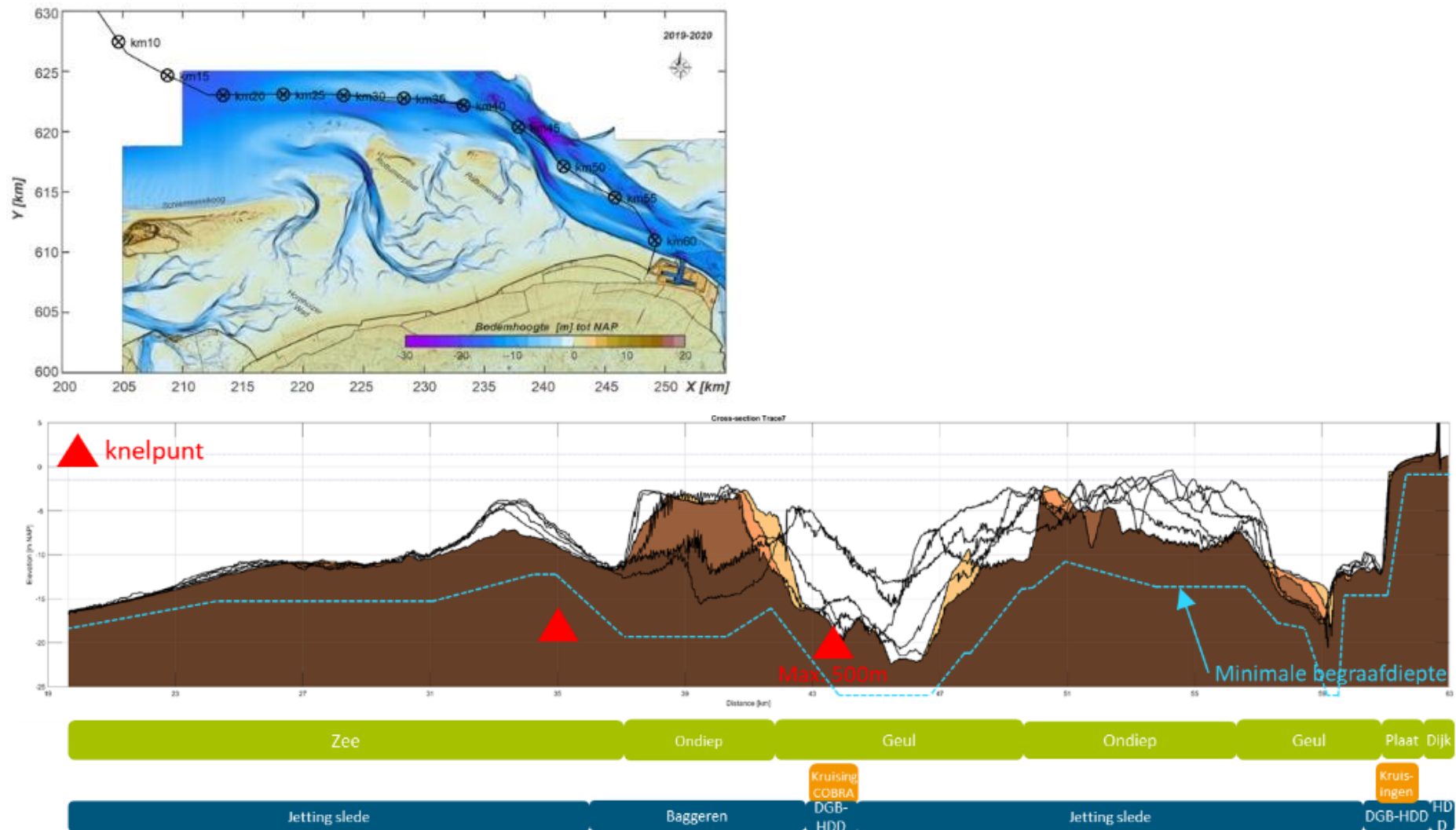
bodemberoering en oppervlakteverstoring. Ter hoogte van kilometerpunt 35 nadert de route de Gemini-kabels, op een afstand van 600 meter. Echter dit is een beperking aan één zijde van de route, en in morfologisch beperkt dynamisch gebied, waardoor er amper sprake is van een knelpunt nabij de Gemini-kabels.

Wel dient er rond kilometerpunt 30 de Gemini-kabels, NORNED-kabel en Tycom-kabels te worden gekruist om tot de windparken te komen. Hier is voorzien dat de kabels en leidingen bovenlangs kruisen over de bestaande kabels, gezien de waterdiepte en morfologische dynamiek.

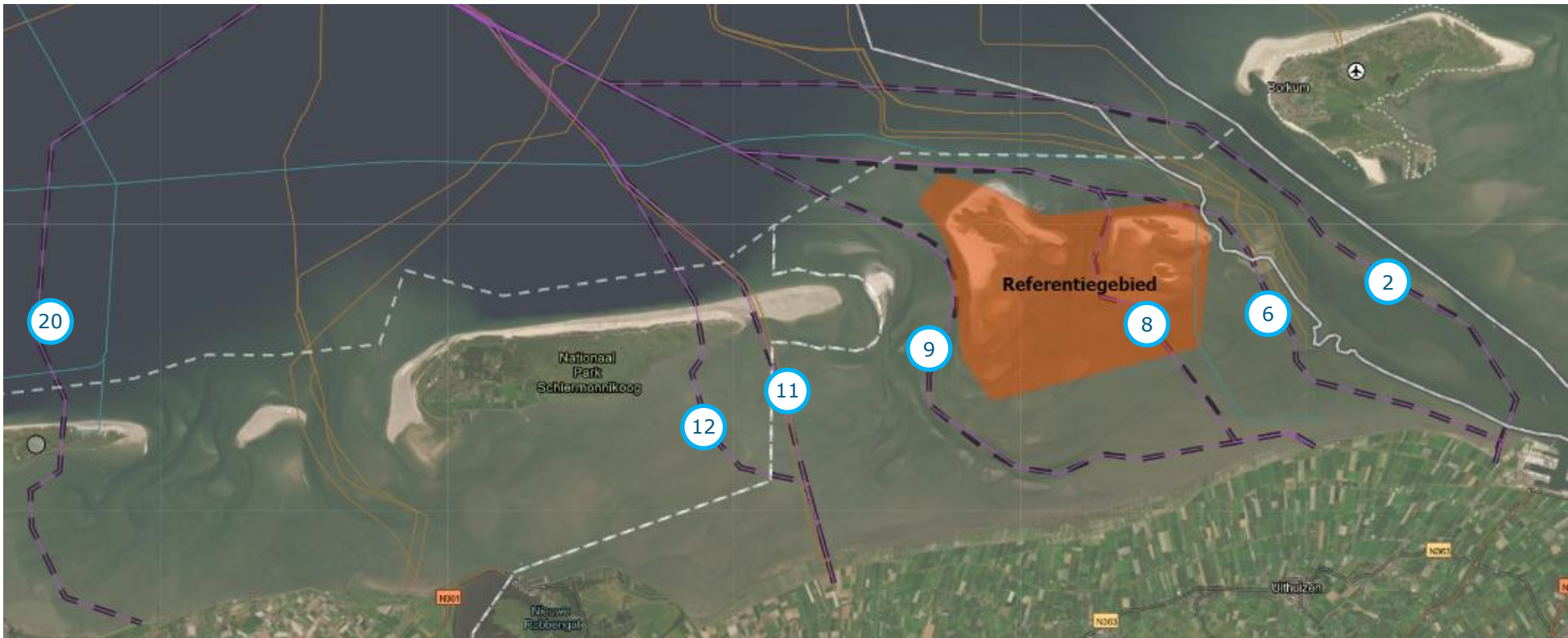
Of 50 meter werkstrook hierbij ten alle tijden realistisch is, dat kunnen we momenteel niet met zekerheid zeggen. Op delen van de route waar de begraafdiepte groot is, zal nader onderzoek en maatwerk nodig zijn om binnen deze werkbreedte te blijven. Eventueel moet de werkbreedte plaatselijk iets ruimer worden genomen.

Baggeren is nodig op delen van deze route. Een plan voor baggeren en kabelinstallatie dient hiervoor te worden opgesteld. Op basis van dit plan kunnen de te verwachten hoeveelheden sediment worden bepaald. Om de effecten op de omgeving beperkt te houden, moet het werk mogelijk stapsgewijs worden uitgevoerd. Waarbij de geul in kortere trajecten dient te worden gebaggerd, om vervolgens de kabels te leggen en vervolgens de geul weer aan te vullen. Door een dergelijke manier van werken kunnen de werkvolumes sediment beperkter worden gehouden. Wel is deze aanpak minder efficiënt en kostbaarder.

Figuur 10-7 toont een dwarsdoorsnede van kabelroute 2 met daarop weergegeven de ontwikkeling van de bodemhoogte sinds 1989, morfologische eenheden, speciale aandachtspunten en aanlegmethode. Kilometers corresponderen met de kilometers in de kaart erboven.



Figuur 10-7 - Dwarsdoorsnede van kabelroute 2



Figuur 10-8 - Overzicht van beoordeelde routes in het onderzoeksgebied

Aanleg van een waterstofleiding op alle routes

De invulling van de routes, betreffende aanlegtechnieken, richt zich vooral op 2030 en daarmee de beoogde hoogspanningskabels. Niet alle aanlegtechnieken zijn geschikt voor de waterstofleiding die mogelijk na 2030 komt, zoals in hoofdstuk 8 aangegeven. Voor de waterstofleiding moet er (deels) een andere aanlegtechniek worden gekozen voor invulling van de route. Uit de inventarisatie in hoofdstuk 8 komt naar voren dat er keuze is uit fluïdiseren, baggeren of de sleufloze technieken voor aanleg van en waterstofleiding. Dit leidt voor de waterstofleiding specifiek tot een nieuwe

beoordeling betreft de beoordelingsaspecten. De waterstofleiding is niet apart ingevuld betreffende de geschikte aanlegtechnieken over de zeven routes, en niet apart beoordeeld.

11 Beoordeling nader gedetailleerde routes

In dit hoofdstuk wordt er per beoordelingsthema voor elke route beoordeeld hoe deze scoort. Hierbij wordt gekeken naar alle aspecten die zijn benoemd in het beoordelingskader. Paragraaf 11.1 behandelt het beoordelingsthema natuur, waarin de ecologie beïnvloeding van de routes wordt beoordeeld. Paragraaf 11.2 behandelt het beoordelingsthema morfologie, waarin de invloed van de routes op natuurlijk morfologie en andersom wordt beoordeeld. Paragraaf 11.3 behandelt het beoordelingsthema techniek, waarin de technische haalbaarheid van de routes wordt beoordeeld. Paragraaf 11.4 behandelt het beoordelingsthema ruimte, waarin het beslag op de ruimte van de routes wordt beoordeeld. Paragraaf 11.5 behandelt het beoordelingsthema kosten en planning, waarin de kosten en de tijdsduur voor aanleg van de routes wordt beoordeeld.

11.1 Morfologie

Hieronder volgt een samenvatting van de effectscores voor het onderdeel morfologie. Daarna worden algemene effecten voor verschillende aanlegmethodes toegelicht en dan volgt uitleg per route. In hoofdstuk 9 staan de verschillende routes beschreven. In figuren 10-1 t/m 10-7 wordt naast de route en diepteligging van de kabels ook de bodemhoogteontwikkeling sinds 1989 weergegeven. Voor de effectscores geldt dat het relatieve scores zijn. De routes worden met elkaar vergeleken. Dit betekent, bijvoorbeeld voor het aspect vertroebeling, dat route 9 een groot negatief effect krijgt toebedeeld. Niet omdat de vertroebeling zo groot is dat deze route niet mogelijk is maar vooral omdat de vertroebeling, vanwege het lange traject waar gebaggerd gaat worden, groter is dan bij routes waar niet gebaggerd gaat worden.

11.1.1 Samenvattende scoretabel

Tabel 24 - Beoordeling routes morfologie

Legenda	
0	Geen effect
0/-	Klein negatief effect
-	Negatief effect
-/-	Groot negatief effect

Effect	Route 20	Route 12	Route 11	Route 9	Route 8	Route 6	Route 2
Bodemverstoring	0/-	0/-	-/-	-/-	-	0/-	-
Vertroebeling	0/-	0/-	-	-/-	0/-	0/-	-/-
Stabiliteit eilanden en eilandstaarten	0	0	-	0	0/-	0	0
Stabiliteit geulen en platen	0/-	0/-	-	-	0/-	0/-	-
Stabiliteit buitendelta	0	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Stabiliteit kwelders	0	0	0	0/-	0	0	0
Risico op blootspoelen /begraving	0/-	0/-	-	-	-	-	-/-

11.1.2 Algemene beschrijving effecten per aanlegmethode

Inbrengen met vibrerend zwaard of spoelzwaard

Het inbrengen van kabels met een vibrerend zwaard of spoelzwaard heeft mogelijk een effect op de natuurlijke morfodynamiek, maar de effecten zijn naar verwachting over het algemeen beperkt. Het vibrerend zwaard of spoelzwaard wordt vaak ingezet op gedeelten waar mogelijk een afwisseling van hardere en zachtere lagen in de bodem aanwezig is. Met de aanlegmethodes kan deze natuurlijke gelaagdheid van de bodem over grotere diepte worden aangetast en dit kan effect hebben op de erosiegevoeligheid van de bodem. De mate van aantasting is naar verwachting echter beperkt. Ten eerste vindt de bodembegroering plaats over een beperkte breedte van 0,5 meter per kabel. Bij het vibrerend zwaard valt

de bodem grotendeels terug nadat het zwaard door de bodem is gegaan (deze methode valt te vergelijken met het aansnijden van taart). Bij het spoelzwaard is dit minder het geval waardoor deze methode een iets groter, maar nog steeds zeer lokaal en beperkt, effect heeft.

Kettinggraver

Het inbrengen van kabels met een kettinggraver heeft mogelijk een effect op de natuurlijke morfodynamiek, maar de effecten zijn naar verwachting over het algemeen zeer beperkt. Een kettinggraver veroorzaakt bodemberoering over circa 1 meter breedte tot grote aanlegdiepte per kabel. De bodem wordt iets meer geroerd dan bij een vibrerend zwaard of spoelzwaard.

Boring DGB-HDD

Boringen hebben naar verwachting over het algemeen een beperkt effect op de natuurlijke morfodynamiek. Bij een boring vindt bodemberoering plaats, maar slechts over een kleine doorsnede (circa 0,5 meter). Het ontstane gat wordt direct opgevuld met een mantelbuis met daarin de aan te leggen kabel, waardoor er naar verwachting beperkt effect is op de stabiliteit van de bovenliggende bodem.

Jetting-slede

Een jetting-slede veroorzaakt bodemberoering over circa 0,5 meter breedte en tot grote diepte. Aan het oppervlak vindt ondiepe bodemberoering plaats over een breedte van circa 5 meter. De methode jetting-slede wordt bij verschillende routes toegepast aan de Noordzezijde, een dynamisch gebied met overwegend zandige bodem. Vanwege de grote dynamiek (continue zandtransporten) heeft bodemberoering hier een relatief klein effect op de erosie-eigenschappen van de bodem en de bodemligging.

Baggeren

Het baggeren van een brede, diepe geul (bij de huidige routes meer dan 100 meter breed en circa 5-20 meter diep) heeft naar verwachting over het algemeen een relatief groot effect op de natuurlijke morfodynamiek. Bij het baggeren vindt grootschalige bodemberoering plaats waardoor de erosiegevoeligheid van de bodem kan worden aangetast. Daarnaast vindt verspreiding van fijne sedimenten plaats wat tot vertroebeling leidt. De

verspreiding van fijne sedimenten t.g.v. deze methode is aanzienlijk groter dan het geval zal zijn bij de andere methodes. Afhankelijk van de locatie waar wordt gebaggerd en de natuurlijke dynamiek en achtergrondwaarden op die locatie zal baggeren een groter of minder groot effect op de totale troebelheid hebben. Bij het uitbaggeren van een geul is er ook kans op verdere afkalving van naastgelegen platen en kunnen er extra effecten optreden door een verandering van de lokale hydrodynamiek.

Drijvende pontons

Drijvende pontons kunnen de lokale hydrodynamiek beïnvloeden, door bijvoorbeeld het ontstaan van een neer (draaikolk/tegengestelde stroming). Een neer kan vervolgens weer leiden tot transport van sediment. Effecten zijn het grootste bij geringe waterdiepte/droogvallen. De ankers en ankerlijnen zorgen ook voor lokale verstoring van de zeebodem. Over een korte periode heeft dit beperkt effect. Bij langere perioden moeten de locaties van pontons slim bepaald worden om zo effecten op de morfologie te beperken. Naar verwachting zijn effecten vooral lokaal en zal er geen grote impact zijn op de stabiliteit van het Wad.

Bouwkuip

Een bouwkuip (een tijdelijke, waterdichte constructie, waarbinnen een ontgraving plaatsvindt) beïnvloedt de lokale hydrodynamiek. Bij harde stroming langs de bouwkuip zal bijvoorbeeld de bodem aan de buitenzijde eroderen. Bij het aanbrengen van de damwanden wordt de bodem lokaal verstoord. Om grootschaliger effecten op de natuurlijke morfodynamiek te voorkomen moet bij aanleg goed gekeken worden waar bouwkuipen worden geplaatst en hoe aan- en afvoer van materialen plaatsvindt.

11.1.3 Toelichting effecten per route

Route 20

Deze route loopt onder de dijk en kwelderwerken (deels met geen tot weinig begroeiing) langs het wantij tussen de kombergingsgebieden Borndiep en Pinkegat, onder enkele kleine geulen, en dan onder een plaat, kwelder en eilandstaart van Ameland door richting de Noordzee (Figuur 10-1). Onder de dijk, kwelderwerken, de eilandkwelder en het eiland wordt de kabel

aangelegd met een DGB-HDD boring, langs het wantij met een vibratiezwaard en aan de Noordzezijde met een jetting-slede.

Het gebied nabij het wantij heeft een relatief stabiele bodemligging. De geulen verplaatsen wel enigszins, maar zijn relatief ondiep (Figuur 10-1). De ligging en diepte van de geulen verandert iets in de loop van de tijd (Deltares, 2020). De route loopt onder het relatief stabiele, begroeide, deel van de eilandstaart van Ameland door.

De bodemverstoring en vertroebeling zijn beperkt bij de gebruikte aanlegmethoden (DGB-HDD, vibrerend zwaard, jetting-slede, inzet pontons) (zie H11.1.2).

Er is naar verwachting geen effect op de stabiliteit van het eiland en de eilandstaart doordat ter hoogte van de kabel de eilandstaart relatief stabiel is, kabels op diepte liggen en er beperkt bodemberoering is. Er kunnen beperkte effecten zijn op de stabiliteit van geulen en platen.

Er is geen effect op de stabiliteit van de buitendelta, omdat de kabel deze niet doorkruist. Er is ook geen effect op de stabiliteit van de kwelders doordat kabels onderdoor worden aangebracht en de bodemberoering op diepte beperkt is.

Het risico op blootspoelen en/of begraving is gering door de ligging in relatief stabiel gebied. Nabij Ameland, zowel bij de Noordzee- als Waddenzeezijde is de dynamiek groter dan aan de vastelandszijde (Figuur 10-1).

Route 12

Deze route loopt onder de dijk en vastelandskwelder langs het wantij aan de oostzijde van het kombergingsgebied Zoutkamperlaag, onder enkele kleine geulen, en dan onder een plaat, kwelder en eilandstaart van Schiermonnikoog door richting de Noordzee (Figuur 10-2). Onder de dijk, kwelders en het eiland wordt de kabel aangelegd met een DGB-HDD boring, langs het wantij met een vibratiezwaard en voor een klein deel met een spoelzwaard en aan de Noordzezijde met een jetting-slede.

Het gebied nabij het wantij heeft een relatief stabiele bodemligging. De geulen verplaatsen wel enigszins, maar zijn over het algemeen relatief ondiep

(Figuur 10-2). De route loopt onder het relatief stabiele, begroeide, deel van de eilandstaart van Schiermonnikoog door.

De bodemverstoring en vertroebeling zijn beperkt bij de gebruikte aanlegmethoden (DGB-HDD, vibrerend zwaard, spoelzwaard, jetting-slede, inzet pontons) (zie H11.1.2).

Er is naar verwachting geen effect op de stabiliteit van het eiland en de eilandstaart doordat ter hoogte van de kabel de eilandstaart relatief stabiel is, kabels op diepte liggen en er beperkt bodemberoering is. Er kunnen beperkte effecten zijn op de stabiliteit van geulen en platen.

Er is geen effect op de stabiliteit van de buitendelta, omdat de kabel deze niet doorkruist. Er is ook geen effect op de stabiliteit van de kwelders doordat kabels onderdoor worden aangebracht en de bodemberoering op diepte beperkt is.

Het risico op blootspoelen en/of begraving is gering door de ligging in relatief stabiel gebied. Nabij Schiermonnikoog, zowel bij de Noordzee- als Waddenzeezijde is de dynamiek groter dan aan de vastelandszijde (Figuur 10-2).

Route 11

Deze route loopt onder de dijk en vastelandskwelder langs het wantij tussen de kombergingsgebieden Zoutkamperlaag en Borndiep en gaat vervolgens recht door onder enkele kleinere geulen en de Eilanderbalg geul, dan onder de eilandstaart van Schiermonnikoog richting de Noordzee (Figuur 10-3). Onder de dijk en de eilandstaart wordt de kabel aangelegd met een DGB-HDD boring, langs het wantij met een spoelzwaard, bij de diepere geulen door middel van baggeren en aan de Noordzezijde met een jetting-slede.

Bij het eerste deel van het traject (nabij het vasteland) is de bodemligging relatief stabiel (Figuur 10-3). De geulen verplaatsen wel enigszins, maar zijn over het algemeen relatief ondiep. Direct ten noorden en zuiden van Schiermonnikoog is de bodemligging dynamischer en met name door het verplaatsen van de Eilanderbalg kan veel erosie en sedimentatie optreden.

De bodem wordt relatief veel verstoord door het baggeren van een brede diepe geul. Het baggeren leidt ook tot meer vertroebeling dan bij andere aanlegmethoden.

De stabiliteit van de eilandstaart kan negatief beïnvloed worden door het baggeren nabij de eilandstaart. Met name het baggeren kan de stabiliteit van geulen en platen negatief beïnvloeden. Het baggeren tast mogelijk de erosiegevoeligheid van de bodem aan en het doorsnijden van hogere delen zou tot een verandering in de natuurlijke hydrodynamiek kunnen leiden. De andere aanlegmethoden (DGB-HDD, spoelzwaard, jetting-slede, inzet pontons) hebben minder grote impact (zie H11.1.2).

Er is geen effect op de stabiliteit van de buitendelta, omdat de kabel deze niet doorkruist. Er is ook geen effect op de stabiliteit van de kwelders doordat kabels onderdoor worden aangebracht en de bodemberoering op diepte beperkt is.

Door de relatief grote dynamiek nabij Schiermonnikoog is de bodemligging dynamisch en is er risico op blootspoelen en/of begraving.

Route 9

Deze route loopt onder de dijk en kwelderwerken (deel met geen tot weinig begroeiing) door, vervolgens ongeveer parallel aan de dijk onder platen en volgt dan de geul Lauwers en gaat dan richting de Noordzee waarbij de route nog onder een iets hoger gelegen deel ten noorden van Rottumerplaat doorgaat (Figuur 10-4).

Onder de dijk en kwelderwerken wordt de kabel aangelegd met een DGB-HDD boring, bij de plaat voor de dijk met een vibratiezwaard, onder de geul Lauwers met baggeren en bij de Noordzee met een jetting-slede (Figuur 10-4).

Bij het eerste deel van het traject (nabij het vasteland) is de bodemligging relatief stabiel (Figuur 10-4). Bij de geul Lauwers is de bodemligging zeer dynamisch door het verplaatsen van de relatief diepe geul. Bij de Noordzee is de oriëntatie van het Lauwers veranderd van west naar noordwest waarbij het gebied ten noordwesten van Rottumerplaat is geërodeerd (Deltares, 2021 concept).

Bij deze route vindt relatief veel bodemverstoring plaats door het baggeren van een brede, diepe geul. De baggerwerkzaamheden vinden plaats over een relatief lang stuk vandaar dat er ook relatief veel vertroebeling is. Het effect kan wel beperkt zijn doordat een groot deel van het gebaggerde sediment zandig is. Zand veroorzaakt geen vertroebeling.

Er is geen groot effect op de stabiliteit van eilanden of eilandstaarten: deze worden niet geraakt. Wel loopt de route vlak langs Rottumeroog en Rottumerplaat. De dynamiek in de naastgelegen platen, die wel beïnvloed worden door de aanleg, kan op termijn ook enige invloed hebben op de eilanden.

Er is mogelijk een negatief effect op de stabiliteit van geulen en platen. Het baggeren bij deze route van een brede, diepe geul, leidt mogelijk tot een aantasting van de erosiegevoeligheid van de bodem, een verandering van de hydrodynamiek en/of afkalving van naastgelegen platen. Deze effecten zullen het sterkst zijn nabij het vasteland waar de geul klein is en de natuurlijke dynamiek beperkt. Hier hebben baggerwerkzaamheden naar verhouding grote impact. De andere aanlegmethoden (DGB-HDD, vibratiezwaard, jetting-slede, inzet pontons) hebben minder grote impact).

Er is een klein negatief effect op de stabiliteit van de buitendelta. De route raakt gedeeltelijk een buitendelta (Figuur 10-4), maar doordat dit een overwegend dynamisch zandig gebied betreft en de aanleg wordt gedaan met een jetting-slede zijn effecten naar verwachting beperkt (zie H11.1.2). Bij nadere uitwerking van deze route kunnen effecten op de buitendelta worden voorkomen door de route ook aan de Noordzezijde de loop van de geul te blijven volgen.

Er zou ook enige impact op de kwelder bij Rottumerplaat kunnen zijn door afkalving.

De bodem is dynamisch, het risico op blootspoelen en/of begraving is aanwezig. De eroderende trend bij de buitendelta (Figuur 10-4) als gevolg van de veranderende oriëntatie van de geul kan zich doorzetten.

Route 8

Deze route loopt onder de dijk, vervolgens parallel aan de dijk onder platen door, vervolgens onder een gebied van platen en geulen, dan onder de geul Schild tussen Rottumerplaat en Rottumeroog en dan richting het noordwesten door de buitendelta van Lauwers naar de Noordzee (Figuur 10-5).

Onder de dijk wordt de kabel aangelegd met een DGB-HDD boring, bij de plaat voor de dijk met een vibratiezwaard, bij het gebied met afwisselend platen en geulen met een spoelzwaard op een trencher, langs Rottumeroog met een kettinggraver en vanaf Rottumeroog met een jetting-slede (Figuur 10-5).

Bij het eerste deel van het traject (nabij het vasteland) is de bodemligging relatief stabiel (Figuur 10-5). De bodemligging langs de rest van het traject is dynamisch met uitzondering van enkele platen. Bij de Noordzee is de oriëntatie van het Lauwers veranderd van west naar noordwest waarbij het gebied ten noordwesten van Rottumerplaat is geërodeerd (Deltares, 2021, concept).

De bodem wordt in beperkte mate verstoord bij gebruikte aanlegmethoden (DGB-HDD, vibrerend zwaard, spoelzwaard, kettinggraver, jetting-slede, inzet pontons) (zie H11.1.2). Bij toepassing van deze methodes is er relatief weinig vertroebeling.

Er is in eerste instantie geen effect op de stabiliteit van eilanden of eilandstaarten: deze worden niet geraakt. Wel loopt de route vlak langs Rottumerplaat. Hierdoor kan op termijn, vanwege beperkte instabiliteit van geulen en platen, ook het eiland worden beïnvloed. Dit is erg lastig te voorspellen maar wordt vanwege deze onzekerheid wel licht negatief beoordeeld.

Effecten op de stabiliteit van geulen en platen zijn naar verwachting relatief klein doordat de aanlegmethoden slechts over een beperkte breedte het sediment beïnvloeden.

Er is mogelijk een klein negatief effect op de stabiliteit van de buitendelta. De route raakt gedeeltelijk een buitendelta (Figuur 10-5), maar doordat dit

een overwegend dynamisch zandig gebied betreft en de aanleg wordt gedaan met een jetting-slede zijn effecten naar verwachting beperkt (zie H11.1.2). Er is geen effect op de stabiliteit van kwelders: deze worden niet geraakt. De bodem is dynamisch, het risico op blootspoelen en/of begraving is aanwezig. De eroderende trend bij de buitendelta (Figuur 10-5) als gevolg van de veranderende oriëntatie van de geul kan zich doorzetten.

Een aandachtspunt is dat hoewel de impact van een boring relatief gering/verwaarloosbaar is, het de voorkeur heeft om de kabels niet parallel aan de dijk onder het Wad door te leggen, maar direct richting het vasteland te leiden. Op die manier worden risico's m.b.t. blootspoelen beperkt en is er zo min mogelijk impact op het Wad.

Route 6

Deze route loopt onder de dijk en dan parallel langs de diepe geul van de Eems-Dollard onder platen en verschillende geulen, langs Rottumeroog en Rottumerplaat over de buitendelta naar de Noordzee (Figuur 10-6).

Onder dijk wordt de kabel aangelegd met een DGB-HDD boring, daarna wordt de kabel voor een groot stuk aangelegd met een vibratie- en spoelzwaard, daarna gaat de kabel met een DGB-HDD boring onder kruisende kabels en het referentiegebied langs, dan volgt nog een kort stuk met een spoelzwaard en vanaf Rottumeroog wordt de rest van de route met een jetting-slede aangelegd (Figuur 10-6).

Bij het eerste deel van het traject (nabij het vasteland) is de bodemligging relatief stabiel (Figuur 10-6). De bodemligging langs de rest van het traject is dynamisch met uitzondering van enkele platen. Bij de Noordzee is de oriëntatie van de geul Lauwers veranderd van west naar noordwest waarbij het gebied ten noordwesten van Rottumerplaat is geërodeerd (Deltares, 2021, concept).

De bodem wordt in beperkte mate verstoord bij gebruikte aanlegmethoden (DGB-HDD, vibrerend zwaard, spoelzwaard, jetting-slede, inzet pontons, bouwkuip) (zie H11.1.2). Effecten op vertroebeling zullen beperkt zijn.

Er is geen effect op de stabiliteit van eilanden en eilandstaarten: deze worden niet geraakt.

Effecten op de stabiliteit van geulen en platen zijn naar verwachting relatief klein doordat de aanlegmethoden slechts over een beperkte breedte het sediment beïnvloeden. De bouwkuip moet slim geplaatst worden om effecten op de natuurlijke morfodynamiek te beperken.

Er is mogelijk een klein negatief effect op de stabiliteit van de buitendelta. De route raakt gedeeltelijk een buitendelta (Figuur 10-6), maar doordat dit een overwegend dynamisch zandig gebied betreft en de aanleg wordt gedaan met een jetting-slede zijn effecten naar verwachting beperkt (zie H11.1.2). De stabiliteit van kwelders wordt niet aangetast: deze worden niet geraakt.

De bodem is dynamisch, het risico op blootspoelen en/of begraving is aanwezig. De eroderende trend bij de buitendelta (Figuur 10-6) als gevolg van de veranderende oriëntatie van de geul kan zich doorzetten. Dit kan gevolgen hebben voor de mate van begraving van de kabel.

Een aandachtspunt is dat hoewel de impact van een boring relatief gering/verwaarloosbaar is, het de voorkeur heeft om de kabels niet parallel aan de dijk onder het Wad door te leggen, maar direct richting het vasteland te leiden. Op die manier worden risico's m.b.t. blootspoelen beperkt en is er zo min mogelijk impact op het Wad.

Route 2

De route loop dwars onder de dijk door richting het grote geulensysteem van de Eems-Dollard, onder de plaat Meeuwenstaart en dan onder de Huibertplaat door richting de Noordzee (Figuur 10-7).

De kabel wordt onder de dijk en aangelegd met de DGB-HDD boring, vervolgens wordt verder gegaan met jetting-slede, dan met een DGB-HDD boring onder een kruisende kabel door, vervolgens wordt gebaggerd bij de Huibertplaat. Een jetting-slede wordt ingezet bij het laatste stuk de Noordzee in (Figuur 10-7).

De bodemligging langs route 2 is zeer dynamisch (Figuur 10-7). Stroomsnelheden in de hoofdgeulen van de Eems-Dollard zijn hoog en de geulen zijn diep, waardoor bij verplaatsingen van de geulen er grote volumes sediment eroderen of sedimenteren. Bij het plaatsen van een kabel dient

rekening te worden gehouden met voldoende diepteligging zodat bij verplaatsing van de geulen de kabel nog steeds bedekt ligt.

Bij deze route vindt relatief veel verstoring van de bodem plaats met name door het baggeren van een brede, diepe geul. Doordat de verstoring plaatsvindt in een van nature dynamisch gebied is het effect beoordeeld als negatief i.p.v. sterk negatief. Het baggeren leidt ook tot meer vertroebeling ten opzichte van andere aanlegmethoden. Omdat er veel zal worden gebaggerd (lengte van het te baggeren traject is vergelijkbaar met route 9) wordt de mate van vertroebeling beoordeeld als sterk negatief t.o.v. andere varianten. Het effect kan mogelijk beperkt zijn doordat een groot deel uit zandig sediment bestaat. Het baggeren en verspreiden van zandig sediment heeft geen negatief effect op de troebelheid.

Er is geen effect op de stabiliteit van eilanden en eilandstaarten: deze worden niet geraakt.

Er is een negatief effect op de stabiliteit van geulen en platen, met name door het baggeren wordt een plaat geraakt. Doordat de natuurlijke dynamiek in dit gebied groot is zal de impact hiervan mogelijk beperkt zijn.

Er is mogelijk een klein negatief effect op de stabiliteit van de buitendelta. De route raakt gedeeltelijk een buitendelta (Figuur 10-7), maar doordat dit een overwegend dynamisch zandig gebied betreft zijn effecten naar verwachting beperkt.

De stabiliteit van kwelders wordt niet aangetast: deze worden niet geraakt. De bodemligging is erg dynamisch en het risico op blootspoelen en/of begraving is groot.

11.2 Ecologie

Onderstaande beoordelingstabel geeft op hoofdlijnen weer:

- Wat de belangrijkste natuurwaarden zijn die op en langs de tracés voorkomen, en
- Wat de (mogelijke) effecten zijn per route (beoordeling).

In de tabel is uitgegaan van een worst-case scenario, waarbij in de meest kwetsbare periode van een soort in een belangrijk leefgebied wordt gewerkt en/of gevoelige gebieden niet kunnen worden ontweken. Of een negatief effect uiteindelijk optreedt en hoe groot dit negatieve effect is, is onder andere afhankelijk van de techniek die wordt toegepast, de periode waarin de aanleg plaatsvindt, hoelang de aanleg duurt, hoe groot het verstoorde oppervlak is en hoe vaak (frequentie) verstoring optreedt en of mitigerende maatregelen kunnen worden genomen om de effecten te verzachten. Het in dit detail beoordelen van de verschillende mogelijkheden en aspecten van de routes valt buiten de scope van deze opdracht. In het geval van mossel-, oesterbanken en zeegrasvelden is niet exact duidelijk of deze tijdens de aanleg aanwezig zijn. Ook de mate van voedselbeschikbaarheid voor vogels is lastig te voorspellen. Daarom is hier een effect aangegeven als dit mogelijk kan voorkomen. Onder de tabel staat een korte toelichting op de scores in de tabel per natuurwaarde/effect.

Tabel 25 - Beoordeling routes ecologie

Voorkomen van natuurwaarden beschreven van noord (kustzone ten noorden van de waddeneilanden) naar zuid (vastelandkwelders). Hierbij is uitgegaan van het worst-case scenario, waarbij in de meest kwetsbare periode van soorten wordt gewerkt en gevoelige habitats niet kunnen worden ontweken.

Natuurwaarde/effect	Route 20	Route 12	Route 11	Route 9	Route 8*	Route 6	Route 2
Kustzone (Noordzee)	-	-	-	-	-	-	-
Strand	-	-	-	nvt	nvt	nvt	nvt
Duinen	0	0	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Eilandkwelders	nvt	0	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Droogvallende slikkige platen (foerageergebied vogels)	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/0
Zandplaten (rustgebieden zeehonden)	-/-	-	-/-	-/-	-/-	-/-	nvt
Zeezoogdieren en vissen door onderwatergeluid	-	-	-	-	-	-	-
Natuurwaarden door aanwezigheid (optische verstoring)	-	-	-	-/-	-/-	-/-	-
Natuurwaarden door vertroebeling	-/0	-/0	-	-/-	-/0	-/0	-
Mosselbanken/oesterbanken	-/-	-/-	-/-	-	-	-	nvt
Zeegrasvelden	nvt	-/0	-	-/-	-/-	-	nvt
Vastelandskwelders	nvt	0	0	nvt	nvt	nvt	nvt

*Route 8 gaat door het referentiegebied, daar is bodemberoering niet toegestaan. Onderdoor boren (DGB-HDD) is vanwege de lengte niet mogelijk, of de boring moet in twee etappes plaatsvinden. Dit leidt echter weer tot een ander type verstoring (geluid, aanwezigheid).

Legenda	
nvt	Niet van toepassing, want niet aanwezig
0	Geen effect
-/0	Klein negatief (verwaarloosbaar) effect
-	Negatief effect
-/-	Groot negatief effect

Noordzeekustzone

Alle routes gaan door de Noordzeekustzone, de open zee ten noorden van de Waddeneilanden, voordat ze door het waddengebied gaan. Dit heeft een verstoring op met name de bodemfauna en mogelijk aanwezige foeragerende vogels. Omdat dit een dynamisch gebied is treedt er relatief snel herstel op van de bodem. Het effect is voor alle routes als negatief beoordeeld.

Strand

Bij de routes 20, 12 en 11 wordt er naar het strand een boring gedaan onder het eiland door. Op het strand zal een aansluitpunt worden geïnstalleerd, waarbij verstoring van bodemfauna en broedende en foeragerende vogels kan optreden door verstoring van de bodem en verstoring door aanwezigheid (optische verstoring). Vanwege het tijdelijke karakter en de herstel mogelijkheden in dit gebied is het effect als negatief beoordeeld.

Duinen

Bij de routes 20 en 12 wordt een boring onder de duinen door gedaan. Er is geen sprake van verstoring van de duinen, er wordt geen effect verwacht.

Eilandkwelders

Alleen bij route 12 is er sprake van doorkruising van eilandkwelders, hier wordt een ondergrondse boring uitgevoerd waardoor er geen sprake is van verstoring van de kwelder. Er wordt geen effect verwacht.

Droogvallende slikkige platen

Bij de routes 20, 12, 11, 9, 8, en 6 is sprake van doorkruising van platen en dus mogelijk ook van droogvallende slikkige platen, welke van belang zijn als foerageergebied voor vogels. Dit heeft over het algemeen een groot negatief

effect. Route 9 gaat voor een groot deel door geulen, maar doordat deze route veel langer is dan de andere routes, is het areaal platen dat wordt doorsneden in absolute zin vergelijkbaar met de routes 20, 12 en 11 (circa 10 km) (Rijkswaterstaat, 2017). Bij route 8 ontstaat mogelijk afkalving van de platen langs de geul in het referentiegebied. Wanneer er sprake is van een ondergrondse boring waarbij het uittredepunt in slikkige platen is gelokaliseerd is er sprake van verstoring met een negatief effect.

Zandplaten

Bij de routes 20, 12, 11, 9, 8, en 6 is er sprake van doorkruising van platen of ze gaan vlak langs platen. Daarbij treedt mogelijk verstoring op van rustende of zogende zeehonden. In het onderzoeksgebied komen een aantal zeehondenligplaatsen voor, waarbij de Eilanderbalg, Simonszand, Boswad en Horsbornzand tot de belangrijkste ligplaatsen van de Waddenzee behoren (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016; WUR, Populatie Gewone Zeehonden in de Nederlandse Waddenzee, 2021; WUR, Populatie Grijze Zeehonden in de Nederlandse Waddenzee, 2021; Nautin, 2021). Verstoring van rustende of zogende zeehonden heeft over het algemeen een groot negatief effect. Bij route 8 ontstaat mogelijk afkalving van de platen langs de geul in het referentiegebied.

Zeezoogdieren en vissen door onderwatergeluid

Wanneer er ondergrondse boringen worden uitgevoerd moet er voor de aanleg van de aansluitpunten damwanden worden getrild. Ook de schepen en ander materiaal dat wordt gebruikt voor de aanleg kan onderwatergeluid veroorzaken. Het onderwatergeluid dat hierbij wordt geproduceerd kan een negatief effect hebben op zeehonden, bruinvissen en vissen. Bij routes 9 en 8 is er alleen sprake van een aansluitpunt op droogvallende plaat naast de dijk en is er waarschijnlijk minder verstoring door onderwatergeluid.

Verstoring natuurwaarden door aanwezigheid (optische verstoring)

Bij alle routes is er sprake van verstoring door aanwezigheid tijdens de werkzaamheden. De kans op een groot negatief effect is bij de routes in de buurt van het referentiegebied (9, 8 en 6) het grootst.

Verstoring natuurwaarden door vertroebeling

Bij alle gebruikte technieken is er sprake van een toename van de troebelheid, de mate waarin dit optreedt is verschillend. Het gebruik van het vibratiezwaard geeft een klein negatief effect, het gebruik van een spoelzwaard of jetting-slede een negatief effect en baggeren een groot negatief effect. De beoordeling is gebaseerd op de combinatie van technieken die is gebruikt.

Bij route 2 vindt relatief veel verstoring van de bodem plaats met name door het baggeren van een brede, diepe geul. Doordat de verstoring over een beperkte lengte en in een van nature dynamisch gebied plaatsvindt is het effect beoordeeld als negatief i.p.v. sterk negatief. Het baggeren leidt ook tot meer vertroebeling ten opzichte van andere aanlegmethoden. Het effect kan wel beperkt zijn doordat een groot deel zandig sediment is.

Mosselbanken/oesterbanken

Wanneer platen worden doorsneden is het effect groot wanneer daar mossel/oesterbanken voorkomen. Mossel/oesterbanken komen vooral op de platen onder Ameland (route 20) en onder Schiermonnikoog (route 12 en 11) en in mindere mate rondom het referentiegebied (routes 9, 8 en 6) (WMR, 2021). Route 2 gaat vrijwel in zijn geheel door geulen, dus er is geen sprake van verstoring van mosselbanken/oesterbanken op droogvallende platen.

Zeegrasvelden

Wanneer platen worden doorsneden is het effect groot wanneer daar zeegrasvelden voorkomen. In de Waddenzee zijn de zeegrasvelden tegenwoordig beperkt tot de Groninger kust, het Eems-Dollard gebied en het wad ten zuiden van Terschelling (Schutter, de Jong, & van Deelen, 2020). De routes 9 en 8 doorkruisen gebied waar de grootste zeegrasvelden voorkomen (groot effect), routes 11 en 6 liggen daarbuiten maar zeegras komt hier wel

in plukjes voor (negatief effect). Route 12 ligt in de buurt van gebied waar zeegras voorkomt, maar route loopt hier langs (klein negatief effect). Route 2 gaat vrijwel in zijn geheel door geulen, dus er is geen sprake van verstoring van zeegrasvelden.

Vastelandskwelders

Er is alleen sprake van doorkruising van vastelandskwelders bij de routes 12 en 11. Er wordt onder de kwelder door geboord waardoor er geen sprake is van verstoring. Er is geen effect.

11.3 Techniek

Tabel 26 - Beoordeling van routes op techniek

Techniek	Route 20	Route 12	Route 11	Route 9	Route 8	Route 6	Route 2
Haalbaar en maakbaar	-/0	-/0	-/-	-/0	-	-	-/-
Beheerbaarheid	-/0	-/0	-	-/-	-/-	-	-
Uitbreidbaarheid/ Toekomstbestendigheid	+++	+++	++	-/-	-/-	-/-	+++

Legenda			
0	Geen effect	+++	Zeer toekomstbestendig
-/0	Klein negatief effect	++	Toekomstbestendig
-	Negatief effect	+	Beperkt toekomstbestendig
-/-	Groot negatief effect	0	Niet toekomstbestendig

Haalbaar en maakbaar

Op alle routes zijn technieken toegepast die al eerder in projecten zijn toegepast. Echter, er zijn op een aantal routes overgangen tussen twee technieken toegepast, die nieuw zijn of waarbij het type nog niet eerder op deze wijze is toegepast of een soortgelijke locatie.

Op de routes 20, 12 en 9 zijn technieken toegepast die reeds in enkele andere projecten zijn gebruikt, bijvoorbeeld op de Duitse Wadden. Ook de overgangen tussen deze technieken zijn eerder toegepast. De gebruikte technieken zijn echter niet breed toegepast waardoor er mogelijk beperkingen zijn in beschikbaarheid van materieel en technologische volwassenheid.

Op route 6 zijn grotendeels technieken toegepast die in eerdere projecten zijn gebruikt, echter de Direct Gestuurde Boring met HDD-boorkop onder het referentiegebied vanuit een bouwput is wel een nieuwe toepassing van deze techniek.

Op route 8 zijn grotendeels technieken toegepast die in eerdere projecten zijn gebruikt. Uitzondering is de doorkruising van het referentiegebied met een wadtrencher (rupsvoertuig voor op de Wadden) met spoelwaard. Hierbij

zal vooral de aanvoer van kabels en/of leidingen een nieuwe uitdaging vormen, gezien de gewenste minimale impact in het referentiegebied.

De routes 11 en 2 zijn beiden uitdagend door het gebruik van een DGB-HDD op diepte, respectievelijk -10 en -26 meter onder NAP. Hierdoor zal vooral de overgang naar de volgende aanlegtechniek een uitdaging zijn, alsmede het aansluiten van de kabels om de verbinding te maken.

Beheerbaarheid

De routes 20 en 12 liggen relatief ondiep begraven en in toegankelijk gebied waardoor het relatief makkelijk is om de kabels en/of leiding te ontgraven en repareren indien nodig. Wel zijn er beperkingen in het type materieel dat kan worden gebruikt op de Wadden.

Routes 11 en 2 liggen deels diep begraven maar in toegankelijk gebied waardoor het uitvoerbaar is om de kabels en/of leiding te ontgraven en repareren indien nodig. Wel zijn er beperkingen in het type materieel wat gebruikt dat worden op de Wadden voor route 11. Verder vormt scheepvaart op route 2 een belemmering bij het werken in de vaargeul of varen naar de werklocatie naast de vaargeul.

Route 6 ligt ondiep begraven maar ligt wel grotendeels in beperkt toegankelijk gebied waardoor het uitvoerbaar is om de kabels en/of leiding te ontgraven en repareren indien nodig. Wel zijn er beperkingen in het type materieel dat gebruikt kan worden op de Wadden.

De routes 9 en 8 liggen respectievelijk diep begraven of in ontoegankelijk gebied waardoor het lastig uitvoerbaar is om de kabels en/of leiding te ontgraven en repareren indien nodig.

Uitbreidbaarheid/Toekomstbestendigheid

Op basis van de eerder bepaalde knelpunten is er gekeken of er per route ruimte is voor verdere uitbreiding, na 2030, hiervoor gebruiken we de uitgangspunten uit paragraaf 3.8. Dit geeft een eerste indruk hoe de routes zich tot elkaar verhouden, de exacte uitbreidingsruimte kan alleen bepaald worden bij uitwerking van de routes in meer detail. De smalste delen van de

routes zijn 500, 400 en 200 meter. Hier passen maximaal respectievelijk 11, 9 en 5 kabels, of respectievelijk 7, 5 en 1 kabel(s) naast een waterstofleiding op dezelfde route. Uitgedrukt als capaciteit is dit respectievelijk 18,7, 14,7 en 6,7 Gigawatt aan elektriciteit of 10,7, 6,7 en 2 Gigawatt elektriciteit naast een waterstofleiding met een capaciteit van 20 Gigawatt (aan verbrandingswaarde). De routes 20, 12 en 2, allen 500 m op het smalste deel, worden dan ook als zeer toekomstbestendig beschouwd. Route 11, met 400 m op het smalste deel, wordt als toekomstbestendig beschouwd. En de routes 9, 8 en 6, allen met 200 m op het smalste deel, worden als niet toekomstbestendig beschouwd. Dit laatste in verband met de ambitie om in 2030 6,7 GW te realiseren, waarna er dus geen ruimte meer beschikbaar zou zijn voor verdere uitbreiding.

11.4 Ruimte

Tabel 27 - Beoordeling van routes betreft ruimte

Ruimte	Route 20	Route 12	Route 11	Route 9	Route 8	Route 6	Route 2
Werkcorridor	-	-	-/-	-/-	-	-	-
Werkterrein	-/0	-	-/-	-	-/0	-/-	-
Beperkingen	-	-	-/-	-/-	-/0	-	-/-
Lengte landtracé	-/-	-	-	-/0	-/0	0	0

Legenda	
0	Geen effect
-/0	Klein negatief effect
-	Negatief effect
-/-	Groot negatief effect

Werkcorridor

De benodigde werkcorridor is afhankelijk van de gekozen aanlegtechnieken en aanvoermogelijkheden voor het betreffende deel van de route.

Technieken zoals spoel- en vibratiezwaarden, tussen pontons, hebben de geringste werkcorridor nodig. Deze technieken worden met name toegepast op het Wad. Bij de aanvoer van materieel, kabels en/of leiding zijn wel extra bewegingen over het Wad vereist door beperkingen in diepgang en/of het gewicht van de vrachtlading op rupsvoertuig wat het Wad kan dragen. Dit wordt meegewogen bij deze technieken. Boringstechnieken hebben werkterreinen nodig voor de boring, maar de corridor zelf is ondergronds en heeft dus geen ruimtebeslag. Een jetting-slede wordt voor alle routes ten noorden van de Wadden, bij de Noordzeekust, gebruikt als aanlegtechniek. Deze wordt vanaf een schip voortgetrokken en heeft een middelmatig ruimtebeslag op de werkcorridor vanwege het vrijhouden van de route voor overige scheepvaart en activiteiten. Baggeren heeft het grootste ruimtebeslag van alle toegepaste aanlegstechnieken als werkcorridor.

Iedere route is een samenstelling van deze technieken, waar bij de beoordeling gekeken wordt naar verhoudingsgewijs hoeveel kilometer met welke techniek wordt aangelegd.

Routes 20 en 12 zijn voor meer dan de helft uitgevoerd met een spoel- of vibratiezwaard en de andere helft met een jetting-slede. Daarom worden deze als negatief effect beoordeeld.

Op route 11 wordt een mix van spoelzwaard, baggeren en jetting-slede toegepast, daarom wordt deze als groot negatief effect beoordeeld.

Op route 9 wordt grotendeels baggeren als techniek toegepast wat veel ruimte in beslag neemt op de corridor. Daarom wordt deze route beoordeeld als groot negatief effect.

Op route 8 wordt een relatief langere afstand over het Wad afgelegd met een zwaard en wordt jetting-slede toegepast. Daarom wordt deze als negatief effect beoordeeld.

Op route 6 past grotendeels spoel-/vibratiezwaard en jetting-slede toe als technieken, waarbij de helft van de route aanvoer over het Wad vereist. Daarom wordt deze route als (middelmatig) negatief beoordeeld.

Route 2 loopt door relatief diepere wateren dan de andere routes, wat aanvoer vergemakkelijkt, waarbij er voornamelijk van jetting-slede en baggeren als aanlegtechnieken worden toegepast. Daarom wordt deze als negatief beoordeeld.

Werkterrein

Voor alle routes moeten één of meerdere werkterreinen worden geplaatst langs de route. Deze zijn nodig om een boring te starten of ontvangen, of om een spoel-/vibratiezwaard voort te trekken over het Wad vanaf een drooggevalen ponton. Er is wel onderscheid in het aantal werkterreinen en het type werkterreinen die voor de verschillende routes nodig zijn.

De routes 20, 12, 11, 9 en 8 maken gebruik van een spoel- of vibratiezwaard waardoor er pontons moeten worden geplaatst om het zwaard voort te trekken en de kabels aan te voeren. Het aantal pontons wat nodig is varieert van 2 op route 8 tot 5 op route 12. Hierdoor variëren de scores ook van klein negatief effect tot negatief effect.

De routes 11 en 6 maken gebruik van respectievelijk 3 en 4 pontons op het Wad voor de delen met een spoel- of vibratiezwaard. Daarnaast is er een bouwput voor een boring. De bouwput en constructie ervan neemt meer ruimte in dan het indrijven van de pontons en wegen daarom zwaarder mee in de beoordeling. Beide routes zijn gescoord als grote negatieve effecten.

Route 2 gebruikt twee pontons en één bouwput voor de boringen onder infrastructuur van derden. Hiermee wordt deze beoordeelt als (middelmatic) negatief effect.

Beperkingen

Wat betreft beperkingen wordt er gekeken naar hoe de route tijdens de aanleg en operationele fase beperkingen vormt voor andere gebruikers in het gebied, bijvoorbeeld voor visserij, beroepsscheepvaart, recreatie vanaf land en recreatievaart. Tijdens de aanleg zullen alle gebruikers hinder ondervinden op het betreffende deel van de route. Tijdens de operationele fase van de route, wanneer de kabels en/of leidingen in gebruik zijn, zullen de kabels en/of leidingen vooral een belemmering vormen voor gebruikers

die de bodem (kunnen) beroeren. Bodemberoering vindt bijvoorbeeld plaats bij noodverankering of sleepnetvissen.

Voor alle routes geldt dat de kabels en/of leiding ten noorden van de Waddenzee in de Noordzee tot een waarschuwing zullen leiden betreft noodankering voor alle gebruikers (bijv. op navigatiekaarten). Dit geldt zowel tijdens aanleg als in de operationele fase.

De routes 20, 12 en 6 liggen grotendeels onder platen in de Waddenzee waardoor tijdens de aanleg er vooral een beperking is voor recreatie in dat deel van de Waddenzee. Ook zal er waarschijnlijk een ankerverbod komen op de corridor van de route op de Waddenzee.

De routes 11 en 9 liggen deels in Waddenzee-geulen die gebruikt worden door recreatie en visserij. Dit leidt tot beperkingen tijdens de aanleg en operationele fase, onder anderen door de verwachte komst van een ankerverbod op de corridor van de route.

Route 8 in de Waddenzee ligt grotendeels in het gesloten referentiegebied. Hierdoor zijn er relatief weinig beperkingen voor gebruikers doordat het referentiegebied ontoegankelijk is voor gebruikers gedurende het hele jaar.

Route 2 ligt deels door (secundaire) vaargeulen en nabij de hoofdvaargeul in de Eems. Hierdoor zullen er beperkingen zijn voor de beroepsscheepvaart, visserij en recreatie, zowel tijdens de aanleg als operationele fase. Deze beperkingen worden gezien de getroffen gebruikers en scheepvaart als zeer negatief beoordeeld.

Lengte landtracé

Alle routes landen op één van vier punten op vaste land aan. Deze punten liggen hemelsbreed van west naar oost respectievelijk op circa 56, 27,7, 8 en 0,8 kilometer van de westzijde van de Eemshaven, gemeten vanaf het 110 kV onderstation Eemshaven Midden. Vanaf hier moeten alle routes over het zuidelijk deel van de Eemshaven verbindingen maken met het 380 kV net aan de oostzijde. Voor beoordeling zijn de effecten dan ook oplopen van west naar oost, per aanlandingspunt, beoordeelt qua negatieve effecten.

11.5 Kosten en planning

In de onderstaande tabel staat een overzicht van de scores per aspect op iedere route. Onder de legenda volgt een toelichting op de scores.

Tabel 28 - Beoordeling van routes op kosten en planning

Kosten en planning	Route 20	Route 12	Route 11	Route 9	Route 8	Route 6	Route 2
Investeringskosten	€€	€€	€€	€€	€€	€€	€€
Levensduur	€	€	€€	€€€	€€€	€€€	€€€
Vergunbaarheid	-	-	-	-	-	-/-	-/-
Realisatietijd	-	-	-	-/0	-	-	-/-

Legenda			
0	Geen effect	€	Lage kosten
-/0	Klein negatief effect	€€	Gemiddelde kosten
-	Negatief effect	€€€	Hoge kosten
-/-	Groot negatief effect	€€€€	Zeet hoge kosten

Investeringskosten

Voor alle 7 routes geldt dat qua investeringskosten er maar beperkt onderscheid is tussen de routes. Dit komt doordat de meeste routes gebruikmaken van dezelfde technieken over vergelijkbare afstanden en de routes ongeveer even lang zijn. Tussen aanlanding op het vaste land en de grens van territoriale wateren varieert de lengte van de routes tussen circa 41 kilometer en 63 kilometer. De gemiddelde lengte is 52,5 kilometer. Bij de meeste routes worden de kabels grotendeels met een jetting-slede of spoel/vibratiezwaard aangelegd. Deze technieken bepalen vervolgens grotendeels de investeringskosten. Voor alle routes geldt dat investeringskosten dezelfde ordegrrootte hebben, waardoor in de beoordeling geen onderscheid wordt gemaakt.

⁸ Dit is een **indicatieve weergave van vergunningen**. Bij uitbreiding van het net op zee met een projectbesluit zal beoordeeld moeten worden of de omgevingsvergunningen alsnog nodig zijn. Meer vergunningen kunnen ook nodig zijn als er bijvoorbeeld water onttrokken wordt en gelooosd tijdens de aanleg. Ook andere vergunningen en meldingen kunnen noodzakelijk zijn voor de uitvoering. Zodra meer details bekend zijn over de uitvoering kan hier meer over worden gezegd.

Levensduur

De kosten tijdens de levensduur bestaan voornamelijk uit onderhoudskosten, door schade bij blootspoelen van de kabels en/of leidingen, en inspectiekosten. Toegankelijkheid en externe risico's (bijvoorbeeld: morfologische dynamiek) beïnvloeden de kosten.

Voor de routes 20 en 12 geldt dat deze door morfologisch stabiel gebied lopen dan de andere routes waardoor onderhoudskosten waarschijnlijk laag zijn door het beperkte risico op schade. Bij route 11 is de bodem nabij Schiermonnikoog dynamisch, wat samen met de diepe ligging tot hogere kosten zal leiden. De routes 9, 8, 6 en 2 kennen allen langere stukken door morfologisch zeer dynamisch gebied. Waarbij er een hoger risico is op blootspoelen, ondanks de gekozen begraafdiepte onder het historisch dieptepunt. De beperkte toegankelijkheid van de routes 8 en 6 speelt een rol door het doorkruisen van artikel 20 gebieden en (deels) het referentiegebied, wat de betere morfologische stabiliteit ten opzichte van de routes 9 en 2 compenseert.

Vergunbaarheid

De voorziene publiekrechtelijke besluiten voor de routes betreffen de volgende⁸:

1. Projectbesluit
2. Omgevingsvergunning (bij inwerkingtreding Omgevingswet):
 - a. Bouwactiviteit
 - b. Beperkingen gebied activiteit met betrekking tot een waterstaatswerk
 - c. Milieubelastende activiteit
 - d. Natura 2000 activiteit
 - e. Flora en fauna activiteit
 - f. Omgevingsvergunning uit het omgevingsplan

Juridisch gezien kan de route ook vergund worden met een kavelbesluit. De Wet windenergie op zee biedt namelijk de mogelijkheid om het kavelbesluit te verlengen tot de wal of tot het aansluitpunt op de wal (de zgn. lange "staart" uit de toelichting van de Wwoz). In deze verkenning is uitgegaan van het toepassen van een projectbesluit.

Voor routes 20, 12 en 11 heeft de omgevingsvergunning betrekking op het Omgevingsplan Buitengebied van de gemeente Ameland en de gemeentes van Schiermonnikoog doordat de routes respectievelijk Ameland en Schiermonnikoog doorkruisen. De vergunningplicht vanuit het omgevingsplan kan vervallen door het vaststellen van het kavelbesluit of het projectbesluit die voor het omgevingsplan in de plaats treedt. Het overzicht van vergunningen en procedures is ook opgenomen in bijlage 4.

Route 2 en een kleiner deel van route 6 vallen binnen het gebied dat valt onder de werking van het Eems-Dollardverdrag. Beoordeeld zal moeten worden of route 2, en deels 6, binnen de Duitse staatsgrenzen valt en of daar een aanvullend vergunningstraject uit volgt. Vanwege de ligging van de route in het Eems-Dollardverdragsgebied is instemming van Duitsland in ieder geval noodzakelijk.

Een projectbesluit kan worden gebruikt voor de aanleg van een net op zee, de benodigde werken of installaties op land (denk aan de doorkruising van een Waddeneiland) en als er buisleidingen voor het transport van gassen aangelegd gaan worden.

De coördinatieregeling uit afdeling 3.5 'Algemene wet bestuursrecht' kan door de minister van Economische Zaken en Klimaat worden toegepast voor het gecoördineerd voorbereiden van alle benodigde besluiten en om de procedures van de benodigde besluiten te versnellen.

Het projectbesluit moet worden voorzien van een milieueffectrapportbeoordeling, omdat in J8 van bijlage V Omgevingsbesluit de aanleg van een hoogspanningsleiding als mer-beoordelingsplichtig is aangewezen. Als beoordeeld wordt dat een mer noodzakelijk is, dan zal een combi-mer moeten worden uitgevoerd.

Het is op grond van artikel 5.129c 'Besluit kwaliteit leefomgeving' verboden om een activiteit uit te voeren in het PKB-Waddengebied die significant nadelige gevolgen kan hebben voor de landschappelijke kernkwaliteiten van de PKB-Waddenzee of het cultureel erfgoed. Het artikel bevat enkele uitzonderingen op de verbodsbepaling. In principe is de verbodsbepaling niet

van toepassing voor activiteiten van het Rijk. Desondanks is aanbevolen hier in de besluitvorming rekening mee te houden.

Omdat er vergunningen nodig zijn voor de doorkruising van de Wadden, en er additionele aspecten met betrekking tot bijvoorbeeld Natura 2000 zijn, worden alle routes als negatief beoordeeld op dit aspect. Met uitzondering van de routes 2 en 6, die door het kruisen van het Eems-Dollardverdragsgebied als zeer negatief zijn beoordeeld.

Realisatietijd

Voor de realisatietijd worden toegankelijkheid van de werkgebieden en het verkrijgen van overeenkomsten voor een kruising en parallelligging met infrastructuur van derden als bepalende factoren beschouwd. Dit omdat de aanlegtechnieken over alle routes in grote lijnen vergelijkbaar zijn.

Voor routes 12, 11, 8 en 6 wordt een artikel 20 (ceder art. 2,5) gebied doorkruist. Routes 12 en 11 kennen hierdoor over enkele honderden meters een beperking betreft toegang tot het gebied tussen 15 mei en 1 september. Routes 8 en 6 lopen enkele kilometers door gebieden waar geen toegang is tussen 15 mei en 1 september. Voor alle vier de routes zal dit een effect hebben op de realisatietijd, wat bij routes 8 en 6 aanzienlijk zal zijn gezien de lengte door het artikel 20 gebied.

Alle routes moeten ten noorden van de Waddenzee de NGT kruisen om bij de windwinningsgebieden te komen. Route 6 kruist de NGT in de noordelijke punt van het referentiegebied. Route 20 kruist ook een leiding van de NAM ten noorden van Ameland. Route 2 kruist nabij de Eemshaven en op zee, dus tweemaal, de Gemini, NorNed, Tycom en Cobra kabels, waarvoor met elke kabelbeheerder aparte overeenkomsten tot stand moeten komen. Deze overeenkomsten kunnen de realisatietijd verlengen, afhankelijk van de complexiteit van de kruising en risico's voor beiden partijen.

Route 2 scoort het slechts door de kruisingen met meerdere partijen. De routes 20, 12, 11, 8 en 6 scoren negatief door een extra kruising met kabels/leidingen van een derde partij of door beperkte toegang tot een deel van de route. Route 9 scoort beperkt negatief vanwege de enkele kruising

met de NGT. Voor alle routes geldt dat het doorkruisen van de Wadden tot een langere realisatietijd leidt betreft ontwerp, vergunning en aanleg.

Tabel 29 - Opsomming van beoordelingen per route

Natuurwaarde/effect	Route 20	Route 12	Route 11	Route 9	Route 8	Route 6	Route 2
Kustzone	-	-	-	-	-	-	-
Strand	-	-	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Duinen	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Eilandkwelders	n.v.t.	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Droogvallende slikkige platen (foerageergebied vogels)	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	n.v.t.
Zandplaten (rustgebieden zeehonden)	-/-	-	-/-	-/-	-/-	-/-	n.v.t.
Zeezoogdieren en vissen door onderwatergeluid	-	-	-	-	-	-	-
Natuurwaarden door aanwezigheid	-	-	-	-/-	-/-	-/-	-
Natuurwaarden door vertroebeling	-/0	-/0	-	-/-	-/0	-/0	-
Mosselbanken/oesterbanken	-/-	-/-	-/-	-	-	-	n.v.t.
Zeegrasvelden	n.v.t.	-/0	-	-/-	-/-	-	n.v.t.
Vastelandskwelders	n.v.t.	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Effect							
Bodemverstoring	0/-	0/-	-/-	-/-	-	0/-	-
Vertroebeling	0/-	0/-	-	-/-	0/-	0/-	-
Stabiliteit eilanden en eilandstaarten	0	0	-	0	0	0	0
Stabiliteit geulen en platen	0/-	0/-	-	-	0/-	0/-	-
Stabiliteit buitendelta	0	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Stabiliteit kwelders	0	0	0	0/-	0	0	0
Risico op blootspoelen, begraving	0/-	0/-	-	-	-	-	-/-
Techniek							
Haalbaar en maakbaar	-/0	-/0	-/-	-/0	-	-	-/-
Beheerbaarheid	-/0	-/0	-	-/-	-/-	-	-
Uitbreidbaarheid/Toekomstbestendigheid	Ruim	Ruim	Ja	Nee	Nee	Nee	Ruim
Ruimte							
Werkcorridor	-	-	-/-	-/-	-	-	-
Werkterrein	-/0	-	-/-	-	-/0	-/-	-
Beperkingen	-	-	-/-	-/-	-/0	-	-/-
Lengte landtracé	-/-	-	-	-/0	-/0	0	0
Kosten en planning							
Investering	€€	€€	€€	€€	€€	€€	€€
Levensduur	€	€	€€	€€€	€€€	€€€	€€€
Vergunbaarheid	-	-	-	-	-	-/-	-/-
Realisatietijd	-	-	-	-/0	-	-	-/-

Legenda			
0	Geen effect	€	Lage kosten
-/0	Klein negatief effect	€€	Gemiddelde kosten
-	Negatief effect	€€€	Hoge kosten
-/-	Groot negatief effect	€€€€	Zeer hoge kostbaar
Nvt	Niet van toepassing		
Ruim	Ruim voldoende ruimte voor infra na 2030		
Ja	Voldoende ruimte voor infra na 2030		
Nee	Geen ruimte voor infra na 2030		

12 Bevindingen en aanbevelingen

Dit rapport reikt beslisinformatie aan ten behoeve van een bestuurlijke afweging. Royal HaskoningDHV trekt geen conclusies, omdat de weging van de impact van de aanleg van kabels en leidingen op verschillende aspecten als ecologie, morfologie en ruimte als een bestuurlijke keuze wordt beschouwd. Wel presenteren we in 12.1 een aantal bevindingen en aanbevelingen op basis van onze verkenning. Daarnaast doen we in 12.2 een aantal suggesties voor vervolgonderzoeken.

12.1 Bevindingen en aanbevelingen

1. Uit de gesprekken met stakeholders is ons gebleken dat alle partijen de noodzaak van wind op zee en de aanlanding daarvan zondermeer onderschrijven. Ook heeft eenieder oog voor het grote maatschappelijke belang van het beschermen van het wad als uniek natuurgebied. Om tot een breed gedragen routekeuze te komen moeten dan ook diverse maatschappelijke belangen onderling goed worden afgewogen, waarbij negatieve effecten op onderdelen naar onze verwachting altijd zullen optreden. Welke dat zijn en of deze acceptabel zijn is dan ook een bestuurlijke keuze.
2. Op basis van onze verkenning constateren wij dat er voor alle routes zoals door ons verkend nader en meer gedetailleerd onderzoek noodzakelijk is, voordat het mogelijk is om met voldoende zekerheid vast te stellen welke capaciteit aan energietransport er op een route praktisch gerealiseerd kan worden. De in deze verkenning gepresenteerde beslisinformatie is hiervoor nog niet gedetailleerd genoeg. Deze verkenning moet dan ook gelezen worden als verkenning naar nader te onderzoeken mogelijkheden.
3. Uit tabel 29 valt af te leiden dat bijna alle verkende routes op meerdere onderzochte ecologische aspecten negatieve en zelfs zeer negatieve effecten lijken te veroorzaken. Dit geldt weliswaar niet

voor route 2, maar deze route kenmerkt zich wel door een groot aantal potentiële technische en juridische showstoppers;

4. Uitgaande van een minimale kabelafstand van 50 meter lijkt het theoretisch mogelijk om op alle onderzochte routes de minimale benodigde capaciteit van 6,7 GW te kunnen laten aanlanden. Nader onderzoek (zie punt 2) is echter noodzakelijk om aan te kunnen geven of deze afstanden ook in de praktijk kunnen worden gehaald.
5. De twee routes over het wantij (20 en 12) zijn technisch minder risicovol maar lijken op basis van onze verkenning een (zeer) negatieve ecologische impact te hebben. De overige routes hebben allen te maken met dynamische geulen waardoor de aanleg uitdagend of zelfs onmogelijk kan blijken. Zeker wanneer in de tijd een gefaseerde aanleg plaatsvindt. Mede hierom is nader onderzoek dan ook gewenst (zie punt 2).
6. Routes dichtbij of door geulen lijken vaak te worden beperkt in aanleg door de aanwezigheid van zeehonden binnen 1200 meter. Dit kan de uitvoering praktisch onmogelijk maken. Voornamelijk als er ook met de tijdsbeperking van deels gesloten gebieden rekening moet worden gehouden. Mede hierom is nader onderzoek dan ook gewenst (zie punt 2).
7. Wat betreft de door ons gehanteerde aanlegtechnieken zijn er geen routes onmogelijk gebleken en voor elke route hebben we (innovatieve) technieken geselecteerd die de impact zo veel als mogelijk beperken. Via deze rapportage hebben we getracht zo goed mogelijk inzicht te geven in de effecten van de verschillende verkende routes op de beoordeelde aspecten. In alle gevallen zal pas na een gedetailleerde uitwerking van de routes kunnen worden bepaald of uitvoering echt mogelijk is (zie punt 2).
8. Elke route heeft één of meer aspecten waarop deze zeer negatief scoort, er is dus geen route zonder potentiële showstoppers. Hieronder geven we in tabel 30 de belangrijkste potentiële

showstoppers (*dat zijn punten die na nader detailonderzoek opgelost móeten worden omdat uitvoering van de route anders onmogelijk wordt*) per route weer en geven we aan welke vervolgstappen nodig zijn om meer duidelijkheid te krijgen.

9. Wij bevelen aan om meerdere routes nader en meer gedetailleerd te onderzoeken, aangezien er bij alle routes uitdagingen zijn die deze onmogelijk dan wel zeer onwenselijk kunnen maken. Door meerdere routes nader te onderzoeken in het vervolgtraject, is er meer kans op een tijdige aanleg en op het creëren van een zo breed mogelijk draagvlak.
10. Tenslotte geven we in overweging om te bekijken in hoeverre er een soort van 'maatschappelijke onderhandeling' kan worden gestart rond de keuze voor de doorkruising van het Waddengebied. Dit aangezien het belang van de wind op zee ontwikkelingen door eenieder onderschreven lijkt te worden en de keuze voor een route grotendeels zal gaan over de vraag welke negatieve effecten op het gebied maatschappelijk acceptabel zullen zijn.

12.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Zoals in de inleiding in hoofdstuk 1 en nader in hoofdstuk 13 Onderzoeksopzet wordt toegelicht is dit onderzoek een verkenning. Daarom zijn er naast de bovenstaande bevindingen en aanbevelingen ook specifieke aanbevelingen voor, in onze ogen relevant, vervolgonderzoek:

1. Wij adviseren op een hoger detailniveau onderzoek te doen naar de mogelijkheden om op grote schaal waterstof te transporteren in de nabijheid van elektriciteitskabels. Onze experts erkennen dat hier nog beperkte kennis en praktijkervaringen van beschikbaar is. Er worden verkenningen gedaan naar de toepassing van kunststof waterstofleidingen, echter nog niet op de benodigde schaalgrote voor aanlanding van de verwachte toekomstige wind op zee ontwikkelingen boven de wadden. Daarnaast dient nader te worden onderzocht welke afstanden tot elektriciteitskabels (AC en DC) in

praktijk realiseerbaar zijn gezien de mogelijke corrosie die kan ontstaan op stalen leidingen. Aanvullend herkennen wij dat er nog geen industriële standaarden zijn voor de aanleg van waterstofleidingen op zee, deze dienen ontwikkeld te worden.

2. Voor de in deze studie beoordeelde routes dient, indien hier bestuurlijk draagvlak voor is, een nadere haalbaarheidsstudie te worden gedaan. In deze haalbaarheidsstudie zal onder andere moeten worden beschouwd of de in dit onderzoek gehanteerde uitgangspunten in praktijk realiseerbaar zijn. Hierbij adviseren we ook om met stakeholders in gesprek te gaan over het corridorprincipe. Uit de gevoerde gesprekken en de praktijkvoorbeelden herkennen wij dat het toepassen van een corridor vraagt om samenwerking tussen stakeholders en om een partij die verantwoordelijk is voor de coördinatie/beheer van de corridor. Dit dient tijdig te worden verkend om dit principe te kunnen toepassen.

3. In deze studie wordt in hoofdstuk 6 stilgestaan bij drie mogelijke scenario's van een 'Waddentunnel'. Wij adviseren om nader onderzoek te doen naar de haalbaarheid van een dergelijke tunneloptie, waarbij ook wordt onderzocht of er voldoende draagvlak is. Wij herkennen dat meer zekerheid over de hoeveelheid, locatie en fasering van de te ontwikkelen windparken boven de Waddeneilanden (ook na 2040) kan helpen bij het in kaart brengen van de haalbaarheid.

4. In deze studie zijn de routes met een detailniveau, passend bij een verkenning, uitgewerkt en beoordeeld. Voor onder andere morfologie betekent dit dat er bij vervolgstappen meerdere zaken nog met meer detail bekeken moeten worden. Dit in overeenstemming met de adviezen vanuit de Waddenacademie over dit onderzoek. Daarbij in elk geval aandacht voor:
 - Het afzonderlijk beschouwen van begraaftediepte en blootspoelen. Dit is in dit onderzoek als een criterium beoordeeld.

- Het in meer detail beschouwen van de morfodynamiek in relatie tot de aanlegdieptes.
- Het naast de morfologische gegevens van de afgelopen 30 jaar, gebruiken van (niet digitale) historische informatie.

↓ *Tabel 30 – Potentiële showstoppers per route en aanbevolen vervolgstappen*

Route	Belangrijkste potentiële showstopper(s):	Vervolgstappen:
Route 20 <i>De route gaat over het wantij en doorkruist Ameland</i>	- Op veel van de ecologische aspecten een negatieve impact, dit kan leiden tot een onvergunbare situatie. - De route heeft een aanlanding ver van de Eemshaven, mogelijke showstoppers op het landtracé.	- Uitzoeken onder welke voorwaarden aanleg acceptabel is. - Impact van het landtracé is in deze verkenning niet bekeken en zal moeten worden uitgezocht.
Route 12 <i>Deze route volgt het Wantij bij Schiermonnikoog en is het "Wantij tracé" welke nu voor TNW wordt onderzocht. Maar door de keuze voor een HDD-boring onder Schiermonnikoog wijkt deze route af van de bij TNW voorgestelde route met een open sleuf.</i>	Op veel van de ecologische aspecten een negatieve impact, dit kan leiden tot een onvergunbare situatie.	Afstemming zoeken met de detailstudies die worden uitgevoerd voor TNW en daarmee de toekomstbestendigheid waarborgen.
Route 11 <i>Het originele voorkeustracé van TNW, over het wantij en door de punt van Schiermonnikoog. De gebruikte technieken wijken af van de TNW-variant en zijn gekozen met laagst mogelijk impact op de bodem desondanks blijft baggeren om de geul bij Schiermonnikoog te passeren nodig op deze route.</i>	- Dynamische en steile geulen zorgen voor zeer uitdagende aanleg en veel baggerwerkzaamheden. Zowel technisch als op morfologie of ecologie kan deze route onmogelijk blijken. Dit beïnvloedt ook de morfologie zeer negatief, wat kan leiden tot een onvergunbare situatie. - Op veel van de ecologische aspecten een negatieve impact, dit kan leiden tot een onvergunbare situatie	In onze ogen is route 12 de geoptimaliseerde variant, daarom zien wij geen vervolgstappen voor deze route.
Route 9 <i>De route volgt de geul welke vlak langs het referentiegebied van Rottumerplaat loopt.</i>	- Zeer dynamisch geulen gebied waardoor de kabel zeer diep gelegd moet worden. Aanleg van meerdere kabels in tijd na elkaar kan technisch onmogelijk blijken. - Dit heeft een grote negatieve impact op de morfologie, wat kan leiden tot een onvergunbare situatie. - Route op de rand van het referentiegebied, dit kan leiden tot een onvergunbare situatie.	Verder onderzoek naar veilige aanlegtechniek. Die mogelijkheden biedt tot het leggen van kabels op grote diepte, zonder dat daarbij veel sediment opstuift.
Route 8 <i>Deze route gaat door de geul midden in het referentiegebied</i>	- Toestemming voor het leggen van kabels in het referentiegebied, wat kan leiden tot een onvergunbare situatie. - Dynamische geulen zorgen voor een flinke breedte beperking, en kabels moeten zeer diep worden aangelegd. Aanleg van meerdere kabels in de tijd na elkaar kan technisch onmogelijk blijken.	- Onderzoeken of het acceptabel is om kabels aan te leggen in het referentiegebied. - Verder onderzoek naar veilige aanlegtechniek. Die mogelijkheden biedt tot het leggen van kabels op grote diepte zonder dat daarbij veel sediment opstuift.
Route 6 <i>De route gaat oostelijk van Rottumerplaat en daarna zuidelijk van de NGT-leiding.</i>	- Een gedeelte van het referentiegebied wordt ondergronds doorkruist door middel van een HDD-boring. - HDD-boring start en eindigt in beperkt toegankelijk gebied, met effectieve werkperiode van 2 maanden. Dit is te kort voor de uitvoering en kan hierdoor tot een onvergunbare situatie leiden.	- Onderzoek naar impact en mogelijkheden om een rand van het referentiegebied ondergronds te gebruiken met een HDD. - Toegangsmogelijkheden onderzoeken van beperkt toegankelijk gebied.
Route 2 <i>Deze route loopt tussen huidige en oude Eems vaargeul, dan gaat deze noordelijk van de Gemini kabel richting het westen.</i>	- De route loopt door het Eems Dollard verdragsgebied. De Duitse overheid hecht veel waarde aan het openhouden van de oude Eems vaargeul en ook de wens om een mogelijke vaargeul bij het Huibertgat vrij te houden. Beide worden gekruist door deze route. - Diverse kruisingen van kabels van derden veroorzaken benodigde "crossing agreements", het afsluiten hiervan is op voorhand niet gegarandeerd. - Dit is technisch gezien de meest uitdagende route als gevolg van de kruising met de Cobra kabel op grote diepte en in morfologisch dynamisch gebied.	- Meenemen van deze optie in het overleg met de Duitse overheid over gebruik van het Eems Dollard verdragsgebied. - Verkennde gesprekken met kabelbeheerders over crossing agreements starten - Verdere technische uitwerking van de innovatieve kruising met de Cobra kabel.

13 Onderzoeksverantwoording

In deze verkenning is beschouwd via welke innovatieve (aanleg)technieken en/of eventuele alternatieve routes het Waddengebied kan worden doorkruist om de windgebieden op zee aan te landen. Daarnaast is de verwachte impact van deze technieken en routes op gebied van Natuur, Morfologie Ruimte, Techniek, Planning en Kosten inzichtelijk gemaakt. In deze verkenning is rekening gehouden met alle te ontwikkelen windgebieden tot 2030, en worden tevens op hoofdlijnen de ontwikkelingen tot 2040 beschouwd.

Dit rapport reikt beslisinformatie aan ten behoeve van een bestuurlijke afweging. Royal HaskoningDHV trekt geen conclusies, omdat de weging van de impact van de aanleg van kabels en leidingen op verschillende aspecten als ecologie, morfologie en ruimte als een bestuurlijke keuze wordt beschouwd. Daarnaast benadrukken wij dat het een verkenning is die in korte tijd is uitgevoerd, waarbij de beoordeling van de verwachte impact plaats heeft gevonden op basis van 'expert judgment'. Zoals in hoofdstuk 12 aangeven (punt 2) is in onze ogen een meer gedetailleerd vervolgonderzoek noodzakelijk bij alle onderzochte routes voordat er een meer gefundeerde beoordeling van effecten en haalbaarheid kan plaatsvinden.

Doorlopen stappen:

1. Kennisnemen van eerdere relevante onderzoeken.
2. Het vergaren van mogelijke technische innovaties en inventarisatie van alternatieve routes voor doorkruisen van de Waddenzee, via gesprekken met experts en stakeholders.
3. Opstellen van het beoordelingskader om de routes te kunnen beoordelen op basis van de in het kader beschreven criteria met als doel om (negatieve) effecten en potentiële showstoppers inzichtelijk te maken.
4. Trechters van alle geïnventariseerde routes.
5. Invulling van de getrechterde routes met innovatieve technieken om tot beoordeelbare concept routes te komen die de Waddenzee zoveel als mogelijk ontzien.
6. Beoordeling van deze routes op basis van beoordelingskader, door middel van interne en externe expert judgment.

7. Identificeren en beschrijven van mogelijke showstoppers per route.

Gehanteerde uitgangspunten bij het onderzoek en het gehanteerde detailniveau:

Werkdefinitie van innovatie:

De gevonden (technische) innovaties zijn meegenomen op basis van hun technische volwassenheid, (Technology Readiness Level). Hierbij zijn alleen technieken die als in een succesvolle pilot of eerste projecten zijn toegepast meegenomen (TRL: 7, 8 en 9). Hiervoor is gekozen om technologieën die uiteindelijk op korte termijn (>2030) niet uitvoerbaar of toepasbaar zijn te vermijden. Onze experts verwachten dat de aanvullende mogelijkheden die na 2030 mogen worden verwacht, voornamelijk bestaan uit het oprekken van de technische mogelijkheden en toepasbaarheid van de in deze rapportage beschreven reeds bekende technieken.

Ontwerp van routes:

Routes zijn ingevuld en uitwerkt op het niveau dat nodig is om een duiding te krijgen van de impact op ecologie, morfologie, techniek en ruimtebeslag. Dit is echter niet vergelijkbaar met het niveau van een volledig uitgewerkte route zoals in ruimtelijke procedures of milieueffectenrapportages. Er is daarom een afweging gemaakt op basis van kwantiteit (meerdere routes in beperkte tijd ontwerpen en beoordelen) en kwaliteit (mate van detailontwerp van de route).

Onderzoeksgebied:

Het onderzoek heeft zich beperkt tot de Nederlandse Waddenzee. Waarbij het exacte onderzoeksgebied liep vanaf de westzijde van Ameland tot de oostelijke grens van het Eems-Dollard verdragsgebied.

Interpretatie van de onderzoeksbevindingen:

We hebben gewerkt met een beoordelingskader om daarmee de relevante beslisinformatie zo overzichtelijk en transparant mogelijk aan te reiken. Het is aan het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat om de afwegingen te maken en vervolgens met informatie van deze en andere studies tot conclusies te komen.

De bevindingen die in het onderzoek worden gepresenteerd zijn op basis van de doorlopen stappen en daarmee binnen de beperkingen betreft detailniveau en reikwijdte van het onderzoek. Deze zijn dan ook niet afdoende voor een definitieve routekeuze en bieden ook geen garantie op de volledigheid van de impact en uitvoerbaarheid van uiteindelijke route en technieken. Hiervoor is nadrukkelijk vervolgonderzoek noodzakelijk (zie punt 2 in hoofdstuk 12).

14 Bibliografie

- Deltares. (2020). *Integrale analyse morfologische effecten van bodemdaling door gaswinning Ameland-Oost*.
- Deltares. (2021 concept). *Morfologische veranderingen Groninger Wad*.
- DNV GL. (2016). *Recommended practices: Subsea cables in shallow waters*. DNV GL.
- geoseaportal.de. (sd).
- Ministerie van Economische Zaken Landbouw en Innovatie; Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2021). *Hoe werkt het Wad?*
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Kaartenbijlage Natura 2000-beheerplan Waddenzee: periode 2016-2022*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2021). *Ontwerp Programma Noordzee 2022-2027*. Den Haag.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2020). *Leidraad toegangsbeperking Waddenzee*.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2021). *Profiel documenten aangewezen habitatrichtlijnsoorten en habitattypen*. Opgehaald van [Natura2000.nl: https://www.natura2000.nl/profielen/habitatrichtlijnsoorten](https://www.natura2000.nl/profielen/habitatrichtlijnsoorten)
- Nautin. (2021). *Artikel 2.5-gebieden - overzicht*. Opgehaald van <https://www.nautin.nl/wb/pages/vaarweginformatie/vaargebieden/wadden-nl/artikel-2-5-gebieden-overzicht.php>
- NorthH2. (2021, 8 18). *Electrolyse*. Opgehaald van NorthH2: <https://www.north2.eu/groene-waterstofketen/elektrolyse/>
- Rijkswaterstaat. (2017). *Ecotopenkaart Waddenzee 2017*. Opgehaald van https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?url=https%3A%2F%2Fgeoservices.rijkswaterstaat.nl%2Farcgis%2Frest%2Fservices%2FGDR%2Fecotopen_zout%2FMapServer&source=sd
- Rijkswaterstaat. (sd). *Kabels en leidingen - pijpleidingen op de Noordzee*.
- Schutter, M., de Jong, J., & van Deelen, J. (2020). *Zeegraskartering MWTL Waddenzee en Oosterschelde 2020*. Bureau Waardenburg *Rapportnr. 20-281*. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- TenneT. (2021, 8 18). *North Sea Wind Power Hub*. Opgehaald van TenneT.eu : <https://www.tennet.eu/our-key-tasks/innovations/north-sea-wind-power-hub/>
- WMR. (2021). *Mosselbanken en oesterbanken op de platen*. Opgehaald van Schelpdiermonitor Wageningen Marine Research: https://shiny.wur.nl/Schelpdiermonitor_Banken/
- WUR. (2021). *Populatie Gewone Zeehonden in de Nederlandse Waddenzee*. Opgehaald van <https://www.wur.nl/nl/show/Populatie-Gewone-Zeehonden-in-de-Nederlandse-Waddenzee.htm>
- WUR. (2021). *Populatie Grijze Zeehonden in de Nederlandse Waddenzee*. Opgehaald van <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/marine-research/show-marine/Populatie-Grijze-Zeehonden-in-de-Nederlandse-Waddenzee.htm>

Bijlage

1 Toolbox Technieken: Omschrijving, limieten en bodemimpact

Deze bijlage beschrijft aanvullende op hoofdstuk 9 in nader detail de beschikbare technieken om kabels en (buis)leidingen aan te leggen. Per techniek wordt het werkingsprincipe beschreven, de technische beperkingen en de bodemimpact van de verschillende technieken. Ook worden de verschillen tussen de technieken toegelicht. De technieken zijn onderverdeeld in toepassingsgebieden, namelijk; op land (paragraaf 1.1), in ondiepe wateren (paragraaf 1.2), in diepzee (paragraaf 1.3) en ondergronds (paragraaf 1.4).

1.1 Technieken op land

In deze paragraaf zijn technieken opgenomen die op land worden toegepast, namelijk:

- Open sleuf (paragraaf 1.1.1)
- Ploegen (paragraaf 1.1.2)
- Pipe express (paragraaf 1.1.3)
- Vertical pipeline pushing system (paragraaf 1.1.4)

1.1.1 Open sleuf

Een open sleuf is een lange, dunne geul die door middel van een graafmachine wordt uitgegraven. In deze open sleuf wordt de kabel op de gewenste diepte gelegd, waarna de sleuf wordt afgedekt met het afgegraven materiaal. Tijdens de aanleg is ruimte nodig voor de sleuf, de graafmachine en depot van de vrijkomende grond.

Wanneer de sleuf gegraven is wordt de kabel of leiding in de sleuf geplaatst. In het geval van de kabels wordt dit gedaan vanaf de kabelhaspel. De kabel wordt gecontroleerd vanaf de haspel de sleuf in getrokken. In het geval van de waterstofleiding gebeurt dit vanaf de zijkant van de sleuf middels kranen

die de buis in de sleuf hijsen. (TenneT: HGÜ-Erdkabel: Potentiale und Erfahrungen)

1. Qua lengte zijn er geen technische beperkingen te benoemen bij toepassing van open ontgraving.
2. Obstakels die op het tracé liggen ((water)wegen, bebouwing, etc.) vormen wel beperkingen qua toepassen van de techniek, omdat de ondergrond niet bovengronds te bereiken is.
3. Afhankelijk van de grondstabiliteit dient de sleuf tot een bepaalde breedte te worden gegraven. Dit moet voorkomen dat de sleuf na graven volledig instort door afbrokkelende grond.

Deze methode verstoort de bodemsamenstelling (wanneer er geen extra maatregelen worden getroffen). De verstoring is enerzijds afhankelijk van de benodigde sleufbreedte, en anderzijds van de graafmachine die wordt ingezet om de sleuf te graven. De voetafdruk tijdens de bouw betreft naast de sleuf zelf ook het aangrenzende oppervlakte om tijdelijk grond te storten en werkruimte voor de graafmachines. Hierdoor ontstaat een werkbreedte van 40 tot 50 meter ([Presentatie TenneT](#)) langs het gehele tracé van de kabel. Wanneer meerdere kabels parallel naast elkaar worden gelegd wordt de voetafdruk breder, afhankelijk van afstand tussen de kabels en hergebruik van het werkterrein (bijvoorbeeld: storten van grond boven een eerder gelegde kabel).

1.1.2 Ploegen

De techniek 'Ploegen' is overgenomen uit de landbouwsector. Door middel van een 'V-vormige ploeg' wordt de grond omhoog en opzij verplaatst, resulterend in een sleuf. De ploeg wordt voortgetrokken door tractoren of graafmachines. De ploeg kan in één keer een sleuf maken van circa 2 meter diep. Indien een diepere sleuf gewenst is, kan hetzelfde stuk grond meerdere keren worden geploegd tot de gewenste diepte is bereikt. Als de kabel is gelegd, wordt de omgeploegde grond teruggeplaatst om de sleuf te vullen.



Figuur B1 - Methode ploegen

- Qua lengte zijn er geen technische beperkingen bij het toepassen van deze techniek te benoemen.
- Wel zijn er beperkingen op welke ondergronden deze techniek kan worden toegepast en de maximale diepte die in een keer kan worden uitgegraven. Met ploegen kan alleen in zachte of losse ondergronden worden gegraven tot een diepte van 2 meter.

De bodemsamenstelling wordt, net als bij andere open sleuf technieken, zonder het nemen van extra maatregelen, geheel gestoord bij het uitgraven en terugstorten van bodemmateriaal. De (bodem)voetafdruk is beperkt tot de ploeg en ondersteunende voertuigen zelf.

1.1.3 Pipe Express®

De Pipe Express® gebruikt een tunnelboormachine om ondergronds een tunnel te graven. De Pipe Express® wordt bovengronds gestuurd en aangedreven. Deze techniek wordt een semi-sleufloze techniek genoemd, omdat deze deels ondergronds en deels bovengronds via een sleuf werkt. Hierdoor is de breedte van de sleuf bovengronds smaller vergeleken met een 'open sleuf' ontgraving. De uitgegraven grond kan meteen worden gebruikt om de sleuf achter de machine te dichten. De tunnelbuis wordt er vanaf het beginpunt ingeperst, direct achter de tunnelboormachine aan. In deze buis worden vervolgens de kabels gelegd.



Figuur B2 - Pipe Express®-Systeem

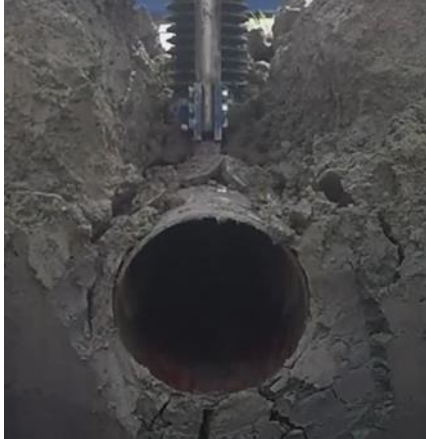
- Deze innovatieve techniek is nog maar beperkt toegepast, waardoor de beschikbare informatie ook beperkt is.
- De lengte waarover een kabel kan worden aangelegd door middel van een mantelbuis, wordt bij deze techniek beperkt door de wrijving die de mantelbuis ondervindt bij het inpersen. De wrijving op de in te persen mantelbuis neemt toe naarmate de lengte toeneemt. Als de wrijving op de mantelbuis te hoog wordt, kan de mantelbuis beschadigd raken of breken.
- De maximale diepte is 2,5 meter (door verbinding tussen het bovengrondse geleidevoertuig en de tunnelboormachine). In principe kan deze worden aangepast, zolang de weerstand niet te groot wordt.

De bodemsamenstelling wordt beperkt verstoord door de lans tussen het bovengrondse geleidevoertuig en de tunnelboormachine. De voetafdruk wordt bepaald door het geleidevoertuig, ondersteuningsvoertuig en de bouwputten voor start- en ontvangst van de tunnelboormachine.

1.1.4 Vertical Pipeline Pushing System

Vertical Pipeline Pushing System is een techniek waarbij een pijpleiding direct in de grond wordt gedrukt. Dit gebeurt door middel van een hydraulische zuiger die zichzelf via ondergrondse ankers naar beneden trekt en

tegelijkertijd de pijpleiding de grond induwt. In de pijpleiding worden vervolgens de kabels gelegd.



Figuur B3 - Vertical Pipeline Pushing System pilot in slappe kleigrond

- Deze techniek lijkt tot nu toe enkel in een experimentele pilot toegepast te zijn. Er is weinig informatie te vinden over de technische beperkingen van deze techniek. Wel is het zo dat de ondergrond slap genoeg moet zijn om de leiding erin te drukken zonder dat deze significant vervormt.

De voetafdruk van deze techniek lijkt bijna gelijk te zijn aan de breedte van de leiding zelf. Al wordt de bodemsamenstelling wel verstoord door het passeren van de leiding door de bodemlagen.

1.2 Technieken voor ondiep water

In deze paragraaf zijn technieken opgenomen die in kust- en getijdengebieden en ondiepe wateren (waterdiepte minder dan ca. 5 meter) worden toegepast, namelijk:

- Baggeren (paragraaf 1.2.1)

- Open sleuf (paragraaf 1.2.2)
- Ploegen (paragraaf 1.2.3)
- Jetten (paragraaf 1.2.4)
- Fluïdiseren (paragraaf 1.2.5)
- Vibratiezwaard (paragraaf 1.2.6)

1.2.1 Baggeren

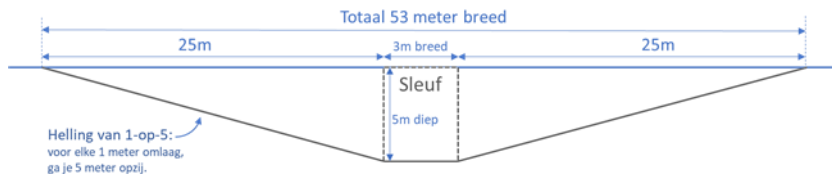
Baggeren is het verwijderen van zandige grond onderwater. In ondiepe wateren kan het verwijderen onder andere gedaan worden door middel van afgraving met een graafmachine op een ponton. De opgebaggerde grond wordt naast de sleuf gedeponeerd of overgebracht op schepen, om elders te worden gedeponeerd of om de geul weer te dichtten. Door het baggeren ontstaat een geul. Als de geul eenmaal op de gewenste diepte is, kan de kabel worden geïnstalleerd. Dit gebeurt door de kabel in de geul te leggen vanaf een kabellegpontoon of schip. Nadat de kabel is uitgelegd langs de route, wordt deze bedekt met het uitgebaggerde materiaal of de kabel wordt dieper begraven in de geul met een van de andere technieken.



Figuur B4 – Links: Baggeren met graafmachine Rechts: Snijkopzuiger

- Qua lengte zijn er geen technische beperkingen bij het toepassen van deze techniek te benoemen.
- De breedte van een te baggeren sleuf wordt bepaald door de diepte van de sleuf en hoe stabiel de grond is rondom de sleuf. Een sleuf heeft aan weerszijde vlakke hellingen (1-op-5 tot 1-op-10), die nodig

zijn om te voorkomen dat de sleuf instort. Ter illustratie: een sleuf van 5 meter diep en 3 meter breed, zal bij een 1-op-5 hellingshoek een voetafdruk hebben van 53 meter tijdens aanleg. Deze voetafdruk (per lengte kabel) bestaat uit een sleuf van 3 meter breed, met aan weerszijden een 1-op-5 helling van 25 meter breed. In stromingsgebieden zal de sleuf mogelijk nogmaals uitgebaggerd moeten worden om ingespoeld materiaal te verwijderen.



Figuur B5 - Breedte van een te baggeren sleuf

- Qua diepte zijn dieptes tot 10 meter onder de bodem te behalen, al zal bij grotere dieptes steeds meer materiaal moeten worden uitgebaggerd door de toenemende benodigde breedte.

Het gevolg van deze techniek is dat de grondlagen worden gemengd, resulterend in een andere bodemsamenstelling en bodemecologie. De mate van verandering is afhankelijk van de diepte van de sleuf en van de bodemsamenstelling. De voetafdruk op de zeebodem van deze techniek wordt sterk bepaald door de vlakke hellingen.

1.2.2 Mechanische sleufgraver (op Wad)

Net als de 'open sleuf op land' techniek (zie paragraaf 1.1.1), wordt met een kettinggraver de 'open sleuf techniek' ook in het getijdengebied toegepast. Op drooggevallen vlakken of plaatsen met weinig stroming, wordt een sleuf gegraven met een kettinggraver. Direct achter de ketting wordt de kabel naar beneden gebracht, waarna de sleuf weer wordt

dichtgedrukt met naastgelegen bodem. Het eerder uitgraven materiaal wordt rondom de werkplek verspreid.

- Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, wel vormt de aanvoer van de kabel in ondiepe wateren een uitdaging door het grote gewicht van de kabel. Hierdoor zal de kabel in stukken moeten worden aangevoerd. Ook is de diepte van de sleuf beperkt tot circa 10 meter onder bodemoppervlakte.
- Op drooggevalen vlakken of plaatsen met weinig stroming, kan een sleuf worden gegraven met een kettinggraver. De grondstabiliteit en getijdenstroming hebben impact op het openhouden van de sleuf.
- De bodemsamenstelling wordt, zowel bij het uitgraven als terugstorten, gestoord (wanneer er geen maatregelen worden getroffen). Afhankelijk van de grondstabiliteit en stroming wordt de sleuf tot een bepaalde breedte gegraven. De verstoring van het bodemoppervlak is enerzijds afhankelijk van de benodigde sleufbreedte, en anderzijds van de graafmachine/trencher die wordt ingezet om de sleuf te graven. De breedte is wel aanzienlijk kleiner dan het voorbeeld uit Figuur B6, namelijk typisch 9 meter.



Figuur B6 - Trenchervoertuig met kettinggraver

1.2.3 Ploegen

Deze methode lijkt erg op de voorgaande, maar bij deze is de kettinggraver vervangen door een ploeg. De ploeg ploegt de grond open en wordt door middel van een ponton met trekanker of (wad)trencher (rupsvoertuig) voortgetrokken. De aan te leggen kabel wordt door de ploeg heengeleid en naar de juiste diepte gebracht. Achter de ploeg wordt de sleuf gedicht door een omgekeerde ploeg (een 'backfill' ploeg), die de grond weer terug in de sleuf schuift. De werkzaamheden kunnen worden gestart op het strand, om vervolgens in één keer door te ploegen naar diepere wateren, zonder te stoppen of van techniek te wisselen.



Figuur B7 - Ploeg met slede (Foto: IHC Sea Stallion)

- Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, wel vormt de aanvoer van de kabel in ondiepe wateren een uitdaging door het grote gewicht van de kabel. Hierdoor zal de kabel in stukken moeten worden aangevoerd.
- De techniek is geschikt voor zeer ondiep tot zeer diep water (max. 1000 m), en droogvallende gebieden. Begraafdieptes tot ca. 3 meter onder de zeebodem zijn mogelijk. Voor grotere begraafdieptes is een voorbereiding nodig, bijvoorbeeld door eerst een sleuf uit te baggeren.

- De werking van deze techniek kan worden verbeterd door jets (waterstralen) toe te voegen. Hierdoor wordt de ondergrond losser en is de ploeg makkelijker voort te trekken en te besturen.

Door het ploegen -afhankelijk van de breedte, diepte en type ploeg en ponton- wordt de bodemsamenstelling verstoord en omgewoeld. Op zachte bodems is het effect groter, vanwege de benodigde sleuf en omdat de bodemlagen sneller worden vermengd. Ook de voetafdruk van de techniek wordt bepaald door breedte en diepgang van de ploeg en voetafdruk van ondersteunende vaartuigen, voertuigen of pontons.

1.2.4 Jetten

Een jet-injector is een stalen zwaard, ook wel een 'vertical injector' genoemd, die in de bodem snijdt door middel van waterstralen. Door (zee)water onder hoge druk in de grond te spuiten, wordt de bodem lokaal los gespoten. De kabel wordt vervolgens direct op de gewenste diepte ingebracht via de jet-injector zelf. Voor deze techniek dient er wel voldoende water beschikbaar te zijn voor de waterstralen. Een jet-injector kan op meerdere manieren worden voortgetrokken. In ondiepere wateren, mits er voldoende water aangevoerd kan worden, kan een jet-injector worden voortbewogen door middel van een tracked vehicle (rupsvoertuig), op een slede en tussen pontons gespannen kabelsysteem. In hoofdstuk 10 wordt verwezen naar een jet-injector voortgetrokken tussen twee pontons als een 'spoelzwaard'.



Figuur B8 - Jet-injector op slede (links) en spuitkoppen op de lans (rechts)

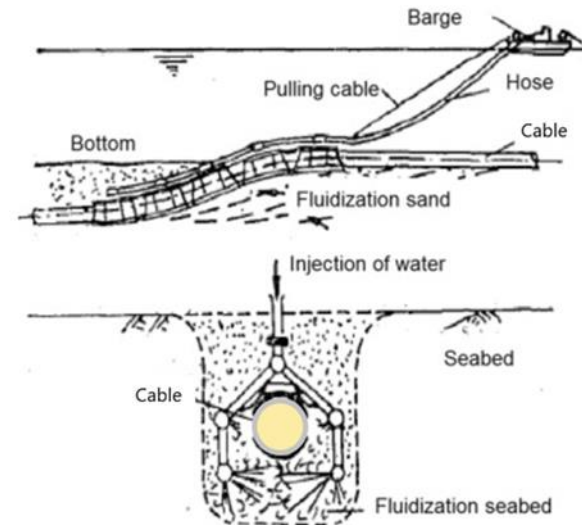
- Deze methode is vooral geschikt voor grond dat met water verslapt kan worden, waaronder vooral zandige bodems, met begraafdiepten van maximaal 6 meter. Voor grotere begraafdieptes is een voorbereiding nodig, bijvoorbeeld door eerst een sleuf uit te baggeren.
- Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, wel is ondiep water een beperking voor deze techniek. Er is voldoende water, nodig voor de waterjets en de aanvoer van de kabels.

De bodemsamenstelling wordt verstoord door het wegspoelen van een deel van de bodem. De verschillende bodemlagen kunnen worden gemengd. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid water dat toegevoegd wordt en stroming tussen de bodemlagen. De oppervlakte voetafdruk op de bodem is afhankelijk van de breedte van de jet-injector (circa 0,5 meter) en de methode waarmee de injector wordt voortbewogen (trencher of vanaf een ponton of schip).

1.2.5 Fluïdiseren

Door (zee)water in grote hoeveelheden in de bodem te spuiten, wordt lokaal de bodem vloeibaar gemaakt (te vergelijken met drijfzand). De kabel wordt vervolgens direct ingebracht waarna deze -door het hogere gewicht van de

kabel- vervolgens zinkt naar de gewenste diepte. Bij deze methode vindt dus geen ontgraving plaats. Deze methode kan alleen toegepast worden indien er voldoende water beschikbaar is om de bodem in suspensie te brengen. Ook de bezinksnelheid van de in suspensie gebrachte bodem dient laag genoeg te zijn om de kabel te laten afzinken.



Figuur B9 - Proces van fluïdiseren

- Deze methode is vooral geschikt voor grond dat met water in suspensie kan worden gebracht, vooral zandige ondergronden, met begraafdiepten tot circa 5 meter. Voor grotere begraafdieptes is een voorbereiding nodig, bijvoorbeeld door eerst een sleuf uit te baggeren.
- Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, wel is ondiep water een beperking voor deze techniek. Er is voldoende water, nodig voor de waterjets en de aanvoer van de kabels.

De bodemsamenstelling wordt beperkt verstoord door het lokaal verplaatsen van een deel van de bodem. De verschillende bodemlagen kunnen worden gemengd. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid water dat toegevoegd wordt

en stroming tussen de bodemlagen. De oppervlakte voetafdruk op de bodem is afhankelijk van de breedte van de fluïdisatie-injector (circa 0,5 tot 1,5 meter) en de methode waarmee de injector wordt voortbewogen (trencher of vanaf een ponton of schip).

1.2.6 Vibratiezwaard

Een techniek om de kabel in een natte bodem op diepte te krijgen is deze erin trillen door middel van een vibratiezwaard. Het vibratiezwaard wordt, met daarin de kabel, in de bodem gebracht. Hierin wordt het zwaard voortgetrokken vanaf een ponton of (wad)trencher (rupsvoertuig), terwijl het zwaard trilt om de bodem plaatselijk te verzwakken en vervolgens de kabel op de gewenste diepte te leggen via een opening onderaan het zwaard zelf. Deze techniek is toegepast bij het aanleggen van hoogspanningskabels via Norderney op het Duitse deel van de Wadden.



Figuur B10 - Vibratiezwaard

- Met deze techniek kan een kabel tot een diepte van 3 meter onder bodemoppervlak worden aangelegd. Dit wordt beperkt door de weerstand die het zwaard ondervindt tijdens het voortbewegen. Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, wel vormt de

aanvoer van de kabel in ondiep wateren een uitdaging door het grote gewicht van de kabel. Hierdoor zal de kabel in stukken moeten worden aangevoerd.

De bodemsamenstelling wordt bij het toepassen van een vibratiezwaard zeer beperkt verstoord, omdat er nauwelijks verplaatsing plaatsvindt van bodemmateriaal. De voetafdruk van de operatie wordt met name bepaald door de inzet van middelen om het zwaard voort te trekken en de kabel aan te leveren. In het geval van een voertuig is de voetafdruk ongeveer 5 meter breed, door gebruik te maken van drijvende pontons kan dit gereduceerd worden tot 0,5 meter.

1.3 Technieken voor diepere wateren

In deze paragraaf zijn technieken opgenomen die in diepere wateren worden toegepast (vanaf meer dan circa 5 meter waterdiepte), namelijk:

- Baggeren (paragraaf 1.3.1)
- Open sleuf (paragraaf 1.3.2)
- Ploegen (paragraaf 1.3.3)
- Jetten (paragraaf 1.3.4)
- Fluïdiseren (paragraaf 1.3.5)

1.3.1 Baggeren

In diepere wateren wordt baggeren vanaf een schip gedaan, bijvoorbeeld een zogenaamde sleephopperzuiger. Via een zuigerarm die naar de bodem afzakt wordt de losse ondergrond opgezogen. Vervolgens wordt de opgebaggerde grond opgeslagen in de beun (hopper) van het schip om elders te storten of om de sleuf weer te dichten nadat de kabel is gelegd. Dit gebeurt door de kabel in de geul te leggen vanaf een kabellegponton of schip. Nadat de kabel is uitgelegd langs de route wordt deze bedekt met het uitgebaggerde materiaal of de kabel wordt dieper begraven in de geul met behulp van een van de andere technieken.

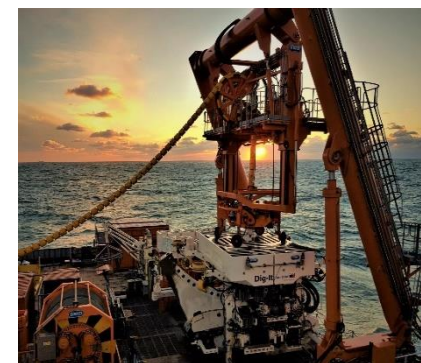


Figuur B11 - Sleephopperzuiger (illustratie van Oord)

- Deze techniek wordt veelvuldig toegepast, zeker op de Noordzee. Er kan tot een diepte van meer dan 25 meter onder zeespiegel gewerkt worden.
- Qua lengte zijn er geen technische beperkingen bij het toepassen van deze techniek te benoemen.
- Qua diepte zijn dieptes tot meer dan 10 meter onder de bodem te behalen, al zal bij grotere dieptes steeds meer materiaal moeten worden uitgebaggerd door de toenemende benodigde breedte.

1.3.2 Kettinggraver

De mechanische sleufgraven techniek of onderwater ontgraving wordt ook in de diepe zee toegepast. Hierbij wordt gebruikgemaakt van onderzeese, op afstand bestuurbare, rupsvoertuigen (Tracked Remotely Operated Vehicle - TROV) om op diepte te graven. De kabel wordt vanaf een schip afgerold, waarna het begeleid aangevoerd naar de sleuf en direct achter de kettinggraver geplaatst. Met een aparte stap wordt de sleuf weer gedicht nadat de kabel is gelegd.



Figuur B 12 - links een sleuvengraver voor het leggen van pijpleidingen, rechts een sleuvengraver op het dek van een schip

1.3.3 Ploegen

Ook ploegen is mogelijk in dieper water. Hierbij kan het ploegen vergemakkelijkt worden door het gebruiken van jets of trilblokken, die de bodem plaatselijk verzwakken. Daarna wordt de kabel vanaf een schip afgerold, begeleid aangevoerd naar de sleuf en geplaatst via de ploeg. Nadat de kabel gelegd is, dicht de gegraven sleuf zichzelf weer. De ploeg wordt voortgetrokken door een schip.



Figuur B13 - Een ploeg voor kabels en kleine leidingen

- De techniek is geschikt voor zeer ondiep tot zeer diep water (max. 1000 meter), en droogvallende gebieden. Begraafdieptes tot ca. 3 meter onder de zeebodem zijn mogelijk. Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, de kabel kan in lange stukken worden aangevoerd van een zeegaand schip.

De milieueffecten en het effect op de bodemsamenstelling zijn hetzelfde als ploegen op land of wad. De voetafdruk tijdens het aanleggen van de kabel is kleiner, in verband met de inzet van schepen in plaats van pontons en voertuigen.

1.3.4 Jetten

Ook kan in dieper water de kabel worden begraven door middel van een jetting-lans die het zand verwijdert door (zee)water onder hoge druk in de grond te spuiten (jetting). De kabel wordt dan direct ingebracht, via een trencher of een slede, en meteen aangelegd. De trencher verplaatst zich meestal op rupsbanden en wordt vanaf een schip aangestuurd. Een slede wordt voortgetrokken door een schip. In hoofdstuk 10 wordt naar een jetting-

lans op een slede verwezen als een 'jetting-slede'.



Figuur B14 – Jetting-trencher (links) en jetting-zwaard (rechts)

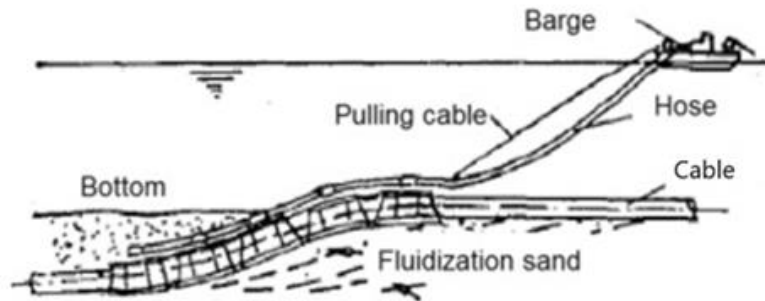
- Deze methode is vooral geschikt voor grond wat met water kan worden verslapt, waaronder vooral zandige bodems, met begraafdieptes van maximaal 8 meter. Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, de kabel kan in lange stukken worden aangevoerd van een zeegaand schip.

De bodemsamenstelling wordt verstoord door het wegspoelen van een deel van de bodem. De verschillende bodemlagen kunnen worden gemengd. Dit is afhankelijk van de mate van water dat toegevoegd wordt en stroming tussen de bodemlagen. De oppervlakte voetafdruk op de bodem is afhankelijk van de breedte van de jet-injector (circa 0,5 meter) en de methode waarmee de injector wordt voortbewogen (trencher of vanaf een ponton of schip).

1.3.5 Fluïdiseren

Evenals bij ondiep water, wordt door (zee)water in grote hoeveelheden in de bodem te spuiten, lokaal de bodem vloeibaar gemaakt (te vergelijken met drijfzand). De kabel wordt vervolgens direct ingebracht, waarna deze -door het hogere gewicht van de kabel- vervolgens zinkt naar de gewenste diepte.

In diepere wateren wordt dit gedaan vanaf een slede of trencher die de kabel in de zeebodem brengt. De slede wordt voortgetrokken door een schip, of in geval van een trencher voorziet het schip deze van stroom.



Figuur B15 - Fluidiseer slede

- Deze methode is vooral geschikt voor grond wat met water kan worden verslapt, waaronder vooral zandige bodems, met begraafdiepten tot circa. 5 meter. Er zijn geen beperkingen qua lengte met deze techniek, de kabel kan in lange stukken worden aangevoerd van een zeegaand schip.
- De waterdiepte van fluïdiseren wordt beperkt door de waterdruk op grotere dieptes. Dit ligt ongeveer op 100 meter onder zeeniveau. Hierna is de druk van het zeewater op lagere dieptes groter dan de waterdruk van de jets, en kan de bodem niet in suspensie worden gebracht wegens onvoldoende opwaartse stroming van water in de bodem.

De bodemsamenstelling wordt beperkt verstoord door het lokaal verplaatsen van een deel van de bodem. De verschillende bodemlagen kunnen worden gemengd. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid water dat toegevoegd wordt en van stroming tussen de bodemlagen. De oppervlakte voetafdruk op de bodem is afhankelijk van de breedte van de fluïdiseren-injector (circa 0,5 meter) en de methode waarmee de injector wordt voortbewogen (trencher of vanaf een ponton of schip).

⁹ Een ruimer is een stuk gereedschap waarmee men iets ruimer kan maken, in dit geval het boorgat.

1.4 Ondergrondse of sleufloze technieken

In deze paragraaf zijn technieken opgenomen die ondergronds worden toegepast, namelijk:

- Horizontaal gestuurd boren (paragraaf 1.4.1)
- Microtunnel installatie (paragraaf 1.4.2)
- Gesegmenteerde tunnel installatie (paragraaf 1.4.3)
- Direct gestuurde boorkop- gesloten front boorkop (paragraaf 1.4.4)
- Direct gestuurde boorkop- HDD boorkop (paragraaf 1.4.5)
- Shell Open hole Continues Casing System (paragraaf 1.4.6)

1.4.1 Horizontaal gestuurd boren (HDD)

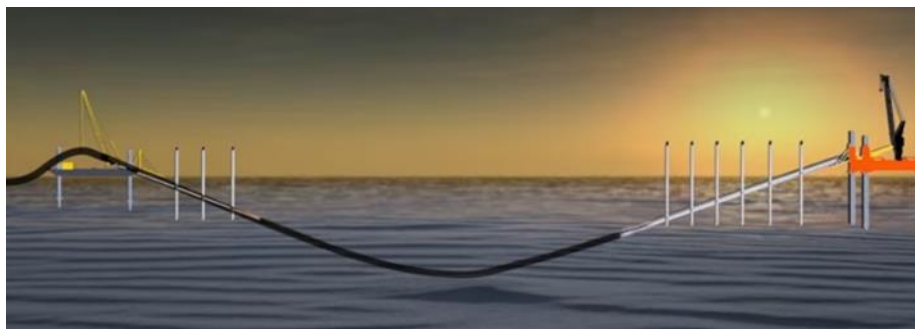
Een veelgebruikte boortechniek voor kruising van wateren en wegen is horizontaal gestuurd boren (Horizontal Directional Drilling, HDD). Horizontaal gestuurd boren is een techniek waarbij een gravende boorkop wordt voortgeduwd door een boorstang. Door de boorkop kan de boring in de gewenste richting en diepte worden gestuurd, waarbij een specifieke route gevolgd kan worden. De boring vindt in meerdere stappen plaats. Eerst wordt een kleinere (pilot)boring gedaan die het gewenste tracé volgt. Vervolgens wordt van de andere kant een 'ruimer'⁹ door de boring getrokken om het gat groter te maken. Daarna wordt een (mantel)buis door het gat getrokken in tegengestelde richting. En als laatste stap worden de kabels door de buis getrokken. Hiervoor zijn aan zowel het begin- als het eindpunt van de boring stations nodig voor de apparatuur deze kunnen op pontons of op het vasteland worden geplaatst.

- De maximaal toepasbare lengte van deze techniek is beperkt; de mantelbuis wordt namelijk door het boorgat getrokken en de wrijving van de behuizing in combinatie met de maximale trekspanning, beperken de afstand. Een andere factor die de maximale lengte beperkt, is het doorbuigen van de boorstang. Bij een bepaalde boorafstand kan het koppelmoment van de boring niet worden

verspreid naar de boorbeitel van de pilootboor. Hierdoor is de lengte beperkt tot maximaal 2 kilometer. Voor offshore toepassingen worden een verankerde ponton en geleidingsbuizen gebruikt bij het in- en uitlaatpunt, om vermenging van de boorvloeistof en het zeewater te voorkomen.

- Een recent voorbeeld van een tweezijdige boring is de oversteek van Den Helder naar Texel (lengte: 4600 m; Diameter: 320 mm), voor de waterleiding naar Texel.

De bodemstelling wordt beperkt verstoord door de boring zelf, specifiek dat deel van de bodem waar de boring doorheen gaat. De voetafdruk wordt met name bepaald door de platforms vanaf waar de boringen plaatsvinden.



Figuur B16 - Voorbeeld van een éézijdige HDD-boring (Lengte: 800 meter; Diepte: ~10 meter) dicht bij de kust voor Gemini Offshore windfarm

Tweezijde HDD-boring

Een verdere ontwikkeling van HDD is om van twee uit elkaar liggende locaties HDD-leidingen naar elkaar toe te boren. Daarna wordt het boorgat vergroot en wordt de buis van de ene naar de andere kant getrokken. Hierdoor kunnen grotere afstanden ondergronds worden overbrugd, zonder dat bovengronds activiteiten tussen de intredepunten nodig zijn.

1.4.2 Microtunnel installatie

Microtunneling is een tunnelboorteknik met een kleinere diameter, waarbij de tunnel direct achter de boormachine vooruitduwt vanaf de tunnelopening. De tunnelbuis wordt vanuit een bouwput erin geperst, waarna steeds een nieuw stuk wordt geplaatst. Deze techniek maakt het mogelijk om kleine tunnels te maken voor meerdere kabels of leidingen. Diameters van de microtunnel kunnen oplopen tot 3 meter. Bij het start- en eindpunt van de microtunnel is een bouwput nodig om de booreenheid te installeren.



Figuur B17 - Microtunnel installatie

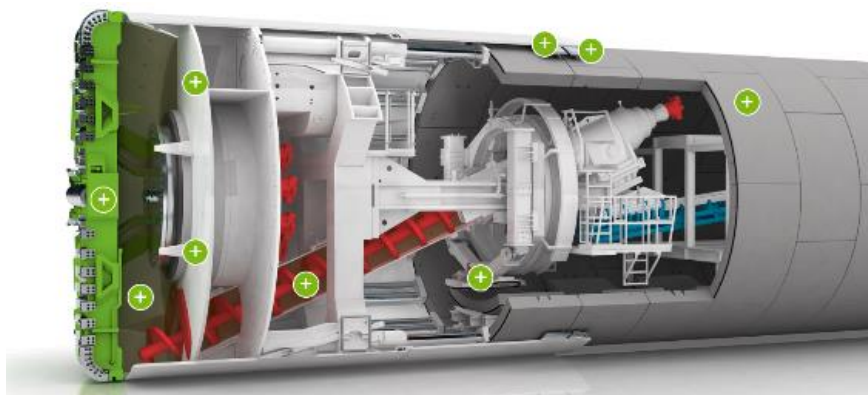
- De lengte van deze techniek is beperkt doordat het schuiven van de tunnelbuis wrijving veroorzaakt met de grond, wat met de lengte groter wordt en te veel kracht op de tunnelbuis zet. Ook zijn er om de 150 meter substations nodig om de tunnelbuis voort te bewegen. Hierdoor is lengte beperkt tot maximaal 3,5 kilometer. Offshore, op zee, vormt een extra uitdaging voor de bouwput door de druk van het zeewater en golven maar is wel bij andere projecten succesvol toegepast.
- Een voorbeeld is een gasleiding tussen Texas en Mexico door de Golf van Mexico, de Altamira Landfall is gebouwd met behulp van microtunneling (Lengte: 2200 meter; Diameter: 3 meter). Voor dit project zijn de schachten onshore gebouwd.

De bodemstelling wordt beperkt verstoord door de tunnelboormachine zelf en de twee bouwputten. De voetafdruk wordt voornamelijk bepaald door de

bouwputten vanuit waar de tunnelboormachine vertrekt en aan de andere kant weer ontvangen wordt bij het graven van de tunnel.

1.4.3 Gesegmenteerde tunnel installatie

Gesegmenteerde tunnel installatie is een techniek waarbij de tunnelbuis wordt opgebouwd uit segmenten achter de boorkop. Deze segmenten worden via de reeds gebouwde tunnel aangevoerd naar de voorkant, waar deze op hun plaats worden gezet en vastgemaakt. Deze techniek wordt ook gebruikt voor (spoor)wegtunnels zoals de kanaaltunnel tussen Frankrijk en Engeland. Door de grotere diameter, die nodig is voor het vervoeren van de segmenten, wordt ook het onderhoud van bestaande en het aanbrengen van nieuwe kabels gemakkelijker. Bij het start- en eindpunt van de tunnel is een bouwput nodig om de booreenheid te installeren.



Figuur B18 - Tunnelboormachine voor gesegmenteerde tunnel installatie (Herrenknecht)

- Omdat de tunnel van binnenuit wordt opgebouwd, is er geen probleem met wrijving zoals met microtunneling. Hierdoor kunnen er langere tunnels worden geboord (12-15 km), waarbij de lengte wordt beperkt door de reistijd van het begin tot de boorkop van de tunnel.

¹⁰ Er bestaan ook open front technieken zoals vijzels, maar deze worden niet kansrijk geacht voor de huidige tracés.

- Bij het start- en eindpunt van de tunnel is een bouwput nodig om de booreenheid te installeren. Offshore, op zee, vormt dit een extra uitdaging door de druk van het zeewater en de golven maar is wel bij andere projecten succesvol toegepast.

De bodemstelling wordt beperkt verstoord door de tunnelboormachine zelf en de twee bouwputten. De voetafdruk wordt voornamelijk bepaald door de bouwputten vanuit waar de tunnelboormachine vertrekt en aan de andere kant weer ontvangen wordt bij het graven van de tunnel.

1.4.4 Direct gestuurde boorkop – Gesloten front boorkop (DGB-G)

Deze nieuwe techniek is een combinatie van een Gesloten Front Techniek¹⁰ boorkop en microtunneling. Een Gesloten Front Techniek boorkop is waterdicht en geschikt om onder (grond)waterstand te boren. Ook is de boorkop stuurbaar, waardoor de gewenste route en diepte kan worden bereikt. In tegenstelling tot HDD wordt de buis in één enkele stap ingebracht, zonder dat er aan de ontvangende kant trekapparatuur nodig is. De gehele duwkracht wordt gemobiliseerd bij het ingangspunt door middel van een persinstallatie, zoals bij microtunneling. Net zoals bij de HDD-techniek kan de boring vanaf maaiveld plaatsvinden.



Figuur B19 - DGB-G techniek toegepast Hak project in Israël, de onshore locatie (A. Hak)

- De maximale lengte is afhankelijk van de leidingdiameter en van de geologische omstandigheden. Dit beperkt de lengte van de boring en kan tot nu toe niet worden uitgebreid met onderstations, zoals bij microtunneling.
- Er zijn geen voorbeelden voor offshore tot offshore toepassingen, maar een soortgelijke oplossing als voor HDD zou van toepassing kunnen zijn. Een voorbeeldproject is de pijpleiding in Israël door A. Hak (Lengte: 1100 meter; Diameter 1.4 meter)

De bodemstelling wordt beperkt verstoord door de boring zelf, enkel het gedeelte van de bodem waar de boring wordt uitgevoerd. De voetafdruk wordt voornamelijk bepaald door het platform vanaf waar de boring plaatsvindt.

1.4.5 Direct gestuurde boorkop – HDD-boorkop (DGB-H)

Bij de DGB-H techniek wordt een HDD-boorkop voorop de leiding aangebracht. De boormachine en leidingdelen worden vervolgens stapsgewijs voortgeduwd met behulp van een persinstallatie. Bij deze techniek wordt de leiding dus in één stap aangebracht en zijn geen aparte pilotboring, ruimergangen en intrexfase benodigd. Net zoals bij de HDD-techniek kan de boring vanaf maaiveld plaatsvinden. Aan de intredezijde wordt de leiding uitgelegd. De leiding wordt schuin ten opzichte van de grond erin ingeperst. Vervolgens wordt de leiding bijgestuurd, waarbij er eventueel op de gewenste diepte horizontaal wordt geboord. Bijsturen is mogelijk, om de leiding daarna onder een hoek omhoog te laten komen naar het uittredepunt.



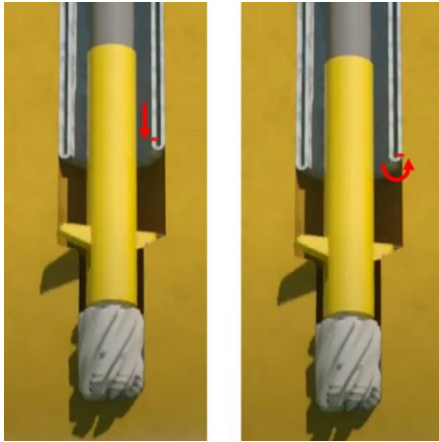
Figuur B20 - Van Leeuwen Sleufloze Technieken: direct drill techniek

- Omdat de leiding in delen kan worden uitgelegd en er geen of beperkt materieel aan de ontvangtzijde benodigd is, kan DGB-H worden toegepast wanneer de ruimte beperkt is aan de ontvangtzijde. Er is tevens minder risico op een instabiel boorgat dan bij een horizontaal gestuurde boring, omdat de grond maar éénmaal doorboord wordt en het boorgat vrijwel meteen ondersteuning van de ingebrachte buis heeft.

De bodemstelling wordt beperkt verstoord door de boring zelf, namelijk alleen de bodem waar de boring doorheen gaat wordt verwijderd. De voetafdruk is voornamelijk het platform vanaf waar de boring plaatsvindt.

1.4.6 Shell open hole continues casing system (SOCCS)

Deze nieuwe techniek voor het boren van putten voor olie of gas kan ook horizontaal worden toegepast. Het open boorgat achter de boorkop wordt direct verstevigd met een ingebrachte leiding. Deze leiding wordt door de leiding zelf ingebracht en achter de boorkop binnenstebuiten gekeerd. Hierdoor is het risico dat het boorgat instort minimaal. Daarnaast hoeft de pijpleiding niet door het boorgat te worden ingetrokken, zoals met HDD, maar wordt deze direct ter plekke aangebracht. Dit voorkomt dat de grond rond het boorgat schuift en maakt grotere afstanden mogelijk door de mindere weerstand. Deze techniek beperkt zich momenteel nog tot kleine diameters (circa 0.2 meter).



Figuur B21 - Shell Open hole Continuous Casing System techniek

Van deze techniek is vrij weinig gepubliceerd omdat deze techniek vrij nieuw is en tot dusver weinig is toegepast. Tot nu toe hebben er boringen tot ongeveer 500 meter plaatsgevonden. Maar met deze techniek zouden afstanden tot 10 á 25 kilometer bereikt kunnen worden. Tot dusver hebben boringen met diameter van 110 mm plaatsgevonden, wat te klein is voor een hoogspanningskabel met diameter van circa 25 cm.

Tabel 31 - Overzichtstabel van technieken en limieten

Techniek	Internationale vakterm	Terrein	Water diepte	Kabel diepte	Werk breedte	Maximum lengte	Constructie terrein	Verstoord gebied (m ² /km)	Kosten per meter	Techniek volwassenheid ¹¹	Bron
Baggeren	Dredging	Getijden, Ondiep water, Diepzee	2-25 m	1-10 m	15-123 m	∞	Ponton: 500 m ²	15000-120000 m ² /km	€	Conv.	14
Open sleuf (op land)	Open trench	Land	N/A	1,8 m	1.5 m	500-1000 m tussen kabel verbindingen	40-65 m breed	65000 m ² /km	€	Conv.	1
Mechanische sleufgraver	Mechanical trencher	Getijden, ondiep water, diepzee	0-1000 m	10 m	9 m	∞	15-40 m breed	15000-40000 m ² /km	€	Toegepast	2, 12
Bouwkuip/damwandensleuf	Construction pit/Cofferdam	Getijden, Ondiep water	0-10 m (20 m damwanden)	1-10 m	5 m	∞	150-5000 m ²	5000-50000 m ² /km	€€	Toegepast	intern
Kabel goot	Surface Troughs	Land	N/A	~1-2 m	~1,5 m	∞	~5 m breed	5000 m ² /km	€€	Conv.	1
Ploegen	Ploughing	Land, Getijden, Ondiep water, Diepzee	<1000 m	1,5-2 m	10 m	∞	10-25 m breed op land, 6-20 m breed in getijden, ondiep water en diepzee	10000 m ² /km	€	Conv.	4

¹¹ Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende categorieën; Conventioneel techniek, vaak toegepast (Conv.), Commercieel toegepaste technieken voor specifiek locaties (Toegepast), en niet-commerciële pilots van innovaties die nog in de markt zijn toegepast (pilot).

Techniek	Internationale vakterm	Terrein	Water diepte	Kabel diepte	Werk breedte	Maximum lengte	Constructie terrein	Verstoord gebied (m ² /km)	Kosten per meter	Techniek volwassenheid ¹¹	Bron
Spoelen	Jetting	Ondiep water, diepzee	1-50 m	0-6 m	4,5 m	∞	4-5 m breed in ondiep water en diepzee	4500 m ² /km	€€	Conv.	6
Fluïdiseren	Fluidisation	Ondiep water, diepzee	10-100 m	0-5 m	10 m	∞	10 m	10000 m ² /km	€€	Toegepast	3
Vibreren	Vibration	Getijden, ondiep water	<2.5 m	Voertuig: 2.5 m Ponton: 3 m	Voertuig: 5 m Ponton: 0.5 m	∞	Voertuig: 5 m Ponton: 0.5 m breed + 2x 600 m ² pontons	Voertuig: 5000 m ² /km Ponton: 1100 m ² /km	€€	Toegepast	10, 13
Horizontaal Gestuurde Boring - enkelvoud	Horizontal Directional Drilling – single approach	Ondergronds	N/A	10-60 m	0,3-1,6 m	2000 m	900 m ² /platform in/uittredepunt	450 – 900 m ² /km	€€€	Conv.	7
Horizontaal Gestuurde Boring - tweezijdig	Horizontal Directional Drilling –meet in middle	Ondergronds	N/A	10-85 m	0,3-1,6 m	5000 m	900 m ² /platform in/uittredepunt	360-900 m ² /km	€€€	Toegepast	7, 11
Microtunnel installatie	Mircotunneling	Ondergronds	Max. 35 m	20-30 m	<3 m	1200-3300 m, per tunnelsegment	3000 m ² per ingang/uitgang	900-3.000 m ² /km	€€€€	Toegepast	1
Gesegmenteerde tunnel installatie	Segmented tunneling	Ondergronds	Max. 3 bar	60 m	>2 m	12-15 km	3000 m ² per ingang/uitgang	500-3000 m ² /km	€€€€	Conv.	5

Techniek	Internationale vakterm	Terrein	Water diepte	Kabel diepte	Werk breedte	Maximum lengte	Constructie terrein	Verstoord gebied (m ² /km)	Kosten per meter	Techniek volwassenheid ¹¹	Bron
Direct Gestuurde Boorkop – Gesloten Front Techniek (DGB-G)	Direct pipe®	Ondergronds			0,9-1,2 m	500-1500 m afhankelijk van diameter	~750 m ² bij intredepunt	500-1500 m ² /km	€€€	Toegepast	8, 9
Direct Gestuurde Boorkop – HDD Boorkop (DGB-H)	Direct Drill® / E-power pipe®	Ondergronds			0,2-0,8 m	1500 m, potentieel 2000 m	~750 m ² bij intredepunt	350-500 m ² /km	€€€	Toegepast	15, 16
Shell Open Hole Continuous Casing System (SOCCS)	-	Ondergronds			0,11 m	500 m, potentieel 10-25 km	~1500 m ² bij intredepunt	150-3.000 m ² /km	€€€	Pilot	17, 18
Pipe express®	-	Land	-	0,5-2,5 m	~0,9-1,5 m tunnel, 2-15 m bovengronds	<2000 m	6-15 m over lengte + 900 m ² bij in-/uittredepunt	3500-16000 m ² /km	€€€	Toegepast	19
Vertical pipeline pushing system	-	Land	-	~0,5-2 m	~0,5-1 m buis	∞	~2-8 m breed over lengte	~2000-8000 m ² /km	€€	Pilot	20

Bronnen behorende bij tabel:

1. [Undergrounding high voltage electricity transmission lines The technical issues INT.pdf \(nationalgrid.com\)](#)
2. [Overview of the offshore transmission cable installation process in the UK - 2015 \(catapult.org.uk\)](#)
3. [Deep Dig-It – Van Oord specifications](#)
4. [SMD VMP250 plough](#)
5. [London Power Tunnels Phase One - Herrenknecht AG](#)
6. [Prysmain Group – Otter](#)
7. [Tennet – Net op Zee – Hollandse Kust Noord](#)

8. [Herrenknecht – Direct piping method](#)
9. [Herrenknecht – Direct piping Beatrice Offshore Wind project](#)
10. [Bundesnetzagentur Vibrationspflug \(Offshore\)](#)
11. [LMR Drilling – HDD Den Helder Texel](#)
12. [Christoffers – The Nessie fleet](#)
13. [Christoffers – Nessie Amrun](#)
14. [vanOord – Dredging](#)
15. [Direct drill - Van Leeuwen Sleufloze Technieken \(vlst.com\)](#)
16. [E-Power Pipe® - Herrenknecht AG](#)
17. [Callidus Wells & Pipelines Solution Center | Specialist in Oil & Gas industry – SOCCS](#)
18. [Master thesis – TU Delft repository - Extended Reach Drilling with the Shell Open hole Continuous Casing System for Horizontal Directional Drilling](#)
19. [Pipe Express® - Herrenknecht AG](#)
20. [Vertical Pipeline Pushing System \(VPPS\) - YouTube](#)

2 Gevoerde stakeholder- en expertgesprekken

Datum, tijdstip	Gesproken partij
Vrijdag 4 juni, 11:00	Provincie Groningen
Dinsdag 8 juni, 13:00	TenneT 1
Woensdag 9 juni, 11:30	Witteveen+Bos 1
Woensdag 9 juni, 15:00	Experts Duitsland/Denemarken (Jan Havsager, Energinet Denemarken; Henrik Jørgensen, Environment Protection Agency Denemarken; Margrita Sobottka, Ministerie van Omgeving Nedersaksen; Maren Bauer, Ministerie van Omgeving Sleeswijk Holstein)
Maandag 14 juni, 10:00	LNV
Maandag 14 juni, 15:00	TenneT 2
Dinsdag 15 juni, 10:00	RWS
Woensdag 16 juni, 13:00	EZK/RVO
Vrijdag 18 juni, 11:00	Gasunie
Maandag 21 juni, 11:00	Groningen Seaports
Woensdag 23 juni, 13:00	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (ervaringsdeskundige)
Woensdag 23 juni, 16:30	Natuurmonumenten
	Vogelbescherming
	Waddenvereniging
Vrijdag 25 juni, 9:00	Gemeente Het Hogeland
Maandag 28 juni, 16:00	Gemeente Schiermonnikoog
Maandag 5 juli, 10:00	OBW-lid namens havens
Dinsdag 6 juli, 15:30	Provincie Friesland
Donderdag 8 juli, 12:30	Natuur en Milieufederatie Groningen
Donderdag 8 juli, 13:30	Beheerautoriteit Waddenzee
Dinsdag 13 juli, 15:00	OBW-lid namens recreatie en toerisme

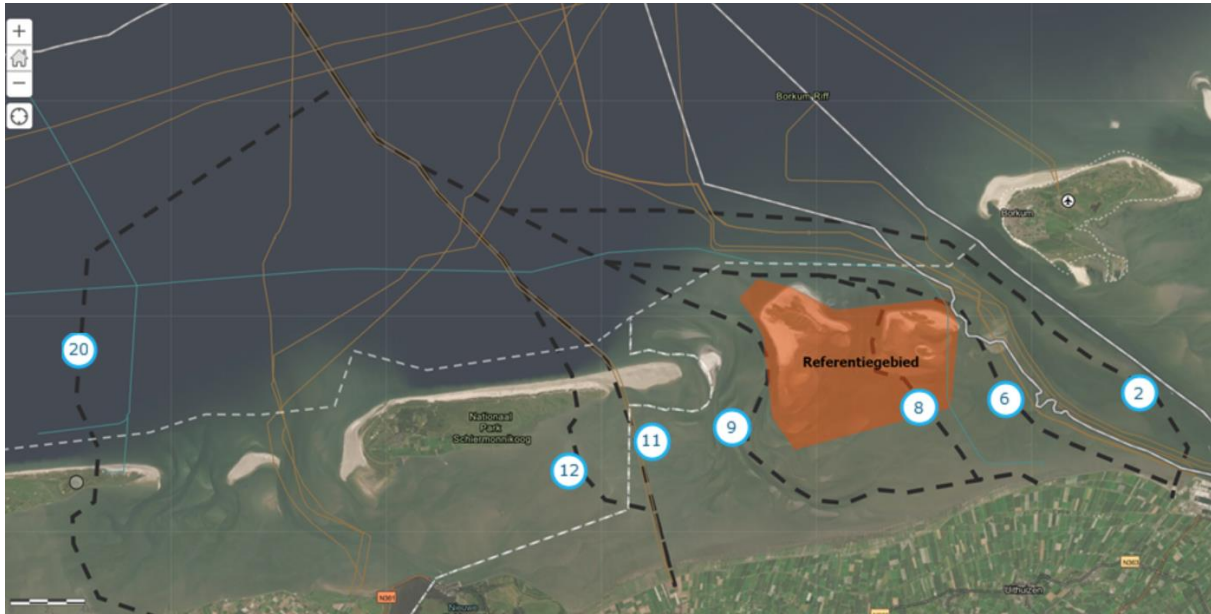
3 Longlist routes, alternatieven en selectieredenen

Route	Route naam	Beschrijving	Selectieredenen
1	Over Borkum	Corridor in Duitsland benutten	Een route die over Duits grondgebied loopt ten noordoosten van de hoofdvaargeul in de Eems. Deze route is reeds gereserveerd om 6 kabels aan te leggen naar Duitse windparken op zee. Gezien het Duitse grondgebied en bestemming voor eigen kabels naar windparken, wordt deze route als niet kansrijk gezien.
2	Oude Eems	Vaargeul van de Oude Eems benutten en vervolgens ten noorden van NorNed, met integratie van toekomstige kabels en leidingen	Deze route wordt meegenomen in shortlist.
3	Koppelen aan NorNed	Verbinding met NorNed via platform op zee, om direct naar Noorwegen te exporteren	Geen oplossing voor de toekomstige windparken door beperkte capaciteit van NorNed. Daarnaast grote uitdaging om deze connectie zo in te richten dat er wind kan worden aangesloten.
4	Gemini beter benutten met elektriciteitsopslag	Door middel van elektriciteitsopslag (batterij, etc.) de huidige Gemini kabel beter benutten wanneer het windluw is	Geen oplossing voor de toekomstige windparken vanwege beperkte capaciteit van huidige Gemini kabel. Ook zal het lastig of onmogelijk blijken om alle energie op deze manier aan land te krijgen.
5	VAWOZ - in detail (Eemshaven oost)	Verkenning Aanlanding Wind Op Zee - Tussen bestaande leidingen en kabels, met integratie van toekomstige kabels en leidingen	De variant die onder 6 omschreven wordt zien wij als kansrijker omdat het een morfologisch complex gebied met veel bestaande kabels ontwijkt.
6	Ten zuiden van NGT	Over het wad langs de vaargeul naar ten noorden van Rottumeroog en dan ten zuiden van de NGT verder, inclusief integratie van toekomstige kabels en leidingen	Deze route wordt meegenomen in shortlist.
7	Waterstofproductie op zee als alternatief	Wind op Zee omzetten in waterstof	De optie om dit op grote schaal voor alle te ontwikkelen wind toe te passen is voor 2030 niet realistisch.
8	Door referentiegebied heen	Rust benutten om ondiepe route aan te leggen met beperkt morfologisch risico	Deze route wordt meegenomen in shortlist.
9	Vlak langs Rottumerplaat	Vanaf kwelder, nabij Warffum, naar de geul om deze vervolgens vlak langs Rottumerplaat te volgen naar zee	Deze route wordt meegenomen in shortlist.
10	Langs Simonszand	Vanaf kwelder, nabij Warffum, naar de geul om deze vervolgens vlak langs Simonszand te volgen naar zee	Vergelijkbaar met route 9. Voor de shortlist kiezen we voor route 9 omdat deze één geul volgt. Dit kan eventueel een alternatief zijn voor verder onderzoek als blijkt dat route 9 in het noordelijke deel veel beperkingen laat zien.
11	Voorkeurstracé West (Eemshaven west)	AC over Schiermonnikoog - voorkeur uit eerdere verkenning	Deze route wordt meegenomen in shortlist.

12	Geoptimaliseerd voorkeustracé Wantij alternatief West (Eemshaven west+)	AC over Schiermonnikoog, wantij naar het eiland en dan door/onder duinstelsel	Deze route wordt meegenomen in shortlist.
13	Gecombineerde kabel	Langs Schiermonnikoog	Dit zien wij als optimalisatie wanneer er een route gekozen is. Daarom niet opgenomen in de shortlist.
14	(Vierverlaten oost)	Route via Rottumerplaat vanuit Vierverlaten 380 kV	Dit gaat om een alternatieve route op land. In deze verkenning kijken we alleen naar het zee-deel van de route.
15	(Vierverlaten midden)	Route via voorkeustracé over Schiermonnikoog vanuit Vierverlaten 380 kV	Dit gaat om een alternatieve route op land. In deze verkenning kijken we alleen naar het zee-deel van de route.
16	(Vierverlaten west)	Route via wantij alternatief over Schiermonnikoog vanuit Vierverlaten 380 kV	Dit gaat om een alternatieve route op land. In deze verkenning kijken we alleen naar het zee-deel van de route.
17	Terug naar Burgum (Lauwersoog)	Aankoppeling op Hoogspanningsstation bij Burgum, via Lauwersoog en rondom Schiermonnikoog	De actieve vaargeul maakt het lastig hier een kansrijke route te bepalen. Deze is daarom niet opgenomen in de shortlist.
18	(Burgum oost)	Route via Engelsmanplaat langs Schiermonnikoog via Moddergat naar Burgum 220 kV	De route is vrijwel identiek aan route 17 betreft het deel op de Wadden.
19	(Burgum midden)	Route via punt van Ameland oost naar Burgum 220 kV	We hebben gekozen de andere route over Ameland verder uit te werken. Deze blijft behouden als mogelijk alternatief.
20	(Burgum west)	Route over Ameland naar Burgum 220 kV	Deze route, het zeegedeelte, wordt meegenomen in shortlist.
21	Aankoppelen aansluiting Ameland	Capaciteit voor NAM-compressor benutten om via Ameland verbinding te maken aan TNW	De vermogens van het windparken en de verzwarende op Ameland zijn niet gelijk. De windparken moeten aangesloten worden het landelijke transportnet (220 of 380 kV).
22	Tunnel naar Ameland	Verkeerstunnel naar Ameland combineren met kabelroute	Een tunnel in algemene zin wordt meegenomen. De combinatie met andere functies kan binnen deze optie afgewogen worden.
23	Den Helder aanlanding	Rond de Wadden gaan over zee, en aansluiten op het 150 kV net ten zuiden van Den Helder	Deze optie ontwikkelt het Wad Valt door het niet aansluiting in Noord-Nederland buiten scope.
24	IJmuiden aanlanding	Rond de Wadden gaan over zee, en aansluiten op het 380 kV net in IJmuiden	Deze optie ontwikkelt het Wad. Valt door het niet aansluiting in Noord-Nederland buiten scope.
25	Maasvlakte aanlanding	Rond de Wadden gaan over zee, en aansluiten op het 380 kV net in Maasvlakte	Deze optie ontwikkelt het Wad Valt door het niet aansluiting in Noord-Nederland buiten scope.
26	TNW van AC naar DC omzetten	In plaats van 700 MW AC- naar DC-kabel, en dan wellicht over route oost	We zien dit als optimalisatie mocht de ruimte op een route beperkt zijn.
27	Waterstof door NGT na 2035	NGT gaan benutten voor waterstof transport, en daardoor ruimte op route oost	Deze valt buiten de tijdsfocus, tot 2030, en valt daarom buiten de shortlist.

4 Quicksan vergunningen Doorkruising Wadden

Vergunningen quickscan op hoofdlijnen op basis van de Omgevingswet



Figuur B22 - Overzicht van beoordeelde routes in het onderzoeksgebied

Generiek voor alle tracés

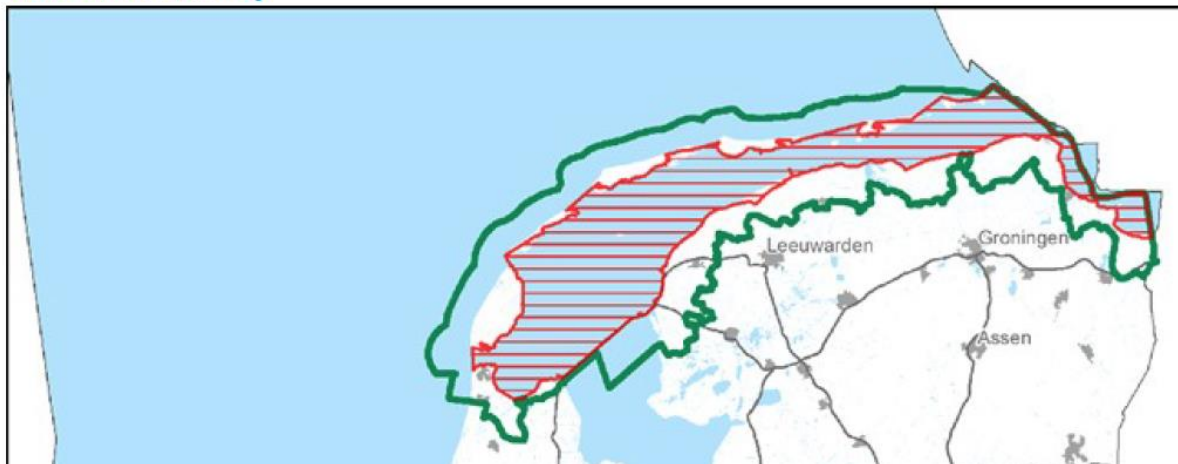
Verboden	Grondslag	Notitie
Voor zover een omgevingsplan van toepassing is op het Waddengebied, laat het omgevingsplan geen activiteiten toe die afzonderlijk of in combinatie met andere activiteiten significant nadelige gevolgen kunnen hebben voor de landschappelijke kernkwaliteiten van de PKB-Waddenzee of het cultureel erfgoed van de PKB-Waddenzee, tenzij: a) er voor de activiteit geen reële alternatieven voorhanden zijn; b) zwaarwegende redenen van groot openbaar belang, waaronder belangen van sociale of economische aard, belangen die verband houden met de bescherming van de gezondheid, de openbare veiligheid of bereikbaarheid, het toelaten van de activiteit rechtvaardigen of als sprake is van voor het milieu wezenlijk gunstige effecten; en c) de nadelige gevolgen zoveel mogelijk worden beperkt.	5.129c Besluit kwaliteit leefomgeving	Op grond van artikel 9.1 Besluit kwaliteit leefomgeving geldt deze bepaling alleen voor gemeenten, provincie en waterschappen. Het is bestuurlijk en maatschappelijk echter niet uit te leggen dat het Rijk hier niet aan gebonden is waardoor aanbevolen is hier wel rekening mee te houden in de besluitvorming.

Meer gedetailleerde kaart:

https://identifier.officielebekendmakingen.nl/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_pkb_waddenzee/nld@2020-10-01

https://identifier.officielebekendmakingen.nl/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_waddengebied/nld@2020-10-01

BIJLAGE XIIIIC BIJ ARTIKEL 5.129A VAN DIT BESLUIT (PKB-WADDENZEE EN WADDENGEBIED)



Figuur B23 - Overzichtskaart van het gebied dat onder het artikel 9.129A (PKB-Waddenzee en Waddengebied) valt.

Besluit/procedure	Vanwege	Grondslag	Bevoegd gezag
Projectbesluit	Voor de aansluitverbinding tussen het windpark en het aansluitpunt op een net.	Art 5.44 Omgevingswet	EZK
Nationale coördinatie regeling	Voor het gecoördineerd voorbereiden van alle benodigde besluiten	Afd. 3.5 Algemene wet bestuursrecht	
Milieueffectrapportage	Mer-beoordelingsplicht	Onderdeel J8 van Bijlage V Omgevingsbesluit	
Omgevingsvergunning			
Bouwactiviteit	Ondergrondse buis- en leidingstelsels zijn vergunningsvrij, maar dat geldt in beginsel niet voor de objecten die faciliterende zijn aan de ondergrondse buis- en leidingstelsels. Deze vereisen waarschijnlijk wel een omgevingsvergunning.	Art 5.2 lid 2 sub a Omgevingswet	Gemeente
Beperkingen gebiedsactiviteit met betrekking tot een waterstaatswerk	Het Waddengebied, alsmede delen van de eilanden zijn aangemerkt als oppervlaktewaterlichaam (zie bijgevoegde afbeelding). Een oppervlaktewaterlichaam is een waterstaatswerk waarvoor een vergunningplicht kan gelden.	Art 5.1 lid 2 sub f onder 2 Omgevingswet en 6.16 en 6.16 Besluit activiteiten leefomgeving	Minister IenW

	Deze geldt voor het bouwen, aanleggen, plaatsen of in stand houden van een kabel of leiding voor zover: 1. daarmee vloeibare gevaarlijke stoffen als bedoeld in artikel 3.24 worden getransporteerd; 2. die in een kunstwerk of een vaarweg ligt; of 3. die wordt geplaatst met een boring die lagen met verschillende stijghoogtes doorkruist; en		
Milieubelastende activiteit	Het exploiteren van een buisleiding voor andere stoffen dan aardgas, met een uitwendige diameter van ten minste 70 mm of een binnendiameter van ten minste 50 mm en een druk van ten minste 1.600 kPa, als het gaat om gevaarlijke stoffen in de gevarenklasse: 1°. ontvlambare gassen, categorie 1 of 2, bedoeld in bijlage I, deel 2, bij de CLP-verordening; of 2°. ontvlambare vloeistoffen, categorie 1, 2 of 3, bedoeld in bijlage I, deel 2, bij de CLP-verordening;	Art 5.2 lid 1 sub c Omgevingswet en 3.101 Besluit activiteiten leefomgeving	Gemeente
Natura 2000 activiteit	De Waddenzee is aangewezen als Natura 2000 gebied. Onderzocht moet worden of significant negatieve effecten zijn te verwachten voor de gebruiksfase. Aanlegfase is vergunningvrij.	Art 5.2 lid 1 sub g Omgevingswet	Provincie
Flora en fauna activiteit	De Waddenzee bevat soorten die beschermd zijn en wellicht verstoord worden door de aanleg (en gebruik, maar onwaarschijnlijk) van de verbinding.	Art 5.2 lid 1 sub h Omgevingswet	Provincie
Omgevingsvergunning	Rond de Waddeneilanden is de Beheersverordening Waddenzee en Noordzee van toepassing. Daarin vereist het indrijven van voorwerpen in de grond en de aanleg van ondergrondse energie- en transportleidingen en de daarmee verband houdende	Beheersverordening Waddenzee en Noordzee Zie vergunningsvereisten in de	Gemeente

	constructies, installaties of apparatuur; een omgevingsvergunning. Burgemeester en Wethouders kunnen het plan wijzigen in die zin dat aan de gronden de dubbelbestemming 'Waarde – Cultuurhistorische waarden' wordt ontnomen, indien op basis van cultuurhistorisch onderzoek is aangetoond dat ter plaatse geen cultuurhistorische waarden (meer) aanwezig zijn.	beheersverordening	
--	--	--------------------	--

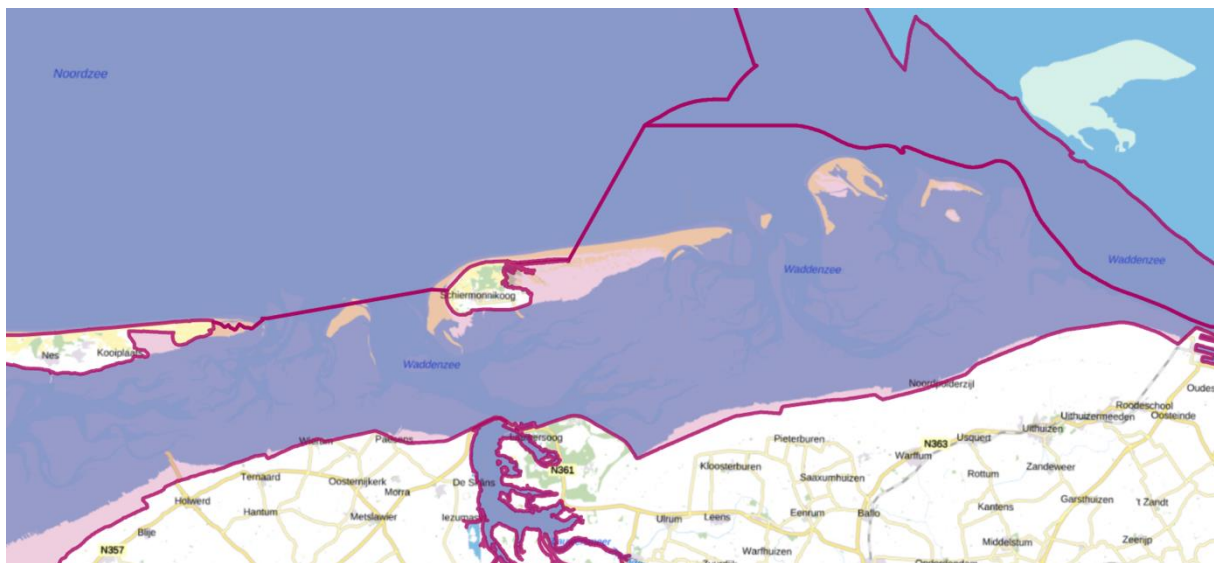
Tracés 11 en 12 die Schiermonnikoog kruisen

Besluit/procedure	Vanwege	Grondslag	Bevoegd gezag
Omgevingsvergunning	Het aanleggen van ondergrondse energieleidingen en daarmee verband houdende constructies, installaties en apparatuur.	Art 10.6.1 Bestemmingsplan Buitengebied gemeente Schiermonnikoog	Gemeente

Tracé 20 die Ameland kruist

Besluit/procedure	Vanwege	Grondslag	Bevoegd gezag
Omgevingsvergunning	Het aanleggen van ondergrondse energieleidingen De omgevingsvergunning kan slechts worden verleend, indien geen onevenredige afbreuk wordt gedaan aan de landschappelijke, de aardkundige, de natuurlijke en de cultuurhistorische waarden.	Art 5.3.1 Bestemmingsplan Buitengebied Ameland	Gemeente

Begrenzing oppervlaktewaterlichaam in beheer bij het Rijk (paars)



Figuur B24 - Begrenzing oppervlaktewaterlichaam in beheer bij het Rijk (paars)

5 Reflectie Waddenacademie op Eindrapportage Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied

Aan: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Van: Waddenacademie
Betreft: Eindrapportage Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied
Datum: 29 september 2021

Ruiterskwartier 121A
NL-8911 BS Leeuwarden
T +31 (0)58 233 90 30
info@waddenacademie.nl
www.waddenacademie.nl

DIRECTEUR
Prof. dr. ir. Katja Philippart

REFLECTIE

1. ACHTERGROND & AANPAK

Deze reflectie is geschreven door de Waddenacademie, op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. De Waddenacademie wil hiermee bijdragen aan het onderzoek 'Innovatieve doorkruising Waddengebied', waarbij zij haar expertise t.a.v. het Waddengebied inbrengt door:

1. De review (en hierin bijsturen/ adviseren) van de 80% en 95% van de eindrapportage waarbij in ieder geval de volgende vragen zijn beantwoord:
 - a. Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. de lijst van innovaties en welke suggesties voor verbetering/ aanvullingen van de lijst zijn er?
 - b. Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. het beoordelingskader dat door RHDHV is opgesteld en welke suggesties voor verbetering van het beoordelingskader zijn er?
 - c. Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. de inhoudelijke beoordeling zoals deze door RHDHV is uitgevoerd en welke suggesties voor verbetering van de inhoudelijke beoordeling zijn er?
2. Het schrijven van een oplegger als onderdeel van de 100% versie van de eindrapportage met een reflectie op het onderzoek/ de onderzoeksresultaten met een advies voor vervolg:
 - a. Reflectie op het onderzoek en de onderzoeksresultaten in het kader van het vervolgproces;
 - b. Eventueel: opmerkingen wanneer suggesties niet zijn overgenomen.

De Waddenacademie heeft drie deskundigen met een relevante wetenschappelijke achtergrond bereid gevonden om de tussenproducten en de eindversie van de 'Rapportage Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied'¹ te commentariëren, zijnde:

- Prof. dr. Peter Herman (ecologie), Deltares & TU Delft
- Prof. dr. ir. Cees van Rhee (baggertechniek), DredgeProfBV & TU Delft
- Prof. dr. Zheng Bing Wang (geomorfologie), Deltares & TU Delft

Voor deze reflectie zijn de eindbeoordelingen van de drie deskundigen op de 100% versie van de rapportage toegevoegd, en is (naast deze beoordelingen) ook gebruik gemaakt van de notitie '*Integrale besluitvorming over duurzame aanleg van kabels en leidingen in het Waddengebied*'² geschreven door de door de Waddenacademie, op verzoek van het samenwerkingsverband Parlement en Wetenschap (hierna: 'Notitie P&W').

¹ HaskoningDHV (2021) Rapportage Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied. Eindrapport (27 september 2021)

² <https://parlementenwetenschap.nl/instrumentarium/wetenschappelijke-factsheet-of-position-paper/>

2. BEOORDELING & ADVIEZEN

In het algemeen stellen de referenten dat het rapport goed uitgewerkt, helder en leesbaar is, met een evenwichtige aandacht voor de vele relevante aspecten van het probleem, uitmondend in een evaluatie van de voor- en nadelen van een set van representatieve alternatieve routes. Ook geven de referenten aan dat hun advies op de eerdere (80% en 95%) versies (ten dele) is overgenomen. Wat betreft de (100%) eindversie (d.d. 27 september 2021) van het rapport blijven de volgende aandachtspunten over.

2.1. Routes & technieken

2.1.1. Doorkruising Waddenzee

Als de afspraken zoals vastgelegd in de 'Agenda voor het Waddengebied 2050' ('De Agenda') worden nageleefd, dan vormen de belangen van het Waddengebied het startpunt bij het maken van plannen en projecten die de ruimtelijke ordening van dit gebied raken. Voor de Waddenzee is als hoofddoelstelling gedefinieerd: een duurzame bescherming en ontwikkeling als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap (zie ook 'Notitie P&W').

Uit het HaskoningDHV rapport blijkt dat er geen route bestaat die op voorhand schade aan de morfologie en de ecologie van de Waddenzee uitsluit. Volgens de geldende natuurwetgeving moet het vermijden van schade dan voorrang krijgen op het minimaliseren ervan, of op het compenseren. Overigens is 'compenseren' praktisch gesproken zo goed als onmogelijk (zie review "Ecologie").

In het rapport van HaskoningDHV worden een aantal alternatieve routes en innovatieve technieken beschreven die het doorkruisen van de Waddenzee overbodig maken, zoals bijvoorbeeld het aanvoeren van de elektriciteit naar de Hollandse kust, het aanleggen van een tunnel onder de Waddenzee die meerdere kabels kan huisvesten, en het gebruik van de SOCCS-techniek die geschikt zou zijn voor afstanden >10 km.

Deze routes en technieken worden echter niet meegenomen in het uiteindelijke overzicht, en de onderbouwing van de beslissing om deze opties buiten het afwegingskader te laten is beperkt (b.v. nu alleen een zeer grove inschatting van de kosten van een aanleg van een tunnel).

Geadviseerd wordt om alle alternatieve routes en innovatieve technieken alsnog met dezelfde diepgang (detailniveau) als de overige opties in het overzicht mee te nemen, of tenminste het afvallen van bepaalde routes en technieken beter (meer kwantitatief) te onderbouwen.

2.1.2. Corridors

De 'Agenda voor het Waddengebied 2050' neemt het clusteren van kabels, buizen en leidingen en zuinig gebruik van de beperkte ruimte in de Waddenzee als uitgangspunt voor de aanleg van kabels en buisleidingen door de Waddenzee van de Noordzee naar het vaste land en naar de Waddeneilanden, in beginsel aansluitend bij bestaande corridors (d.w.z. bij

de westzijde nabij Den Helder en oostzijde nabij de Eemshaven). Overleg tussen HaskoningDHV en Duitse partijen leerde dat de kabels in Duitsland in een planologische corridor liggen met een minimale aantasting van het gebied tot gevolg.

Ondanks de expliciete stellingname in 'De Agenda' en de behaalde resultaten in Duitsland is het aspect van 'aansluiting bij bestaande corridors' niet in de uiteindelijke beoordeling (Tabel 29 van het HaskoningDHV rapport) meegenomen.

Geadviseerd wordt om het al dan niet liggen van alternatieve routes in bestaande (en eventuele toekomstige) corridors in de Waddenzee en de rest van het Waddengebied als factor mee te nemen in de uiteindelijke beoordeling.

2.2. Ingrepen en effecten

2.2.1 Kwantificering

Om de gevolgen van de ingrepen zo goed mogelijk in kaart te brengen dienen in eerste instantie deze activiteiten zo kwantitatief mogelijk gemaakt te worden, bijvoorbeeld een expliciete beschrijving van de lengte van de tracés (km) en het ruimtebeslag (km²) van de beoogde werkzaamheden in de verschillende deelgebieden (o.a. duinen, eilandstaarten, wadplaten en geulen). Deze informatie zou beschikbaar moeten zijn (zie bijvoorbeeld de figuren met dwarsdoorsneden van de kabelroutes) maar is in het HaskoningDHV rapport nog niet expliciet gemaakt. Deze gegevens dienen vervolgens als basis voor de inschatting van de effecten van deze druk (dosis-effect relaties) op de omgeving (zie review 'Ecologie' en 'Notitie P&W').

Het HaskoningDHV rapport stelt hierbij terecht dat 'of een negatief effect uiteindelijk optreedt en hoe groot dit negatieve effect is, onder andere afhankelijk is van de techniek die wordt toegepast, de periode waarin de aanleg plaatsvindt, hoelang de aanleg duurt, hoe groot het verstoorde oppervlak is en hoe vaak (frequentie) verstoring optreedt en of mitigerende maatregelen kunnen worden genomen om de effecten te verzachten'. De beschrijving van welke technieken exact waar zullen worden toegepast (b.v. de diepte waarop de kabels in de grond worden gebracht) is echter onvolledig waardoor een goede effecten analyse nog niet kan worden uitgevoerd (zie review 'Baggertechniek').

Geadviseerd wordt om het ruimtebeslag van de alternatieve routes door de deelgebieden alsnog te kwantificeren en de beoogde technieken alsnog te preciseren om hiermee een zo kwantitatief mogelijk beoordelingskader te schetsen.

2.2.2 Cumulatieve effecten

Het thema cumulatieve effecten op de natuur van het Waddengebied is zowel vanuit wetenschappelijk als beleidsmatig oogpunt belangrijk, maar ook complex. Wetenschappelijke vraagstukken hebben bijvoorbeeld betrekking op de reikwijdte van het begrip, het al of niet kunnen optellen van effecten van verschillende aard en omvang, vraagstukken over oorzaak en gevolg (causaliteit), en het fenomeen dat effecten elkaar kunnen versterken of juist opheffen. Deze vraagstukken werken door in het juridisch-

beleidsmatige kader, bijvoorbeeld bij de beoordeling van vergunningsaanvragen op grond van de natuurbeschermings- en waterwetgeving.

Het HaskoningDHV rapport geeft aan dat het aspect van cumulatieve effecten door de gemeente Schiermonnikoog benadrukt is, maar dit wordt verder niet uitgewerkt (ook niet in de 'Quickscan Vergunningen' welke als Bijlage 4 aan het rapport is toegevoegd).

Geadviseerd wordt om bij het beoordelingskader aan te geven waar en welke mate voor de verschillende tracés mogelijk sprake kan zijn van cumulatieve effecten als gevolg van i) verschillende aspecten van de doorkruising van het Waddengebied (b.v. cumulatie a.g.v. vertroebeling van het water én verstoring door geluid), ii) andere menselijk medegebruik (b.v. gaswinning, bodemberoerende visserij), en iii) overige drukfactoren (zoals klimaatverandering).

2.3. Data en informatie

De effecten van die verschillende ingrepen hangen af van de karakteristieken van de omgeving die wordt doorkruist. Hiervoor is het van groot belang dat daarvoor de meest actuele informatie wordt gebruikt, zoals die bijvoorbeeld bestaat voor de bathymetrie, sedimentsamenstelling, stroomsnelheden, ecotopen, bodemdieren, mosselbanken, zeegrasvelden, duinvegetatie, kweldervegetatie, hoogwatervluchtplaatsen, en zeehondenrustplaatsen (zie reviews 'Ecologie' en 'Geomorfologie'). Het HaskoningDHV rapport gebruikt een deel van de informatie, maar kwantificeert deze niet.

De effecten van de technieken die worden gebruikt voor de doorkruising verschillen in eerste instantie door de wijze waarop i) ruimte wordt gemaakt in de grond voor de kabelaanleg, ii) de kabel op de juiste diepte wordt gebracht, en iii) de kabellegger over de grond wordt voortbewogen (zie review 'Baggertechniek'). Daarnaast zijn de effecten ook gerelateerd aan de uitvoering (b.v. de diepte waarop de kabel met een bepaalde techniek wordt neergelegd), het aantal overgangen tussen verschillende technieken in een tracé, en de effectiviteit van aanvullende maatregelen om de effecten te reduceren (b.v. slibschermen om verspreiding van gesuspendeerd sediment ten gevolge van de ontgravingstechnieken te voorkomen). Het HaskoningDHV rapport geeft wel een schets (in (zie de figuren met dwarsdoorsneden van de kabelroutes) maar geen gespecificeerd overzicht (in km per tracé) van de verdeling van de beoogde technieken voor de verschillende tracés.

Het Waddengebied wordt gekenmerkt door een grote dynamiek. Hier wordt in het HaskoningDHV rapport ten dele rekening mee gehouden, bijvoorbeeld door gegevens over morfologische veranderingen van de afgelopen 30 jaar voor de bepaling van de begraafdieptes te gebruiken (zie review 'Geomorfologie'). Maar het rapport geeft niet aan of deze waarnemingen voldoende informatie geven over de toekomstige ontwikkelingen binnen de levensduur van de aan te leggen kabels en buizen.

Geadviseerd wordt voor de verschillende tracés op basis van de meest actuele data en informatie aan te geven welke omgeving op welke wijze wordt doorkruist, en daarbij in beschouwing te nemen welke veranderingen in de omgeving mogelijk tijdens de levensduur van de kabels en leidingen plaats kunnen vinden.

Rapportage Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied 2.4 Toetsing juridische kaders

De beschrijvingen en beoordelingen voor wat betreft de juridische aspecten zijn wat minder ontwikkeld. De beschrijving van de juridische systemen in hoofdstuk 4 zijn op hoofdlijnen juist, maar wel onvolledig en niet geheel accuraat. Zo vloeien ook uit het Werelderfgoedverdrag en andere verdragen juridische verplichtingen voor Nederland voort die onder druk komen te staan door de in kaart gebrachte natuureffecten. Voorts lopen de beschrijvingen van soortenbescherming en gebiedenbescherming enigszins door elkaar. Onduidelijk is ook wat vanuit juridisch perspectief bedoeld wordt met de term 'storende factoren' in paragraaf 4.3; bij de juridische bescherming van de genoemde natuurwaarden gaat het bijvoorbeeld niet alleen om verstoring. Onduidelijk is ook waarom in één van de bijlagen wordt opgemerkt dat de aanlegfase voor wat betreft het Natura 2000-regime vergunningvrij is. Ook deze fase moet aan dit regime worden getoetst. Heel problematisch zijn deze beperkingen overigens niet. Het betreft een verkennend onderzoek waarbij het accent is gelegd op het in kaart brengen van de natuureffecten voor het gebied en dat is over het geheel genomen met zorg gebeurd.

3. SAMENVATTING EINDADVIES VOOR VERVOLG

De Waddenacademie adviseert om alle alternatieve routes en innovatieve technieken mee te nemen (ook de routes die het Waddengebied niet doorkruisen, en de technieken die nog technische en financiële uitdagingen kennen), en voor de alternatieve routes met doorkruising de aansluiting bij bestaande (of eventuele toekomstige) corridors expliciet als weegfactor mee te nemen. Verder adviseert de Waddenacademie om de ingrepen (technieken) die worden gebruikt, de omgeving die wordt doorkruist en de effecten van de doorkruising zo veel mogelijk te kwantificeren en ook mogelijke cumulatieve effecten en toekomstige ontwikkeling in beschouwing te nemen. Tenslotte wijst de Waddenacademie op de beperkingen in de huidige toetsing van de voorgenomen activiteiten aan bestaande juridische kaders.

Prof. dr. ir. Katja Philippart
Prof. dr. Kees Bastmeijer
Prof. dr. Pieter van Beukering
Prof. dr. Piet Hoekstra
Dr. Meindert Schroor

REVIEW ECOLOGIE

Prof. dr. Peter Herman

Deltares & TU Delft

Email: Peter.Herman@deltares.nl

Telefoon: +31 88 335 7862

Algemeen – opbouw van het document

Ik vond dit een goed uitgewerkt, helder en leesbaar rapport. Het besteedt evenwichtig aandacht aan de vele relevante aspecten van het probleem, en levert evaluaties op van de voor- en nadelen van een set van representatieve alternatieve routes.

De algemene opbouw, van stakeholder interviews met een longlist aan opties, via trechtering naar evaluatie, is goed gekozen. Ik had verwacht dat er per ruimtelijke route meerdere technische uitvoeringsmodaliteiten zouden worden voorgesteld, maar daar is niet voor gekozen. Nu hangt een ruimtelijke route onafscheidelijk vast aan een gekozen sequentie van uitvoeringen. De auteurs zouden dit beter kunnen motiveren. Het aantal opties is natuurlijk beperkt, maar in sommige gevallen zou er een verschil kunnen zijn in duur en type verstoring, bijvoorbeeld een trilzwaard getrokken door pontons versus oplossingen met een rupsvoertuig. Het is dan niet steeds duidelijk waarom de zware pontons, die moeilijk ter plaatse kunnen worden gebracht in ondiep water en die het traject beperken tot lange rechte lijnen, superieur zijn aan rupsvoertuigen die wendbaarder zijn en misschien ook sneller en daardoor minder verstorend. De auteurs hebben dergelijke afwegingen en besprekingen doorgeschoven naar een volgende fase, waarin enkele routes nader worden uitgewerkt. Het is te hopen dat die volgende fase met voldoende openheid wordt aangepakt.

De beschrijving van de natuurwaarden in de Wadden

De auteurs geven een goede beschrijving van de belangrijke natuurwaarden in de Wadden, en leiden daaruit zeer redelijke afwegingscriteria af. Ik sta achter de gemaakte keuze, omdat ze aandacht besteedt aan de verschillende natuurwaarden in samenhang. Enerzijds is dit een inhoudelijk goed overwogen keuze, anderzijds is er voldoende verwijzing naar en inbedding in de vigerende wetgeving om ook op dat vlak relevant te zijn.

Mogelijkheden om de doorsteek van de Wadden te vermijden

Uit het rapport blijkt dat er geen route bestaat die op voorhand schade aan de morfologie en de ecologie van de Waddenzee onwaarschijnlijk maakt. Volgens de geldende natuurwetgeving moet het vermijden van schade dan voorrang krijgen op het minimaliseren ervan, of op het compenseren. Overigens is 'compenseren' praktisch gesproken zo goed als onmogelijk.

Gezien die wettelijke volgorde, vind ik dat het rapport te weinig aandacht besteedt aan de mogelijkheden om het doorkruisen van de Waddenzee met kabels te vermijden. Als achteraf één van de wel bestudeerde alternatieven wordt gekozen, blijft de mogelijkheid voor partijen om voor de rechter te argumenteren dat het doorkruisen van de Waddenzee helemaal geen noodzaak is, laat staan één van dwingend belang.

Oplossingen die het doorkruisen van de Waddenzee overbodig maken zijn: aanvoeren van de elektriciteit naar de Hollandse kust, ondertunnellen van de Waddenzee met een tunnel die meerdere kabels kan huisvesten, gebruik van de SOCCS techniek die geschikt zou zijn voor afstanden >10 km. Ik kan deze oplossingen zelf niet technisch beoordelen, maar ze zijn niet ontdaan van logica.

Aanvoeren van de elektriciteit naar de Hollandse kust kiest de kortste weg tussen producent en consument, in plaats van een omweg langs de Eemshaven te maken. Plannen om in Groningen waterstoffabrieken of datacentra te plaatsen worden nu naar voren gebracht als reden waarom alle energie daarheen moet worden gebracht, maar dit verandert niets aan de ruimtelijke verdeling van de eindgebruikers, die zich toch vooral in de Randstad bevinden.

Een tunnel wordt in het rapport besproken, maar vooral afgevoerd op basis van de prijs, die het tienvoudige zou bedragen van de gecombineerde kost van het aanleggen van vijf kabels. Die kostenschatting wordt niet kwantitatief onderbouwd. Het rapport zou tenminste kunnen onderzoeken of, afgezien van de prijs, een tunnel wel een volwaardige technische oplossing zou kunnen bieden. In dat geval is deze optie nadere beschouwing waard, zoals overigens door de auteurs in hun conclusies wordt bevestigd.

De SOCCS techniek die wordt vernoemd zou, in principe, technisch in staat moeten zijn om een enkele kabel in één beweging onder de hele Waddenzee te boren. Het is duidelijk dat dit principe nog niet in de praktijk is bewezen op deze schaal, maar daar staat tegenover dat de techniek wel in korte tijd van principe naar een werkend prototype is gedemonstreerd over een significante afstand (www.callidus.nl). Het is onduidelijk waarom dit alternatief niet voor de middellange termijn in de beschouwingen is meegenomen, gezien de mogelijk zeer grote voordelen op het vlak van natuurverstoring, de bewezen toepasbaarheid in het boren van olie en gas, en de mogelijkheden op het vlak van innovatie en export van technologie.

De evaluatie van de ecologische impact van de routes

Voor de inschatting van ecologische effecten is gebruik gemaakt van bestaande databases, hoewel de evaluatie grotendeels kwalitatief is gehouden. Ik denk dat de gemaakte inschattingen in overeenstemming zijn met bestaande gegevens. Ik wijs erop dat er voldoende databases voorhanden zijn om vrij snel een nadere kwantificering van mogelijke effecten te maken. Deze zijn bij de auteurs van de studie bekend, maar niet meer opgenomen in deze fase van de studie.

De algemene bespreking van de aanpak van natuurwaarden, in de tabel op pagina 54, bevat nog elementen die in de praktijk niet worden toegepast. Zo wordt bij schelpdierbanken en zeegrasvelden vermeld dat deze worden vermeden, en indien dat niet mogelijk is, dat er dan onderdoor wordt geboord. Dat is echter bij geen enkele route die waarschijnlijk over schelpdierbanken of zeegrasvelden loopt, ook daadwerkelijk opgenomen in het plan of in de evaluatie. Deze algemene principes zijn dan ook niet correct in het licht van het vervolg van de studie. Overigens is de positie van schelpdierbanken en zeegrasvelden variabel in de tijd, en zou het zo goed als onmogelijk zijn om de genoemde techniek (onderdoor boren) toe te passen. Daarnaast levert boren

op het wad waarschijnlijk meer verstoring door de boorputten bij begin en eind van een ondertunneling, dan het relatief smalle spoor van een vibratiezwaard.

Frequentie van verstoring

Indien het doorsnijden van de Waddenzee met leidingen niet is te vermijden, moet grote aandacht worden besteed aan het minimaliseren van de verstoring. Hiervoor zou het bijzonder belangrijk zijn zich te bezinnen over de timing van de aanleg van leidingen in de corridor. Met name het gelijktijdig aanleggen van alle elektrische kabels zou kunnen vermijden dat jaarlijks moet teruggekeerd worden met groot materieel op het wad, waardoor de totale verstoring zou kunnen worden beperkt. In dit licht lijkt het ook onverantwoord om AC kabels aan te leggen, die niet alleen minder capaciteit hebben (en dus meer verstoring per eenheid aan wal gebrachte energie), maar ook beperkend kunnen zijn voor latere aanleg van waterstofleidingen. Het doorvoeren van stroom met kabels van de hoogst mogelijke capaciteit, lijkt de meest aangewezen strategie. In dat licht kan het ook nuttig zijn de snel evoluerende waterstoftechnologie in het vizier te blijven houden. Het verleden heeft bewezen dat technologische evoluties in wind op zee sneller zijn gegaan dan de meeste voorspellingen voor mogelijk hielden. De kans bestaat dat dit voor waterstoftechnologie ook zal gelden.

De totale beoordeling van de voor- en nadelen van de routes

De auteurs stellen dat het maken van ultieme keuzes tussen de alternatieven een zaak is voor het beleid, en houden zich ver van het suggereren van een eindconclusie. Er is iets te zeggen voor dit standpunt, maar toch zouden zij ervoor kunnen kiezen om een iets duidelijker eindbeeld te schetsen van de evaluaties. Nu is het rapport naar mijn mening te vrijblijvend, waardoor het risico bestaat dat het een vrijbrief wordt voor het beleid, wat er ook wordt gekozen. Daarmee zou het rapport aan zijn bedoeling voorbijgaan. Dit zou bijzonder jammer zijn, want de terreinen waarop is geëvalueerd, en de gebruikte criteria geven tezamen een evenwichtig en volledig beeld van de verschillende relevante aspecten van de routes. Het materiaal is dus aanwezig om goed gefundeerde conclusies naar voren te brengen.

REVIEW BAGGERTECHNIEK

Prof. dr. ir. Cees van Rhee

TU Delft & DredgeProfBV

Email: C.vanRhee@tudelft.nl

Telefoon: +31 15 27 83973

1 Introductie

EZK ziet graag dat de Waddenacademie, vanwege haar onafhankelijke positie en kennis over het waddengebied, een bijdrage levert aan het onderzoek 'Innovatieve doorkruising Waddengebied' (van kabels en leidingen om energie van toekomstige windparken aan te lande) en ziet hier een onafhankelijke rol voor de Waddenacademie, waarbij de Waddenacademie haar expertise t.a.v. het waddengebied inbrengt. De Waddenacademie heeft vervolgens ondergetekende gevraagd om advies uit te brengen over innovaties met betrekking tot kabellegtechnieken en route keuzes.

Deze memo is specifiek geschreven in opdracht van de Waddenacademie en mag zonder expliciete toestemming van de auteur niet voor andere doeleinden dan de onderhavige opdracht gebruikt worden. De meningen en conclusies in deze memo zijn de persoonlijke meningen en conclusies van de auteur en mogen niet worden beschouwd als de zienswijzen van de Technische Universiteit Delft.

2 Vraagstelling

De volgende documenten zijn toegeleverd:

- Planning + besluitvorming VAWOZ 2030³
- Ministerie van Economische zaken en Klimaat, Offerteaanvraag Onderzoek Innovatie Doorkruising Waddengebied⁴
- Royal HaskoningDHV, Tussenrapportage Onderzoek innovatie doorkruising Waddengebied⁵
- Opdracht Waddenacademie⁶
- Projectplan, uitgangspunten en opzet rapportage⁷

De volgende vragen worden gesteld aan de experts:

- Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. de lijst van innovaties en welke suggesties voor verbetering/ aanvullingen van de lijst zijn er?
- Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. het beoordelingskader dat door RHDHV is opgesteld en welke suggesties voor verbetering van het beoordelingskader zijn er?
- Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. de inhoudelijke beoordeling zoals deze door RHDHV is uitgevoerd en welke suggesties voor verbetering van de inhoudelijke beoordeling zijn er?

³ 20210617WA EZK VAWOZ planning + besluitvorming (002).ppx

⁴ 202103100 Offerteverzoek Onderzoek Doorkruising Waddengebied F.pdf

⁵ BG9744-RHD-ZX-RP-Z-0001 Tussenrapportage Onderzoek innovatie doorkruising Waddengebied.pdf

⁶ Opdracht Waddenacademie.docx

⁷ BH9744-RHD-ZX-RP-PM-0001 Projectplan.pdf

3 Beschrijving bestaande technieken

In hoofdstuk 9 van de tussenrapportage wordt een overzicht gegeven van bestaande kabellegtechnieken. Een onderscheid wordt gemaakt in technieken op land, ondiep water (< 5 m), diep water en ondergronds. Daarnaast wordt een onderverdeling gemaakt in Baggeren, Ploegen, Jetten en Fluïdiseren. Onduidelijk is het onderscheid van ondergronds ten opzichte van de andere onderverdelingen. Daarnaast worden sommige concepten met elkaar verward, zoals Jetten en Fluïdiseren en Baggeren.

Het is overzichtelijker een onderscheid te maken in:

- Hoe wordt de grond geopenetreed/ geopend:
 - Opzuigen van de grond (Baggeren) of grootschalig wegspuiten (Mass Flos Excavation);
 - Erosie/ fluïdisatie met gebruik van jets;
 - Snijden als een mes waarbij de grond zijwaarts en opwaarts wordt verplaatst (ploegen);
 - Losmaken door te trillen;
 - Mechanisch snijden met een ketting zaag.
- Hoe komt de kabel op de gewenste diepte:
 - Door eigen gewicht;
 - Door deze naar beneden te duwen;
 - Door deze verticaal/ of onder een hoek naar beneden te geleiden.
- Hoe wordt de trencher voortbewogen:
 - Voorttrekken door schip/ ponton glijdend over skids of rijdend op wielen;
 - Door tracks van de trencher;
 - Vrij zwemmend of glijdend over skids voortbewogen door thrusters (propellers);
 - Hangend in een kraan direct vanaf een ponton (al dan niet 'heave compensated').

Beschrijving Technieken

De technieken worden om te beginnen onderverdeeld in technieken voor ondiep water en diepere wateren. Aangezien er geen aparte sectie wordt ingericht voor het wadgebied dus gebieden die gedurende een deel van het tij droogvallen wordt aangenomen dat de technieken die toegepast kunnen worden op deze droogvallende gebieden vallen onder ondiep water technieken.

De technieken die voor ondiep water worden vervolgens onderverdeeld in:

- Baggeren
- Mechanische sleufgraver
- Ploegen
- Jetten
- Fluïdiseren
- Vibratiezwaard

Ondiep water technieken

Paragraaf 9.1.1. Baggeren

De baggertechniek die wordt aangegeven is een graafmachine op een ponton. Overigens kan met baggeren niet alleen zandige grond onder water verwijderd worden. De ontgraven grond wordt vervolgens afgevoerd met schepen of naast de sleuf gedeponneerd. Onduidelijk is hoe het proces verloopt als het wad droog valt. Valt het ponton dan ook droog of wordt een sleuf gegraven.

Paragraaf 9.1.4 en 9.1.5

Jetten en fluidiseren is bij deze toepassingen dezelfde ontgravings techniek. Het verschil tussen de beide oplossingen is de manier waarop de kabel op de gewenste diepte wordt gebracht. Bij par 8.1.6. is dit door het eigen gewicht van de kabel. Probleem van beide technieken op het wad is dat er gedurende een groot deel van de tijd geen water voorhanden is om te jetten, hetgeen ook wordt aangegeven in par 9.1.4.

Diepere wateren

Par. 9.2.1 Baggeren

Hier wordt gesteld dat dit kan worden gedaan met een sleeppopperzuiger. Bij de aangegeven minimale diepgang van 5 m zijn alleen de kleinere sleeppopperzuigers te gebruiken.

Par 9.2.2 Kettinggraver

Onder deze paragraaf staat Tabel 13 die echter betrekking heeft op 'open sleuf'. Deze techniek komt niet meer voor in de laatste (100%) versie van het rapport.

Met betrekking tot jetten en fluidiseren (par 9.2.4 en 9.2.5) zie de opmerkingen hierboven naar aanleiding van par. 9.1.4 en 9.1.5.

Sleufloze technieken (par. 9.3 – 9.3.6)

Deze technieken die in deze secties worden beschreven worden veelal vanaf het vaste land naar het vaste land toegepast. Welke ervaringen zijn er met andere toepassingen? Bijvoorbeeld bij het boren vanaf een ponton (genoemd op pag 41) of vanuit een bouwput?

Hoofdstuk 10

In dit hoofdstuk worden de toegepaste technieken per trace beschreven.

Route 11.

De volgende technieken worden gekozen:

- DGB-HDD

- Baggeren
- Spoelzwaard = jet injector tussen pontons
- Jetting Slede

Waarom wordt nu op het wadgebied een 'spoelzwaard' gebruikt en niet een vibratiezwaard zoals hierboven op de wadplaten? Is bij deze wadplaten dan wel voldoende water voorhanden?

Om voldoende diepte te verkrijgen wordt over een gedeelte gebaggerd. Er is een DGB-HDD boring voorzien die start op een diepte van ca. -10 m door een kistdam te plaatsen aan het einde van het gebaggerde trace. De damwand constructie moet vervolgens ca 10 m water en grond keren. Dit is een waterbouwkundige constructie op zichzelf. Deze oplossing is een technische zeer lastige en dure oplossing.

Route 9

De volgende technieken worden gekozen:

- Vibratiezwaard
- Baggeren
- Jetting Slede

Gebaggerd moet worden tot -22 m NAP, dus daarvoor zal een sleephopperzuiger gebruikt moeten worden. Om te kunnen manoeuvreren zal een geul met voldoende bodem breedte gebaggerd moeten worden. Afhankelijk van de taludhellingen die ontstaan zal het een uitdaging worden om binnen de gewenste maximale breedte van 200 m te blijven.

Route 8

De volgende technieken worden gekozen:

- DGB-HDD
- Vibratiezwaard
- Kettingfrees
- Jetting Slede

De kettingfrees op wadtrencher zal ook het geulensysteem moeten kunnen passeren. Deze zal dus ook bij hoog water het geulensysteem moeten kunnen passeren.

Route 6

De volgende technieken worden gekozen:

- DGB-HDD
- Vibratiezwaard
- Spoelzwaard op trencher
- Jetting Slede

Onder het referentie gebied wordt een DGB-HDD boring voorzien welke aan beide kanten een bouwput op -8 m NAP nodig heeft. Dit is net zoals hierboven beschreven lastig in verband met het behoorlijke (grond)waterstands verschil.

Route 2

De volgende technieken worden gekozen:

- DGB-HDD
- Baggeren
- Jetting Slede

Bij deze variant ook weer een uitdaging met een bouwput op liefst een diepte van -26 m !.
Zie mijn opmerkingen hierboven.

Hoofdstuk 11

In dit hoofdstuk worden de verschillende routes met elkaar vergeleken. Ik beperk me hier tot de beoordeling van de technische aspecten en de kosten.

De technische aspecten zijn opgedeeld in:

- Maakbaar en haalbaar
- Beheersbaarheid
- Uitbreidbaarheid.

Hier kan ik me vinden in tabel 26. Ik zou alleen Route 6 m.b.t. haalbaar en maakbaar ook rood kleuren (groot negatief effect).

Met betrekking tot de kosten wordt gesteld dat er maar een beperkt verschil is in investeringskosten omdat dezelfde technieken worden gebruikt. Ik heb daar mijn sterke twijfels over omdat er grote verschillen zijn met betrekking tot het aansluiten van de verschillende technieken (met name de diepte waarop deze aansluiting zal moeten plaatsvinden). Dit zal een grote invloed hebben op de uiteindelijke kosten. Route 2, 6 en 11 zouden daardoor ook rood ingekleurd moeten worden in tabel 28.

REVIEW GEOMORFOLOGIE

Prof. dr. Zheng Bing Wang

Deltares & TU Delft

Email: Zheng.Wang@deltares.nl

Telefoon: +31 88 335 8208

Inleiding

Naar aanleiding van de rapportages van het onderzoek innovatie doorkruising Waddengebied heeft de Waddenacademie verschillende experts verzocht in een memo in te gaan op de volgende vragen:

- Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. de lijst van innovaties en welke suggesties voor verbetering/aanvullingen van de lijst zijn er?
- Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. het beoordelingskader dat door RHDHV is opgesteld en welke suggesties voor verbetering van het beoordelingskader zijn er?
- Welke aandachtspunten zijn er t.a.v. de inhoudelijke beoordeling zoals deze door RHDHV is uitgevoerd en welke suggesties voor verbetering van de inhoudelijke beoordeling zijn er?

Deze vragen zijn voor het eerst gesteld m.b.t. de tussenrapportage in juli 2021 en later m.b.t. de 80% rapportage en de 95% rapportage. Ik beantwoord deze vragen vanuit morfologisch perspectief. Dit is een update van mijn memo over de 95% rapportage na het lezen van de 100% rapportage.

In de 100% rapportage zijn de commentaren in mijn eerdere memo's over de 80% en 95% rapportages al (deels) verwerkt. De punten die al volledig zijn verwerkt zijn nu weggehaald. De belangrijkste verandering in de 100% rapportage t.o.v. de 95% rapportage m.b.t. morfologie is dat er aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn gedaan naar aanleiding van mijn memo. Ik ben blij met deze aanbevelingen in het rapport, maar de punten daarover in mijn vorige memo heb ik laten staan vanwege de motivaties die niet zijn overgenomen in het rapport.

Lijst van innovaties

Een uitgebreide lijst van kabellegtechnieken werden beschreven in Hoofdstuk 2 van het 80% tussenrapport. In de 95% en 100% rapportage zijn er na trechters nog 7 alternatieve routes overgebleven, die nader worden beschouwd. Bij ieder van deze alternatieve routes zijn ook de bijbehorende legtechnieken gekozen voor de verschillende deeltrajecten langs de route. Als ik het goed heb begrepen is alleen gekozen voor beproefde technieken. De nieuwe/ pilot technieken zoals beschreven in het tussenrapport zijn dus niet meer relevant.

Beoordelingskader

Voor het punt morfologie kan een onderscheid tussen twee verschillende aspecten worden gemaakt: invloed van aanleg van kabels en leidingen op de morfologie en invloed van morfologie op de aanleg.

M.b.t. de invloed van aanleg op de morfologie ben ik het eens met de aspecten opgenomen in het beoordelingskader: eerste zes van de zeven “effecten” in de effectscoretabel (in 10.2). De beoordeling van de effecten zelf is kwalitatief gedaan door expert-judgement. Daarbij is de belangrijkste factor die de effecten bepaalt de keuze van een aanlegtechniek voor een route.

M.b.t. de invloed van morfologie (morfodynamiek) op de aanleg is alleen één “effect” opgenomen in het beoordelingskader: risico op blootlegging/ begraving. Hierover heb ik twee opmerkingen:

1. Het kan nuttig zijn blootlegging en begraving apart te beschouwen. Ik ga er vanuit dat blootlegging schade aan de kabel/buis kan veroorzaken terwijl begraving een probleem kan veroorzaken als de kabel/buis uitgegraven moet worden voor bijvoorbeeld onderhoud. Eén voorbeeld heeft betrekking tot Route 9 die over een groot deel langs de diepste geul in het gebied is gelegen. De morfodynamiek in het gebied is vooral t.g.v. geulmigratie. Daardoor is in dit geval het risico van blootlegging klein en dat van begraving groot.
2. Als het risico van blootlegging wordt beoordeeld is er blijkbaar uitgegaan van bepaalde begraafdieptes. Maar er is niet aangegeven hoe de begraafdieptes precies zijn bepaald behalve dat het op basis van de morfodynamiek in de afgelopen 30 jaar is gebeurd. Hiervoor kan er ook andersom wordt gewerkt: bepalen van benodigde begraafdiepte in een bepaald deel van een route gegeven het aanvaardbare risico van blootlegging.

Ik begrijp wel dat de gekozen manier van werken, i.e. een expert-judgement over de gecombineerde risico van blootlegging en begraving, het makkelijkst is in deze fase van de studie. Een aanbeveling voor vervolgonderzoek m.b.t. deze punten is gedaan in het rapport.

Inhoudelijke beoordeling

In het rapport is een onderzoek van Deltares naar de Morfologie van het oostelijk Waddengebied genoemd als input voor de huidige studie. Opgemerkt wordt dat de studie van Deltares niet speciaal voor de huidige studie maar binnen het kader van Beheer en Onderhoud Kust (een onderzoekprogramma ter ondersteuning van kustsuppletie) is uitgevoerd. De gegevens van de bodemhoogtes langs de beschouwde alternatieve routes van de afgelopen 30 jaar zijn aangeleverd door Deltares en gebruikt om een beeld te vormen over de morfodynamiek, t.b.v. het bepalen van de aanlegdieptes en het schatten van de risico tot blootlegging en begraving.

Ik blijf van mening dat het belangrijk is dat alle beschikbare kennis over het morfodynamische systeem van het gebied wordt benut bij de beschouwingen van de verschillende routes, zeker wanneer er een definitieve keuze en een definitief ontwerp moeten worden gemaakt. Het gaat om een omvangrijk investeringsproject in een beschermd natuurgebied. Dan moet er m.i. later meer aandacht aan de aspecten van morfodynamiek worden besteed dan in de huidige studie is gedaan. Morfodynamische ontwikkelingen zijn van belang voor zowel de aanleg als de ecologisch impact van het project.

Verder inhoudelijk nog de volgende opmerkingen:

- De gegevens over morfologische veranderingen van de afgelopen 30 jaar zijn gebruikt voor het bepalen van bijvoorbeeld de begraafdieptes. De keuze van de 30 jaar is gebaseerd op de beschikbaarheid van de digitale gegevens van de bodemhoogtes in het studiegebied. Geen beschouwing is gegeven of deze periode wel of niet lang genoeg is, maar het lijkt erop dat de aanname is gedaan dat de waargenomen lokale morfodynamiek voldoende informatie geeft over de toekomstige ontwikkelingen binnen de levensduur van de aan te leggen kabels en buizen. In mijn memo over de 80% rapportage heb ik de opmerking gemaakt dat oudere gegevens ook beschikbaar zijn, zij het niet in digitale vorm. Bij nadere inventarisatie is gebleken dat er inderdaad nog ouder kaartmateriaal beschikbaar is, maar voor het Groninger Wad gebied vallen de kwantiteit en kwaliteit van het materiaal tegen. Maar daar staat tegenover dat er nog recentere gegevens beschikbaar zijn voor de geulen, namelijk uit de beheerlodingen. De beheerlodingen zijn multi-beam metingen en leveren lokaal veel gedetailleerdere gegevens dan de vaklodingen zoals die nu zijn gebruikt. Aangeraden wordt alle beschikbare gegevens te verwerken en te gebruiken in de vervolgstudies over dit project.
- Met de kennis van en inzichten in het morfologische systeem kan men verder ook de ruimtelijke variabiliteit van de morfologie gebruiken bij het voorspellen van de mogelijke toekomstige veranderingen langs de routes.