



Kabels en onderstations

Windplan Blauw

Windvereniging SwifterwinT en Nuon Wind Development

4 mei 2018

Project Kabels en onderstations
Opdrachtgever Windvereniging SwifterwinT en Nuon Wind Development

Document Windplan Blauw
Status Definitief
Datum 4 mei 2018
Referentie UT615-46/18-006.703

Projectcode UT615-46
Projectleider K.A. Haans MSc
Projectdirecteur drs. D.J.F. Bel

Auteur(s) E.J. van Druten MSc, A.T.W. van Breukelen
Gecontroleerd door K.A. Haans MSc
Goedgekeurd door K.A. Haans MSc

Paraaf 

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	KABELS EN ONDERSTATIONS	5
1.1	Leeswijzer	5
1.2	Voornemen	5
1.2.1	33kV interne parkbekabeling	6
1.2.2	Onderstation	6
1.2.3	150 kV ontsluitingskabel	6
1.3	Milieueffecten kabels en onderstations	6
1.3.1	Magnetische velden	6
1.3.2	Geluid	7
1.3.3	Effect op ecologie	7
1.3.4	Bodem en water	8
1.3.5	Niet gesprongen explosieven	8
1.3.6	Waterkeringsveiligheid	8
1.3.7	Archeologie	9
1.3.8	Externe veiligheid	10
1.3.9	Landschap	10
1.4	Afweging alternatieven	11
1.4.1	Uitgangspunten schetsontwerp kabels en onderstation	12
1.4.2	Conclusie milieueffecten kabels en onderstations	12
2	SCHETSONTWERP EN AANLEGMETHODEN	13
2.1	Schetsontwerp kabels en onderstations	13
2.1.1	Status van het schetsontwerp	13
2.1.2	Beschrijving kabels en onderstation	14
2.2	Aanlegmethoden van kabels en onderstations	14
2.2.1	Aanlegmethoden 33 kV windparkbekabeling op water	15
2.2.2	Aanleg dijkkruising	17
2.2.3	Aanleg 33 kV windparkbekabeling op land	19
2.2.4	Aanlegmethoden Onderstations	20
2.2.5	Aanlegmethoden 150 kV ontsluitingskabel	20
2.2.6	Worst case uitgangspunten die zijn toegepast voor dit onderzoek	21
3	EFFECTBEOORDELING	22
3.1	Magnetische velden	23
3.2	Geluid	23

3.3	Ecologie	23
3.4	Bodem en water	25
3.5	Waterkeringsveiligheid	27
3.6	Niet gesprongen explosieven	27
3.7	Archeologie	28

4	REFERENTIES	29
---	--------------------	-----------

	Laatste pagina	29
--	----------------	----

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
--	-------------------	------------------------

I	Resultaten vertroebeling	10
II	Schetsontwerp	1
III	Magneetvelden	6
IV	Akoestisch onderzoek	3
V	Archeologie	3
VI	Waterkeringsveiligheid	2

1

KABELS EN ONDERSTATIONS

1.1 Leeswijzer

Dit rapport is een bijlage bij het MER Windplan Blauw en gaat over de aanleg van de kabels en de onderstations. Dit deel van het voornemen behoort niet tot de MER-plichtige activiteiten. Deze activiteiten worden in deze bijlage integraal behandeld.

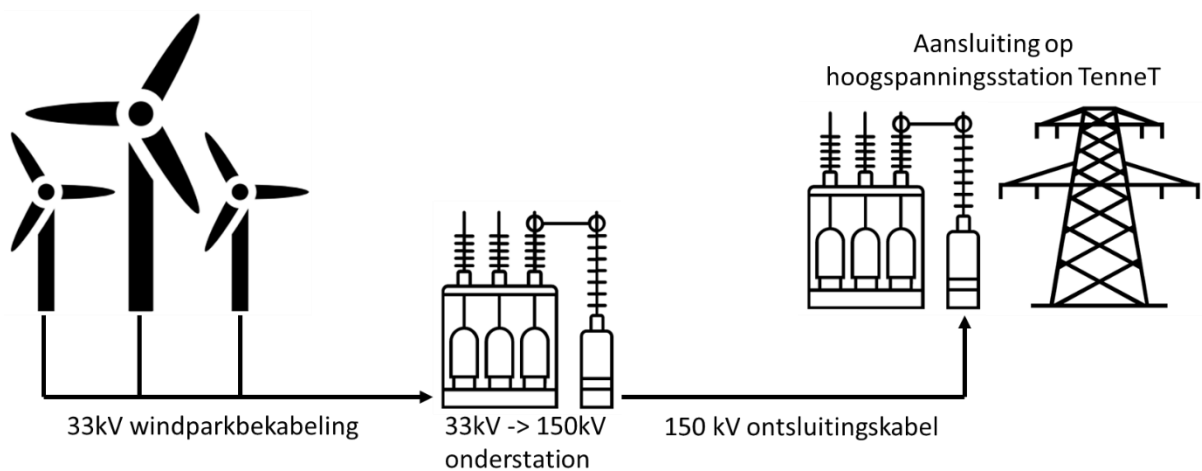
In dit hoofdstuk wordt het voornemen, de milieueffecten en de alternatievenafweging beschreven. In hoofdstuk 2 wordt eerst het schetsontwerp van de kabels en onderstations gepresenteerd gevolgd door de aanlegmethoden. Hoofdstuk 3 beschrijft vervolgens de effectbeoordeling op basis van het schetsontwerp gevolgd door de conclusie.

1.2 Voornemen

Voor Windplan Blauw worden voor de ontwikkeling van nieuwe windturbines daarbij ook de benodigde elektrische infrastructuur aangelegd. De volgende onderdelen maken deel uit van het voornemen Windplan Blauw en worden in dit bijlagerapport bij het MER beschouwd;

- 33 kV windparkbekabeling;
- de onderstations (maximaal twee);
- 150 kV ontsluitingskabel van de onderstations naar het hoogspanningsstation van TenneT.

Afbeelding 1.1 Schematische weergave voornemen



De aanleg van de hoogspanningskabels, met een spanningsniveau van 150kV of meer, is opgenomen in categorie D24.1 in de bijlage bij het Besluit milieueffectrapportage. Hiermee is dit een m.e.r.-

beoordelingsplichtige activiteit. Echter voldoet het 150 kV kabelontwerp ten behoeve van Windplan Blauw niet aan het criterium dat het tracé zich over een lengte van 5 kilometer of meer, door gevoelig gebied is gesitueerd. Doordat de oprichting van het Windpark Windplan Blauw wel m.e.r.-plichtig is (categorie C22.2), worden in het kader van de verplichting tot een vormvrije m.e.r.-beoordeling, is in dit hoofdstuk, de alternatievenafweging en effecten van de kabels en de onderstations beschouwd.

1.2.1 33 kV interne parkbekabeling

Elke windturbine is aangesloten op de interne windparkbekabeling die de geproduceerde elektriciteit ondergronds richting het onderstation brengt. Meerdere turbines kunnen op één verbinding¹, een zogeheten string worden aangesloten. De windparkbekabeling bevindt zich voor een deel op land en voor een deel op water, waarbij de IJsselmeerdijk gekruist moet worden. Een realistisch spanningsniveau is 33kV.

1.2.2 Onderstation

Een onderstation bestaat uit een relatief laag bouwwerk met een aantal technische componenten en enkele masten voor bliksemafleiding, afgeschermd door een hekwerk. De hoogte van de constructie is circa 6m, met uitzondering van de masten voor bliksemafleiding met een hoogte van circa 20 tot 30 meter. Windplan Blauw wordt aangesloten op het elektriciteitsnet via één of twee nieuw te bouwen onderstations.

1.2.3 150 kV ontsluitingskabel

Om Windplan Blauw aan te sluiten aan het hoogspanningsnet is een kabelverbinding nodig van de onderstations naar het hoogspanningstation van TenneT langs de A6. Uitgangspunt is dat deze verbinding ondergronds zal worden aangelegd. Een realistisch spanningsniveau is 150kV.

1.3 Milieueffecten kabels en onderstations

De milieueffecten van ondergrondse kabels zijn grotendeels beperkt tot de aanlegfase. Tijdens exploitatie treden in principe geen tot minimale effecten op de omgeving op door de kabels. De effecten tijdens de verwijderingsfase zullen naar verwachting vergelijkbaar zijn met de effecten tijdens de aanlegfase. Het gaat hierbij onder meer om kortdurende, tijdelijke effecten in verband met de aanwezigheid van werktuigen en verstoring van de bodem als gevolg van de verwijdering van de kabeltracés en de onderstations. De effecten worden niet separaat beschreven.

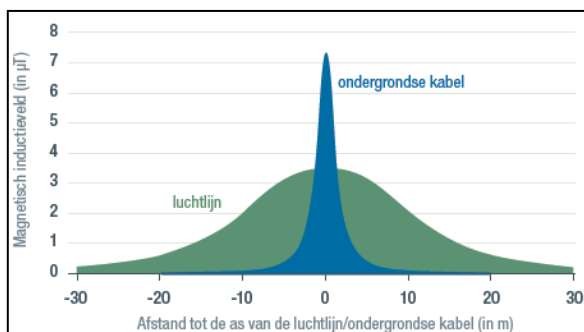
De te verwachten milieueffecten voor de kabels en de onderstations worden hieronder toegelicht voor de aanlegfase en exploitatiefase (waar van toepassing).

1.3.1 Magnetische velden

Rondom bovengrondse hoogspanningslijnen ontstaan elektrische en magnetische velden. Rondom ondergrondse kabels ontstaan enkel magnetische velden, de elektrische velden worden geïsoleerd door een metalen mantel. Het magnetisch veld is sterker dan bij bovengrondse lijnen, maar zwakt ook sneller af met de afstand. Ter illustratie hiervan geeft Afbeelding 1.2 de indicatieve magnetische velden onder een getransponeerde 150 kV-luchtlijn en boven een ondergrondse 150 kV-kabel, respectievelijk gemeten op 1,5m boven de grond en op grondniveau.

¹ Eén verbinding bestaat uit 3 kabels, welke in een nader te bepalen configuratie worden aangelegd.

Afbeelding 1.2 Magnetische veldsterkte rondom 150 kV bovengrondse lijn en ondergrondse kabel. Bron: Elia¹ (links)



Voor hoogspanningslijnen (bovengronds) wordt vanuit de Rijksoverheid een advies gegeven om voor nieuwe situaties, de jaargemiddelde magnetische veldsterkte niet hoger te laten zijn dan $0,4\mu\text{T}$ (0,4 microtesla), voor gevoelige objecten waar kinderen zich langdurig kunnen bevinden, zoals woningen, scholen en kinderdagverblijven. Deze advies is geformuleerd door VROM uit 2005². Deze waarde wordt ook door TenneT gevolgd³.

In dit advies wordt niet aangegeven dat dit advies ook geldt voor ondergrondse hoogspanningskabels, zoals ook geconstateerd wordt door de commissie m.e.r.⁴. Het magnetisch veld van een bovengrondse hoogspanningslijn, of een ondergrondse hoogspanningskabel is in essentie vergelijkbaar (alleen sterke en afstand verschillen, zie afbeelding 1.2). Om die reden worden de effecten van magnetische velden ook beschouwd voor de kabels ten behoeve van Windplan Blauw. Uitgangspunt voor het definitieve kabelontwerp en kabeltracé-ontwerp is om het advies op te volgen en de magnetische veldsterkte bij nabijgelegen gevoelige objecten van $0,4\mu\text{T}$ niet te overschrijden. De magnetische veldsterkte wordt met name beïnvloed door de ontwerpstroom, kabelconfiguratie en begraafdiepte. In paragraaf 3.1 zal voor de 33 kV en 150 kV kabels een project specifieke berekening gemaakt worden van de veldsterkte. Daaruit zal blijken op welke afstand zich de 0,4 microteslacontour bevindt.

1.3.2 Geluid

De geluidsproductie van een onderstation wordt voornamelijk veroorzaakt door de transformatoren. De geluidsproductie wordt in enige mate afgeschermd door wanden. De geluidsemisatie is per richting verschillend, dit is afhankelijk van de geluidswerende wanden rondom het onderstation. De 40 dB geluidscontour ligt bij een bronvermogen van 88dB(A) op 100 tot maximaal 350 meter. Wanneer een onderstation dus op meer dan 350 meter van een gevoelig object worden geplaatst zijn deze niet onderscheidend noch significant. Uitgangspunt is dat de afstand tot een gevoelig object groter is dan 350 meter. Voor het schetsontwerp wordt akoestisch onderzoek uitgevoerd, om te bevestigen dat voldaan wordt aan de 40 dB norm, op de gevel van omringende woningen. De resultaten van dit akoestisch onderzoek gepresenteerd worden in paragraaf 3.2.

1.3.3 Effect op ecologie

Het aanleggen van de 33 kV kabels in het water leidt tot vertroebeling, dit effect is tijdelijk van aard en verwaarloosbaar klein (Passende Beoordeling Windplan Blauw, 2017). Om dit ook voor de lokale situatie en voor alle aanlegmethoden te bevestigen is in Bijlage I een kwantificering van vertroebeling opgenomen, en de effecten daarvan voor het milieu.

¹ <http://www.elia.be/nl/veiligheid-en-milieu/environmental-compliance/elektrische-en-magnetische-velden>

² Beleidsadvies VROM 2005 1-2.

³ Brochure TenneT 2008; Elektrische en magnetische velden.

⁴ Cmer 15 sept 2016; Net op zee Hollandse Kust (Zuid), Tussentijds toetsingsadvies over het milieueffectrapport.

Uitgangspunt bij de locatiekeuze van onderstations is dat een centrale ligging gewenst is (minimaliseren van kabeltracés), hierdoor kunnen deze in de nabijheid van bossen geplaatst worden. Uitgangspunt hierbij is dat de onderstations buiten natuurgebieden worden geplaatst. Door het hanteren van dit uitgangspunt kunnen de onderstations maximaal een indirect effect (geluidsbelasting) hebben op dit natuurgebied en haar waarden zoals het Ketelbos en het Swifterbos. Gezien de beperkte geluidsbelasting van het onderstation kan in het ontwerp rekening gehouden worden met indirecte effecten zodat de invloed zich altijd beperkt tot de rand van het natuurgebied.

Bij de aanleg van kabels kan mogelijk een effect op treden langs tochten en sloten waar soorten (zoals de modderkruiper) voor kunnen komen. Uitgangspunt is daarom dat geen sloten of tochten gedempt worden bij de aanleg van kabels. De kabels onder sloten en tochten zullen aangelegd worden door een gestuurde boring of persing hierdoor zullen er geen aanzienlijke nadelige gevolgen voor het milieu optreden.

1.3.4 Bodem en water

De aanleg van de kabels en de onderstations leiden tot de ingrepen ontgraving/boring en mogelijk (tijdelijke) onttrekking van grondwater. Deze ingrepen kunnen op de volgende criteria effect hebben;

- morfologie;
- bodemkwaliteit;
- zettingen.

Naar verwachting is er geen significant en onderscheidend effect in de keuze van het schetsontwerp. Daarom is dit criterium alleen in hoofdstuk 3 behandeld.

1.3.5 Niet gesprongen explosieven

De realisatie van de kabels en de onderstations leidt tot roering van de bodem waardoor tijdens de aanlegfase mogelijk niet-gesprongen explosieven in en nabij het projectgebied, tot ontploffing kunnen komen. Naar verwachting is er geen significant en onderscheidend effect in de keuze van het schetsontwerp. Daarom is dit criterium alleen in hoofdstuk 3 behandeld.

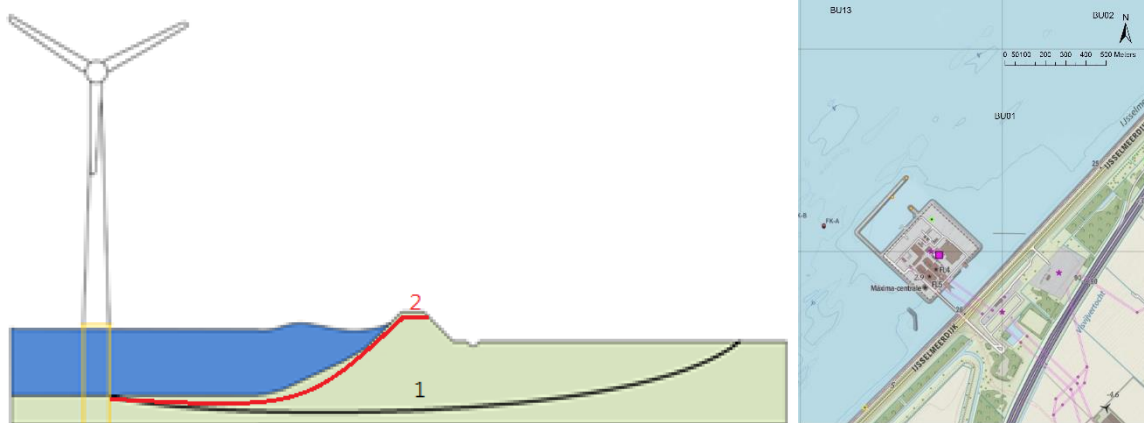
1.3.6 Waterkeringsveiligheid

De dijkkruising (33 kV) is een onderscheidend onderdeel van het kabeltracé, hiervoor zijn de volgende drie varianten zoals weergegeven afgewogen:

- 1 horizontaal gestuurde boring (traditionele HDD-boring) onder de waterkering door;
- 2 de kabel wordt over de kering gelegd in combinatie met een gestuurde boring naar het IJsselmeer. De gestuurde boring begint aan de binnenkant van de dijk vanaf de kruin op circa 1 meter onder maaiveld in de dijk;
- 3 aansluitvariant Maxima centrale, waarbij de kabels over het IJsselmeer worden aangelegd naar de Maxima centrale. Hierbij kan eventueel gebruik gemaakt worden van bestaande infrastructuur van de Maxima centrale.

De drie varianten voor de kabelkruising zijn in tabel 1.1 opgenomen. Daarin zijn voor- en nadelen weergegeven.

Afbeelding 1.3 Dijkkruising varianten 1 en 2 (links) en Maxima centrale (rechts)



Tabel 1.1 Overzicht van kabelvarianten beoordeeld op pluspunten en nadelen

Variant	Pluspunten	Nadelen
1. Traditioneel HDD-boring onder de dijk NEN-norm	Verwaarloosbaar tot geen effect op waterkering conform NEN-normen 3650 en 3651.	Door het verschil tussen de waterstand in het IJsselmeer en grondwaterstand van de polder bestaat risico op kwel. Dit effect is mitigeerbaar door een gedegen boorplan met de volgende maatregelen: <ul style="list-style-type: none"> - tijdens de aanlegfase de booropstelling te plaatsen op een tijdelijke terp; - de boring zodanig dimensioneren dat deze langer is dan de natuurlijke kwelweglengte.
2. Boring naar de kruin van de dijk en over de dijk in open sleuf leggen ¹	Hoge uitrede van de kabel leidt tot geen kweldruk.	Boring door kernzone van de waterkering (invloed faalkans waterkering). Open sleuf over de binnenzijde van de dijk leidt tot verzwakking van de dijk.
3. Aansluitvariant Maxima-centrale	Mogelijk voordeel door het kruisen van waterkering op minder zwak punt.	Waterkering IJsselmeerdijk wordt nog steeds gekruist, alleen dan ter hoogte van de Maxima-centrale. Juridische risico's in het kader van Elektriciteitswet: verschillende leveranciers mogen niet op dezelfde elektriciteitsaansluiting aangesloten zijn.

Op basis van de resultaten in de tabel wordt duidelijk dat van de drie varianten de variant 1 traditioneel HDD-boring het best wordt beoordeeld. De HDD-boring leidt tot een verwaarloosbaar effect en daarom wordt deze variant als neutraal beoordeeld. Om risico's die een HDD-boring met zich meebrengt te controleren is een gedegen boorplan nodig. Onderdeel hiervan zal zijn dat tijdens de aanlegfase zal de HDD-boring moet plaatsvinden vanaf een tijdelijke terp, om het waterstandverschil tussen het IJsselmeer en de boorstelling op te heffen. Na afwerken van de boring en kabelverbinding kan de terp worden verwijderd. Wel moet de boring zodanig gedimensioneerd worden dat deze langer is dan de natuurlijke kwelweglengte².

1.3.7 Archeologie

In de opstellingsvarianten IR, IA en IB en het uiteindelijke voorkeursalternatief zijn meerdere turbines voorzien binnen archeologisch waardevol gebied. Om de kabels en onderstations aan te leggen vinden er grondroerende werkzaamheden plaatsvinden in archeologisch waardevol gebied. Dit effect kan niet worden vermeden, wel kan het effect worden beperkt door de lengte en breedte van de kabel(goten) in dit gebied te

¹ Uitvoeringswijze boring Windpark Noordoostpolder (NOP).

² Kwelengte is de afstand, die het water door de grond moet afleggen om aan de binnenkant van een waterkering uit de grond te kunnen stromen.

beperken. Het uitgangspunt is daarom de minimalisatie van de lengte van het tracé. Voor dit tracé is vanzelfsprekend ook archeologisch onderzoek nodig in het kader van de Archeologische Monumenten Zorg.

1.3.8 Externe veiligheid

De voorziene onderstations Windplan Blauw zijn geen inrichting conform artikel 2 en 3 van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Hierdoor is het Bevi niet van toepassing op deze onderstations. In het onderstation worden specifieke technische en procedurele maatregelen gerealiseerd om de gevolgen voor de omgeving te beperken in geval van ongewone voorvallen.

Hoewel het onderstation geen inrichting is kunnen wel de twee volgende risicoscenario's voordoen:

- brand;
- explosie.

Om de kans hierop te minimaliseren wordt de locatie voorzien van verschillende brandveiligheidsvoorzieningen. Er vindt geen opslag van brandgevaarlijke stoffen plaats. Medewerkers zijn opgeleid om alle situaties op het station te kunnen controleren en beheren.

Op het buitenterrein vinden geen brandgevaarlijke activiteiten plaats. De ruimtes van gebouwen op het transformatorstation worden ontworpen conform de functionele eisen op het gebied van ventilatie en verlichting. In het ontwerp van de elektrische installaties wordt veel aandacht geschonken aan een goede thermische huishouding van kabels en installaties (voorkomen van overbelasting van kabels en componenten).

De koeler batterijen en transformatoren worden beschermd tegen brand- en explosiegevaar van een naastliggende transformator door het plaatsen van een scherfwand. De hoogte van de brandwerende scherfwand is minimaal tot boven de hoogste oliehoudende delen. De breedte van de brandwerende scherfwand is minimaal de breedte van de olieopvang noodzakelijk voor de oliebergiging bij calamiteiten (IEEE 980). De indeling van de buitenopstelling moet zodanig zijn dat bij brand van een transformator dit niet kan leiden tot brand bij een andere transformator of hierbij behorende delen zoals een koeler. Waar een transformator een losstaande koeler batterij heeft, wordt tussen de koeler batterij en de transformator ook een scherfwand geplaatst voor explosiegevaar.

Hieruit wordt opgemaakt dat het risico hoofdzakelijk is beperkt tot het onderstation. Hiernaast is de minimale afstand van het onderstation tot een beperkt kwetsbaar object 350 meter (zie het thema geluid, waarbij een afstand van 350 aangehouden wordt tot een gevoelig object). De kans dat het onderstation een incident veroorzaakt op een (beperkt) kwetsbaar object is daarmee uitgesloten. Geconcludeerd kan worden dat voor het thema externe veiligheid geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

1.3.9 Landschap

Een onderstation bestaat uit een relatief laag bouwwerk met een aantal technische componenten en enkele masten voor bliksemafleiding, afgeschermd door een hekwerk. De hoogte van de constructie is circa 6 m, met uitzondering van de masten voor bliksemafleiding met een hoogte van circa 20 tot 30 meter. Windplan Blauw wordt aangesloten op het elektriciteitsnet via één of twee nieuw te bouwen onderstations, zie afbeelding, zie afbeelding 1.4 voor een weergave van een onderstation.

Afbeelding 1.4 Voorbeeld van een onderstation uit windpark Prinses Alexia



De inpassing van één of twee nieuw te bouwen onderstations leidt tot een verandering van het huidige landschap, momenteel is dit hoofdzakelijk open, agrarisch polderlandschap. Deze verandering zorgt voor visuele impact op microniveau (directe omgeving <1 km). Ongeacht de locatie(s) zal er altijd sprake zijn van visuele impact op microniveau. Hierbij dient er rekening gehouden te worden met het beeldkwaliteitsplan.

In het beeldkwaliteitsplan staat: *'In het gebied zijn een of enkele inkoopstations nodig. Dit worden vermoedelijk omvangrijke bouwwerken die opvallen in het landschap. Deze gebouwen dienen in samenwerking met een architect te worden vormgegeven. Uitstraling van de gebouwen mag technisch zijn: windenergie gaat immers om energieopbrengst. Wenselijk is een compacte bouw, leesbare uitstraling, geen hekken, uitleg en educatie over de functie van het gebouw en aansprekende vormgeving.'*

Als aangesloten wordt bij het beeldkwaliteitsplan dan is de locatie van de stations minder van belang. Mocht hier gemotiveerd van afgeweken worden in de ontwerpfase¹ dan dient er zoveel mogelijk rekening gehouden te worden met de huidige landschappelijke structuren; bijvoorbeeld de open landschapskamers. Afhankelijk van de plaatsing midden in de landschapskamers, of bijvoorbeeld ingepast met ligging aan een weg met agrarische bedrijvigheid met erfbeplanting is er meer of minder impact op de beleving van de ruimte. Bij afwijking van het beeldkwaliteitsplan dient een nadere landschappelijke inpassingsstudie uitgevoerd te worden.

1.4 Afweging alternatieven

Alle alternatieven behoeven aansluiting van de windturbines op het bestaande hoogspanningstation van TenneT. De locatie van de kabels en de onderstation(s) zijn voor de verschillende alternatieven niet onderscheidend mits de volgende uitgangspunten in acht worden genomen.

¹ Hoe onderstations landschappelijk ingepast kunnen worden staat beschreven in de handreiking landschappelijke inpassing TenneT (definitieve versie, 2015, pagina 53).

1.4.1 Uitgangspunten schetsontwerp kabels en onderstation

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing op het ontwerp van het onderstation en de kabeltracés, daarmee kunnen onderscheidende en significante effecten uit worden gesloten:

- minimalisatie van de lengte van het tracé, hierdoor worden milieueffecten, kosten en technische uitvoering overwegend beperkt;
- voldoende afstand kabels tot woningen en andere gevoelige objecten (voor geluid en Magnetische velden), minimaal 5 meter, bij voorkeur 10 meter;
- centrale ligging onderstations in het windpark om de hoeveelheid 33 kV windparkbekabeling en de daarbij behorende elektrische verliezen te beperken;
- Als minimale afstand tussen onderstation en gevoelig object wordt een afstand van 350 meter aangehouden;
- beperk zoveel als mogelijk de kruisingen met de huidige watersystemen, hierbij is het dempen van sloten uitgesloten. De voorkeur gaat uit naar persing of gestuurde boringen onder de watergangen door, daarmee kunnen ecologische effecten uitgesloten worden voor soorten die leven in en nabij sloten en tochten;
- het totale plangebied bevindt zich binnen archeologische verwachtingszones. Voor het vrijgeven van de locatie is vervolgonderzoek benodigd.
- de effecten van de kabels en het onderstations op bodem en water zijn niet negatief en niet onderscheidend per locatie;
- bij deze aanleg van de bekabeling zullen geen effecten op de bodemkwaliteit optreden, doordat de uitgeplaatste grond wordt teruggebracht na aanleg van de bekabeling.

1.4.2 Conclusie milieueffecten kabels en onderstations

De locatie van de kabels en de onderstations zijn niet onderscheidend indien deze zodanig ontworpen worden dat er voldoende afstand tot woningen en andere gevoelige objecten is (voor geluid en magneetvelden). De ontwerpuitgangspunten die van toepassing zijn op de kabels en het onderstation zijn beschreven in paragraaf 1.4.1. Door de centrale ligging in het plangebied kan de hoeveelheid (lengte) van de kabels van de windturbines naar het onderstation (de parkbekabeling), en de daarbij behorende elektrische verliezen beperkt worden. Om bovenstaande voor het schetsontwerp van de kabels en de onderstations te bevestigen worden in hoofdstuk 3 de detaileffecten hiervan uitgewerkt.

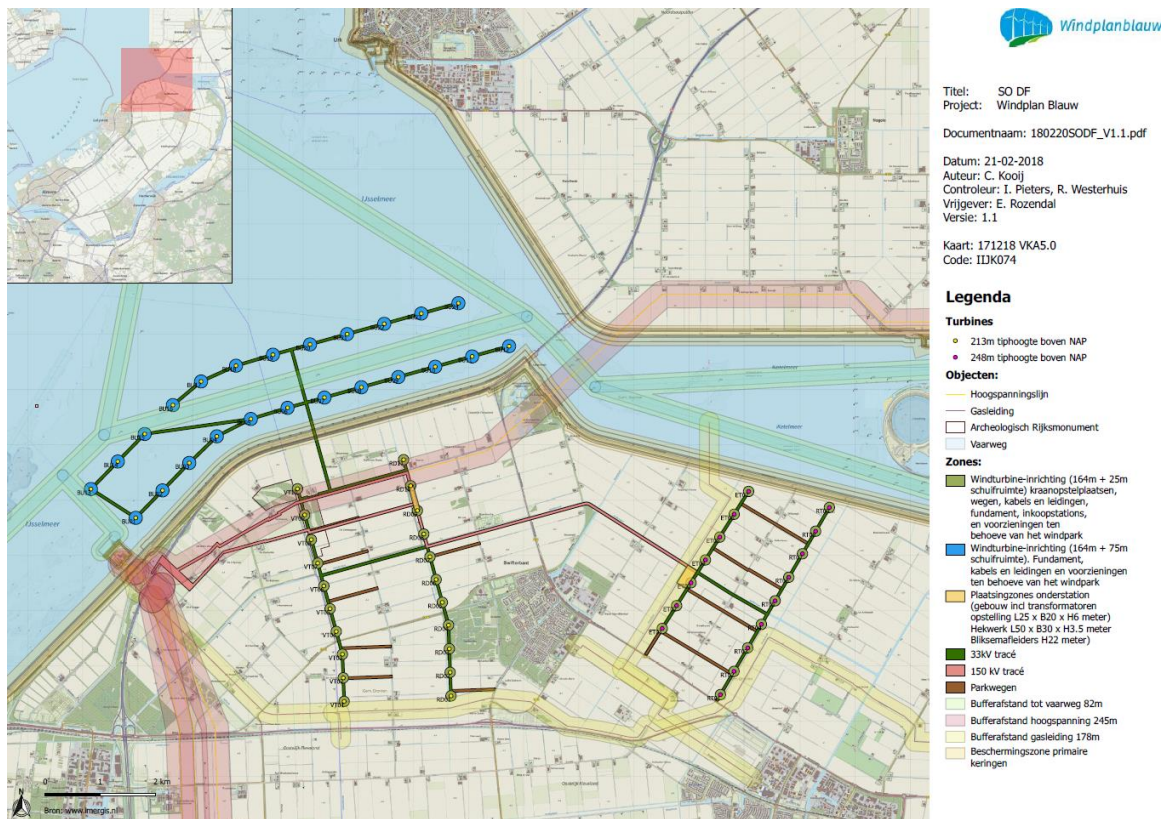
2

SCHETSONTWERP EN AANLEGMETHODEN

2.1 Schetsontwerp kabels en onderstations

In deze paragraaf is het schetsontwerp (zie Afbeelding 2.1 en bijlage II voor een grotere weergave) beschreven voor de elektrische infrastructuur. In verschillende ontwerpssessies is rekening gehouden met de uitgangspunten beschreven in paragraaf 1.4.1.

Afbeelding 2.1 Schetsontwerp kabels en onderstations



2.1.1 Status van het schetsontwerp

Dit schetsontwerp geeft inzicht in de elektrische infrastructuur benodigd voor de realisatie van Windplan Blauw. Dit schetsontwerp is bedoeld voor de planfase van het windpark. Na vaststelling van het inpassingsplan wordt de elektrische infrastructuur verder uitgewerkt en kan deze dus op detailniveau nog wijzigen.

Mogelijke wijzigingen na vaststelling inpassingsplan

De turbinesselectie (die pas plaatsvindt na vaststelling van het inpassingsplan) bepaalt in grote mate de benodigde capaciteit van de elektrische infrastructuur. In deelgebied oost is in het schetsontwerp een tweede onderstation opgenomen. Een hoog vermogen van windturbines kan er namelijk voor zorgen dat een tweede onderstation nodig is. In dat geval is ook een 150 kV tracé tussen deelgebied oost en west nodig. Om die reden is een 150 kV tracé weergegeven tussen deelgebied Oost en West. Het is dus niet zeker of dit tracé op 150 kV of op 33 kV komt.

Daarnaast bepaalt het vermogen van de gekozen windturbine hoeveel windturbines aangesloten kunnen worden op één 33 kV kabel¹, en dus hoeveel kabels binnen één tracé moeten worden getrokken.

Onderstaand is ieder onderdeel van het schetsontwerp voor elektrische infrastructuur beschreven.

2.1.2 Beschrijving kabels en onderstation

Voor de kabels op land volgt het schetsontwerp steeds de kortste afstand tussen de windturbines (aangegeven met nummers).

De elektriciteit van alle windturbines wordt samengebracht in het onderstation tussen turbines RD10 en RD09. Vanaf daar wordt de elektriciteit getransporteerd middels een 150 kV-tracé naar het hoogspanningsnetwerk van TenneT te Lelystad.

Onderstations: twee opties

Voor windplan Blauw zijn mogelijk twee onderstations nodig. Dit heeft te maken met de uitwerking van het windpark. Indien de vermogens van de geselecteerde windturbines in deelgebied Oost klein genoeg is om de elektriciteit te transporteren met een 33 kV kabel wordt gekozen om het tweede onderstation in deelgebied oost niet te bouwen. Dan is het verbinden van de parkdelen in deelgebied oost en deelgebied west met een 150 kV tracé ook niet nodig, dit zelfde tracé wordt dan uitgevoerd met een 33 kV-kabel.

150 KV-tracés: twee opties

Voor het 150 kV tracé vanaf het centraal gelegen onderstation (nabij RD10) richting het hoogspanningsstation van TenneT bij de A6 liggen nog twee tracé-opties open. De zuidelijke optie volgt een zo direct mogelijke lijn richting het hoogspanningsstation van TenneT, conform het uitgangspunt minimalisatie van de lengte van het tracé. De noordelijke optie volgt het bestaande bovengrondse TenneT hoogspanningstracé, omdat dit tracé reeds de bestemming van elektrische infrastructuur kent.

Kabels in het IJsselmeer

Voor de windparkbekabeling op water is er geen kabel tussen turbinepositie BU15 en BU16 ingetekend, met als reden om niet onnodig de te verdiepen Molenrak vaargeul (door het Molenrak) te kruisen. Turbines BU13, BU14 en BU15 kunnen namelijk aangesloten worden zonder de vaargeul te kruisen door een verbinding te maken tussen turbines:

- BU15 en BU5 parallel aan de vaargeul, of
- tussen turbines BU13 en BU1 nabij de Maxima centrale.

De voorgenoemde opties liggen nog open. De windparkbekabeling op water zal zodoende slechts op één plek de vaargeul kruisen, namelijk in het verlengde van de dijkkruising (ter hoogte van BU06 en BU19).

2.2 Aanlegmethoden van kabels en onderstations

Om een beter beeld te krijgen van de ingreep-effectrelaties binnen de kabels en onderstations worden in deze paragraaf de aanlegmethoden besproken. Voor sommige ingrepen ligt de aanlegmethode al vast, voor

¹ Een realistisch spanningsniveau is 33 kV.

andere zijn er nog meerdere opties. Indien er meerder mogelijke aanlegmethoden zijn worden deze benoemd en wordt vastgesteld welke tot worst case effecten leidt, deze worst case referentiemethode wordt gebruikt ten behoeve van de effectbeoordeling.

2.2.1 Aanlegmethoden 33 kV windparkbekabeling op water

Inleiding

De windturbines worden via ondergrondse 33 kV elektriciteitskabels (middenspanning) met elkaar en met het onderstation op land verbonden. Er kunnen circa zes windturbines met elkaar worden verbonden in een zogeheten string. De diepte van de kabels dient nog nader bepaald te worden. Voor het deel in het IJsselmeer is het uitgangspunt dat de kabels op een diepte van circa 2 meter onder de waterbodem worden neergelegd. Voor het deel op land is het uitgangspunt dat de kabels op een diepte tussen de 0,8 en 2 meter komen te liggen¹.

De kern van het leggen van kabels is het maken van sleuven, het leggen van de kabel(s) en het opvullen van de sleuf. Deze stappen kunnen opeenvolgend of tegelijk worden uitgevoerd, afhankelijk van de gehanteerde methode.

De elektriciteitskabels worden geproduceerd in een kabelfabriek. De kabelstukken of kabel aan één stuk wordt opgerold op haspels en vervolgens op één of meerdere grote trommels op een transport- of kabelinstallatieschip naar de locatie vervoerd. Voor alle bekabeling op water is naar verwachting² slechts één transport nodig.

Aanleg op water

Voor de installatie van de kabels positioneert het kabelinstallatieschip zich bij de windturbine die wordt aangesloten. De kabel wordt allereerst met een kabelhaspel op de windturbine, vanaf het schip de windturbine ingetrokken. Daarna wordt de kabel bij de windturbine ingegraven en vaart het schip naar de volgende windturbine, terwijl de kabel continu wordt ingebracht in de waterbodem. Hiermee wordt slepen van kabels over de waterbodem of door het water voorkomen, dit voorkomt onnodige bodemroering. Bij de volgende turbine positioneert het schip zich opnieuw en wordt opnieuw een kabelhaspel op de windturbine geplaatst. De kabel wordt doorgesneden en de windturbine ingetrokken. In de windturbine wordt de kabel verbonden met een eindsluiting, die later wordt gebruikt voor het aansluiten van de schakelapparatuur en de transformator in de windturbine. Indien nodig wordt het installatieproces van de kabels door duikers begeleid en wordt de kabel rondom de windturbine extra beschermd tegen mogelijke ankerschade.

De volgende installatiemethodes zijn toepasbaar (soms gecombineerd):

- ploegen;
- kettinggraver (chain cutter);
- fluidiseren (jetten);
- baggeren.

De eerste drie methoden wordt ook wel naar gerefereerd als 'trenchen'; het maken van smalle trenches. Bij baggeren is het noodzaak om breder te graven om stabiele taluds te verkrijgen. In paragraaf 3.3 wordt de vertroebeling voor alle 4 de technieken gekwantificeerd en komt naar boven dat baggeren de worst-case aanlegmethode is.

Ploegen

Bij het ploegen van de kabel wordt een installatie met een ploeg of zogenaamd 'zwaard' (zie Afbeelding 2.2) ervoor door de bodem getrokken. Dit gebeurt nadat de kabels op de waterbodem zijn gelegd. Het zwaard maakt een snede (geul) in de bodem en de kabel wordt tegelijkertijd aan de achterzijde van de installatie in de geul gevoerd. De geul sluit zich vanzelf na het leggen van de kabel. Bij een aantal installaties bevinden

¹ Op land is dit ook mede afhankelijk van de drainage. Om overlast te beperken is de voorkeur boven de drainages te blijven.

² Ter vergelijking; voor windpark Westermeerwind, bestaande uit 48 windturbines op water, betrof dit één transport.

zich voor de ploeg jets (spuitlansen) die water voor het blad spuiten (fluidiseren) om de bodem zacht te maken en het ploegen te vergemakkelijken. Dit vermindert de kracht waarmee de ploeg wordt getrokken. De installatie van een ploeg, veelal op een slede, kan worden getrokken door een schip of kan een zelfstandige installatie op rupsbanden zijn. De bodemroering met een ploeg is minimaal. De breedte van de snede is minimaal, circa 30 cm tot een meter. De ploeg zelf sleept/rijdt ook over de bodem en heeft een contactoppervlak van zo'n 5 meter breedte waarbij de slede over de bodem glijdt. Een alternatieve uitvoering is een vibro-ploeg, die met name voor kleigronden toepasbaar is. Ploegen kunnen worden ingezet in ondiep water. Ploegen die een V-vormige opening maken in plaats van een smalle insnijding in de bodem zijn niet toepasbaar in ondiep water (circa < 10 m) door de diepgang van het schip dat vereist is om de ploeg te trekken. De waterdiepte is lager dan 10 meter in het IJsselmeer hierdoor is een ploeg die een V-vormige opening maakt niet van toepassing voor windplan Blauw.

Afbeelding 2.2 Ploeg. Bron: www.vbms.com



Kettinggraver (chain cutter)

Een zelfrijdende kettinggraver graaft door middel van een ronddraaiende ketting een smalle geul, zie Afbeelding 2.3. Eventueel ondersteund met spuitlansen om de bodem zacht te maken. Ook bij deze techniek worden de kabels vooraf op de waterbodem gelegd. Een kettinggraver kan in ondiepe wateren worden toegepast en is met name geschikt voor hardere bodems tot rotsbodems. De kettinggraver maakt een geul waarin de kabel kan worden gevoerd, direct achter de graver. De geul heeft een beperkte breedte tot circa een halve meter. De bodem sluit zich vanzelf in zachte bodems zoals het geval bij de IJsselmeerbodem. De installatie heeft een breedte van circa 5-6 meter. Bodemroering beperkt zich tot de geul en de bodem waarover de installatie zich voortbeweegt of wordt voortbewogen.

Afbeelding 2.3 Chain cutter (trench former VBMS). Bron: www.vbms.com



Jetten

Bij het jetten wordt door middel van een spuitlans de bodem door inspuiten van water vloeibaar gemaakt waardoor de kabel door zijn eigen gewicht in de bodem zakt of door middel van rollers wordt ingevoerd in de bodem op de gewenste diepte, zoals weergegeven in Afbeelding 2.4. Deze techniek leent zich ervoor om simultaan met het leggen van de kabels toegepast te worden. Een minimale waterdiepte van zo'n twee tot 2,5 meter is nodig om deze installatiemethode te kunnen toepassen. De bodemroering beperkt zich tot een smalle sleuf van circa 30 - 50 cm. De installatie, bijvoorbeeld een slede, heeft een breedte van circa 5-10 meter.

Afbeelding 2.4 Jetting tool (Burial sledge system VBMS), bron: www.vbms.com



Baggeren

Door middel van het baggeren wordt een tijdelijke geul gecreëerd waarin de kabel kan worden gelegd. Bodemmateriaal wordt naar de zijde van de geul, met een talud van circa 1:5, verplaatst en na het leggen van de kabel gebruikt om de kabel te bedekken en de geul te sluiten. De geul heeft een breedte van circa 21 meter en wordt gerealiseerd door een baggerinstallatie. Baggeren is minder geschikt voor het leggen van kabels, vanwege de relatief lange doorlooptijd en de noodzaak om breder te graven dan noodzakelijk om stabiele taluds te verkrijgen.

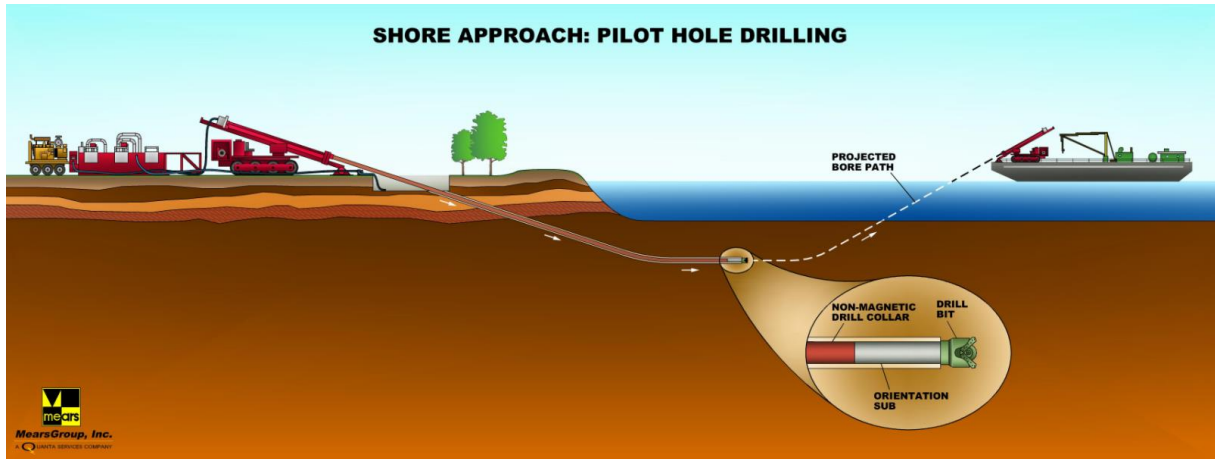
2.2.2 Aanleg dijkkruising

Voor de dijkkruising is een variantenbeoordeling gedaan (zie paragraaf 1.3.6) en is er voor een horizontaal gestuurde boring (HDD) gekozen. De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring is opgebouwd uit drie fasen: pilotboring, ruimfase en intrekken. Voorafgaand aan de uitvoering van een horizontaal gestuurde boring wordt geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd. Afhankelijk van de eisen van de vergunningverlenende instantie kan dit onderzoek bestaan uit sonderingen, handboring of andere geotechnische grondonderzoeken. De gegevens hiervan dienen als input voor de sterkte- en boorvloei- en stofdrukberekeningen en het boorplan. Van elke boring worden tekeningen gemaakt welke de boring volledig in kaart brengt. Deze documenten worden ingediend bij de vergunningverlenende instanties als onderdeel van het boorplan. Vooraf wordt de locatie gereed gemaakt en wordt een tijdelijke terp geplaatst voor de boorinstallatie.

Pilotboring

Ten eerste wordt vanaf het intredepunt een pilotboring uitgevoerd in het ontworpen tracé. Het proces van de pilotboring wordt in Afbeelding 2.5 weergegeven. In deze afbeelding wordt geen tijdelijke terp weergegeven, maar zal voor dit project wel zijn nodig om het waterstandverschil tussen het IJsselmeer en de boorstelling op te heffen. Na de intrede wordt gestart met een rechtstand gevolgd door een neergaande bocht, een horizontaal gedeelte zoals te zien in de afbeelding, na de opgaande bocht wordt het uittredepunt bereikt. Tijdens de eerste fase worden de coördinaten van de pilotboring door middel van driedimensionale plaatsbepaling van de pilotboring verkregen. Bijvoorbeeld middels een gyroscoopmeetsysteem.

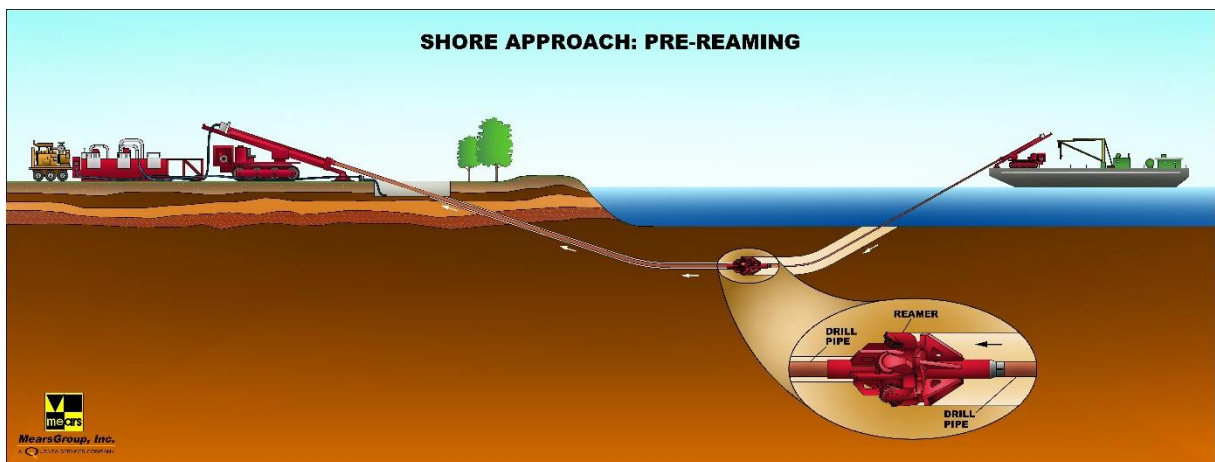
Afbeelding 2.5 Pilotboring van een HDD. Bron www.mearshdd.net



Ruimfase

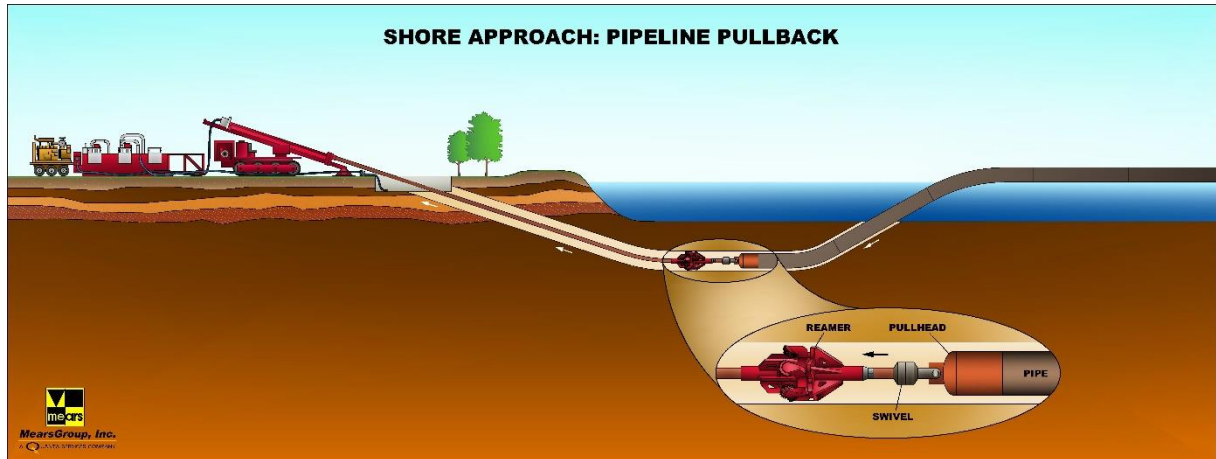
Na de pilotboring volgt de ruimfase om het boorgat om de juiste diameter te brengen. Bij traditioneel ruimen, zoals in Afbeelding 2.6, wordt de ruimer vanaf een ponton aangekoppeld en met een boorstelling vanaf de waterkant begeleid. Het alternatief voor traditioneel ruimen is voorwaarts ruimen, waar er geen ponton of jack-up nodig. Hierbij wordt de ruimer voorwaarts in het boorgat geduwd. Voor dit project zijn beide opties mogelijk, maar er wordt van voorwaarts ruimen uitgegaan om benodigd materiaal op water te beperken.

Afbeelding 2.6 Ruimfase van een HDD. Bron www.mearshdd.net



Intrekken van de mantelbuis

Zodra het boorgat de juiste diameter heeft kan de mantelbuis worden ingetrokken. Er is een schip inclusief duikers nodig voor aankoppelen mantelbuis. Daarna kan de boorstang vanaf de landzijde worden teruggetrokken waarmee de mantelbuis op zijn plek komt. Na de aanlegfase zal de boorvloestof uitharden en kan de tijdelijke terp verwijderd worden. En kunnen aan weerszijden de kabels worden gelast ten behoeve van het vervolg tracé.



2.2.3 Aanleg 33 kV windparkbekabeling op land

De kabelverbinding op land wordt aangelegd door de kabels over de gehele lengte van de verbinding in te graven of te ploegen tot een diepte van maximaal 2 meter. Waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van ploegen aangezien hiervoor geen of zeer beperkt grondwaterbemaling is vereist en dit een snelle aanleg mogelijk maakt. Een open ontgraving leidt tot meer bodem roering, waarmee dit de worst case aanlegmethode is.

kruising kabels, wegen of water(wegen)

Op plekken waar het tracé andere kabels, wegen of water(wegen) kruist, wordt gebruik gemaakt van gestuurde boringen of persingen. Hierbij worden op zekere afstand van de kruising, mantelbuizen de grond in geboord. De effecten van de gestuurde boring en persing zijn vergelijkbaar, echter is voor een boring ook nog boorvloeistof nodig, waarmee dit de worst-case aanlegmethode is voor kruisingen op land.

Open ontgraving

Door middel van een open ontgraving wordt een sleuf met de gewenste breedte gecreëerd, waar de kabel in wordt gelegd en waarna de sleuf weer wordt gedicht. De uitgangsdiepteligging voor dit project is tussen de 0,8 en 2 meter. De breedte van de sleuf is tussen de 2,20 en 4.20 meter afhankelijk van het aantal verbindingen.

Ploegen

Ook op land wordt bij het ploegen van de kabel een installatie met een zogenaamd 'zwaard' (de ploeg) ervoor door de bodem getrokken. Dit kan bijvoorbeeld voor een bulldozer worden gemonteerd, waarachter een voertuig de kabel transporteert en deze direct in de geploegde sleuf legt, zie Afbeelding 2.8. De kabels kunnen tot op een diepte van circa twee meter worden gelegd. Ononderbroken kan deze combinatie in ongeveer 20 minuten 1 km kabel leggen.

Afbeelding 2.8 Voorbeeld van een ploeg-installatie. Bron: Alsema b.v.



Persing

Het leggen van een kabeltracé door middel van een persing is tevens een sleufloze techniek. Bij het maken van een persing wordt een stalen mantelbuis door middel van een persluchtraket horizontaal de grond in geslagen. Nadat de buis in de grond geslagen is wordt door middel van een schuimprop en perslucht of een luchtlans deze schoongebazen. Als de buis schoon is kunnen de kabels en leidingen er door gevoerd worden. Het is mogelijk om persingen te maken met een diameter tot 400 mm en een lengte tot 10 meter. Het voordeel van een persing is dat er weinig schade aangericht wordt aan het oppervlak. Een nadeel is dat een persing alleen in een rechte lijn gemaakt kan worden. Hierdoor is deze techniek juist wel geschikt om een weg, oprit of tuin te kruisen.

2.2.4 Aanlegmethoden Onderstations

Op land worden maximaal twee onderstations gebouwd en vervolgens vindt de aansluiting op het plaats middels een 150 kV-tracé. Het onderstation staat op een betonnen fundering op staal of op geheide palen. Het transformatorgebouw wordt op locatie gebouwd. De elektrische componenten zoals de transformatoren, spoelen, de schakelaars en de bedieningskasten worden in gespecialiseerde fabrieken gebouwd en getest en worden in zijn geheel of in delen over het water en over de weg aangevoerd.

Afbeelding 2.9 Onderstation bij Prinses Alexia Windpark. Bron: Nuon



2.2.5 Aanlegmethoden 150 kV ontsluitingskabel

De kabelverbinding van 150 kV op land tussen het onderstation en het hoogspanningsstation van TenneT wordt aangelegd tot een diepte van 2 meter. Het is nog onbekend in welke configuratie de kabels worden aangelegd. De opties voor de aanlegmethoden zijn; open ontgraving en ploegen. Open ontgraving is hierbij worst-case qua milieueffecten, dit is gehanteerd voor de effectbeoordeling.

kruising kabels, wegen of water(wegen)

Op plekken waar het tracé andere kabels, wegen of water(wegen) kruist, wordt gebruik gemaakt van gestuurde boringen of persingen. Hierbij worden op zekere afstand van de kruising, mantelbuizen de grond in geboord. Voor het kabeltracé zijn diverse gestuurde boringen en/of persingen nodig. De kabels worden door deze mantelbuizen getrokken. De kabelverbinding wordt tenslotte verbonden met het onderstation en de netaansluiting van TenneT. Na uitgebreide testen op locatie wordt de kabelverbinding onder spanning gezet.

2.2.6 Worst case uitgangspunten die zijn toegepast voor dit onderzoek

In voorgaande paragrafen is besproken welke aanlegmethoden voor welke activiteiten overwogen worden. In de effectbeoordeling in hoofdstuk 3 wordt getoetst aan de worst-case aanlegmethode. Tabel 2.1 toont een overzicht van deze worst-case aanlegmethoden.

Tabel 2.1 (worst-case) aanlegmethoden

Activiteit	worst-case aanlegmethode	diepte en breedte
33 kV op water	baggeren	2 meter diep; 21 meter breed
33 kV dijk kruising	HDD-boring	> 10 m onder dijk; diameter Ø400
33 kV en 150 kV op land	open ontgraving	2 meter diep; 1 meter breed ¹
33 kV en 150 kV op land bij kruisingen van wegen en water(wegen)	HDD-boring	nader te bepalen diepte; diameter Ø400

¹ 2 m diep, 20 m breed bij onderstation west (OS1).

3

EFFECTBEOORDELING

In dit hoofdstuk wordt de effectbeoordeling op basis van het schetsontwerp beschreven. Achtereenvolgens worden de volgende thema's beschreven;

- magnetische velden;
- geluid;
- ecologie (vertroebeling);
- bodem en water;
- waterkeringsveiligheid;
- niet gesprongen explosieven;
- archeologie.

Omdat de aanlegmethoden voor de 33 kV windparkbekabeling op water, voor de dijk kruising en op land verschillen zijn er aparte beoordelingen gedaan voor deze ingrepen. De beoordeling wordt per thema beschreven aan de hand van de ingreep-effectrelaties uit tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ingreep- effectrelaties

Ingreep	Effect
33 kV kabel op water	magneetvelden
	vertroebeling
	effecten op morfologie
	effecten op archeologische waarden
	effecten op niet gesprongen explosieven
33 kV kabel dijk kruising met boring	magneetvelden
	effect op waterkeringveiligheid
	effect op kwel
	effect boorspoeling op IJsselmeer
	effecten op archeologische waarden
33 kV en 150 kV kabel op land	effecten op niet gesprongen explosieven
	magneetvelden
	effecten op archeologische waarden
Onderstations	effecten op niet gesprongen explosieven
	magneetvelden
	effect zettingen op dijk
	geluid
	bodemkwaliteit
	effecten op archeologische waarden
effecten op niet gesprongen explosieven	

3.1 Magnetische velden

Voor magneetvelden mogen er geen gevoelige objecten zoals woningen, scholen, kinderdagverblijven en/of crèches zich bevinden binnen de 0,4 microteslazone van het tracé en onderstationlocaties. In bijlage III is nader toegelicht wat de afstand tot gevoelige objecten is en hoe groot de 0,4 microteslazone is.

Doordat er geen gevoelige objecten zich bevinden in de 0,4 microteslazone van het tracé en onderstations zijn wordt geconcludeerd dat voor het thema magnetische velden geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

3.2 Geluid

Het onderstation produceert ter plaatse van de dichtbijgelegen geluidgevoelige bestemming (350 meter) een geluidbelasting van maximaal 34 dB(A) etmaalwaarde, zie bijlage IV. Daarmee wordt voldaan aan de voorkeursgrenswaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde (Norm uit de Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening). Rondom dit terrein dient, conform artikel 40 van de Wet geluidhinder (Wgh) een zone te worden vastgesteld waarbuiten de geluidbelasting vanwege dat terrein de waarde van 50 dB(A) niet mag overschrijden. In bijlage IV 'akoestisch onderzoek' is deze opgenomen. Geconcludeerd kan worden dat voor het thema geluid geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

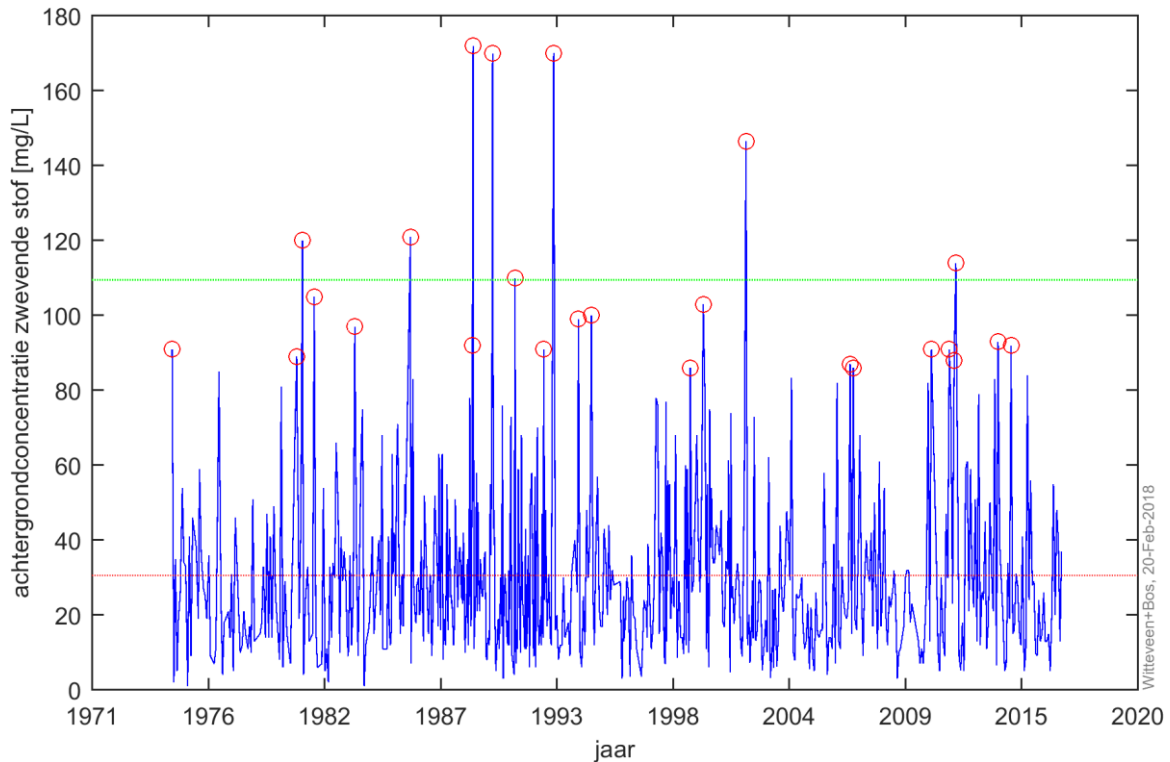
3.3 Ecologie

Het windpark is gepland in een Natura 2000-gebied. Daarom dient er te worden aangetoond wat de mogelijke effecten (bij aanleg en tijdens de levensduur) van het windpark op de natuurlijke leefomgeving zijn. Het aanleggen van de 33 kV windparkbekabeling leidt tot vertroebeling. In de Passende Beoordeling (2017) is dit effect vanwege de lokale en tijdelijke aard als verwaarloosbaar ingeschat.

Om deze kwalitatieve beoordeling voor alle aanlegmethoden te bevestigen is een kwantitatieve vertroebelingsstudie uitgevoerd, zie bijlage I. Belangrijk hierbij is de bepaling van het effect van de vertroebeling op de ecologie. Het kwantitatieve onderzoek is gebaseerd op de worst-case aanlegmethode: bij baggeren wordt de grootste concentratie zwevend sediment verwacht.

Bij de werkzaamheden zal fijn sediment in de waterkolom belanden en verspreiden over een gebied van maximaal 15 tot 20 kilometer. Op grotere afstand en in de loop van de tijd zal de concentratie sterk afnemen. De concentratie zwevend sediment is het hoogst in de directe omgeving van de werkzaamheden. Na circa een dag wordt een toename van de dieptegemiddelde concentratie van meer dan gemiddeld 30 mg/l ten opzichte van de achtergrondconcentratie verwacht. De toename van de concentraties door de baggerwerkzaamheden zijn daarmee kleiner dan de natuurlijke variaties van de achtergrondconcentraties in het gebied.

Afbeelding 3.1 Achtergrondconcentratie zwevende stof van Vrouwezand (IJsselmeer) van afgelopen 40 jaar, waarbij de gemiddelde concentratie is weergegeven met de rode lijn (31 mg/L), de pieken in de concentratie met een rode rondjes (>90 mg/L) en de gemiddelde waarde van de pieken met de groene lijn 110 mg/L)



Effect van vertroebeling op ecologie

Twee effecten op ecologie kunnen optreden door vertroebeling, namelijk op Aalscholvers en Driehoeksmosselbanken. Het effect door vertroebeling zorgt voor slecht zicht voor (visetende) watervogels zoals bijvoorbeeld de Aalscholvers die zoeken naar voedsel. In (Passende Beoordeling Windplan Blauw, 2017) is gesteld dat de effecten van vertroebeling op Aalscholvers verwaarloosbaar klein zijn mits dit een lokaal effect is en binnen circa een dag weer naar de bodem zakt. Uit de kwantitatieve vertroebelingsstudie bleek dat de sedimentconcentratie na maximaal 30 uur weer voldoet aan de achtergrondwaarde. Daarmee is in de vertroebelingsstudie bevestigd dat vertroebeling geen effect heeft op watervogels.

Wanneer de vertroebeling zorgt voor een laag slib op mosselbanken, sterven mosselen af. Mosselen zijn een belangrijke voedselbron voor vogels die leven op het IJsselmeer, uit bijlage I blijkt dat er door de aanleg van kabels een laagdikte van minder dan 1 mm slib op mosselbanken komt. Dit wordt niet gezien als een significante laag sediment. Het effect van deze laag op de mosselbanken is daarmee te verwaarlozen.

Effecten van boorvloeistof op ecologie

Het boorplan moet een goede boorvloeistofdrubberekeningen bevatten. Zo moet er een minimum boorvloeistofdruk zijn om grote vervormingen van het boorgat of zelfs het instorten ervan te voorkomen. Echter, om het bezwijken van de grond boven het boorgat en daarmee verlies van de boorvloeistofdruk of het openbarsten van het maaiveld, een blow-out, te voorkomen, is er ook een bovengrens aan de vloeistofdruk. Tijdens het bereiken van het uittredepunt bij de pilotboring zal een kleine hoeveelheid boorvloeistof in het IJsselmeer vloeien. Deze boorvloeistof, doorgaans bentoniet (een in de natuur voorkomende natrium-kleisoort met deeltjes die zo klein zijn dat ze de grond waterdicht kunnen maken), heeft een hogere dichtheid dan water en zal zich daarom onder water niet verspreiden. Het is van belang dat de boorvloeistofdruk en daarmee samenhangend de terphoogte van de boorstelling goed gekozen wordt. Is de terp te laag gekozen kan bij het bereiken van het uittredepunt de boorvloeistof door de druk van het IJsselmeer terugvloeien de polder in, gevolgd door IJsselmeerwater. Is de terp te hoog gekozen zal bij het bereiken van het uittredepunt veel boorvloeistof het IJsselmeer in vloeien. Onder meer om deze reden is een

gedegen boorplan noodzakelijk. Indien in het boorplan de bovengenoemde risico's voldoende worden beheerst zal boorvloeistof niet tot negatieve effecten voor het milieu leiden.

Geconcludeerd kan worden dat voor het thema ecologie geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

3.4 Bodem en water

De aanleg van de kabels en de onderstations leiden tot de ingrepen ontgraving/boring en mogelijk (tijdelijke) onttrekking van grondwater. Deze ingrepen kunnen op de volgende criteria effect hebben;

- morfologie;
- bodemkwaliteit;
- zettingen.

Effecten op morfologie

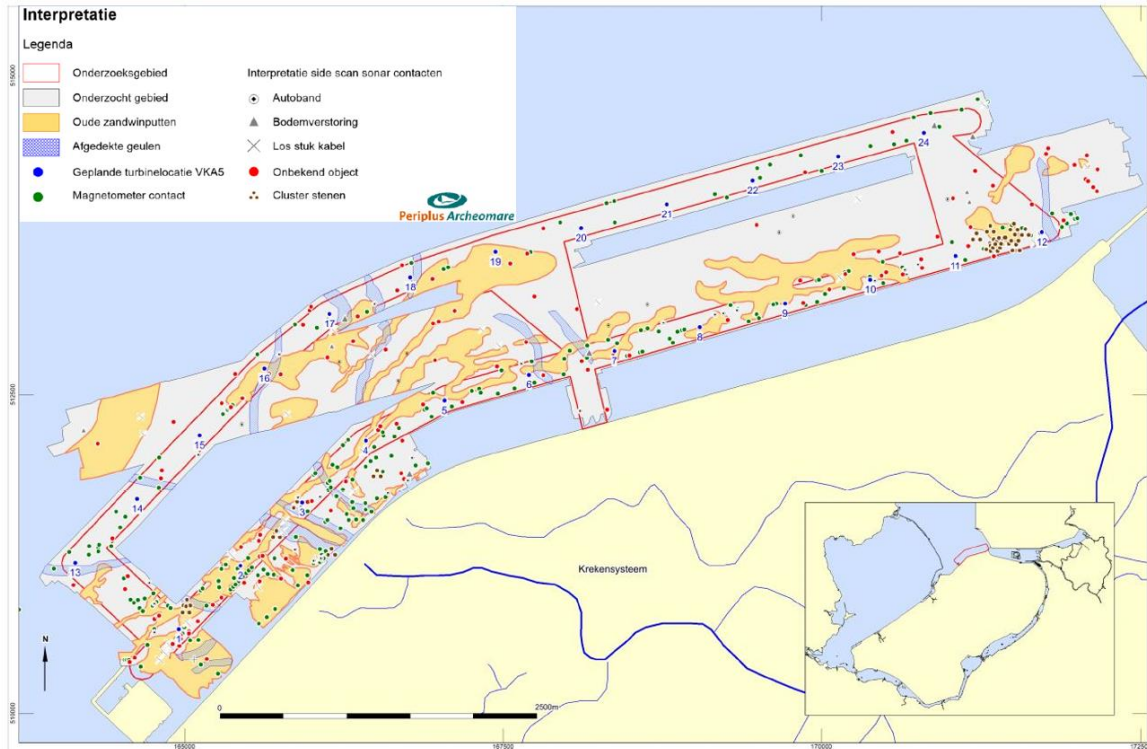
De bodem in het projectgebied ligt rond de 4 tot 5 meter beneden NAP (Deltares, 2012). De bovenste laag van de bodem (enkele decimeters) bestaat uit kleiige IJsselmeerafzettingen met vlak daaronder zandige Zuiderzeeafzettingen. De IJsselmeerafzettingen, ook wel IJsselmeerslib genoemd, bestaat uit een fijnzandige, kalkhoudende zware zavel of lichte klei (Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 1995). Door de aanwezige zandwinputten, die zich langs de oever in het projectgebied bevinden (zie Afbeelding 3.2), is het aannemelijk dat binnen het projectgebied ook de zandige Zuiderzeeafzettingen aan het oppervlak komen.

De waterstroming in het gebied [ref. 13] is overwegend laag en wordt vooral veroorzaakt door wind. Binnen het projectgebied is op basis van de bestaande processen een morfologische dynamiek van enkele centimeters te verwachten. Dit wordt veroorzaakt door de (lokale) erosiegevoeligheid van de bodem in het projectgebied enerzijds en aanvoer van sediment van buiten het projectgebied anderzijds. De aanleg van de 33 kV kabel zorgt dan ook alleen voor een lichte tijdelijke verstoring. Er is daarom geen sprake van significante effecten, noch van een wijziging van de referentiesituatie.

Aangezien de kabels worden begraven, zullen er geen effecten optreden als gevolg van een toename van de concentratie zwevende deeltjes, verstoring van verontreinigd sediment, verstoring van of schade aan morfologische kenmerken van de zeebodem, of schade aan beschermde geologische kenmerken.

Voor het detailontwerp van de kabels dient nader rekening gehouden te worden met de zandwingebieden, zie afbeelding 3.2. voor de zandwinputten in het projectgebied IJsselmeer.

Afbeelding 3.2 Zandwinputten in projectgebied IJsselmeer



Bodemkwaliteit

De realisatie van onderstations leidt tot bodemroering vanwege het ingraven of inheien van de fundering. Hierdoor zullen mogelijk veranderingen optreden in de bodemkwaliteit, afhankelijk van het feit of er sprake is van verontreinigingen. Het veranderen van de bodemkwaliteit is een permanent effect.

Op de bodemkwaliteitskaart van de gemeente Dronten is aangegeven dat de boven- en ondergrond tot 2,0 m-mv in het onderzoeksgebied naar verwachting voldoen aan de bodemkwaliteitsklasse landbouw/natuur (AW2000). Op basis van deze bodemkwaliteitskaart wordt maximaal licht verhoogde gehalten verwacht (Bijlage I van Deelrapport I). Geconcludeerd wordt dat voor de bodemkwaliteit geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

Zettingen

Zettingen kunnen optreden door bemaling en door zwaar materiaal. Met name op locaties waar de bodem uit slappe sedimenten zoals klei en veen bestaat, kan dit effect groot zijn. In het gebied van Windplan Blauw bestaat de bodem grotendeels uit deze slappe sedimenten en kunnen er effecten optreden als gevolg van grondbelasting.

Gezien de korte bemalingsduur voor het onderstation wordt geen effect op zettingen verwacht. Een effect kan op voorhand echter niet volledig worden uitgesloten. Mocht door bemaling in de aanlegfase toch een effect op zettingen optreden, dan is dit effect te beperken door de toepassing van mitigerende maatregelen zoals bijvoorbeeld retourbemaling (zie paragraaf 6.4 van bijlage I: deelrapport I).

Het onderstation wordt naar verwachting gefundeerd op palen. Deze palen worden tot grote diepte in het vaste zand (pleistoceen) geslagen, zodat het onderstation stabiel op/in de bodem komen te staan en niet zal verzakken. Doordat de palen het gewicht van het onderstation dragen, wordt zetting van de onderliggende bodem voorkomen. Het onderstation heeft in de gebruiksfase daarom geen effect op zettingen. Indien voor een fundering op staal gekozen wordt zal de bovenste slappe holocene laag van 3 à 5 meter dik, ten gevolge van het gewicht van de betonnen fundering en de onderstations, enkele centimeters tot decimeters zetten. Zijwaarts veroorzaakt dit een verhang dat tot enkele meters effect zal hebben. Daarmee kan uitgesloten

worden dat deze zettingen effect hebben op het dichtstbijzijnde gevoelig object op 350 meter, namelijk de woning 'Voorne' (Visvijverweg, 22).

Ten behoeve van de realisatie en gebruik zullen wegen en verhardingen worden aangelegd. Materieel op de bouwplaats, zoals graafmachines, kranen en vrachtwagens, veroorzaken belasting van tijdelijke aard. In de bovenste 50 centimeter van de bodem kan hierdoor zetting optreden. Dit effect kan worden voorkomen door het aanbrengen van verharding waardoor de bovenlaag wordt beschermd en het gewicht wordt verdeeld over een groter oppervlak.

Geconcludeerd kan worden dat voor het thema bodem en water geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

3.5 Waterkeringsveiligheid

In paragraaf 1.3.6 is uit de afweging naar voren gekomen dat de HDD-boring de voorkeur heeft voor de dijk kruising.

Een effect wat kan optreden is kwel. Kwel is er als water via de bodem de polder in komt. Kwel kan langs de zijkant van een HDD-boring komen en dat kan op een gegeven moment zand en deeltje van de bodem meevoeren waardoor het gat steeds groter wordt dit kan leiden tot piping.

Uit bijlage VII, blijkt dat er een veilige kwelweglengte is als het intrede- en uittredepunt van de HDD boring groter is dan 400 meter, de kans op piping is hiermee verwaarloosbaar is (zie bijlage VII). Indien het intrede en uittrede punt buiten 21,5 meter buiten het keurgebied gekozen wordt (378,5 meter) wordt de kwelweglengte van 400 meter gewaarborgd.

Effect van zettingen op waterkeringsveiligheid

Een effect van zettingen op de waterkering kan uitgesloten worden, want het onderstation nabij RD10 bevindt zich op 1.300 meter van de IJsselmeerdijk en onderstation nabij ET03 bevindt zich op 1.800 m tot de Ketelmeerdijk.

Geconcludeerd kan worden dat voor het thema waterkeringsveiligheid geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

3.6 Niet gesprongen explosieven

Uit het historisch vooronderzoek blijkt dat de vijf noordelijke turbines van de Rendiertoort in een gebied staan dat verdacht is op geschutsmunitie, alle andere gebieden zijn als onverdacht aangemerkt. Gezien de geplande werkzaamheden gelden risico's voor het project uitsluitend voor de werkzaamheden waarbij de grond geroerd gaat worden. Dit is alleen het geval in de aanlegfase.

Voor de 33 kV kabels die in dit gebied worden aangelegd, geldt dat de kans op aanwezigheid van explosieven zeer groot is. De explosieven die in dit gebied verwacht worden zijn relatief klein en hebben een relatief kleine uitwerking, maar wel zo groot dat de uitwerking van een dergelijk explosief kan leiden tot slachtoffers en schade wanneer geen veiligheidsmaatregelen worden genomen. Dit risico is echter goed te mitigeren, hiervoor is een voorstel gedaan in paragraaf 6.4 van de rapportage vooronderzoek NGE (bijlage II bij het deelrapport Bodem en Water, welke bijlage I is bij het MER windplan Blauw).

Uit het historisch vooronderzoek blijkt dat de overige kabels en de onderstations in onverdacht gebied staan (zie ook: Bijlage I: deelrapport I.) Geconcludeerd wordt dat voor het thema NGE geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

3.7 Archeologie

Voor archeologie op land is voor de kabeltracés een bureauonderzoek uitgevoerd (zie MER, Deelrapport I). Hieruit bleek dat bodemroerende werkzaamheden een negatief effect kunnen hebben op bekende en verwachte archeologische waarden (zie bijlage VI). Voor het kabeltracé is door de graafdiepte op verschillende locaties nader booronderzoek nodig in het kader van de vergunningaanvraag. De vergunningen voor de kabels worden pas in een latere fase aangevraagd (na vaststelling van het inpassingsplan). Indien archeologische waarden worden aangetroffen heeft in situ behoud de voorkeur, maar als dit niet mogelijk is kan een procedure voor opgraving worden doorlopen. Daarmee is de uitvoerbaarheid voor alle kabels op land geborgd.

In het IJsselmeer is een inventariserend veldonderzoek uitgevoerd (zie MER Deelrapport I). In dit onderzoek zijn objecten aangetroffen waar binnen een straal van 100 meter zich mogelijk een archeologische waarde bevindt (zie bijlage VI). Indien mogelijk wordt in het nader ontwerp rekening gehouden met deze objecten. Indien dit niet mogelijk blijkt moeten de objecten nader worden geïdentificeerd. Na identificatie en eventueel opgraven van het object is het betreffende kabeltracé uitvoerbaar. Ook kruisen de kabels vermoedelijke oeverwallen. Voor deze kabels dient nader booronderzoek uitgevoerd te worden. Als archeologische waarden worden aangetroffen waarvoor in situ behoud niet mogelijk is, kan worden gekozen voor opgraving. De uitvoerbaarheid van de kabeltracés is daarmee geborgd.

Geconcludeerd kan worden dat voor het thema archeologie geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

4

REFERENTIES

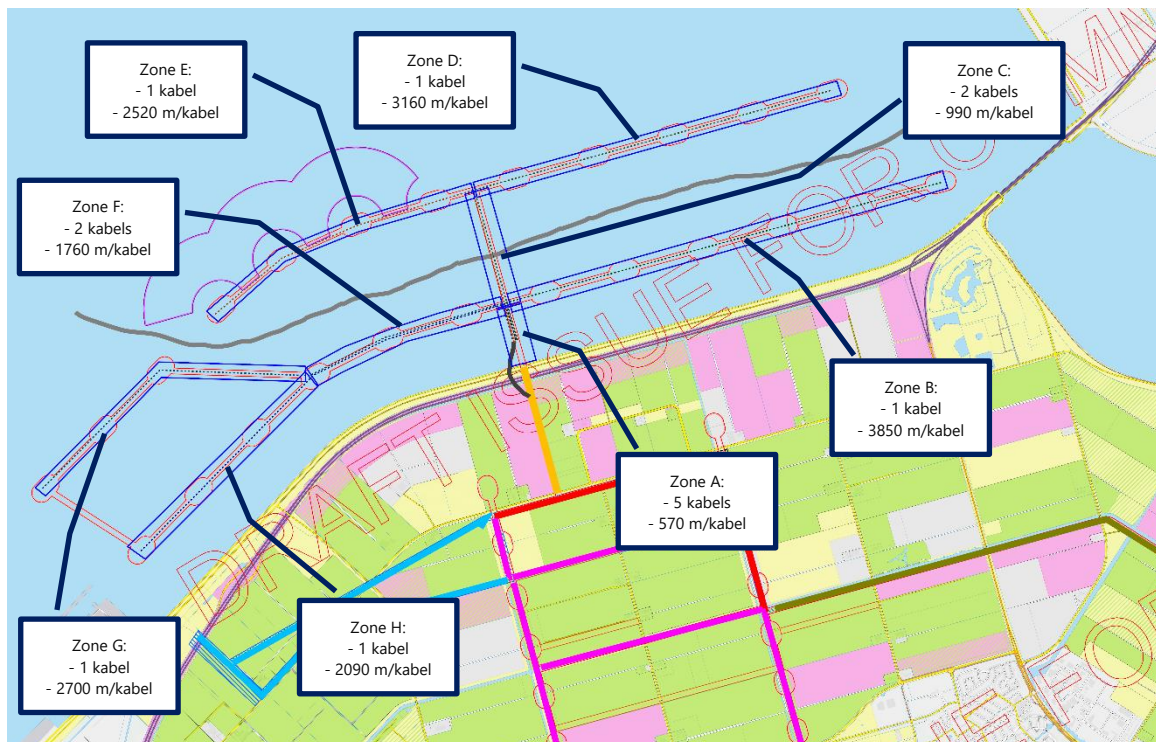
- 1 ADC ArceoProjecten. IJsselmeer, vaargeul Molenrak, gemeente Dronten, Een bureauonderzoek, d.d. januari 2016.
- 2 Acacia Water, Effectbepaling zandwinning Molenrak, Eindrapport, d.d. 27 juni 2016.
- 3 Nuon, Memo betreffende ontgroning Molenrak, d.d. 20 november 2017.
- 4 Fugro Geoservices B.V., Zandwinning Bijlandse Waard te Pannerden, grondonderzoek en stabiliteitsanalyse, opdr.nr. 6013-0252-000, d.d. 18 november 2013.
- 5 Fugro Geoservices B.V., Stabiliteitsadvies Lobberdense Waard, opdr.nr. 6007-0304-002, d.d. 20 juni 2011.
- 6 AnteaGroup, Vergunningsdossier Smals Zandwinning IJsselmeer, Bijlagenrapport openbaar, d.d. 19 mei 2015.
- 7 LBP Sight, Aanvraag voor een ontgrondingsvergunning voor het project Markerzand in het Markermeer, toelichting bij de aanvraag ontgrondingsvergunning, d.d. 23 juli 2015.
- 8 Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Ontwerp-Inpassingsplan Windpark Fryslân. Den Haag, 10 februari 2016.
- 9 AnteaGroup. Industriezandwinning IJsselmeer. Samenvatting MER. 28 mei 2015.
- 10 Natuurmonumenten, Royal HaskoningDHV. Omgevingsvergunning Marker Wadden - verruiming zoekgebied zandwinning. Bijlagen bij toelichting. Referentie BA8757. 7 juni 2017.
- 11 Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Gebiedsdossier waterwinning Andijk. 5 oktober 2012.
- 12 Witteveen+Bos, Notitie stroming IJsselmeer Windplan Blauw, definitief, d.d. 7 november 2017.
- 13 Arcadis, Milieueffectstudie Kabels en Leidingen Waddengebied, 076341746:E - Definitief, d.d. 27 augustus 2013.
- 14 Deltares. Oevermorfologie van het IJsselmeer. 1204495-003. 2012.
- 15 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Morfologie en bodem van het IJsselmeer, het Markermeer en de randmeren. Intern rapport. 1995.
- 16 Viking Link (2017), MER
- 17 Rijkswaterstaat, Waterbase, website: live.waterbase.nl, bezocht op: 19 februari 2018.
- 18 Wang, Z.B., Mathematical Modelling of Morphological Processes in Estuaries, proefschrift Technische Universiteit Delft, d.d. 2 maart 1989.
- 19 Abbott, M.B. en Price, W.A., Coastal Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book, d.d. 1994. Spearman, et al., Validation of the TASS system for predicting the environmental effects of trailing suction hopper dredgers. Terra et Aqua, number 125, d.d. december 2011.
- 20 Aarninkhof, et al., Dredging-induced turbidity in a natural context status and future perspective of the TASS program, WODCON conference 2010, d.d. 2010.
- 21 Bureau Waardenburg, Ecologie & landschap, Passende beoordeling Windplan Blauw, provincie Flevoland, d.d. 28 november 2017.

BIJLAGE: VERTROEBELING

Het aanleggen van de 33 kV windparkbekabeling leidt tot vertroebeling, dit effect is tijdelijk van aard en verwaarloosbaar klein (Passende Beoordeling Windplan Blauw, 2017).

Om deze kwalitatieve beoordeling voor alle aanlegmethoden te bevestigen wordt hier een kwantificering van de effecten van vertroebeling opgenomen. Het windpark is gepland in een Natura 2000-gebied. Daarom dient er te worden aangetoond wat de mogelijke effecten (bij aanleg en tijdens de levensduur) van het windpark op de natuurlijke leefomgeving zijn. Zodat er getoetst kan worden of er effecten zijn op de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied. Belangrijk hierbij is de bepaling van het effect van de vertroebeling op de op de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied.

Afbeelding I.1 Projectgebied Windplan Blauw met de geplande locaties van de monopiles en de kabels. De verbindingen¹ zijn ingedeeld in zone A tot en met H, waarvoor de concentraties zijn bepaald



Om het maximale effect van vertroebeling door de aanleg van de kabels te bepalen zijn conservatieve uitgangspunten gehanteerd, zoals hieronder weergegeven.

¹ Eén verbinding bestaat uit meerdere kabels, welke in een nader te bepalen configuratie worden aangelegd. Het aantal kabels weergegeven in afbeelding I.1 kan dus nog wijzigen.

Hydrodynamica

- **Waterdiepte:** voor de berekeningen is de minimale waterdiepte van het IJsselmeer aangenomen. Deze conservatieve benadering zorgt voor de hoogste sedimentconcentraties. Met het winterstreefpeil van het IJsselmeer van NAP +0,40 m en een bodemhoogte van ongeveer NAP +4 tot 5 m, wordt uitgegaan van een minimale waterdiepte van 3,6 m [ref. 12].
- **Stromingscondities:** het IJsselmeer is een waterlichaam waarbij de stroming vooral wordt veroorzaakt door wind en (in mindere mate) door aan- en afvoer van water (zie onder andere [ref. 1] [ref. 9]). Op het IJsselmeer is er geen getijdewerking, waardoor de stroomsnelheden op het IJsselmeer relatief laag zijn. Het stroompatroon wat ontstaat is een samenspel tussen horizontale en verticale stroompatronen en is afhankelijk van de windsnelheid, windrichting en de lokale bathymetrie (bodempligging) van het IJsselmeer [ref. 10] [ref. 11]. Verder is er op 500 afstand van de meest westelijk gelegen monopile de Maxima Centrale die met een maximaal debiet van 44,6 m³/s koelwater kan spuien, hetgeen kan leiden tot maximale stroomsnelheden van 0,2-0,4 m/s nabij de centrale, afnemend tot ongeveer 0,1-0,2 m/s ter plaatse van het kabeltracé. In de berekeningen wordt aangenomen dat de dieptegemiddelde stroomsnelheden ter plaatse van het kabeltracé kunnen oplopen tot maximaal 0,2 m/s.

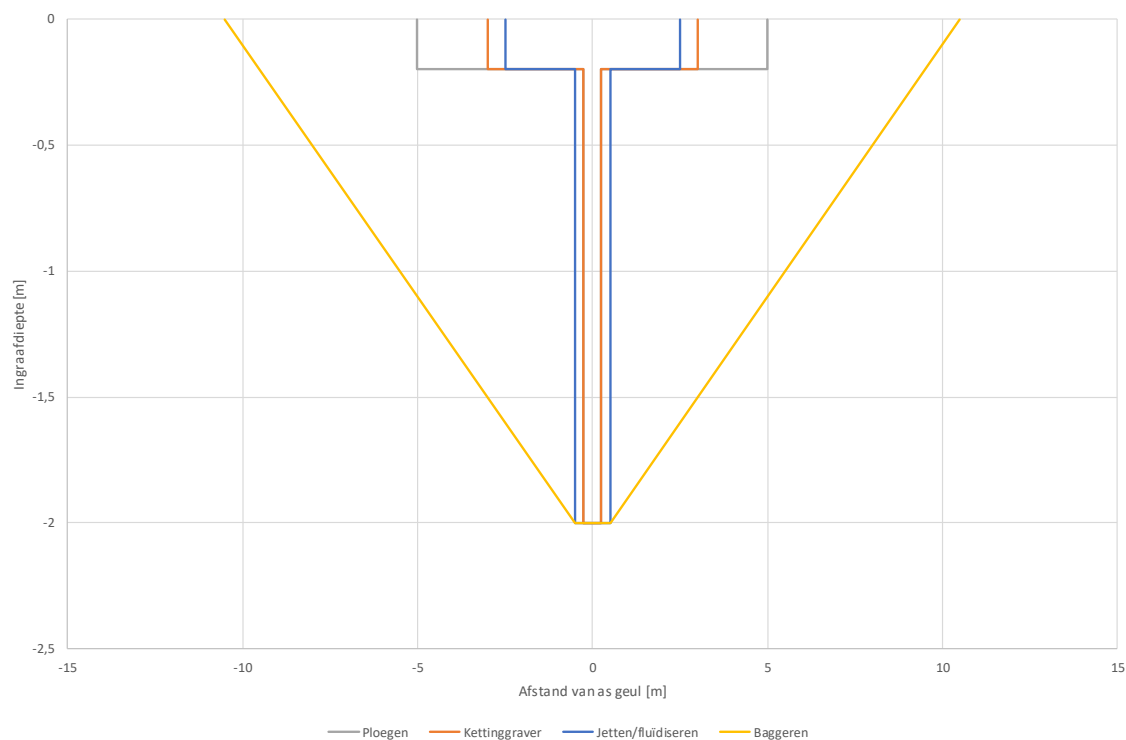
Bodemopbouw

- **Bodemopbouw:** toplaag (4 tot 5 meter) is geclassificeerd als het Holocene pakket, welke bestaat uit de IJsselmeerafzettingen van de Formatie van Naaldwijk en de Formatie van Nieuwkoop [ref. 1] [ref. 2] [ref. 14]. In deze twee formaties is mengsel van fijn zand, klei, slib en afgeslagen veen aanwezig [ref. 15].
- **Percentage fijn sediment:** er wordt aangenomen dat 50 % van het geroerde sediment bestaat uit fijn sediment (zoals slib en klei). Dit is een conservatieve aanname volgens [ref. 15].
- **Dichtheid fijn sediment:** er wordt aangenomen dat de dichtheid van het fijne sediment 1.600 kg/m³ is.

Baggeren en vertroebeling

- **Aanlegdiepte kabels:** 2 meter onder de waterbodem.
- **Baggertechniek:** aangezien het nog niet duidelijk is hoe welke baggertechniek gebruikt gaat worden voor aanleg van de kabels, zijn alle baggertechnieken (i.e. ploegen, kettinggraven, fluidiseren en baggeren) zoals beschreven in paragraaf 2.2.1 beschouwd. Er wordt bij de resultaten uitgegaan van de baggertechniek die zorgt voor de meeste vertroebeling. In de onderstaande afbeelding wordt door middel van een dwarsprofiel het geroerde sediment per baggertechniek weergegeven.

Afbeelding I.2 Ingraafprofielen voor de verschillende ingraaftechnieken

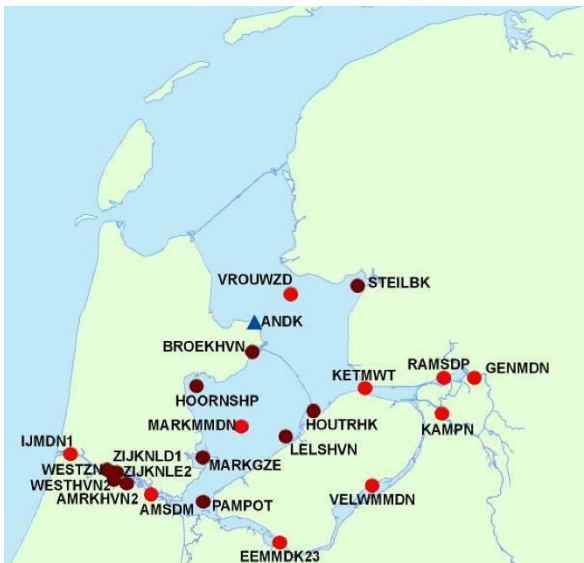


- Baggervolume door ingraven geul: voor ploegen wordt aangenomen dat de geul 1,0 m breed is. Voor kettinggraven en jetten/fluidiseren wordt een geulbreedte aangenomen van 0,5 m. Voor baggeren wordt een breedte van de geul van 1 m op het ondervlak aangehouden. Met baggertaluds van 1:5 wordt de breedte aan de bovenkant van de geul door baggeren 21 m. Bij het baggeren wordt al het sediment aan de zijkant van de geul gelegd. Er wordt aangenomen dat er geen sediment wordt afgevoerd.
- Baggervolume door contactoppervlak ingraafapparatuur: er wordt voor ploegen, kettinggraven en jetten/fluidiseren aangenomen dat de apparatuur die over de bodem rijdt 20 cm van de toplaag opwoelt. De apparatuur voor ploegen heeft een breedte van 5,0 m, voor kettinggraven een breedte van 6,0 m en voor jetten/fluidiseren een breedte van 10,0 m.
- Baggervolume totaal: de sommatie van het baggervolume door het ingraven van de geul en door het contactoppervlak van de ingraafapparatuur resulteert in een totaal baggervolume van 3,0 m³/m voor ploegen, 2,2 m³/m voor kettinggraven, 3,0 m³/m voor jetten/fluidiseren en 22,0 m³/m voor baggeren.
- Snelheid graven geul en installeren van kabel: er wordt uitgegaan van een aanlegssnelheid van 1 km per dag [ref. 13], wat overeenkomt met ongeveer 80 meter per dag bij een 12 uur aanleggen per dag. In [ref. 16] zijn waarden in dezelfde orde grootte toegepast.
- Percentage hoeveelheid sediment in suspensie: er wordt uitgegaan dat alleen het fijne sediment in suspensie komt en dat zand direct weer neerslaat. Er wordt aangenomen dat 15 % van het fijne sediment in suspensie raakt. Uit recente studies [ref. 19] en [ref. 20] blijkt dat tijdens het baggerproces 5 % tot 15 % van het fijne sediment in suspensie raakt. Het uitgangspunt van 15 % is hierbij dus conservatief. Dit percentage is ook voor de overige ingraaftechnieken gehanteerd.
- Neerslaan baggerpluim: er wordt uitgegaan van een valsnelheid 0,2 mm/s, wat conservatief is aangezien de valsnelheid van fijn sediment (zoals klei en slib) typisch 0,2 tot 0,5 mm per seconde is. Verder is dit een conservatieve benadering, aangezien de valsnelheid vooral direct na het opwoelen van het sediment door het baggerschip als gevolg van dichtheidsstromingen fors groter is [ref. 13].
- Diffusie baggerpluim: de baggerpluim verspreidt zich in de breedte door diffusie en in de lengte met name door de stroming op het IJsselmeer (advectie). In de Milieueffectstudie Kabels en Leidingen Waddenzee [ref. 13] worden er conservatieve aannames gedaan voor de diffusie van baggerpluimen bij aanleg van kabels in de Waddenzee. Er wordt aangenomen dan initieel (bij t=0) de lengte en de breedte van de baggerpluim 2 m is [ref. 13]. Er wordt uitgegaan dat de breedte van de pluim groeit naar 10 m bij

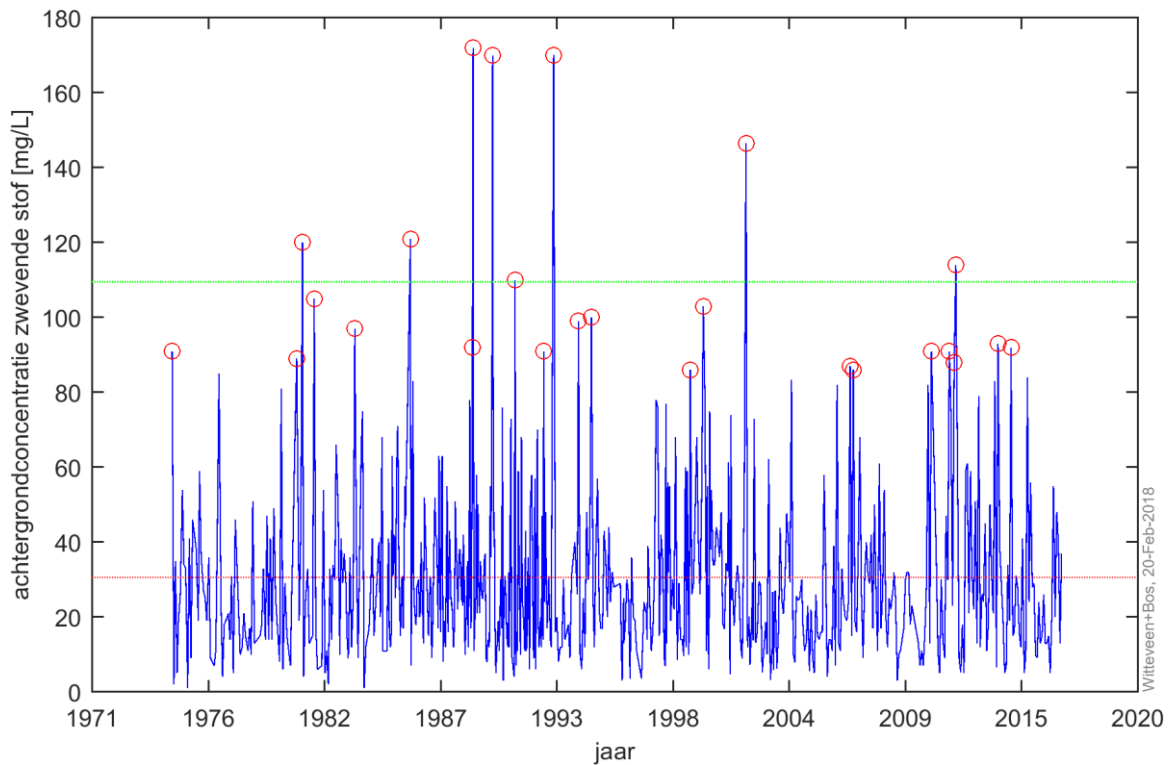
1 uur na aanleg, 20 m bij 2 uur na aanleg, 40 m bij 4 uur en 60 m bij 6 uur na aanleg [ref. 13]. De diffusie in het IJsselmeer zal echter lager zijn. Er wordt aangenomen dat dit realistische waarden zijn voor diffusie in het IJsselmeer.

- Achtergrondconcentratie zwevende stof IJsselmeer: de achtergrondconcentratie van zwevende stof van het IJsselmeer is gebaseerd op station Vrouwezand, verkregen via Waterbase [ref. 17], omdat voor deze locatie een betrouwbare dataset beschikbaar is. In de onderstaande afbeelding staan de concentratiemetingen van zwevende stof tegen de tijd geplot. Op basis hiervan is de gemiddelde achtergrondconcentratie in het IJsselmeer 31 mg/l, en komen regelmatig pieken tot ongeveer 200 mg/l voor gedurende stormcondities. Wanneer de concentratie van de baggerpluim minder dan de gemiddelde achtergrondconcentratie van de pieken (110 mg/l) is, dan beschouwen de baggerpluim als **niet-significant**. In dat geval valt de concentratie van de baggerpluim binnen de natuurlijke variatie van de concentratie van het IJsselmeer.

Afbeelding I.3 Locatie van het meetstation Vrouwezand



Afbeelding I.4 Achtergrondconcentratie zwevende stof van Vrouwezand (IJsselmeer) van afgelopen 40 jaar, waarbij de gemiddelde concentratie is weergegeven met de rode lijn (31 mg/L), de pieken in de concentratie met een rode rondjes (>90 mg/L) en de gemiddelde waarde van de pieken met de groene lijn 110 mg/L



Resulterende vertroebeling

Voor de afname van de concentratie in de tijd wordt gebruikt gemaakt van de volgende vergelijking [ref. 18] [ref. 18]:

$$\frac{\partial(h\bar{c})}{\partial t} = (\bar{c}_e - \bar{c})v_{val}$$

Waarbij h de waterdiepte is, $\bar{c}(t)$ de dieptegemiddelde concentratie, \bar{c}_e de evenwichtconcentratie (hierbij wordt de achtergrondconcentratie aangehouden) en v_{val} de valsnelheid van het fijne sediment. Wanneer de toename in de pluimbreedte (door diffusie) en de toename van de lengte in de pluim (door stroming) wordt meegenomen, levert dit de volgende formule voor de dieptegemiddelde concentratie ter plekke van de kabel op:

$$\bar{c}(t) = \bar{c}_e + \frac{B_0}{B(t)} \frac{L_0}{L(t)} \bar{c}_0 \exp\left(-\frac{v_{val}t}{h}\right)$$

Waarbij de termen $\frac{B_0}{B(t)}$ en $\frac{L_0}{L(t)}$ zijn toegevoegd om de afname van de concentratie door het breder en langer worden van de pluim mee te nemen. Hierbij B_0 de initiële pluimbreedte, $B(t)$ de pluimbreedte in de tijd, L_0 de initiële lengte van de pluim en $L(t)$ de lengte van de pluim in de tijd.

De initiële concentratie \bar{c}_0 wordt bepaald door de massa fijn sediment $m_{fijn\ sediment}$ wat door het ingraven per meter in suspensie wordt gebracht, de waterdiepte h en de initiële breedte van de baggerpluim B_0 (2 m):

$$\bar{c}_0 = \bar{c}_e + \frac{m_{fijn\ sediment}}{hB_0}$$

De tijdsduur T_{val} waarna de concentratie van de pluim niet meer significant is wordt berekend met de volgende formule:

$$t \text{ voor } \frac{\bar{c}(t)}{\bar{c}_{piek}} \leq 1.0$$

Waarbij \bar{c}_{piek} de gemiddelde concentratie van de pieken in de achtergrondconcentratie is (zie I.4).

De maximale afstand L_{val} die de pluim daarbij aflegt is:

$$L_{val} = T_{val} * U$$

In de tabellen I.3 tot en met I.6 zijn de resultaten van vertroebeling door aanleg van de kabels voor respectievelijk de verschillende baggertechnieken ploegen, kettinggraven, fluïdiseren en baggeren weergegeven. De definitie van de variabelen en berekeningsmethodiek staan vermeld in onderstaande tabel I.1.

Tabel I.1 Definities van variabelen en berekeningsmethodiek van effecten vertroebeling door aanleg kabels

Variabele	Berekeningsmethodiek
Zone	zone met kabels
n [-]	aantal kabels in de zone
L_{kabel} [m/kabel]	lengte tracé in de zone
V_{kabel} [m ³ /m/kabel]	baggervolume (fijn sediment) afhankelijk van ingraaftechniek
V_{zone} [m ³]	totaal baggervolume (fijn sediment) in de zone: $n * L_{kabel} * V_{kabel}$
U [m/s]	dieptegemiddelde stroomsnelheid, maximaal 0,2 m/s
h_{min} [m]	minimale waterdiepte
v_{val} [mm/s]	valsnelheid fijn sediment = 0,2 mm/s
T_{val} [uur]	valtijd fijn sediment: t voor $c(t)/c_0 \leq 1,1$
$m_{fijn\ sediment}$ [kg/m]	kg fijn sediment in suspensie gebracht door ingraven per meter zone: $n * V_{kabel} * \rho_{fijn\ sediment}$, met $\rho_{fijn\ sediment} = 1.600 \text{ kg/m}^3$
c_e [mg/L]	gemiddelde achtergrondconcentratie zwevende stof IJsselmeer
$c_{t=0}$ [mg/L]	concentratie fijn sediment in suspensie op t=0: $\text{fijn sediment in suspensie} * 1.000 / h_{min} / \text{breedte baggerpluim (2 m)}$
$c_{t=x\ \text{uur}}$ [mg/L]	concentratie fijn sediment in suspensie op t=x uur
B_0 [m]	initiële pluimbreedte: 2 meter
$B_{t= x\ \text{uur}}$ [m]	pluimbreedte in de tijd
L_0 [m]	initiële pluimlengte: 2 meter
$L_{t= x\ \text{uur}}$ [m]	pluimlengte in de tijd

Uit de resultaten blijkt dat baggeren de sterkste vertroebeling geeft en is daarmee de worst-case aanlegmethode. Hieronder zal de kwantificering van vertroebeling door baggeren beschreven worden.

Op de locaties dicht in de buurt van de baggerwerkzaamheden is de concentratie tijdens de werkzaamheden relatief hoog en neemt de concentratie na afloop van de werkzaamheden snel af.

In tabel I.2 staan de concentraties door baggeren ter plekke van de kabel 24 en 30 uur na aanleg onder maximale stromingscondities (0,2 m/s = 0,72 km/uur). Met een valsnelheid van 0,2 mm/s duurt het onder

milde stromingscondities 30 uur totdat de baggerpluim niet significant meer is. Dit houdt in dat de concentraties van de baggerpluim na 30 uur voor alle zones lager zijn dan de maximale achtergrondconcentratie. Onder deze stromingscondities kan de baggerpluim van zone A zich maximaal 20 km verplaatsen. De breedte en lengte van de pluim is dan maximaal 300 meter (zie bijlage I bij dit rapport). De concentraties van de overige zones zijn binnen 24 uur al lager dan de (maximale) achtergrondconcentraties. De baggerpluim afkomstig van deze zones zal maximaal 15 km verplaatsen.

Tabel I.2 Concentraties door aanleg van kabels door baggeren

Zone	C _t =24uur [mg/L]	C _t =30uur [mg/L]
A	146	104
B	54	46
C	77	60
D	54	46
E	54	46
F	77	60
G	54	46
H	54	46

Bij de werkzaamheden zal fijn sediment in de waterkolom belanden en verspreiden over de omgeving. Over een gebied van enkele vierkante kilometers zal hierdoor de concentratie zwevend sediment toenemen. Tijdens uitvoering zal lokaal een hoge concentratie fijn sediment in de waterkolom aanwezig zijn; deze zal echter in tijd sterk afnemen. Enkel in de directe omgeving van de baggerwerkzaamheden wordt na ongeveer een dag een toename van de dieptegemiddelde concentratie van meer dan gemiddeld 30 mg/l verwacht, ten opzichte van de achtergrondconcentratie. De toename van de concentraties door de baggerwerkzaamheden zijn daarmee kleiner dan de natuurlijke variaties van de achtergrondconcentraties in het gebied (zie afbeelding I.4).

Bescherming van kabels

Voor het deel in het IJsselmeer liggen de kabels op een diepte van circa 2 meter onder de waterbodem. Hiermee is de kabel in principe voldoende beschermd. Op sommige plekken, zoals bij de kruising van de vaargeul, zal wellicht extra bescherming gewenst zijn. Dat kan gedaan worden met een steenbestorting of betonnen blokkenmat. Bij deze maatregelen worden harde materialen aangebracht in een grotendeels zachte sedimentlaag. Dit leidt in de aanlegfase tot een kortstondige vertroebeling die vergelijkbaar is met het aanleggen van de kabel zelf.

Effect van vertroebeling op ecologie

Twee effecten op ecologie kunnen optreden door vertroebeling, namelijk op Aalscholvers en Driehoeksmosselbanken. Het effect door vertroebeling zorgt voor slecht zicht voor (visetende) watervogels zoals bijvoorbeeld de Aalscholvers die zoeken naar voedsel. In (Passende Beoordeling Windplan Blauw, 2017) is gesteld dat de effecten van vertroebeling op Aalscholvers verwaarloosbaar klein zijn mits dit een lokaal effect is en binnen circa een dag weer naar de bodem zakt. Dat aan deze voorwaarde voldaan wordt, wordt met de vertroebelingsstudie bevestigd. Geconcludeerd wordt dat de effecten van vertroebeling op het milieu verwaarloosbaar klein zijn.

Effect op mosselbanken

Uitgangspunten:

- Mosselbanken als voedselbron voor vogels: een ondiep (< 3,7 m) nabijgelegen gebied met mosselbanken is voor vogels op het IJsselmeer een bron van voedsel (zie bijgevoegde afbeelding,

[ref. 21]). Deze mosselbanken mogen niet bedekt raken onder een significante laag sediment. In dit geval kunnen de vogels de mosselbanken niet meer zien en vervalt de functie van de mosselbank. Een laag sediment wordt als significant beoordeeld als de laag groter is dan 5 mm.

- Locatie mosselbanken: de mosselbanken liggen op enkele kilometers afstand van het geplande windpark. De kortste afstand is ongeveer 2 km. Deze afstand wordt gebruikt in de berekeningen.
- Afmetingen mosselbanken: het relevante stuk van de mosselbanken dat in een kleinere waterdiepte dan 3,7 meter ligt heeft een afmeting van minimaal 4 km bij 2 km. Dit is aangegeven in de bijgevoegde afbeelding.
- De baggerpluim zal zich verplaatsen door (vooral) windgedreven stroming op het IJsselmeer. Deze stroming zal overwegend van het zuidwesten richting noordoosten zijn, terwijl de mosselbanken ten noordwesten liggen van het geplande windpark. Dit betekent dat er maar een gedeelte van de baggerpluim daadwerkelijk de mosselbanken zal passeren en daarmee over de mosselbanken zal worden verspreid. Er wordt aangenomen dat ongeveer 10 % van de baggerpluim op de mosselbanken kan neerslaan.
- Er wordt in de berekeningen uitgegaan dat al het fijne sediment (dus 10 % van de totale baggerpluim) in dit gebied gelijk wordt verspreid. In het geval dat het verspreidingsgebied van het fijne sediment groter is, dan zal de laag van fijn sediment op de mossel kleiner zijn. In het geval dat het verspreidingsgebied van het fijne sediment kleiner is, dan zal het overige gedeelte minder worden bedekt door fijn sediment en beschikbaar blijven voor de vogels.

Resultaat

Het volume fijn sediment wat direct na aanleg in de waterkolom komt is 37.400 m³. Als 10 % hiervan (3.740 m³) richting de mosselbanken stroomt (met maximaal 0,2 m/s), dan duurt het 10.000 seconden totdat de pluim aankomt bij de mosselbanken. In deze tijd is door neerslaan van sediment op de bodem het volume van het fijne sediment in suspensie gedaald tot 2.270 m³. Als dit allemaal neerslaat op een gebied van 4 km bij 2 km, dan resulteert dat in een laagdikte van minder dan 1 mm. Dit wordt niet gezien als een significante laag sediment. Het effect van deze laag op de mosselbanken is daarmee te verwaarlozen.

Conclusie

Wanneer de vertroebeling zorgt voor een laag slib op mosselbanken, sterven mosselen af. Mosselen zijn een belangrijke voedselbron voor vogels die leven op het IJsselmeer, uit bijlage I blijkt dat er een laagdikte van minder dan 1 mm slib op mosselbanken komt. Dit wordt niet gezien als een significante laag sediment. Het effect van deze laag op de mosselbanken is daarmee te verwaarlozen.

Tabel I.3 De resultaten voor vertroebeling door aanleg van de kabels voor Windplan Blauw met behulp van ploegen

Zone	n	L _{kabel} [m/kabel]	V _{kabel} [m ³ /m/kabel]	V _{zone} [m ³]	U [m/s]	h _{min} [m]	V _{val} [mm/s]	m _{fijn} sediment [kg/m]	c _e [mg/L]	B ₀ [m]	L ₀ [m]	C _{t=0} [mg/L]	B _{t=1} [m]	L _{t=1} [m]	C _{t=1} [mg/L]	B _{t=2} [m]	L _{t=2} [m]	C _{t=2} [mg/L]	B _{t=4} [m]	L _{t=4} [m]	C _{t=4} [mg/L]	B _{t=6} [m]	L _{t=6} [m]	C _{t=6} [mg/L]	B _{t=12} [m]	L _{t=12} [m]	C _{t=12} [mg/L]	B _{t=18} [m]	L _{t=18} [m]	C _{t=18} [mg/L]	B _{t=24} [m]	L _{t=24} [m]	C _{t=24} [mg/L]	B _{t=30} [m]	L _{t=30} [m]	C _{t=30} [mg/L]
A	5	570	0,225	641,25	0,1	4	0,2	1800	31	2	2	225031	10	10	9032	20	20	2281	40	40	594	60	60	281	120	120	94	180	180	59	240	240	47	300	300	41
B	1	3850	0,225	866,25	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
C	2	990	0,225	445,5	0,1	4	0,2	720	31	2	2	90031	10	10	3632	20	20	931	40	40	256	60	60	131	120	120	56	180	180	42	240	240	37	300	300	35
D	1	3160	0,225	711	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
E	1	2520	0,225	567	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
F	2	1760	0,225	792	0,1	4	0,2	720	31	2	2	90031	10	10	3632	20	20	931	40	40	256	60	60	131	120	120	56	180	180	42	240	240	37	300	300	35
G	1	2700	0,225	607,5	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
H	1	2090	0,225	470,25	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33

Tabel I.4 De resultaten voor vertroebeling door aanleg van de kabels voor Windplan Blauw met behulp van kettingzagen

Zone	n	L _{kabel} [m/kabel]	V _{kabel} [m ³ /m/kabel]	V _{zone} [m ³]	U [m/s]	h _{min} [m]	V _{val} [mm/s]	m _{fijn} sediment [kg/m]	c _e [mg/L]	B ₀ [m]	L ₀ [m]	C _{t=0} [mg/L]	B _{t=1} [m]	L _{t=1} [m]	C _{t=1} [mg/L]	B _{t=2} [m]	L _{t=2} [m]	C _{t=2} [mg/L]	B _{t=4} [m]	L _{t=4} [m]	C _{t=4} [mg/L]	B _{t=6} [m]	L _{t=6} [m]	C _{t=6} [mg/L]	B _{t=12} [m]	L _{t=12} [m]	C _{t=12} [mg/L]	B _{t=18} [m]	L _{t=18} [m]	C _{t=18} [mg/L]	B _{t=24} [m]	L _{t=24} [m]	C _{t=24} [mg/L]	B _{t=30} [m]	L _{t=30} [m]	C _{t=30} [mg/L]
A	5	570	0,165	470,25	0,1	4	0,2	1320	31	2	2	165031	10	10	6632	20	20	1681	40	40	444	60	60	214	120	120	77	180	180	51	240	240	42	300	300	38
B	1	3850	0,165	635,25	0,1	4	0,2	264	31	2	2	33031	10	10	1352	20	20	361	40	40	114	60	60	68	120	120	40	180	180	35	240	240	33	300	300	32
C	2	990	0,165	326,7	0,1	4	0,2	528	31	2	2	66031	10	10	2672	20	20	691	40	40	196	60	60	104	120	120	49	180	180	39	240	240	36	300	300	34
D	1	3160	0,165	521,4	0,1	4	0,2	264	31	2	2	33031	10	10	1352	20	20	361	40	40	114	60	60	68	120	120	40	180	180	35	240	240	33	300	300	32
E	1	2520	0,165	415,8	0,1	4	0,2	264	31	2	2	33031	10	10	1352	20	20	361	40	40	114	60	60	68	120	120	40	180	180	35	240	240	33	300	300	32
F	2	1760	0,165	580,8	0,1	4	0,2	528	31	2	2	66031	10	10	2672	20	20	691	40	40	196	60	60	104	120	120	49	180	180	39	240	240	36	300	300	34
G	1	2700	0,165	445,5	0,1	4	0,2	264	31	2	2	33031	10	10	1352	20	20	361	40	40	114	60	60	68	120	120	40	180	180	35	240	240	33	300	300	32
H	1	2090	0,165	344,85	0,1	4	0,2	264	31	2	2	33031	10	10	1352	20	20	361	40	40	114	60	60	68	120	120	40	180	180	35	240	240	33	300	300	32

Tabel I.5 De resultaten voor vertroebeling door aanleg van de kabels voor Windplan Blauw met behulp van jetten/fluidiseren

Zone	n	L _{kabel} [m/kabel]	V _{kabel} [m ³ /m/kabel]	V _{zone} [m ³]	U [m/s]	h _{min} [m]	V _{val} [mm/s]	m _{fijn} sediment [kg/m]	c _e [mg/L]	B ₀ [m]	L ₀ [m]	C _{t=0} [mg/L]	B _{t=1} [m]	L _{t=1} [m]	C _{t=1} [mg/L]	B _{t=2} [m]	L _{t=2} [m]	C _{t=2} [mg/L]	B _{t=4} [m]	L _{t=4} [m]	C _{t=4} [mg/L]	B _{t=6} [m]	L _{t=6} [m]	C _{t=6} [mg/L]	B _{t=12} [m]	L _{t=12} [m]	C _{t=12} [mg/L]	B _{t=18} [m]	L _{t=18} [m]	C _{t=18} [mg/L]	B _{t=24} [m]	L _{t=24} [m]	C _{t=24} [mg/L]	B _{t=30} [m]	L _{t=30} [m]	C _{t=30} [mg/L]
A	5	570	0,225	641,25	0,1	4	0,2	1800	31	2	2	225031	10	10	9032	20	20	+	40	40	594	60	60	281	120	120	94	180	180	59	240	240	47	300	300	41
B	1	3850	0,225	866,25	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
C	2	990	0,225	445,5	0,1	4	0,2	720	31	2	2	90031	10	10	3632	20	20	931	40	40	256	60	60	131	120	120	56	180	180	42	240	240	37	300	300	35
D	1	3160	0,225	711	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
E	1	2520	0,225	567	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
F	2	1760	0,225	792	0,1	4	0,2	720	31	2	2	90031	10	10	3632	20	20	931	40	40	256	60	60	131	120	120	56	180	180	42	240	240	37	300	300	35
G	1	2700	0,225	607,5	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33
H	1	2090	0,225	470,25	0,1	4	0,2	360	31	2	2	45031	10	10	1832	20	20	481	40	40	144	60	60	81	120	120	44	180	180	37	240	240	34	300	300	33

Tabel I.6 De resultaten voor vertroebeling door aanleg van de kabels voor Windplan Blauw met behulp van baggeren

Zone	n	L _{kabel} [m/kabel]	V _{kabel} [m ³ /m/kabel]	V _{zone} [m ³]	U [m/s]	h _{min} [m]	V _{val} [mm/s]	m _{fijn} sediment [kg/m]	c _e [mg/L]	B ₀ [m]	L ₀ [m]	C _{t=0} [mg/L]	B _{t=1} [m]	L _{t=1} [m]	C _{t=1} [mg/L]	B _{t=2} [m]	L _{t=2} [m]	C _{t=2} [mg/L]	B _{t=4} [m]	L _{t=4} [m]	C _{t=4} [mg/L]	B _{t=6} [m]	L _{t=6} [m]	C _{t=6} [mg/L]	B _{t=12} [m]	L _{t=12} [m]	C _{t=12} [mg/L]	B _{t=18} [m]	L _{t=18} [m]	C _{t=18} [mg/L]	B _{t=24} [m]	L _{t=24} [m]	C _{t=24} [mg/L]	B _{t=30} [m]	L _{t=30} [m]	C _{t=30} [mg/L]
A	5	570	1,65	4702,5	0,1	4	0,2	13200	31	2	2	1650031	10	10	66032	20	20	16531	40	40	4156	60	60	1864	120	120	489	180	180	235	240	240	146	300	300	104
B	1	3850	1,65	6352,5	0,1	4	0,2	2640	31	2	2	330031	10	10	13232	20	20	3331	40	40	856	60	60	398	120	120	123	180	180	72	240	240	54	300	300	46
C	2	990	1,65	3267	0,1	4	0,2	5280	31	2	2	660031	10	10	26432	20	20	6631	40	40	1681	60	60	764	120	120	214	180	180	112	240	240	77	300	300	60
D	1	3160	1,65	5214	0,1	4	0,2	2640	31	2	2	330031	10	10	13232	20	20	3331	40	40	856	60	60	398	120	120	123	180	180	72	240	240	54	300	300	46
E	1	2520	1,65	4158	0,1	4	0,2	2640	31	2	2	330031	10	10	13232	20	20	3331	40	40	856	60	60	398	120	120	123	180	180	72	240	240	54	300	300	46
F	2	1760	1,65	5808	0,1	4	0,2	5280	31	2	2	660031	10	10	26432	20	20	6631	40	40	1681	60	60	764	120	120	214	180	180	112	240	240	77	300	300	60
G	1	2700	1,65	4455	0,1	4	0,2	2640	31	2	2	330031	10	10	13232	20	20	3331	40	40	856	60	60	398	120	120	123	180	180	72	240	240	54	300	300	46
H	1	2090	1,65	3448,5	0,1	4	0,2	2640	31	2	2	330031	10	10	13232	20	20	3331	40	40	856	60	60	398	120	120	123	180	180	72	240	240	54	300	300	46



BIJLAGE: SCHETSONTWERP

Titel: SO DF
 Project: Windplan Blauw

Documentnaam: 180220SODF_V1.1.pdf

Datum: 21-02-2018
 Auteur: C. Kooij
 Controleur: I. Pieters, R. Westerhuis
 Vrijgever: E. Rozendal
 Versie: 1.1

Kaart: 171218 VKA5.0
 Code: IJK074

Legenda

Turbines

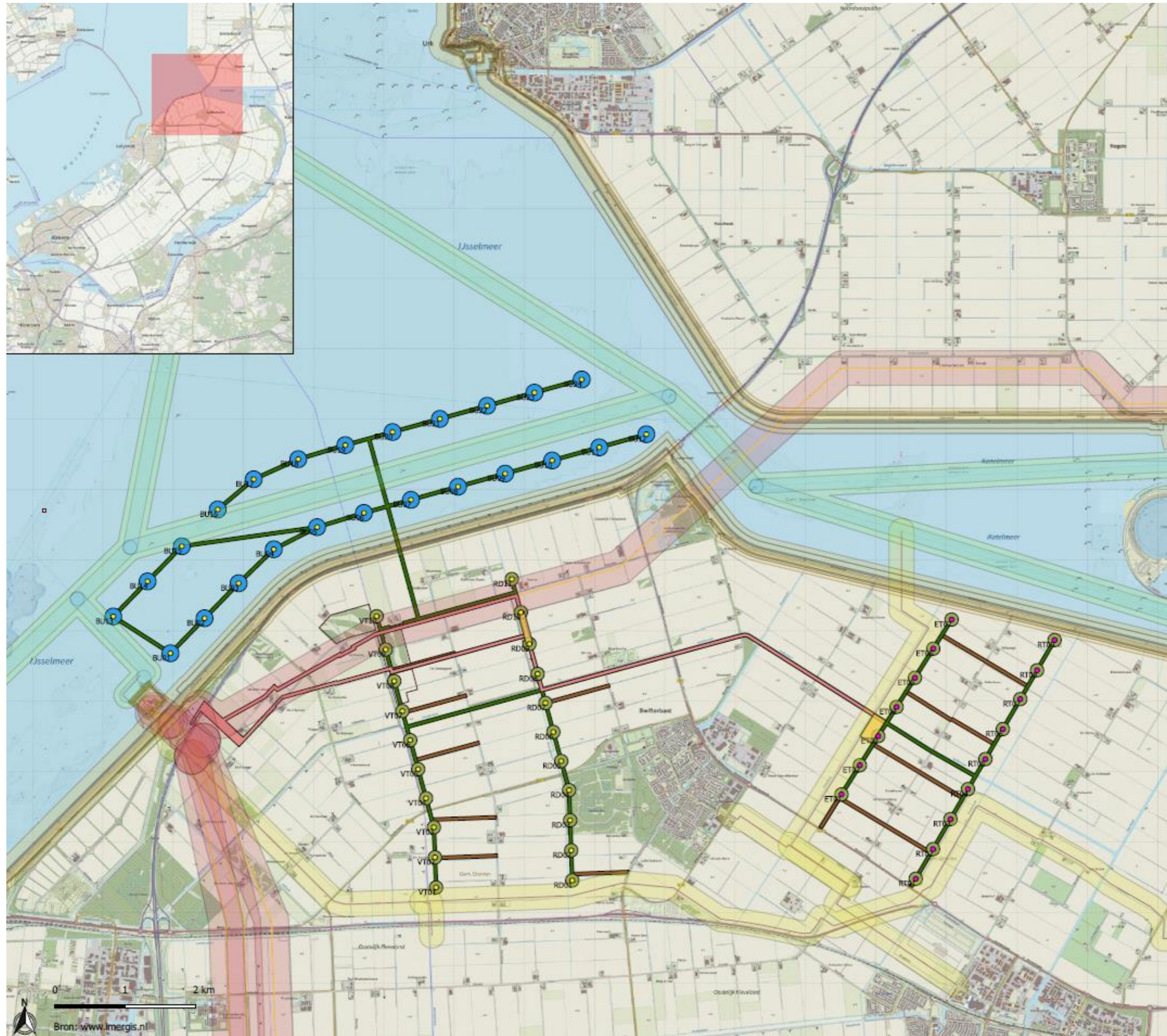
- 213m tiphoogte boven NAP
- 248m tiphoogte boven NAP

Objecten:

- Hoogspanningslijn
- Gasleiding
- Archeologisch Rijksmonument
- Vaarweg

Zones:

- Windturbine-inrichting (164m + 25m schuifruimte) kraanopstelplaatsen, wegen, kabels en leidingen, fundament, inkoopstations, en voorzieningen ten behoeve van het windpark
- Windturbine-inrichting (164m + 75m schuifruimte). Fundament, kabels en leidingen en voorzieningen ten behoeve van het windpark
- Plaatsingzones onderstation (gebouw incl transformatoren opstelling L25 x B20 x H6 meter) Hekwerk L50 x B30 x H3.5 meter Bliksemafleiders H22 meter)
- 33kV tracé
- 150 kV tracé
- Parkwegen
- Bufferafstand tot vaarweg 82m
- Bufferafstand hoogspanning 245m
- Bufferafstand gasleiding 178m
- Beschermingszone primaire keringen





BIJLAGE: MAGNEETVELDEN

Inleiding

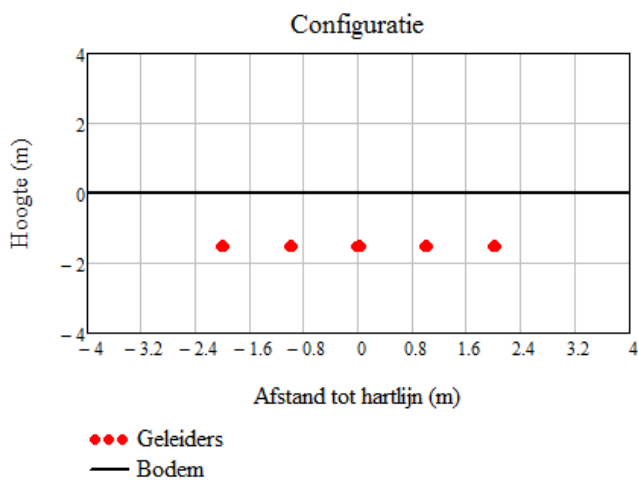
Voor magneetvelden mogen er geen gevoelige objecten zoals woningen, scholen, kinderdagverblijven en/of crèches zich bevinden binnen de 0,4 microteslazone van het tracé en onderstationlocaties. In deze bijlage is nader toegelicht wat de afstand tot gevoelige objecten is en hoe groot de 0,4 microteslazone is.

Configuraties en magneetvelden

33 kV kabels

In afbeelding III.1 tot en met III.3 zijn de configuratie, invoerparameters en magneetvelden van de 33 kV kabels weergegeven. De 0,4 microteslazone ligt op 6,8 meter uit de hartlijn en daarmee op 4,8 meter tot de buitenste kabel.

Afbeelding III.1 Uitgangspunt configuratie 33 kV kabels



Afbeelding III.2 Invoerparameters onderzoek magnetische veldbreedte 33 kV kabels

Invoerparameters

Ontwerpbelasting: $S_{ontw} := 30 \times 10^6 \cdot V \cdot A$

Ontwerpspanning: $U_{ontw} := 33kV$

Ontwerpstroom: $I_0 := \frac{S_{ontw}}{\sqrt{3} \cdot U_{ontw}}$

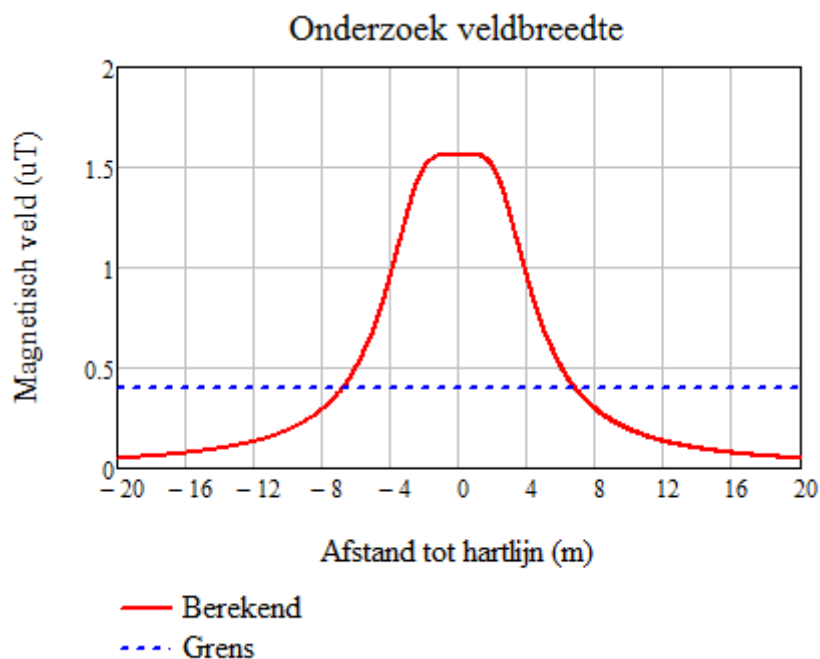
De ontwerpstroom behorende bij de configuratie:

$$I_0 = 524.9 A$$

Factor voor bepalen rekenstroom:
(30% voor 380/220 kV,
50% voor 110/150/220 kV,
60% voor Net op Zee)

$$f_{bel} := 0.6$$

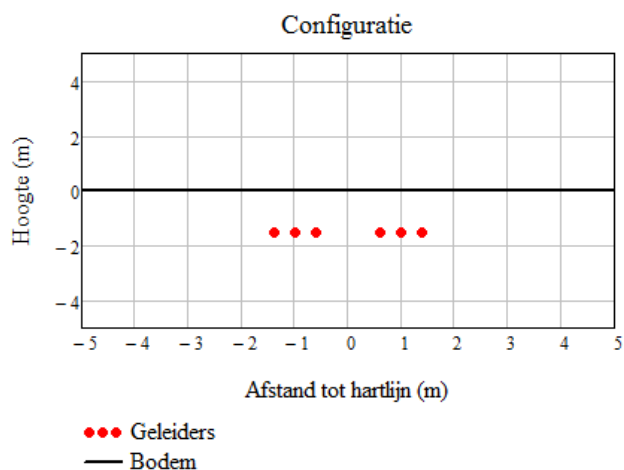
Afbeelding III.3 Resultaten onderzoek magnetische veldbreedte 33 kV kabels



150 kV kabels

In afbeelding III.4 tot en met III.6 zijn de configuratie, invoerparameters en magneetvelden van de 150 kV kabels weergegeven. Voor 150 kV zijn drie losse fasen kabels gebruikelijk in verband met een limitering door warmtevorming. Het gebruik van een gebundelde 3-fasen kabel is niet uitgesloten. Er is een controle berekening gemaakt voor een gebundelde 3-fasen, echter blijken die drie losse fasen kabels worst case. De 0,4 microtesla zone ligt op 15,4 meter uit de hartlijn en daarmee op 14 meter tot de buitenste kabel.

Afbeelding III.4 Uitgangpunt configuratie 150 kV kabels



Afbeelding III.5 Invoerparameters onderzoek magnetische veldbreedte 150 kV kabels

Invoerparameters

Ontwerpbelasting: $S_{ontw} := 150 \times 10^6 \cdot \text{V} \cdot \text{A}$

Ontwerpspanning: $U_{ontw} := 150 \text{ kV}$

Ontwerpstroom: $I_0 := \frac{S_{ontw}}{\sqrt{3} \cdot U_{ontw}}$

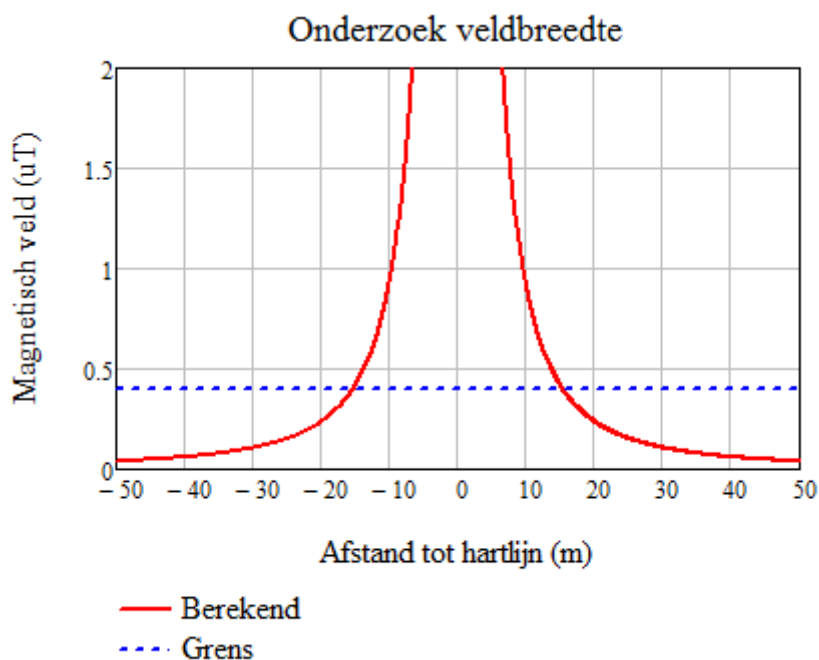
De ontwerpstroom behorende bij de configuratie:

$I_0 = 577.4 \text{ A}$

Factor voor bepalen rekenstroom:
(30% voor 380/220 kV,
50% voor 110/150/220 kV,
60% voor Net op Zee)

$f_{bel} := 0.6$

Afbeelding III.6 Resultaat onderzoek magnetische veldbreedte 150 kV kabels



Onderstations

Voor het kwantificeren van de 0,4 microteslacontour rondom een transformatorstation is een uitgebreide softwareanalyse nodig. Bij referentiestudies 150kV-hoogspanningsstation Boxtel¹ en 220/380 kV transformator voor Hollandse Kust (zuid)² bleek deze 0,4 microteslacontour op maximaal 30 meter te liggen. Voor de 33/150 kV onderstations van windplan Blauw wordt daarom de effectafstand van 30 meter gehanteerd.

¹ https://www.boxtel.nl/fileadmin/Actueel/Projecten/150_KV_station/TE122200-R01_MP_v2.pdf.

² TenneT 2017, Net op zee Hollandse Kust (zuid) MER - Deel A.

Magneetvelden op water en bij de dijk kruising

Op water en nabij de dijk kruising bevinden zich geen gevoelige objecten, zoals te zien in het schetsontwerp in bijlage II en zodoende valt te concluderen dat magnetische velden niet tot negatieve effecten leiden voor de 33 kV windparkbekabeling op water en in de nabijheid van dijk kruisingen.

Magneetvelden op land

Magneetvelden van 33kV-tracé

Op land bevinden zich geen gevoelige objecten in de microteslazone (4,8 meter). Het dichtstbijzijnde gevoelige object bevindt zich op 4,8 van het erf Kastanjehoeve (Visvijverweg 32 en 34), waarbij de gevel van de woning op circa 15 meter tot het tracé ligt, zie afbeelding III.7. Geconcludeerd wordt dat er geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

Afbeelding III.7 Dichtstbijzijnde woning tot 33kV windparkbekabeling op land



Magneetvelden van 150 kV

Op land bevinden zich geen gevoelige objecten in de 0,4 microteslazone (14 meter). Het dichtstbijzijnde gevoelige object bevindt zich op circa 15 meter van het erf 'Nil nobis absurdum' (Visvijverweg 48), waarbij de gevel van de woning op circa 15 meter tot het tracé ligt, zie afbeelding III.8. Geconcludeerd wordt dat er geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

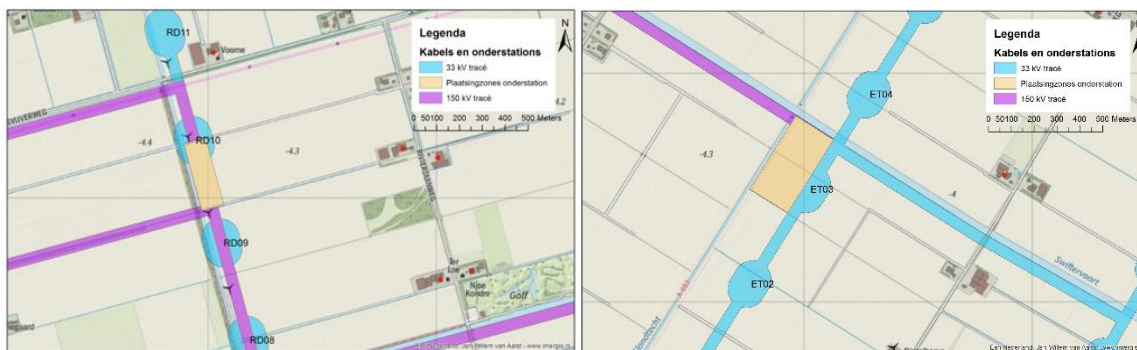
Afbeelding III.8 Dichtstbijzijnde woning tot 150 kV ontsluitingskabel



Magneetvelden van het onderstation

Het dichtstbijzijnde gevoelige object bevindt zich op circa 350 meter van het onderstation en is het erf 'Voorne' (woning: Visvijverweg, 22). Dit is een veelvoud van de te verwachten effectafstand van 30 meter. Geconcludeerd wordt dat voor het magnetische velden bij de onderstations geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

Afbeelding III.8 Dichtstbijzijnde woningen tot onderstation nabij RD10 (links) en ET03 (rechts)



Conclusie

Voor magneetvelden mogen er geen gevoelige objecten zoals woningen, scholen, kinderdagverblijven en/of crèches zich bevinden binnen de 0,4 microteslzone van het tracé en onderstationlocaties, zie ter achtergrond het informatiekader op de volgende pagina. In deze bijlage is nader toegelicht wat de afstand tot gevoelige objecten is en hoe groot de 0,4 microteslzone is. Doordat er geen gevoelige objecten zich bevinden in de 0,4 microteslzone van het tracé zijn wordt geconcludeerd dat voor het thema magnetische velden geen sprake is van grote nadelige gevolgen voor het milieu.

Infokader magnetische velden

Magnetische velden ontstaan bij het transport en het gebruik van elektriciteit. Het elektrisch veld is in dit kader verder niet van belang, omdat dit door een mantel die om de kabels heen zit wordt afgeschermd. Dat geldt niet voor magnetische velden. In Nederland wordt voor de blootstelling aan magnetische velden de advieswaarde van 100 microtesla gehanteerd. Deze advieswaarde is gebaseerd op een Aanbeveling van de Europese Unie heeft (1999/519/EG), waarin een referentieniveau van 100 microtesla voor bescherming van de bevolking is vastgelegd. Deze waarde wordt in Nederland op voor het publiek toegankelijke plaatsen bij bovengrondse hoogspanningsverbindingen of hoogspanningsstations nergens overschreden, ook niet in de buurt van ondergrondse hoogspanningsverbindingen.

Sinds de jaren '70 uit de vorige eeuw wordt onderzoek gedaan naar de mogelijke effecten van Magnetische velden van bovengrondse hoogspanningsverbindingen op de gezondheid (langdurige blootstelling aan lage veldsterkten). Uit onderzoeken (pooled analyses) van rond 2000 blijkt een zwakke, maar statistisch significante associatie tussen het optreden van leukemie bij kinderen tot 15 jaar en het wonen in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningslijnen. Zowel de Gezondheidsraad als het RIVM komen tot de conclusie dat het gedegen onderzoeken zijn, maar geven daarbij ook aan dat ondanks veel onderzoek daarnaar, er geen aanwijzingen zijn gevonden voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan magnetische velden van hoogspanningslijnen en het ontstaan van leukemie bij kinderen. Ook is er geen biologisch mechanisme bekend dat zoiets kan verklaren. Als vervolg op de bevindingen van de Gezondheidsraad en het RIVM over de wetenschappelijke onderzoeksresultaten en de onrust in de maatschappij over mogelijke gezondheidseffecten van hoogspanningslijnen, is in 2005 door de toenmalige staatssecretaris van VROM voor bovengrondse hoogspanningslijnen door de Rijksoverheid een beleidsadvies met betrekking tot bovengrondse hoogspanningslijnen uitgebracht (2005, ministerie van VROM SAS/2005183118). De kern van dit beleidsadvies -gebaseerd op het voorzorgprincipe- is dat nieuwe situaties waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan Magnetische velden van bovengrondse hoogspanningslijnen met een jaargemiddelde hoger dan 0,4 microtesla zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, vermeden moeten worden.

Het beleidsadvies is van toepassing op bovengrondse hoogspanningsverbindingen, maar geldt niet voor ondergrondse hoogspanningsverbindingen (kabels), opstijgpunten, en hoogspanningsstations. In de praktijk worden echter in toenemende mate hoogspanningsverbindingen uitgevoerd met ondergrondse kabels. Deze trend naar verkabeling van het hoogspanningsnet wordt veroorzaakt door enerzijds de vraag vanuit de samenleving en anderzijds door technologieontwikkelingen. De breedte van het magneetveld bij hoogspanningskabels is in de regel kleiner dan bij hoogspanningslijnen. Vanwege de onrust in de omgeving over Magnetische velden van de kabeltracés en hoogspanningsstations wordt voor de ondergrondse kabels en stations in het project Windplan Blauw inzage gegeven in de ligging van de 0,4 microteslazonen van de kabelverbindingen en de 0,4 microteslacontour van hoogspanningsstations, ondanks dat het beleidsadvies alleen van toepassing is op bovengrondse hoogspanningslijnen. Gebleken is dat dit in de omgeving van een project vaak wel op prijs wordt gesteld. Om deze reden is naast dit MER onderzoek uitgevoerd naar het mogelijk aantal woningen, scholen, kinderdagopvangplaatsen en crèches binnen de 0,4 microteslazonen van de kabelverbindingen en de 0,4 microteslacontour van de mogelijke onderstationlocaties.

IV

BIJLAGE: AKOESTISCH ONDERZOEK

Inleiding

Elk onderstation betreft een open station met twee transformatoren welke worden opgesteld in de buitenlucht. De transformatoren kunnen tevens aan drie zijden worden omgeven door scherfmuren. De exacte locatie van de transformatoren op het terrein en de locatie, hoogte en oriëntatie van de scherfmuren kunnen variëren afhankelijk van detailuitwerking.

Omdat elk transformatorstation mogelijk een elektrisch vermogen heeft van meer dan 200 MVA geldt er een geluidzoneringsplicht conform het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer in het kader van de Wet geluidhinder¹. Het terrein waarop elk transformatorstation wordt gerealiseerd dient daarom in het ruimtelijk plan te worden aangemerkt als een gezoneerd industrieterrein. Rondom dit terrein dient vervolgens, conform artikel 40 van de Wet geluidhinder (Wgh) een zone te worden vastgesteld waarbuiten de geluidbelasting vanwege dat terrein de waarde van 50 dB(A) niet mag overschrijden.

Rekenmodel

Voor de transformatoren is een rekenmodel opgesteld conform de rekenmethode industrielawaai in het rekenpakket Geomilieu versie V4.30. De onderzoeken zijn worst-case uitgevoerd door in een fictieve opstelling de transformatoren steeds aan de rand van het zoekgebied te zetten. Voor de berekening is uitgegaan van een rekenmodel met dezelfde invoergegevens als voor de windturbines. De transformatoren zijn ingevoerd als twee puntbronnen (op elke hoek van het terrein) met een geluidemissie van 87 dB(A) als worstcase aanname. Het hele terrein rondom de puntbronnen is akoestisch reflecterend ingevoerd, met aan drie zijden van de puntbronnen een reflecterend scherm van circa 6 meter (scherfmuren). Het akoestisch onderzoek en de uitgangspunten zijn opgenomen in bijlage IV & XIV bij het hoofdrapport MER.

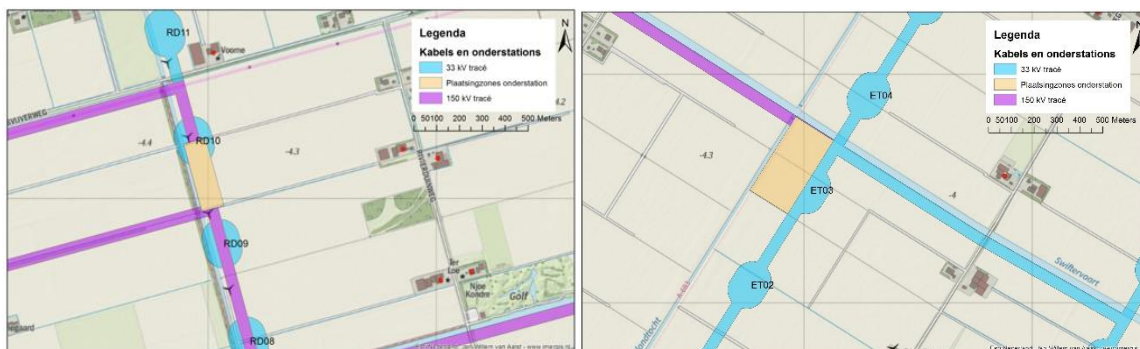
Afstand tot gevoelig objecten

Ten behoeve van de realisatie van het windpark Blauw kunnen twee transformatorstations worden gebouwd (zie IV.1). In elk transformatorstation wordt de opgewekte elektriciteit van de windturbines getransformeerd naar een hoger spanningsniveau waardoor aansluiting op het elektriciteitsnet mogelijk wordt. De transformatoren van het onderstation zorgen voor geluidsbelasting. In afbeelding IV.1 is de afstand tot de dichtstbijzijnde woningen weergegeven:

- onderstation nabij RD10 is de afstand tot de dichtstbijzijnde woning 'Voorne' 350 meter (Visvijverweg, 22);
- onderstation nabij ET03 is de afstand tot dichtstbijzijnde woning 760 meter (Elandweg 22).

¹ De juridische grondslag ligt in het Bor, in relatie met artikel 40 en 41 van de Wet geluidhinder. Zie hiervoor onderdeel C, 20.1 onder b jo. onderdeel D1 onder Bijlage 1 van het Bor.

Afbeelding IV.1 Dichtstbijzijnde woningen tot onderstation nabij RD10 (links) en ET03 (rechts)

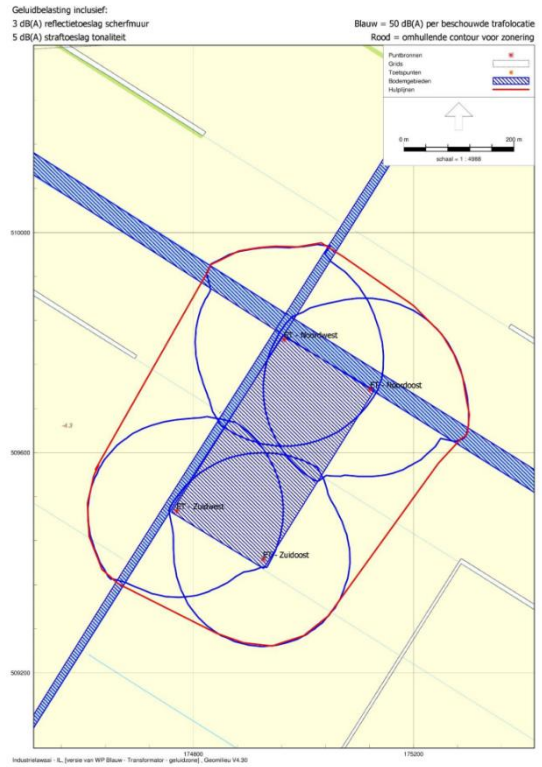
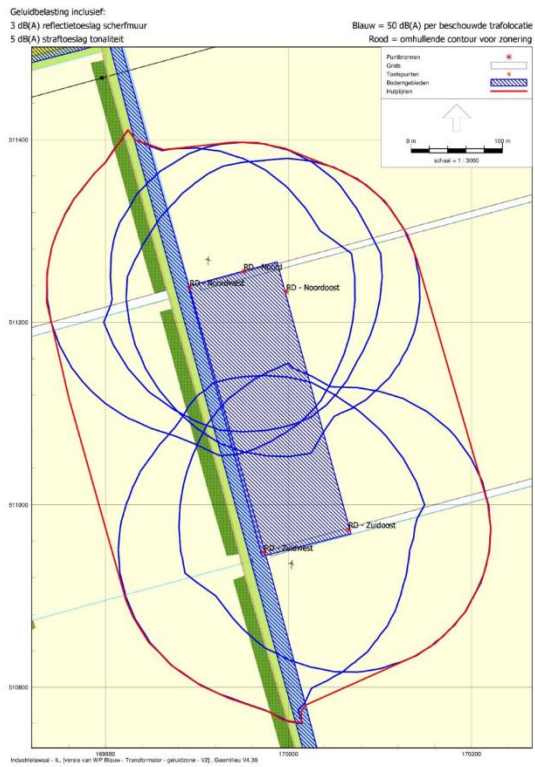


Ter plaatse van de dichtstbijgelegen geluidgevoelige bestemming (350 meter) veroorzaken de transformatorstations een geluidbelasting van maximaal 34 dB(A) etmaalwaarde. Daarmee wordt voldaan aan de voorkeursgrenswaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde (norm uit de Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening) welke in een stil landbouwgebied conform de voorkeursgrenswaarden/richtwaarden uit tabel 4 van de Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening. Hierbij is de straffactor van 5 dB(A) wegens tonaliteit zoals eerder genoemd reeds in de geluidbron verdisconteerd. Opgemerkt wordt dat de geluidberekening is gedaan op basis van worst-case positionering van transformatoren. Voor het onderstation geldt een geluidszoneringplicht (>200 MVA). De geluidszone is berekend. Ter hoogte van woningen kan aan de geluidswaarde worden voldaan. Daarmee vormt het thema geluid geen belemmering voor de realisatie van het onderstation.

50 dB(A) contour in inpassingsplan

Om de berekende contouren is een omhullende 50 dB(A) contour bepaald die zullen worden opgenomen in het inpassingsplan (zie afbeelding IV.2, rode contour).

Afbeelding IV.2 Geluidsanalyse onderstation nabij RD10 (links) en ET03 (rechts)





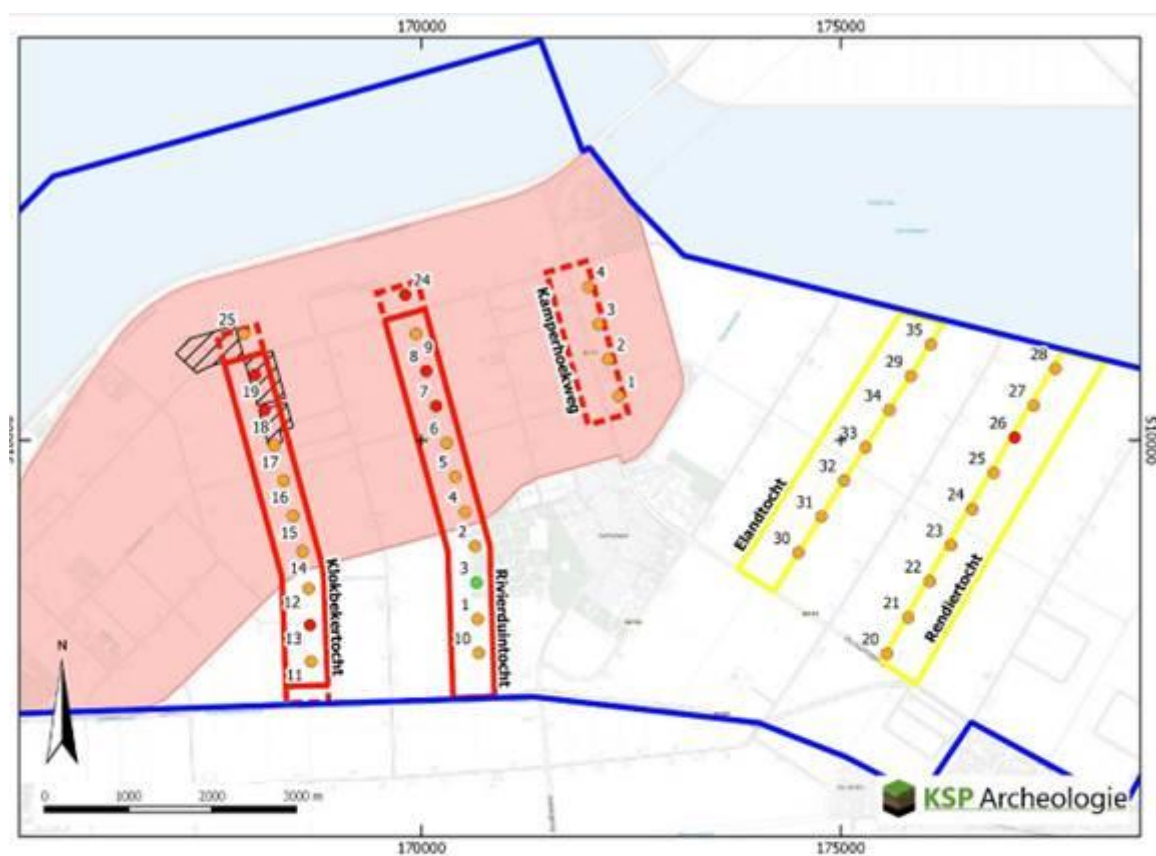
BIJLAGE: ARCHEOLOGIE

Op land

Effecten op archeologische waarden zijn gerelateerd aan grondroerende werkzaamheden, deze vinden alleen plaats in de aanlegfase. Grondroerende werkzaamheden worden uitgevoerd voor de aanleg van de kabels, onderhoudswegen en transformatorstation(s).

In het deelgebied West liggen bekende archeologische waarden en archeologische (rijks)monumenten. Deze waarden worden door het onderstation mogelijk aangetast. Behoud in situ is op dit moment niet geborgd. Met name bij de Klokbekertocht en Rivierduintocht liggen zones met hoge verwachting gebaseerd op de daadwerkelijk aangetroffen vindplaatsen (zie afbeelding V.1).

Afbeelding V.1 Archeologische verwachtingswaarde en advies voor nader onderzoek



Legenda

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Plangebied | Hoog |
| PArk Swifterbant | Gematigd |
| Plaatsingszones-land | Laag |
| West, Plaatsingszone Regioplan | Beschermd Rijksmonument |
| West, Alternatieve plaatsingszone | |
| Oost, Plaatsingszone Regioplan | |

Een hoge verwachtingswaarde betekent dat met grote waarschijnlijkheid archeologische vindplaatsen aangetroffen zullen worden. Een negatief effect op de fysieke staat van de verwachte archeologische waarden kan daarmee niet uitgesloten worden. 9 turbines van het VKA zijn gelegen in een gebied met een hoge archeologische verwachtingswaarde en 27 turbines zijn gepland in een gebied met een gematigde verwachtingswaarde. Logischerwijs geldt dit ook voor de kabels naar en van deze turbines. Op deze locaties dient nader onderzoek uitgevoerd te worden voor de vergunningaanvragen. De vergunningaanvragen voor

de kabels en het onderstation volgen na vaststelling van het inpassingsplan. Als uit onderzoek blijkt dat ter plaatse van kabeltracés of het onderstation een archeologische vindplaats aanwezig is, zullen de mogelijkheden worden bekeken voor behoud van de resten in de bodem (behoud in situ) door bijvoorbeeld omleggen van de kabels of dat de resten moeten worden opgegraven (veilig gesteld).

Gezien de aard van de archeologische waarden is in de uitvoering altijd maatwerk mogelijk. Als in situ behoud niet mogelijk is, kan de procedure voor opgraving worden opgestart. Dit betekent dat ook bij het aantreffen van archeologische waarden de uitvoerbaarheid van het onderstation en de kabels geborgd zijn. Archeologie vormt daarmee geen belemmering voor de uitvoerbaarheid van de kabels en het onderstation.

Archeologie op water

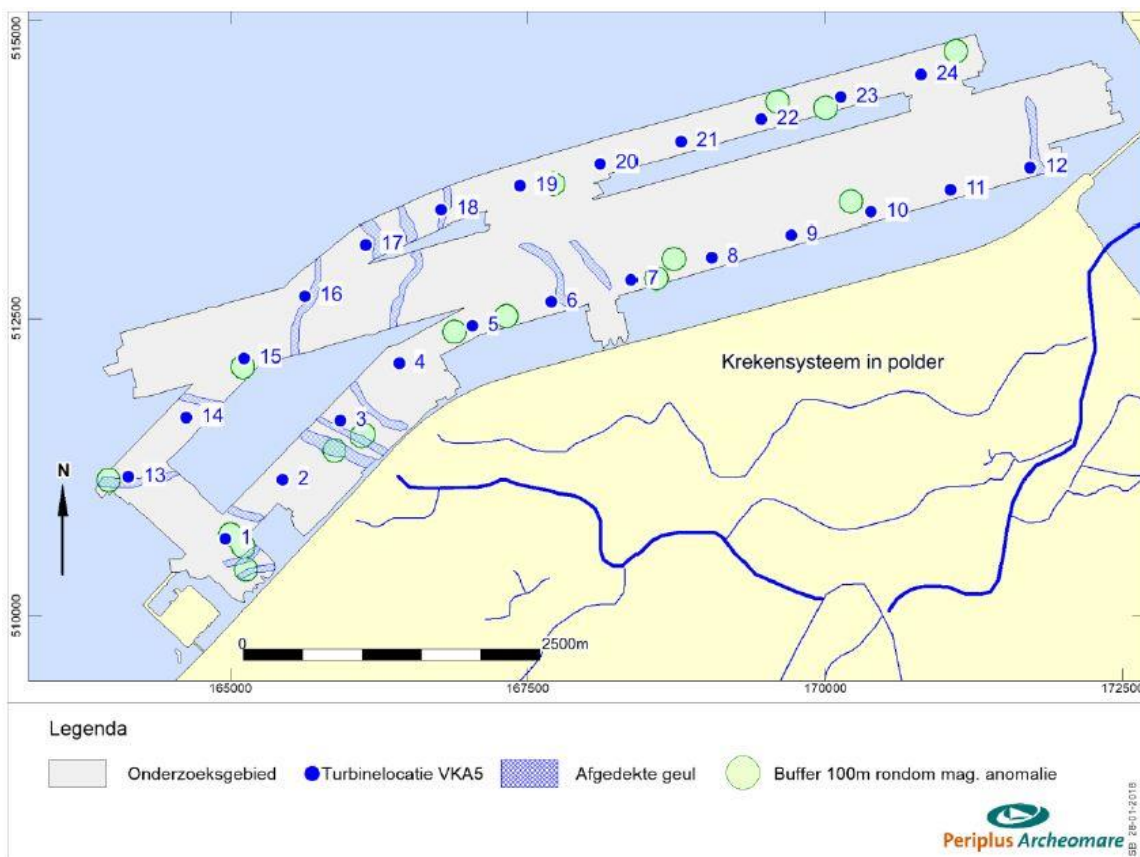
Tijdens de aanlegfase is sprake van bodemverstoring die archeologische waarden in de waterbodem kan aantasten. In het projectgebied kunnen archeologische resten voorkomen in de vorm van scheepswrakken vanaf de Late Middeleeuwen tot de Nieuwe Tijd. Daarnaast zijn mogelijk goed geconserveerde prehistorische nederzettingen in het plangebied aanwezig. Deze nederzettingen zijn onderdeel van de Swifterbantcultuur en kunnen voorkomen onder de waterbodem.

Voor de kabels is op water een inventariserend veldonderzoek uitgevoerd naar archeologische waarden in het IJsselmeer (zie bijlage XII bij het hoofdrapport MER). Dit onderzoek is gebaseerd op metingen met de side scan sonar en magnetometer. In het onderzoek met de side scan sonar zijn geen waarnemingen gedaan waaraan een archeologische verwachting is toegekend. In het onderzoeksgebied zijn geen scheepswrakken aangetroffen.

Met de magnetometer zijn verschillende onbekende, ijzerhoudende objecten aangetroffen. Het kan niet worden uitgesloten dat zich hieronder objecten met een archeologische waarde bevinden. Geadviseerd wordt om een bufferzone van 100 meter tot deze objecten aan te houden. Voor de aanleg van kabels geldt dat een bufferzone van 100 meter tot de onbekende objecten moet worden aangehouden. Indien het niet mogelijk is om een object te vermijden, is voor de aanleg van de kabels nader onderzoek nodig.

Met de magnetometer zijn prehistorische geulen aangetroffen die aansluiten op het prehistorische krekensysteem dat in noordelijk Flevoland bekend is (zie afbeelding V.2). De hoger gelegen oeverwallen van deze krekensystemen kunnen resten van goed geconserveerde nederzettingen van de Swifterbantcultuur bevatten. De kabels op water lopen door vermoedelijke oeverwallen. Gezien niet alle oeverwallen vermeden kunnen worden is het waarschijnlijk dat voor deze locaties nader onderzoek moet worden uitgevoerd. Indien in dit onderzoek archeologische waarden worden aangetroffen wordt gekeken of mitigerende maatregelen mogelijk zijn om het cultureel erfgoed veilig te stellen en de kabels te plaatsen. Archeologische waarden worden zoveel mogelijk in situ behouden. Waar dit niet mogelijk is kan worden gekozen voor opgraving of voor het schuiven met het kabeltracé. De uitvoerbaarheid van het kabeltracé is daarmee geborgd.

Afbeelding V.2 Overzicht van gekarteerde geulen en de locaties te ontzien bij de voorgenomen werkzaamheden



VI

BIJLAGE: WATERKERINGSVEILIGHEID

In paragraaf 1.3.6 is uit de afweging naar voren gekomen dat de HDD-boring de voorkeur heeft de dijk kruising. Dit sluit aan het beleid van het waterschap, beschreven in onderstaand kader (Waterschap Zuiderzeeland, 2009).

Beleid primaire waterkeringen voor windmolens, kabels en leidingen en beplantingen

4.4.3.e Methodiek dijk kruisingen - Dijk kruising middels horizontaal gestuurde boring (HDD-boringen)

Een gestuurde boring of HDD-methode (Horizontal Directional Drilling) is een sleufloze boortechniek waarbij waterkeringen diep onder het maaiveld worden gekruist. Met deze methode is men in staat over honderden meters nauwkeurige boringen te verrichten. Hierbij ontstaat de mogelijkheid om persleidingen of kabeldoorvoerbuizen onder keringen te leggen zonder het dijkprofiel te verstoren. Voor de aanleg van een horizontaal gestuurde boring moet het ontwerp onderbouwd worden met de noodzakelijke grondonderzoeken en sterkteberekeningen. Het in- en uittredepunt van de boring moet buiten de veiligheidszone van de waterkering liggen. In de kernzone dient de gronddekking ten opzichte van het maaiveld of de waterbodem minimaal 10 meter te zijn en moet de leiding horizontaal liggen. Wanneer het pleistocene zand wordt aangeboord moet de stijghoogte in het Pleistoceen worden bepaald. Een gestuurde boring mag niet worden uitgevoerd als de stijghoogte in het Pleistoceen hoger is dan het freatisch vlak buiten de waterkering tenzij er extra maatregelen worden getroffen, zoals bijvoorbeeld de aanleg van kwelschermen in een kleikoffer aan weerszijden van de boring.'

De voorwaarden voor vergunningverlening van het waterschap voor een gestuurde boring genoemd sluiten aan bij de NEN 3650 serie, in specifiek NEN 3651 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken.

NEN 3651 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken.

In 9.6: 'Omdat bij de aanleg van leiding kruisingen met de HDD-techniek de verstoring van het waterstaatswerk nihil is of tot een minimum beperkt blijft, verdient deze methode de voorkeur boven andere aanlegmethoden. Wanneer er ten minste 10 m gronddekking boven de boring aanwezig is, is de kans op beschadiging door derden vrijwel geheel uitgesloten. Bij een geringere gronddekking dan 10 m nemen de risicomijdende merites van deze kruisingsmethode snel af'.

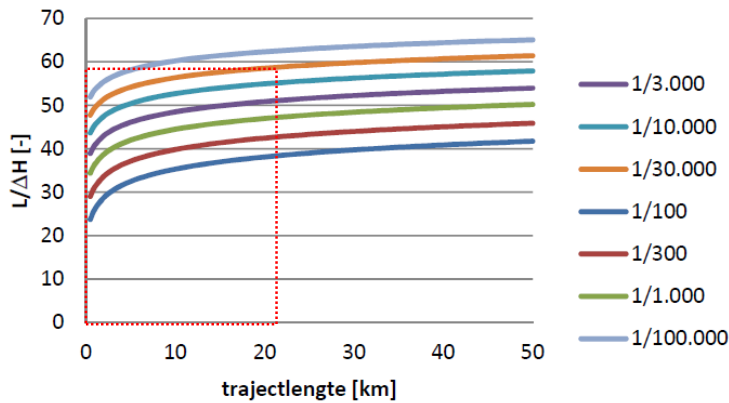
In 8.6 'Horizontal Directional Drilling' (HDD) Een HDD mag niet worden uitgevoerd indien langs de leiding een kwelweglengte kan ontstaan met een geringere hydraulische weerstand dan de 'natuurlijke' kortste kwelweglengte, tenzij de leiding onder het waterstaatswerk en de veiligheidszones geheel in het diepe zand ligt.'

Uit het beleid van het waterschap en de NEN 3651 blijkt dat de aanleg van kabels onder de dijk geen effect heeft mits de HDD-boring voldoende diep wordt uitgevoerd en het in- en uittredepunt voldoende ver uit elkaar liggen. Een kwantificeren van een veilige kwelweglengte (afstand tussen intrede- en uittredepunt) valt te maken aan de hand van Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017¹. Voor de IJsselmeerdijk traject 8-3 met een trajectlengte van 22,8 km geldt een norm van 1/30.000 jaar. Uit afbeelding VI.1 valt dan af te

¹ Ministerie van I&M - Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 - Bijlage III Sterkte en veiligheid.

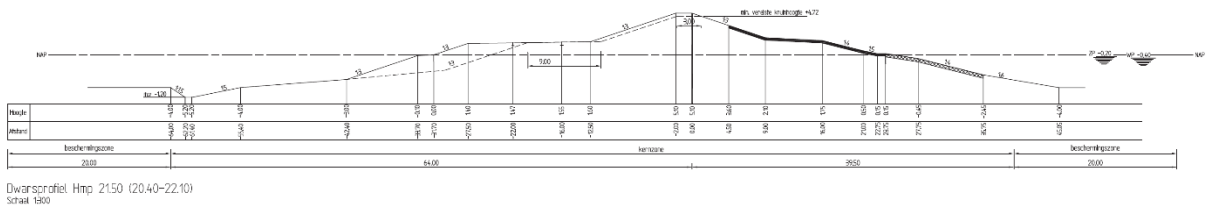
lezen dat de verhouding tussen kwelweglengte en verval over de waterkering $L/\Delta H = 57$. Bij een maaiveldhoogte in de polder op -4,5 meter NAP en een extreme waterstand op het IJsselmeer van NAP +2,5 m is $\Delta H = 7,0$ meter. De daaruit volgende kwelweglengte is $57 \times 7 = 400$ meter. De conclusie van deze analyse is dat indien de afstand tussen intrede- en uittredepunt van de HDD boring groter is dan 400 m, de kans op piping verwaarloosbaar is.

Afbeelding VI.1 Verhouding tussen kwelweglengte en verval over de waterkering in functie van de trajectlengte bij een deklaag met een dikte tussen 0 en 6 meter. Bron: Ministerie van I&M¹



Ter plaatse van IJsselmeerdijk dwarsprofiel Hpm 21,50 is de kernzone 103,5 meter breed, waarmee het totale keurgebied 378,5 meter breed is. In het ontwerp zijn nog geen intrede- en uittredepunt gekozen. Indien het intrede en uittrede punt buiten het keurgebied gekozen worden en aanvullend aan binnen- of buitenzijde nog 21,5 meter marge toegevoegd wordt zowel de kwelweglengte van 400 meter gewaarborgd als her keurgebied en kan gesteld worden dat de kans op piping verwaarloosbaar is.

Afbeelding VI.2 Dwarsprofiel IJsselmeerdijk Hpm 21.50. Bron: Legger waterkeringen waterschap Zuiderzeeland



Afbeelding VI.3 Schematische weergave beschermingszone primaire waterkeringen. Bron afbeelding: Keur waterschap Zuiderzeeland, 2009. Opmaak afbeelding: Witteveen+Bos op basis van getallen keur waterschap Zuiderzeeland, 2017

