

TOELICHTING AANVRAAG WBR-VERGUNNING

BORING KABELTRACE WPF - VISMIGRATIERIVIER

Datum	23 augustus 2017
Van	Pondera Consult
Betreft	Toelichting op de aanvraag
Projectnummer	709026

Inleiding

Op 14 juli 2015 heeft Windpark Fryslân b.v. een aanvraag ingediend voor een vergunning in het kader van de Wet beheer rijkswaterstaatwerken (Wbr) ten behoeve van de realisatie van Windpark Fryslân, inclusief de aanleg van de hoogspanningskabel door de Afsluitdijk. Voor deze aanvraag is op 22 september 2016 een beschikking afgegeven. Onderdeel van de beschikking is de aanleg van het kabel-tracé door de Afsluitdijk langs en onder de snelweg A7. Onderdeel van het kabeltracé zijn twee (van meerdere) parallelle HDD-boringen die vlak voor de Kornwerdersluizen van de noordzijde van de snelweg naar de zuidzijde van de snelweg gaat. Bij de detailengineering is gebleken dat het wenselijk is de boringen op een andere wijze te plaatsen dan reeds vergund. Om die reden wordt voor deze 'nieuwe' boringen een Wbr-vergunning aangevraagd. In deze bijlage wordt een toelichting op de aanvraag gegeven.

Aanvraag

Omdat de boringen in de Afsluitdijk zijn voorzien wordt hiervoor een Wbr-vergunning aangevraagd. Een Wbr-vergunning is vereist op grond van artikel 2.1 van de Wet Beheer Rijkswaterstaatwerken. De Wet beheer rijkswaterstaatswerken regelt het beheer en verkeersveiligheid van wegen in beheer bij het Rijk. Voor het maken van werken in, op, over of onder waterstaatswerken is een Wbr-vergunning nodig is. Onder waterstaatswerken verstaat de Wbr: *“bij het Rijk in beheer zijnde wegen alsmede, voor zover in beheer bij het Rijk, de daarin gelegen kunstwerken en hetgeen verder naar zijn aard daartoe behoort”*.

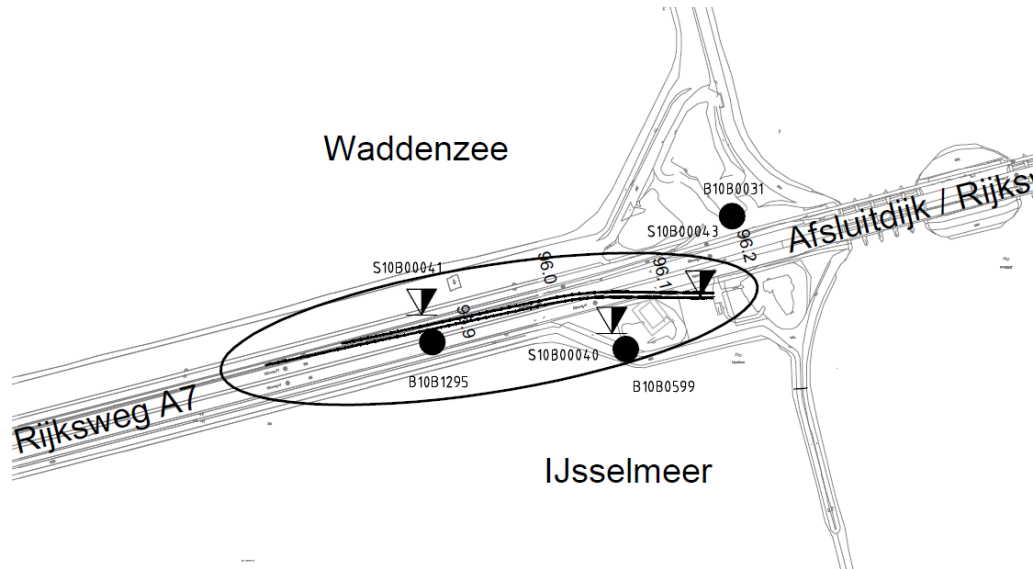
Separaat wordt een vergunning in het kader van de Waterwet aangevraagd voor de activiteiten in en op de Afsluitdijk (in beheer bij het Rijk).

Toelichting activiteit

De boring bestaat uit twee parallelle HDD-boringen van circa 388 meter lang die van de noordzijde van de snelweg naar de zuidzijde van de snelweg gaat en daarbij de toekomstige vismigratierivier kruist. In onderstaande figuur is de ligging van de boring weergegeven. In bijlage 2 is eveneens een detailtekening van de (ligging van de) boring opgenomen. De boring is in de oorspronkelijke aanvraag als alternatieve kruising van de Vismigratierivier opgenomen.

Door de mantelbuizen worden de 110kV kabels getrokken. Dit zijn dezelfde kabels als reeds vergund. Om die reden wordt daar in deze aanvraag niet nader op ingegaan. De boringen worden circa 175 meter voor Kornwerderzand ingezet aan de noordzijde van de snelweg A7 en komt ter hoogte van de brede groenstrook aan de zuidzijde van de snelweg weer boven. De boring gaat onder de vismigatierivier door en moet daarom om diepte worden gelegd. De kleinste diepte onder de verharding van de weg is circa 30 meter.

Figuur 1.1. Ligging HDD-boring



Bron: Ventolines B.V.

HDD-boringen

Een HDD boring bestaat uit drie fasen. De eerste fase heet een pilotboring, waarbij een boorkop of een spuitjet voor op de pilotbuis wordt geplaatst. De boorkop wordt aangedreven door een mengsel van water en bentoniet. De boorspoeling wordt via de pilotbuis naar de boorkop getransporteerd en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de pilotbuis door het boorgat afgevoerd. De hoeveelheid boorspoeling is beperkt en niet milieubelastend. De boring gaat onder een nader te bepalen hoek de grond in (in dit geval circa 16%), maakt een boog en komt aan de andere kant weer boven. In de tweede fase wordt het boorgat ruimer gemaakt tot de gewenste diameter. Tot slot wordt de kabel door het boorgat getrokken.

De horizontale boormethode is zeer goed bestuurbaar en de positie van de boorkop kan vrijwel continu worden bepaald. De boorkop wordt bestuurd door middel van een stuurslof die zich aan de voorzijde van de boorkop bevindt. Door tijdens de boring de stuurslof in de gewenste richting te laten wijzen, wordt sturing verkregen. De meest voorkomende methode om de positie van de boorkop te bepalen, is door detectie van een radiografisch signaal dat door de boorkop wordt uitgezonden. Het detectie apparaat is portaal en registreert alle verticale en horizontale bewegingen van de boorkop. Hierdoor is het mogelijk stuurcorrecties tijdens het boren uit te voeren. De loop van de leidingen wordt vastgelegd voor onder meer het verwerken van deze informatie in as-buit tekeningen (afwijkingen ten opzichte van de theoretische lijn).

Voor de boring is geen bouwput vereist, alleen de mobiele boorinstallatie staat op de dijk. Gezien het gewicht van de boorinstallatie is van grote bovenbelasting op de waterkering geen sprak. De uitvoering van de werkzaamheden vindt buiten het stormseizoen plaats.

Als gevolg van het direct kunnen grijpen en invoeren van de mantelbuis in een boorgang, zal er een zeer beperkte hoeveelheid boorspoeling vrij kunnen komen. Omdat gewerkt wordt met goedgekeurde, niet milieubelastende, boorspoeling, hoeft voor aantasting van de waterkwaliteit van het IJsselmeer niet gevreesd te worden.

In de volgende paragraaf wordt ingegaan op maximale effecten als gevolg van de gestuurde boringen. Voor de HDD boringen wordt voorafgaand aan de werkzaamheden een boorplan opgesteld conform de NEN 3650-3651 en zal per boring gedetailleerde informatie/berekeningen worden geven (conform richtlijn boortechnieken). Hierbij wordt tevens de leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies in, op en nabij waterkeringen toegepast.:

- Mudberekeningen;
- Trekkkracht;
- Kwel;
- Boorvloeistof;
- Opstellingslocatie;
- Diameter boringen;
- Lengte boringen;
- Ruimten en invoeren in één gang
- Tekeningen

Het definitieve werkplan, inclusief boorplan voor het leggen van de kabel wordt uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw aan Rijkswaterstaat toegezonden.

Effecten Boring

De boring is in de oorspronkelijke aanvraag als alternatieve kruising van de Vismigratierivier opgenomen. Daarin is geconcludeerd dat de boring qua effecten op de kering niet anders zijn dan voor de andere boringen in het tracé. Deze verandering is derhalve effectneutraal. Dit wordt onderbouwd in paragraaf 3.4 in de rapportage van Fugro in bijlage 3.

Aanleg

HDD boringen zijn beheersbaar en daardoor niet van invloed op het verkeer over de weg of over het fietspad. Bij de oorspronkelijke aanvraag is een mobiliteitsplan opgenomen waarin is aangegeven hoe tijdens de aanleg van het tracé en het uitvoeren van de boringen wordt omgegaan met het verkeer over de A7 en het fietspad. Voor deze boring geldt dat hij onderdeel uitmaakt van het kabeltracé dat reeds is vergund. Het mobiliteitsplan is ook op deze boring van toepassing.

Steenbergen, Janine (DZH)

Van: Hein Pijnappel <heinpijnappel@ventolines.nl>
Verzonden: maandag 6 november 2017 9:00
Aan: Steenbergen, Janine (DZH)
CC: Velde, Mike van der (MN); Bart Ummels; Martijn Edink; 'Martijn ten Klooster'; Jan Postma; René Berger
Onderwerp: FW: verzoek aanvullen aanvragen wijziging kabeltracé thv VMR - RWSZ2017-13192 en RWSZ2017-13189

Urgentie: Hoog

Geachte mevrouw Steenbergen, beste Janine,

Naar aanleiding van ons telefoongesprek woensdag 31 okt, stuur ik je onze reactie in aanvulling op onderstaande vraag m.b.t. de angenomen ruimer (zie geel):

- In het algemeen is het ook in ons (WPF) belang om de ruimgang van de boring niet groter te laten zijn dan nodig voor een zo efficiënt mogelijke boring.
- Standaard wordt bij boringen gewerkt met een ruimer die 50% groter is dan de buitenkant van de te installeren boringsbuis. Deze extra ruimte is nodig om grote mechanische spanningen op de buis tijdens het intrekken te voorkomen. Voor HDD02 is tijdens de pre-engineering voor de vergunningsaanvraag ook een 50% grotere ruimer aangenomen.
- HDD02 is op hoofdlijnen opnieuw bekeken door onze civiele expert naar aanleiding van uw opmerkingen. Rekening houdend met de gecombineerde bocht (verticaal – horizontaal) in de boring wordt ingeschat dat wellicht ook een 30% grotere ruimer kan volstaan (kleiner wordt niet verwacht). Eén en ander zal door aannemer Visser & Smit Hanab verder in het detailontwerp worden onderzocht.
- Alle ruimte tussen boringsbuis en grond wordt opgevuld met drillgrout, dat direct tijdens de laatste ruimgang wordt ingebracht. Drillgrout sluit de grond rondom de boring volledig af.
- Onze civiele expert René Berger is morgen (dinsdag 7-11) aanwezig en kan een de uitgangspunten verder toelichten van de pre-engineering.

Ik hoop dat u hiermee geholpen bent bij de afhandeling van de aanvraag.

Vriendelijke groeten, Kind Regards,

Hein Pijnappel
Manager ontwikkeling



Van: Hein Pijnappel

Verzonden: woensdag 25 oktober 2017 09:43

Aan: 'Steenbergen, Janine (DZH)' <janine.steenbergen@rws.nl>; Velde, Mike van der (MN) <mike.vander.velde@rws.nl>

CC: Martijn ten Klooster <M.tenKlooster@ponderaconsult.com>; 'Martijn Edink' <M.Edink@ponderaconsult.com>; Bart Ummels <bartummels@ventolines.nl>; Jan Postma <janpostma@ventolines.nl>; 'René Berger' <rberger@klinfra.nl>; Joris Hol <jorishol@ventolines.nl>

Onderwerp: RE: verzoek aanvullen aanvragen wijziging kabeltrace thv VMR - RWSZ2017-13192 en RWSZ2017-13189
Urgentie: Hoog

Geachte mevrouw Steenbergen, beste Janine,

Hierbij sturen wij onze reactie op de vragen die u heeft gestuurd donderdag 19 oktober jl. onder vermelding van zaaknummer RWSZ2017-00013192 en RWSZ2017-00013189.

U vraagt om aanvullende gegevens om de vergunning te kunnen behandelen.

Algemeen

Graag wil ik in algemene reactie het volgende benadrukken:

- De detail-engineering is gepland na vergunningverlening voor de boring onder de Vismigratierivier (VMR). Deze werkwijze is ook gevolgd bij de aanvraag van de bestaande vergunning (referentie RWS-2015/31477).
- De behandelde aanvraag betreft een verlenging van een boring en is op verzoek van RWS. Wij zijn uitgegaan van dezelfde werkwijze als de bij oorspronkelijke aanvraag en vergunning.
- Het geldt ook voor de VMR dat detail-engineering later volgt, waardoor wij moeten uitgaan van een voorontwerp van RWS/provincie.
- Wij verwachten dat de detail-engineering van de VMR rekening houdt met de integriteit van de geboorde 110 kV kabels.
- Het boorplan waarin onderstaande vragen geadresseerd worden, en eventueel aanvullende werkplannen worden tijdig aan u verstrekt ter nadere toetsing en afstemming met RWS.
- In het belang van de rijksgecoördineerde procedure en planning van engineering, verzoeken wij u zo snel mogelijk de vergunning te verlenen.

Uw vragen

- *Inzichtelijk maken wat de risico's met bijbehorende marge en effecten van het heien van palen boven in een gebruikzrijnde 110 kv kabel zijn.*

De funderingspalen worden volgens het voorontwerp van de VMR aangebracht tot een diepte van -23,50 NAP (zie voor referenties VMR ook 'Aanvullende risicobeschuwing electriciteitskabels in Afsluitdijk, 1013-0226-006'). De HDD boring is gepland op een diepte van -28,50 NAP. Er is een minimale afstand genomen van 5,00 meter. Op voorhand en zonder detail-engineering is niet uit te sluiten dat het heien van funderingspalen een negatief effect heeft op de aanwezige kabels. We zijn uitgegaan van het voorontwerp van de VMR en een in de praktijk gebruikelijke afstand tussen de boring en de onderkant van de funderingspalen. Het toekomstig detailontwerp van de VMR zal moeten aantonen dat een ongestoorde ligging van de 110 kV kabels gegarandeerd is.

- *Toelichten waarom gekozen is voor een grotere verhouding tussen de diameter van de ruimer en de bundels dan bij andere boringen in hetzelfde tracé. **Ter illustratie: waarom is de ruimer op dit nieuwe tracé groter dan het vergunde tracé onder de voorhaven waar grotere mantelbuizen zijn vergund?***

Het is op dit moment niet oppurtuun om dit uitgebreid te onderbouwen. Detailengineering volgt nog o.a. na grondonderzoek, zie algemeen. De diameter van de ruimer wordt, indien nodig, aangepast na het uitvoeren van de sterkteberekeningen.

- *Inzicht geven in de effect van inklinking van de kering na boring vanwege ruimte tussen de mantelbuizen en bodem. Of inzicht geven in de maatregelen die genomen worden om te voorkomen dat inklinking ontstaat.*

Voor het effect van inklinking zie het rapport van Fugro bij de aanvraag: Aanvullende risicobeschouwing electriciteitskabels in Afsluitdijk (referentie 1013-0226-006), blz 20-22.

Ter aanvulling, er zal worden beoordeeld of een mitigerende maatregel genomen moet worden. Op dit moment wordt voor mitigatie uitgegaan van het gebruik van drill-grout en geen bentoniet bij de laatste boorgang bij het intrekken van de mantelbuizen. Drill-grout heeft de eigenschap dat er geen inklinking ontstaat. Er komt dan geen open ruimte tussen de boorgang en de buizen en het boorgat wordt zo volledig gevuld zonder dat er in de toekomst een inklinking kan ontstaan.

- *Aanpassing van het boorplan:*
 - o *Op de tekeningen dienen de ontgravingen en in- en uittredepunten te worden weergegeven;*
 - o *Op de tekeningen dient de kernzone en de veiligheidszone van het dijklichaam te worden weergegeven;*
 - o *Het uittredepunt ligt nabij de teen van het talud van de kering. Er dient een stabiliteitsberekening uitgevoerd te worden om aan te kunnen tonen dat het dijklichaam (talud niet instabiel wordt);*
 - o *De muddrukberekening dient aan de aanvraag te worden toegevoegd;*
 - o *De sterkteberekening van de mantelbuizen dient aan de aanvraag te worden toegevoegd;*
 - o *De boring loopt onder de toekomstige funderingspalen van de vispassage door. Aangetoond dient te worden dat:*
 - *De draagkracht van de toekomstige funderingspalen gegarandeerd wordt en dat de funderingspalen niet deels afdragen op de mantelbuizen, zie NEN3650-1:2012 1.5.4.2 en NEN3650-1:2012 paragraaf E.2.;*
 - *De stabiliteit van de boorgang niet in geding komt door het inheien van de funderingspalen.*
 - o *De boring bereikt een aanzienlijke diepte waardoor het optreden van kwel niet uitgesloten is. Aangetoond dient te worden dat er geen kwel kan optreden.*

Deze aspecten worden meegenomen in het op te stellen boorplan dat tijdig zal worden ingediend. [Zie algemeen](#). De uittrede- en intredepunten liggen op vergelijkbare posities ten opzichte van de afsluitdijk als boring 3 in de vergunde oorspronkelijke aanvraag.

Wat betreft de toekomstige funderingspalen, zie uw eerste vraag.

Indien nodig, komen bij het gebruik van het Drill-Grout geen open ruimten voor en wordt er geen kwel verwacht vanuit de aangebrachte boring.

Ik hoop dat deze antwoorden en algemene reactie voldoende zijn voor de behandeling van de aanvragen.

Graag willen we u nogmaals verzoeken zo snel mogelijk een besluit te nemen over de vergunning.

Deze vergunning is een kritische factor is in de totaalplanning van het project en in verdere afstemming met RWS. Indien u wenst, zijn we te allen tijde bereid een nadere toelichting te geven op bovenstaande aspecten of de planning.

Vriendelijke groeten, Kind Regards,

Hein Pijnappel
Manager ontwikkeling



Van: Steenbergen, Janine (DZH) [<mailto:janine.steenbergen@rws.nl>]

Verzonden: donderdag 19 oktober 2017 17:17

Aan: Martijn Edink

CC: Martijn ten Klooster; Velde, Mike van der (MN)

Onderwerp: verzoek aanvullen aanvragen wijziging kabeltracé thv VMR - RWSZ2017-13192 en RWSZ2017-13189

Hallo Martijn,

Voor het verder kunnen behandelen van de vergunningaanvragen wijziging kabeltracé ter hoogte van de vismigratierivier hebben we aanvullende gegevens benodigd. Een brief met het officiële verzoek volgt nog en ligt inmiddels bij ons secretariaat ter verzending. Echter ik vind het prettig om toch ook alvast een e-mail te sturen.

Om de aanvragen in behandeling te kunnen nemen, heb ik de volgende aanvullende gegevens nodig:

- Inzichtelijk maken wat de risico's met bijbehorende marge en effecten van het heien van palen boven in een gebruikzijnde 110 kv kabel zijn.
- Toelichten waarom gekozen is voor een grotere verhouding tussen de diameter van de ruimer en de bundels dan bij andere boringen in hetzelfde tracé. Ter illustratie: waarom is de ruimer op dit nieuwe tracé groter dan het vergunde tracé onder de voorhaven waar grotere mantelbuizen zijn vergund?
- Inzicht geven in de effect van inklinking van de kering na boring vanwege ruimte tussen de mantelbuizen en bodem. Of inzicht geven in de maatregelen die genomen worden om te voorkomen dat inklinking ontstaat.
- Aanpassing van het boorplan:
 - o Op de tekeningen dienen de ontgravingen en in- en uitredepunten te worden weergegeven;
 - o Op de tekeningen dient de kernzone en de veiligheidszone van het dijklichaam te worden weergegeven;
 - o Het uitredepunt ligt nabij de teen van het talud van de kering. Er dient een stabiliteitsberekening uitgevoerd te worden om aan te kunnen tonen dat het dijklichaam (talud niet instabiel wordt);
 - o De muddrukberkening dient aan de aanvraag te worden toegevoegd;
 - o De sterkteberekening van de mantelbuizen dient aan de aanvraag te worden toegevoegd;
 - o De boring loopt onder de toekomstige funderingspalen van de vispassage door. Aangetoond dient te worden dat:
 - De draagkracht van de toekomstige funderingspalen gegarandeerd wordt en dat de funderingspalen niet deels afdragen op de mantelbuizen, zie NEN3650-1:2012 1.5.4.2 en NEN3650-1:2012 paragraaf E.2.;
 - De stabiliteit van de boorgang niet in geding komt door het inheien van de funderingspalen.
 - o De boring bereikt een aanzienlijke diepte waardoor het optreden van kwel niet uitgesloten is. Aangetoond dient te worden dat er geen kwel kan optreden.

Ik verzoek u mij de benodigde gegevens toe te sturen voor 30 november 2017, onder vermelding van zaaknummer RWSZ2017-00013192 en RWSZ2017-00013189.

Op de behandeling van uw aanvraag is de procedure uit de afdeling 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht (Awb) van toepassing. Zolang ik de gevraagde gegevens niet heb ontvangen, is de termijn voor het geven van een beschikking van rechtswege opgeschort. Deze termijn begint te lopen vanaf de verzenddatum van deze brief tot de dag waarop de aanvraag is aangevuld (artikel 4:15 Awb), dan wel de termijn ongebruikt is verstreken. Indien ik de gevraagde gegevens niet binnen de gestelde termijn heb ontvangen, kan ik besluiten de aanvraag buiten behandeling te laten.

Vanaf morgen 13 uur heb ik een week vakantie. Mocht je nog vragen hebben over dit verzoek tot aanvullen van de aanvragen ben ik morgenochtend telefonisch bereikbaar.

Met vriendelijke groeten,

Janine Steenbergen
Vergunningverlener
Rijkswaterstaat Midden-Nederland

0622926388

Ik ben werkzaam op dinsdag en donderdag

Van: -

Verzonden: vrijdag 17 november 2017 15:53

Aan: CC: -

Onderwerp: Nadere toelichting heien VMR en boring WPF

Beste,

Naar aanleiding van jullie vraag over het veilig heien van de VMR boven de boring t.b.v de kabel van WPF, doe ik jullie hierbij namens Windpark Fryslân een nadere toelichting toekomen.

Achtergrond raakvlak boring HDD02 en Vismigratierivier coupure

Voor de aansluiting van het Windpark Fryslân (WPF) op het hoogspanningsnet worden twee hoogspanningscircuits aangelegd door de Afsluitdijk. Nabij Kornwerderzand zijn twee kabelboringen gepland, genaamd HDD02, van de noordzijde naar de zuidzijde van de Afsluitdijk, onder de A7 door. Voor deze boringen en voor de passage van de coupure van de Vismigratierivier (VMR) heeft Rijkswaterstaat (RWS) een vergunning verleend aan WPF op basis van een voorontwerp (tekening 482.15.1.039-001-003_R5-014). De passage van de VMR coupure bovenlangs is voor RWS echter niet wenselijk.

In afstemming met het projectteam van RWS 'De Nieuwe Afsluitdijk' is naar een andere oplossing gekeken binnen het kader van het Rijksinpassingsplan voor WPF. Dat heeft geleid tot een vergunningsaanvraag voor het verlengen van de boringen HDD02 om naast de A7 ook de coupure van de VMR te kruisen. Bij deze vergunningsaanvraag (augustus 2017) is het gewijzigde ontwerp van de boring meegestuurd door WPF (tekening 482.15.2.039-103-1_R0). Hierbij is uitgegaan van een voorontwerp van de VMR coupure (mei t/m juli 2015). Er is nog geen definitief technisch ontwerp van de VMR coupure.

Zoals wij begrijpen, hangt de vergunningverlening voor de aangepaste boring HDD02 op de zorg van RWS of er veilig geheid kan worden boven de kabelboringen. WPF heeft het raakvlak verder geanalyseerd op basis van beschikbare grondgegevens om antwoord te geven op de vraag: wat is het risico dat de aangenomen heidiepte en boringsdiepte later voor problemen zorgen over en weer?

Draagkrachtige grondlaag voor heipalen VMR boven boring

De beschikbare grondgegevens bevestigen dat de uitgangspunten voor de diepte van de heipalen (23,50 m.) en de aangenomen marge voor de boring onder de heipalen (5 m.) conservatieve en veilige aannames zijn. Dat blijkt op basis van grondgegevens uit verschillende bronnen in de direct omgeving van de VMR coupure: literatuuronderzoek (WPF-Fugro, 2013-2016; RWS, 1922), grondmetingen in het water nabij Kornwerderzand (WPF-WPF-Fugro, 2016) en grondmetingen van de Provincie Fryslân op de locatie van de VMR zelf (Fugro, 2016). Uit al deze grondgegevens blijkt dat er onder Kornwerderzand en in de omgeving van Kornwerderzand op een diepte van zo'n -15 m NAP een draagkrachtige, zeer harde zandlaag aanwezig is (conusdruk van 60-80 Mpa). Op basis van de boringen van WPF (WPF-Fugro, 2016) in het IJsselmeer kan worden geconcludeerd dat deze harde laag ter plaatse een dikte heeft van zo'n 4 m.

In aanvulling hierop heeft WPF de grondlagen nogmaals bekeken met aannemer Visser & Smit Hanab en diens onderaannemer Wiertsema. Wiertsema heeft in het recente verleden grondonderzoeken gedaan en is nabij Kornwerderzand enkele keren op een (zeer) harde zandlaag gestuit van enkele meters dik, op zo'n -15 tot -17 m. NAP (conusdruk van ten minste 60 Mpa). Wegens de hoge dichtheid van de grond bleek het niet mogelijk om de gewenste onderzoeksdiepte te bereiken. De gegevens uit de literatuur, de grondmetingen en de ervaringen in de praktijk geven een consistent beeld. Wiertsema heeft zijn opdrachtgever verzocht of de grondgegevens kunnen worden gedeeld met WPF om nog een verdere vergelijking te maken.

Afstand heipalen VMR tot boringen

RWS is voor het voorontwerp van de VMR coupure uitgegaan van heipalen met een maximale diepte van -23,50 m. NAP. Er is een (zeer) draagkrachtige laag aanwezig in het gebied rond de -15 m. NAP. Voor de berekening van het paalpunt draagvermogen (methode Koppejan voor grondverdringende heipalen) wordt aangenomen dat een heipaal tot 4D onder de paalpunt kracht haalt en tot 8D boven de paalpunt. Over deze 12D wordt een veredeld gemiddelde bepaald om het totale paalpunt draagvermogen te bepalen. Uitgaande van heipalen met een equivalente diameter van 0.20 – 0.30 m. is de benodigde dikte van de grondlaag maximaal 3,6 m. Ook op basis van de verwachte laagdikte van de zandlaag (4 m.) lijkt een heidiepte van -15 tot -17 m. NAP dus zeer wel mogelijk.

Dat betekent dat de door RWS aangenomen maximale diepte van -23,50 m. een conservatieve aanname is. WPF hanteert op basis van industry-best-practice tenminste vijf meter afstand tussen de boring en de onderkant heipalen VMR. Voor het voorlopige boringsontwerp zoals ingediend bij de vergunningsaanvraag wordt 11,5 m. afstand voorzien tussen de boring (-28,5 m. NAP) en de heipalen VMR (-15 – 17 m. NAP). Het risico dat de aangenomen heidiepte en boringsdiepte later voor problemen zorgen wordt daarom als klein ingeschat.

Vervolg verdere afstemming met RWS Afsluitdijk

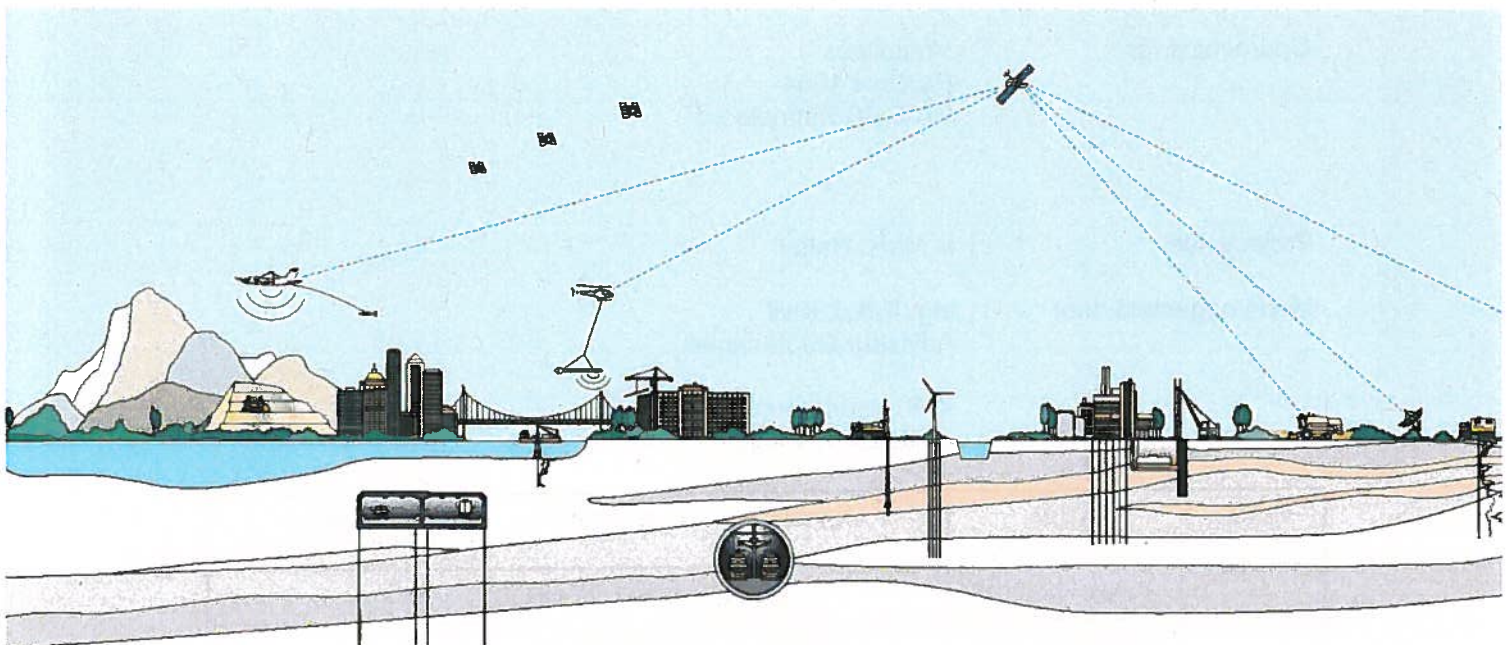
WPF zal in de komende maanden verder grondonderzoek doen nabij Kornwerderzand, tot zo'n -35 m. NAP. De resultaten van het grondonderzoek zal WPF delen met RWS. Op basis van het grondonderzoek zal WPF het voorlopige ontwerp van de boring verder verifiëren, waarbij rekening wordt gehouden met het raakvlak met de VMR zoals ook afgesproken in de samenwerkingsovereenkomst RWS – WPF.

Graag zien we uw reactie tegemoet of deze nadere onderbouwing voldoende is om de vergunning te verlenen op voorwaarde van goedkeuring van het definitief boorplan. We zijn uiteraard graag bereid om bovenstaande nader toe te lichten en met deskundigen te bespreken.

RAPPORT
betreffende

**AANVULLENDE RISICOBESCHOUWING
ELEKTRICITEITSKABELS IN AFSLUITDIJK**

Opdrachtnummer: 1013-0226-006



RAPPORT
betreffende

**AANVULLENDE RISICOBESCHOUWING
ELEKTRICITEITSKABELS IN AFSLUITDIJK**

Oprachtnummer: 1013-0226-006

Opdrachtgever : Ventolines
Postbus 1054
8300 BB Emmeloord

Projectleider : ir. W.R. Halter

Mede opgesteld door : ing. P.A.J. Kivit
Adviseur Geotechniek

ir. F. Hogervorst
Adviseur Monitoring

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	8 september 2015	Concept, excl. kwaliteit grasmal	
2	8 september 2015	Concept, incl. kwaliteit grasmal	
3	14 september 2015	Opmerkingen verwerkt	

FILE: 1013-0226-006.R01v03

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	1
1.1. Achtergrond	1
1.2. Doelstelling	1
1.3. Opbouw rapport	2
2. AANVULLEND ONTVANGEN INFORMATIE	3
3. LIGGING KABEL BIJ DOORSTEEK VISMIGRATIERIVIER	4
3.1. Inleiding	4
3.2. Situatiebeschrijving	4
3.3. Beoordeling veiligheid van coupure	5
3.4. Alternatief met HDD-boring	6
3.5. Conclusie	6
4. VERWACHTING HOLLE RUIMTES LANGS KABEL	7
4.1. Inleiding	7
4.2. Grond-kabelinteractie	7
4.3. Risico's van holle ruimtes langs kabels voor de veiligheid van de waterkering	7
5. HDD-BORINGEN EN ZETTINGSVLOEIINGEN	9
5.1. Inleiding	9
5.2. Obstakels in de ondergrond	9
5.3. Zettingen bij HDD-boringen	10
5.4. Stabiliteit waterkering bij HDD-boringen	23
5.5. Kwelweganalyse bij HDD-boringen	24
5.6. Zettingsvloeiing	24
6. KWALITEIT GRASMAT	28
6.1. Inleiding	28
6.2. Modelstrategie, uitgangspunten en randvoorwaarden	29
6.2.1. <i>Sectie Oost</i>	30
6.2.2. <i>Sectie West</i>	31
6.2.3. <i>Modeldomein "West"</i>	32
6.2.4. <i>Modeldomein "Oost"</i>	33
6.2.5. <i>Algemene randvoorwaarden</i>	34
6.3. Resultaten stap 1	36
6.4. Resultaten stap 2	37
6.5. Resultaten stap 3 en 4	39
6.6. Potentiele verdampingstoename	41
6.6.1. <i>Warmtestroom aan maaiveld</i>	41
6.6.2. <i>Normale kabelwarmtestroom</i>	42
6.6.3. <i>Kortdurende warmtepuls</i>	43
6.7. Conclusie temperatuureffect op kwaliteit grasmata	44
7. CONCLUSIES	46

BIJLAGEN

Nr.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - Rapportage Tebodin | 1 |
| - Resultaten stabiliteitsberekeningen | 2 |
| - Uitgangspunten kabelvermogen | 3 |
| - Product data blad Cebo drill grout | 4 |

1. INLEIDING

Op 25 augustus 2015 ontving Fugro GeoServices B.V. te Nieuwegein van Ventolines te Emmeloord de opdracht voor het opstellen van een aanvullende risicobeschoouwing omtrent de aanleg en het beheer van hoogspanningskabels in de Afsluitdijk.

1.1. Achtergrond

In het IJsselmeer is Windpark Fryslân BV voornemens om een windpark te realiseren ten zuiden van de Afsluitdijk ter hoogte van de Breezanddijk. Het plan voorziet in maximaal twee hoogspanningscircuits (twee bundels van drie kabels, hierna wordt voor de duidelijkheid gesproken over 'twee kabels') in de Afsluitdijk die de opgewekte elektriciteit naar het landelijke hoogspanningsnet in Friesland transporteren.

Op 20 januari 2015 is door Fugro een geotechnisch advies en een risicoanalyse opgesteld betreffende de effecten op de waterkering ten gevolge van Windpark Fryslân (rapport met kenmerk 1013-0226-000.R01V08). Hierin zijn de risico's van het gehele project op de waterkering beschouwd, inclusief de bouw van windturbines, de bouw van een transformatorstation bij Breezanddijk en de aanleg van elektriciteitskabels. De conclusie van dit rapport is dat de risico's goed beheersbaar zijn.

Naar aanleiding van vragen van Rijkswaterstaat en overleg hierover is op 21 mei 2015 door Fugro een aanvullende risicoanalyse opgesteld, waarin alleen de risico's van de elektriciteitskabels zijn beschouwd en in hoger detailniveau op de mogelijke risico's wordt ingegaan. Het tracé is beschouwd vanaf de gestuurde boringen bij de aanlanding bij het transformatorstation op Breezanddijk tot aan het einde van de Afsluitdijk. Hierin is specifiek ingegaan op enkele aspecten die zijn benoemd op een risicosessie met Rijkswaterstaat en Deltares op 11 februari 2015. Met behulp van berekeningen is inzicht verschaft in de grootte van deze risico's.

Op 6 augustus is er een bespreking geweest met Rijkswaterstaat en Deltares waarin is gevraagd om enkele aanvullende beschouwingen.

1.2. Doelstelling

Het doel van dit rapport is om antwoord te geven op een deel van de aanvullende vragen van de bespreking van 6 augustus 2015 conform ook het verzoek van Rijkswaterstaat in reactie op de ingediende vergunningsaanvraag van Windpark Fryslân. De volgende vragen worden in dit rapport behandeld:

Afspraak 2 - Ligging kabel doorsteek vismigratierivier

- Hoe kan de hoogspanningskabel worden ingepast, zodat de effecten op de waterkerende veiligheid van de voorziene coupure bij de doorsteek van de voorziene vismigratierivier in de Afsluitdijk aanvaardbaar klein zijn?

Afspraak 6 – Verwachting holle ruimtes

- In hoeverre is er een risico voor het ontstaan van holle ruimtes rondom de kabels in de dam?
- Tot welke verschilzettingen kunnen de holle ruimtes leiden aan het maaiveld?
- Wat zijn de risico's van holle ruimtes voor de waterkerende veiligheid van de dam?

Afspraken 8, 9 en 10 - HDD-boringen en zettingsvloeiingen

- In hoeverre er bij de Lorentzsluizen bij Kornwerderzand sprake is van funderingen of damwanden langs het boortracé?
- Wat zijn de zettingen boven de HDD-boring volgens de Methode Peck?
- Kan worden aangetoond dat de stabiliteit van de waterkering bij het in- en uittredepunt van de HDD-boring niet in het geding is?
- Kan de kwelweg van de HDD-boringen worden berekend volgens bijlage D van NEN3651:2012?
- Kan met een geometrische beschouwing worden aangetoond dat het risico van zettingsvloeiing bij de HDD-boringen nihil is?

Ten behoeve van deze beantwoording en om de uitvoerbaarheid van de boringen, conform verzoek Rijkswaterstaat, aan te tonen is een eerste voorontwerp van de boringen opgesteld. Voor de tracé engineering van de HDD-boringen wordt verwezen naar de rapportages van KL Infra Engineering B.V.

Afspraak 11 – Kwaliteit grasmat

- Waar gaat de warmte van elektriciteitskabel naar toe?

1.3. Opbouw rapport

In het volgende hoofdstuk wordt beschreven welke aanvullende informatie is ontvangen ten opzichte van het op 21 mei 2015 door Fugro gerapporteerde onderzoek. In hoofdstuk 3 tot en met 6 wordt achtereenvolgens ingegaan op de hierboven beschreven vier deelonderwerpen. De conclusies zijn in hoofdstuk 7 samengevat.

2. AANVULLEND ONTVANGEN INFORMATIE

De volgende informatie is beschikbaar gesteld door de opdrachtgever na oplevering van het Fugro-rapport van 21 mei 2015:

Voorontwerptekeningen vismigratierivier

- Vismigratierivier Kornwerderzand, doorlaatmiddel Afsluitdijk, doorsteek dam Waddenzee, Grontmij, 1 mei 2015.
- Vismigratierivier Kornwerderzand, doorlaatmiddel Afsluitdijk, profielen coupure, Grontmij, 5 mei 2015.
- Vismigratierivier Kornwerderzand, doorlaatmiddel Afsluitdijk, bouwkuipen coupure, Grontmij, 5 mei 2015.
- Definitief ontwerp vismigratierivier Kornwerderzand, doorlaatmiddel Afsluitdijk, versie 1 zonder regelwerk, profielen coupure, Grontmij, 21 juli 2015.
- Definitief ontwerp vismigratierivier Kornwerderzand, doorlaatmiddel Afsluitdijk, versie 1 met regelwerk, profielen coupure, Grontmij, 21 juli 2015.
- Concept interface coupure kabels Windpark Fryslân, Ventolines, 14 september 2015.

Veldstrekkingen leiding

- Terugmelding overleg elektromagnetische velden i.r.t. effecten op weg- en voertuigsystemen, e-mail Rijkswaterstaat, 6 juli 2015.
- Dwarsprofiel dijkvak 10, kabels onder fietspad, Ventolines, 10 juli 2015
- Rek- en buigstijfheid kabels, e-mail Ensol, 12 augustus 2015.
- Benodigde gegevens kabelstudie, e-mail Ventolines, 26 augustus 2015.
- Export kabel verbinding. Toelichting op technische vragen Pondera Consult, Ensol, concept, 20 augustus 2015.
- Thermisch vermogen per strekkende meter kabel, e-mail Ventolines, 3 september 2015.

Leidingkruisingen (voorontwerpen)

- Boorplan, uitvoeren HDD-boringen Afsluitdijk / Kornwerderzand, Friesland, KL Infra Engineering, 21 augustus, 2015.
- Boorplan, uitvoeren HDD-boringen t.b.v. kabeltracé Windpark Fryslân Afsluitdijk / Kornwerderzand, km 96.1 te Friesland, KL Infra Engineering, 24 augustus, 2015.
- Boorplan, uitvoeren HDD-boringen t.b.v. kabeltracé Windpark Fryslân Afsluitdijk / Kornwerderzand, km 97.5 te Friesland, KL Infra Engineering, 24 augustus, 2015.
- Boorplan, uitvoeren HDD-boringen t.b.v. windparkbekabeling Windpark Fryslân Afsluitdijk / Breezanddijk, boring 1 t/m 8 Friesland, KL Infra Engineering, 24 augustus, 2015.
- Boorplan, uitvoeren HDD-boringen t.b.v. windparkbekabeling Windpark Fryslân Afsluitdijk / Breezanddijk, boring 9 t/m 15 Friesland, KL Infra Engineering, 24 augustus, 2015.
- HDD-boring vismigratierivier, tekening 482.15.2.039-103-1, Ventolines, 10 september 2015.

3. LIGGING KABEL BIJ DOORSTEEK VISMIGRATIERIVIER

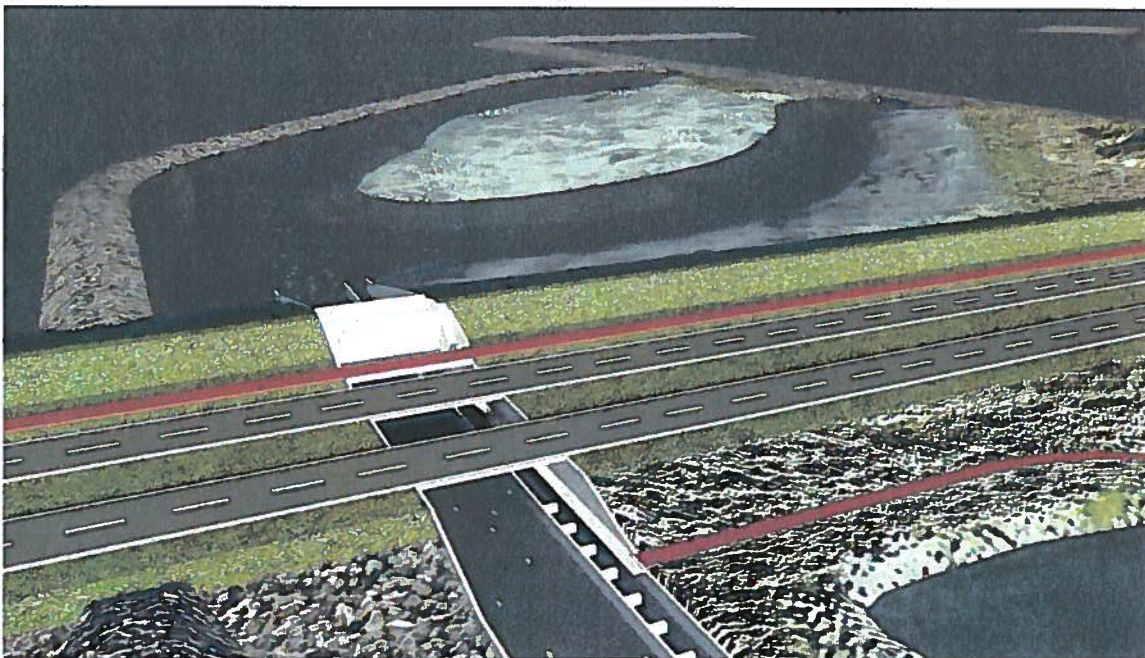
3.1. Inleiding

In het Fugro-rapport van 21 mei 2015 is de kruising van de elektriciteitskabel met de doorsteek (coupure) van de vismigratierivier niet beschouwd, mede omdat er nog geen ontwerp beschikbaar was van het waterkerende kunstwerk ter plaatse van de doorsteek van de Afsluitdijk. De coupure wordt de Rijkswaterstaat gerealiseerd en door de nog te selecteren aannemer van Rijkswaterstaat ontworpen en aangelegd in de toekomst. In dit hoofdstuk is een kwalitatieve beschouwing uitgevoerd op basis van voorontwerptekeningen.

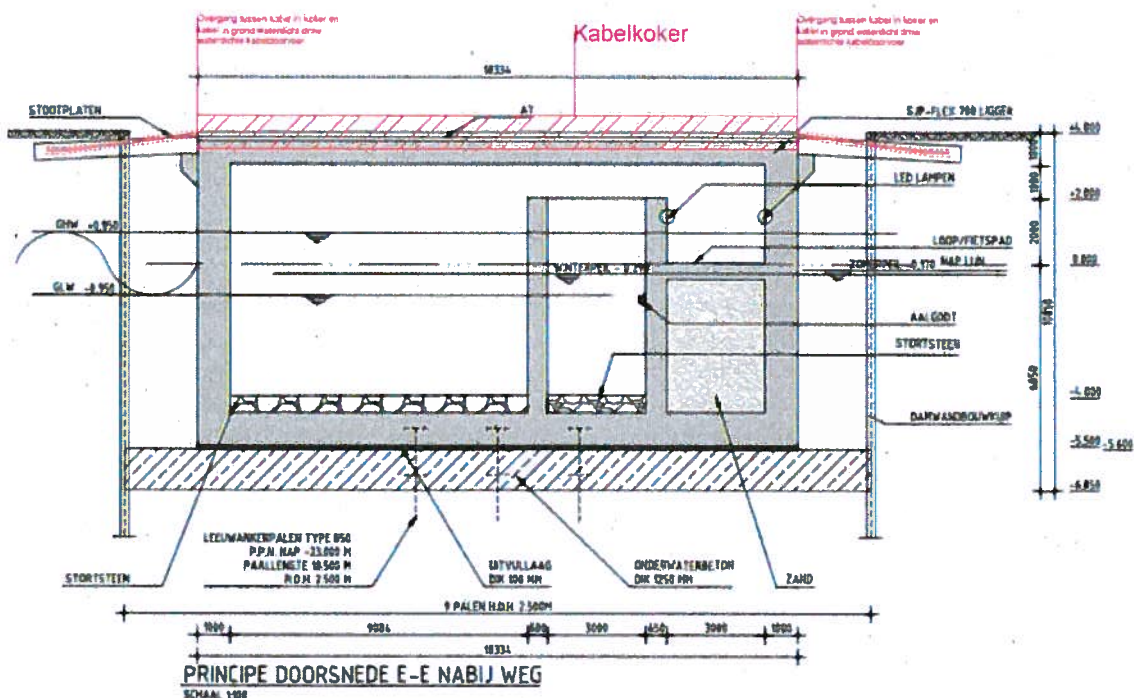
3.2. Situatiebeschrijving

De vismigratierivier is net ten westen van Kornwerderzand voorzien. Het zal een coupure vormen in de Afsluitdijk, die ter hoogte van de tuimeldijk afsluitbaar is met een dubbele deur. Er is een voorontwerptekening beschikbaar, maar hierop zijn nog niet alle details ingevuld. Zo is er op de tekening nog geen fietsbrug/inspectiepad opgenomen.

De kabel is aan weerszijden van de vismigratierivier onder het fietspad voorzien. Het voorkeursalternatief is om de kabel bij het kunstwerk onder het fietspad door te trekken in een kabelgoot, omhuld met een beschermkoker. Uittredend grondwater wordt voorkomen door de kruising van de kabel met de muur van de doorsteek water- en grond dicht af te werken. Alternatief is een boring onder de coupure door waardoor een directe kruising met de coupure wordt vermeden.



Figuur 3.1 – Artist Impression van doorsteek vismigratierivier in Afsluitdijk (bron: www.deafsluitdijk.nl)



Figuur 3.2 – Kabeldoorvoer bij doorsteek vismigratierivier in Afsluitdijk (bron: definitief ontwerp vismigratierivier Afsluitdijk Kornwerderzand)

3.3. Beoordeling veiligheid van coupure

Er is nog niet bekend hoe de waterkerende veiligheid van de coupure precies wordt gegarandeerd, omdat het definitieve ontwerp van de vismigratierivier nog niet beschikbaar is. Dit heeft als voordeel dat het in plan van de vismigratierivier nog kan worden geanticipeerd op de hoogspanningskabel. Bij het ontwerp zal rekening moeten worden gehouden met de aanbevelingen uit de Leidraad Kunstwerken van TAW van mei 2003.

De doorsteek van de vismigratierivier is volgens de Leidraad Kunstwerken een type I constructie, omdat deze volledig zelfstandig de waterkerende functie moet vervullen. Bij de beoordeling van de veiligheid wordt in het algemeen gekeken naar drie aspecten:

1. kerende hoogte
2. betrouwbaarheid van de afsluitmiddelen
3. sterkte en stabiliteit.

Ad. 1: De kabel heeft geen invloed op de kerende hoogte van dit kunstwerk, omdat deze niet kruist met het afsluitmiddel.

Ad. 2: De kabel kan op enkele manieren invloed hebben op de betrouwbaarheid van de afsluitmiddelen:

- Rondom de hoogspanningskabel is sprake van beperkt elektromagnetisch veld en een beperkt verhoogde temperatuur en geen elektrisch veld als gevolg van de opbouw van de kabel. Door voldoende afstand aan te houden tussen de hoogspanningskabels en de kabels van de meet- en regeltechniek van de afsluitmiddelen liggen, dan is wederzijdse beïnvloeding uit te sluiten. op grond van de gewenste locatie van de hoogspanningskabels en de afstand tot de sluitende delen in het voorontwerp vormt dit

naar verwachting geen belemmering. Aanbevolen wordt in het ontwerp onderbouwd voldoende fysieke tussenafstand aan te houden. Bovendien dient, zoals te doen gebruikelijk, het sturingsstelsel van de afsluitmiddelen bij voorkeur dubbel en onafhankelijk van elkaar worden uitgevoerd.

- Aanbevolen wordt tijdens (dreigend) hoog water geen werkzaamheden aan de hoogspanningskabel uit te voeren om werkzaamheden in de nabijheid van de kerende delen (en mogelijke schade of hinder hierdoor) volledig uit te sluiten.

Ad. 3: De kabel kan op enkele manieren invloed hebben op de sterkte en stabiliteit van dit kunstwerk:

- In het onwaarschijnlijke geval van een kortsluiting in de kabels, zullen er krachten op de beschermkoker worden uitgeoefend in potentie. De beschermkoker rondom de kabel kan hierop eenvoudig worden gedimensioneerd, omdat uit eerdere beschouwingen in het rapport van 21 mei 2015 is gebleken, dat deze krachten relatief gering zijn.
- Bij een lekkage rondom de aansluiting van de kabel in de dijk kan kwel en interne erosie in het aansluitende damlichaam optreden. Er zijn echter middelen beschikbaar, zoals een flexibele rubberen afdichting of een kleikist, om een waterdichte en gronddichte aansluiting te creëren, zelfs bij de optredende uitzetting en krimp van de kabel door temperatuurverschillen. Toepassing van een water- en gronddichte aansluiting is een uitgangspunt voor de toepassing van de kabel in de kabelgoot/beschermkoker.
- De aansluiting van de kabel met de muur van de doorsteek vormt een star punt, terwijl de grond nog enkele centimeters kan zakken, indien de dijk wordt verhoogd. Rekening dient derhalve te worden gehouden met de mogelijkheid van krachtsafdracht van de kabel naar de muur. De muur kan hierop worden gedimensioneerd. Bovendien is de kans op holle ruimtes onder de kabels hier lokaal aanwezig. Zolang de aansluiting met de muur water- en gronddicht is afgesloten, heeft dit echter geen consequenties voor de veiligheid. Aanbevolen wordt bij het leggen van de kabel in de overgang enige ruimte voor zetting op te nemen (max. 5 cm) om rekening te houden met het scenario dat de dijk maximaal wordt opgehoogd aangezien dit de maximale zetting is die wordt verwacht. Hiermee kan het ontstaan van holle ruimtes worden voorkomen evenals een krachtsafdracht.

3.4. Alternatief met HDD-boring

Als alternatief is een HDD-boring beschouwd onder de doorsteek van de vismigratierivier. De hierboven beschreven aandachtspunten zoals beïnvloeding van de meet- en regeltechniek van de afsluitmiddelen en lekkage rondom aansluitingen met het kunstwerk spelen dan niet meer. Wel spelen er aandachtspunten, die ook bij andere HDD-boringen spelen. Hierop wordt ingegaan in hoofdstuk 5.

3.5. Conclusie

Op basis van bovenstaande beschouwing is een hoogspanningskabel bij de doorsteek van de vismigratierivier goed inpasbaar met beheersbare effecten op de veiligheid van de waterkering of het ontwerp van het toekomstige kunstwerk. Aanbevolen wordt om bij het ontwerp van de fietsbrug over de vismigratierivier en van de meet- en regeltechniek voor de afsluitmiddelen al te anticiperen op de aanwezigheid van kabels door dit in het programma van eisen voor het ontwerp van het kunstwerk op te nemen.

4. VERWACHTING HOLLE RUIMTES LANGS KABEL

4.1. Inleiding

Er is zorg dat bij zettingen van de Afsluitdijk holle ruimtes kunnen ontstaan langs de kabel op de veldstrekkingen (met de dijk parallelle delen van het tracé) als deze niet volledig meebeweegt met de zetting. In het Fugro-rapport van 21 mei 2015 is berekend dat de verwachte zettingen bij de kabel ten gevolge van grootste denkbare ophoging van de Afsluitdijk circa 0,03 m zijn. In dit hoofdstuk wordt met behulp van berekeningen nader ingegaan in hoeverre er door grondvervormingen van de berekende orde van grootte holle ruimtes langs de kabels kunnen ontstaan en of dit een negatief effect kan hebben op veiligheid van de dam.

4.2. Grond-kabelinteractie

De grond-kabelinteractie is beschouwd door Tebodin in haar rapport van 7 september 2015 (zie bijlage 1) conform de methode die door Deltares is verzocht. Daarin is uitgegaan van ca. 0,05 m zakking door zettingen ten gevolge van een potentiële toekomstige ophoging van de Afsluitdijk, plus nog circa 0,01 m tijdens uitvoering. Dit levert een maximaal zakkingsverschil op van ca. 0,06 m. Uit dit rapport blijkt dat er alleen holle ruimtes langs de kabels kunnen ontstaan als de zakkingsverschillen over een afstand van minder dan 2 à 3 m zullen optreden. Bij de veldstrekkingen zullen de holle ruimtes verwaarloosbaar zijn, omdat eventuele zakkingsverschillen er veel geleidelijker zullen optreden (de ophoging is immers in de lengterichting; gelijk aan het tracé van de kabel). Bij de aansluiting van de kabels bij kruisingen is alleen sprake van potentiële, abrupte zakkingsverschillen. Dit betreft 5 locaties: Breezanddijk, de kruising van de vismigratierivier (2x) en Kornwerderzand (2x). Daar kunnen heel lokaal in potentie spleten langs de leiding ontstaan van 1 à 2 m lengte door zakkingsverschillen, tenzij men in de detaillering een flexibele aansluiting realiseert, bijvoorbeeld met een mantelbuis.

4.3. Risico's van holle ruimtes langs kabels voor de veiligheid van de waterkering

Op basis van het rapport van Tebodin zullen er nauwelijks holle ruimtes ontstaan langs de kabel. Het beschouwen ervan is dus eigenlijk niet meer relevant. Voor de volledigheid zijn toch de risico's beschouwd van langwerpige maximaal 0,06 m brede spleten langs delen van de kabel.

Tijdens het overleg van 12 augustus zijn door Rijkswaterstaat twee mogelijke risico's van holle ruimtes langs de kabels genoemd:

1. Afname van de erosiebestendigheid van de Afsluitdijk. Holle ruimtes onder de kabels kunnen onder invloed van de zwaartekracht leiden tot grondverplaatsingen. Op het maaiveld kan hierdoor een zettingstrog ontstaan. Verschilzettingen kunnen leiden tot scheuren in het asfalt van het fietspad. Bij grote golfoverslag zal gescheurd asfalt gevoeliger zijn voor uitspoeling dan ongescheurd asfalt. Uitspoeling van grond kan op termijn leiden tot falen van de dam.
2. Uitspoeling van holle ruimtes door geconcentreerde grondwaterstroming. De veronderstelling is dat bij een grote mate van golfoverslag er snel veel water in de dijk infiltreert. Daarbij wordt aangenomen dat als het grondwater bij de holle ruimtes komt, dat het door lokaal aanwezige drukken sneller kan gaan stromen. Deze waterstroming door de holle ruimtes zou kunnen leiden tot interne uitspoeling en vergroting van de holle ruimtes. Dit zou op den duur kunnen leiden tot ondermijning van de Afsluitdijk.

Opgemerkt wordt dat beide risico's betrekking hebben op grote golfoverslag in combinatie met zettingen door een grote verhoging van de Afsluitdijk tot NAP +10 m. In de praktijk zal de mate van golfoverslag echter juist afnemen door een verhoging van de dijk. Volgens Rijkswaterstaat kan het er echter zelfs bij een forse verhoging van de Afsluitdijk noodzakelijk zijn om de Afsluitdijk volledig als overslagbestendige dam in te richten, bijvoorbeeld omdat er gekozen wordt voor een gladde steenbekleding.

Eén van de afspraken van het overleg was dat er nog een beschrijving zou worden geleverd van de damfaalmechanismen die volgens Rijkswaterstaat kunnen optreden bij het optreden van kleine holle ruimtes. Deze beschrijving is niet ontvangen. Door Fugro is dit hierna beschreven.

Om de volgende redenen wordt niet verwacht dat bovengenoemde risico's gaan optreden:
Algemeen: uit de berekeningen van Tebodin blijkt dat de kabel in de veldstrekkingen mee beweegt met zettingen waardoor geen spleetvorming optreedt.

Ad. 1: Nazakking door een spleet van 0,05 m onder een kabel kunnen volgens de Methode Peck leiden tot een zettingstrog van circa 0,01 à 0,02 m diep. Het is niet aannemelijk dat hierdoor scheurvorming ontstaat in het asfalt van het fietspad, omdat asfalt plastisch reageert op vervormingen. Eventuele scheurvorming kan door periodieke inspectie tijdig worden geïdentificeerd en hersteld.

Ad. 2: Bij extreme golfoverslag zal de freatische lijn in de Afsluitdijk stijgen door infiltrerend water. Het kan niet worden uitgesloten dat de kabel dan onder in plaats van boven de freatische lijn komt te liggen. Het optreden van een grondwaterstroming wordt echter uitgesloten, omdat in geval van spleetvorming de holte horizontaal ligt en in lengterichting van de dijk. De golfoverslag zal weliswaar leiden tot verschilwaterdrukken aan het oppervlak, maar de oscillerende golfstroming zal nauwelijks in de fijnkorrelige bodem infiltreren. Dit kan worden aangetoond met diverse empirische formules, bijvoorbeeld van De Graauw en Forchheimer. Deze zijn onder andere beschreven in het rapport over "Het doordringen van golven in een filterlaag" van R. Jansens d.d. november 2000.

5. HDD-BORINGEN EN ZETTINGSVLOEIINGEN

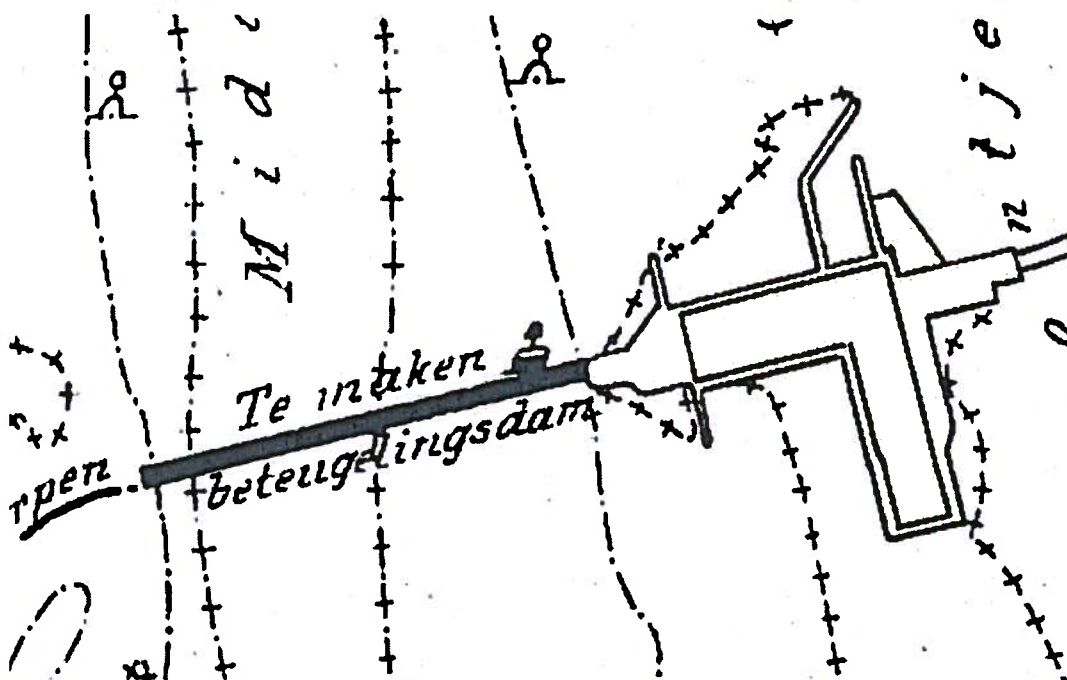
5.1. Inleiding

In eerder uitgebrachte rapportage van Fugro (rapportagenummer 1013-0226-005.R02V03 d.d. 21-05-2015) is een veiligheidsbeschouwing uitgevoerd voor de HDD-boring voor de aanlanding bij Breezanddijk en bij Kornwerderzand. Geconcludeerd is dat de risico's voor de waterkering goed beheersbaar zijn. In dit hoofdstuk zijn een aantal geotechnische aspecten nader beschouwd op basis van het inmiddels beschikbaar gekomen ontwerp (opgesteld door KL Infra Engineering) en werkplan / boorplan (opgesteld door KL Infra Engineering).

5.2. Obstakels in de ondergrond

Bij de aanleg van de Afsluitdijk zijn keileemdammen aangebracht op zinkstukken van rijshout. Daartussen is zand opgespoten. Hierin bevinden zich lokaal mogelijk klei- en veenopsluitingen. In de oorspronkelijke ondergrond onder de dam zijn afwisselend klei-, zand- en keileemlagen aanwezig. Volgens de aannemer vormen deze afwisselende lagen geen belemmering voor de uitvoering van HDD-boringen.

Ter plaatse van diepe geulen zijn volgens bestekstekeningen betegelingsdammen aanwezig. Deze bestaan uit keileem met (met stenen bestorte) dekstukken. Dit is onder meer het geval bij de Middelgronden aan de westzijde van Kornwerderzand. Deze valt echter buiten de HDD-boringen bij Kornwerderzand (zie figuur 5.1). Een eventuele HDD-boring onder de vismigratierivier zal mogelijk wel door deze betegelingsdam gaan.



Figuur 5-1: Ligging betegelingsdam bij Middelgronden (Bron: bestek 1929)

De bodem van de spuisluizen bij de Lorentzsluizen ligt op 4 m onder NAP. Daaronder ligt een 0,5 m dikke betonnen plaat. De sluisdrempel van de schutsluizen ligt op 3,5 m onder NAP (bron: monumentenregister).

Er is beperkte informatie beschikbaar over obstakels in de ondergrond. In het boek "Een halve eeuw Zuiderzeewerken" van ir. J. Th. Thijsse staat vermeld dat de Lorentzsluizen op houten palen met betonnen oplangers is gefundeerd, in tegenstelling tot de op staal gefundeerde Stevinsluizen. In een rapportage van toenmalig ministerie van Verkeer en Waterstaat, Eindrapport van de werkgroep aangepaste kunstwerken Afsluitdijk (publicatie ca. 1987) is het volgende beschreven over de spuisluis t.p.v. Kornwerderzand:

"De sluis te Kornwerderzand is gebouwd op een paalfundering. In totaal zijn 11.000 stuks bovenlandse dennen heipalen van ongeveer 12 m lengte geleverd. Volgens het palenplan zijn in totaal 7836 palen geheel, waarvan 644 schoorpalen onder de vleugelwanden".

Er zijn andere ondergrondse objecten aanwezig bij Kornwerzand, zoals kwelchermen, de fundering van het Kapitein Boers Viaduct en de meerpalen in kolk van de schutsluizen. Er is vooralsnog echter niet teruggevonden hoe diep deze liggen, ook niet na consultatie van Rijkswaterstaat.

Het kan niet worden uitgesloten dat er in de toekomst nieuwe obstakels in of onder de Afsluitdijk worden aangebracht, bijvoorbeeld bij de renovatie van de Lorentzsluizen. Uitgangspunt is dat daarbij rekening wordt gehouden met de ligging van de HDD-boringen. Er is in het tracé ruim afstand gehouden tot de Lorentzsluizen.

5.3. Zettingen bij HDD-boringen

Bij HDD-boringen wordt de ruimte rondom de geïnstalleerde buis opgevuld met bentoniet om ontspanning van grond en holle ruimtes te voorkomen. Waar relevante zetting wordt verwacht kan door middel van grout zetting worden beperkt tot een minimum. In de eerdere rapportage van Fugro (1013-0226-005.R02v3 d.d.21 mei 2015) is aangegeven dat het bentonietmengsel, welke als boorvloeistof wordt toegepast, op lange termijn tot inklinking kan leiden, om die reden wordt bij de definitieve boorplannen voorafgaand aan de uitvoering toepassing van grout opgenomen als blijkt dat dit aan de orde is op basis van zettingsberekeningen. Indien geen grout wordt toegepast, kan als gevolg van inklinking van het bentoniet zakking van direct omliggende grondlichamen dan wel objecten optreden. Deze grond-object interactie kan van toepassing zijn voor wegen, bebouwing, sluiscomplex Kornwerderzand, waterbouwkundige objecten zoals steigers, meerpalen, etc.

Tijdens het boorproces wordt, nadat eerst de pilotboring is uitgevoerd, m.b.v. een zogenaamde "ruimer", het boorgat rondom het geboorde tracé van de pilotboring groter gemaakt. Afhankelijk van de benodigde boordiameter zullen meerdere slagen benodigd zijn om het boorgat te verruimen. Daarbij wordt bentoniet of grout gebruikt als opvulling.

Conform het verzoek van Rijkswaterstaat zijn zettingsberekeningen uitgevoerd met de methode Peck om te bepalen voor welke boringen toepassing van grout is vereist. Zowel met als zonder grout zijn de resultaten gepresenteerd, voor de boringen waar grout zal worden toegepast.

Mate van volumeverlies bij afwezigheid van grout

Het boorgat wordt in stand gehouden doordat deze wordt opgevuld met een bentonietmengsel. Dit bentoniet heeft een laag volumiek gewicht (ca. 1150 á 1200 kg/m³, zie boorplan KL-Infra Engineering) en een hoog watergehalte en zal op lange termijn samendrukken door het gewicht van de omliggende grond. Op basis van kengetallen van

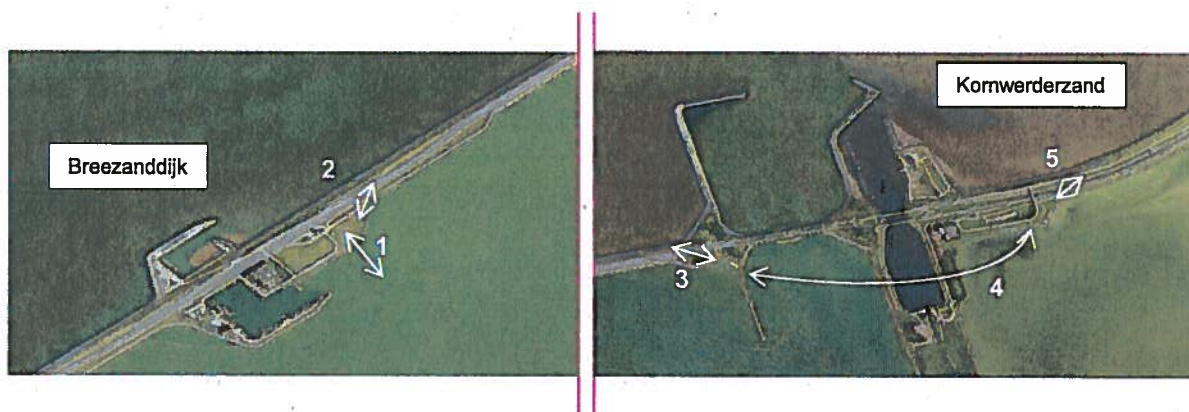
Deltares voor een ander HDD-project is voor de analyses conservatief een volumeverlies van 75% als uitgangspunt gehanteerd.

Locaties HDD-boringen

In totaal is vooralsnog beoogd om op 5 locaties een HDD-boring uit te voeren, per locatie worden meerdere naast elkaar gelegen boringen uitgevoerd:

1. Aanlanding bij Breezanddijk;
2. Kruising rijksweg bij Breezanddijk;
3. Kruising rijksweg ten westen van Kornwerderzand;
4. Kruising Lorentzsluizen bij Kornwerderzand;
5. Kruising rijksweg ten oosten van Kornwerderzand.

De locaties van de boringen zijn weergegeven in onderstaande figuur 5-2.



Figuur 5-2: Situatie beoogde locaties HDD-boringen in Afsluitdijk

Methode Peck

De maaiveldzettingen boven de HDD-boringen zijn op kritieke locaties indicatief berekend met de methode Peck. Voor locaties met relevante zettingen is daarbij de berekening met alleen bentoniet en met toepassing van grout gegeven. Hierbij is de volume van de zettingstrog op het maaiveld gelijk aangenomen aan het volumeverlies door de aanleg van de HDD-leiding (oversnijding en samendrukking bentoniet). De totale breedte van de zettingstrog kan worden geschat als 4 à 5 maal de buigpuntcoëfficiënt. De waarden van de buigpuntcoëfficiënt geeft de afstand van het buigpunt van de theoretische zettingkromme tot de plaats met de maximale zetting aan en is dus een maat voor de verschilzettingen.

Volgens CUR/COB rapport L 510-01 "Inventarisatie ontwerpmethoden boortunnels voor weg- en railverbindingen" is de zettingstrog met de formule van Peck (bepaling i volgens New & O'Reilly) voor homogene, niet cohesieve grond m.b.v. een Gauss-kromme te bepalen:

$$\delta_x = \delta_{\max} \cdot e^{-\frac{x^2}{2i^2}} \text{ waarin:}$$

$$i = 0,28 \cdot z_0 - 0,1 \text{ voor niet cohesieve gronden volgens New \& O'Reilly}$$

z_0 = afstand tussen maaiveld tot leiding-as

δ_{\max} = is de maximale zetting in het hart van de trog

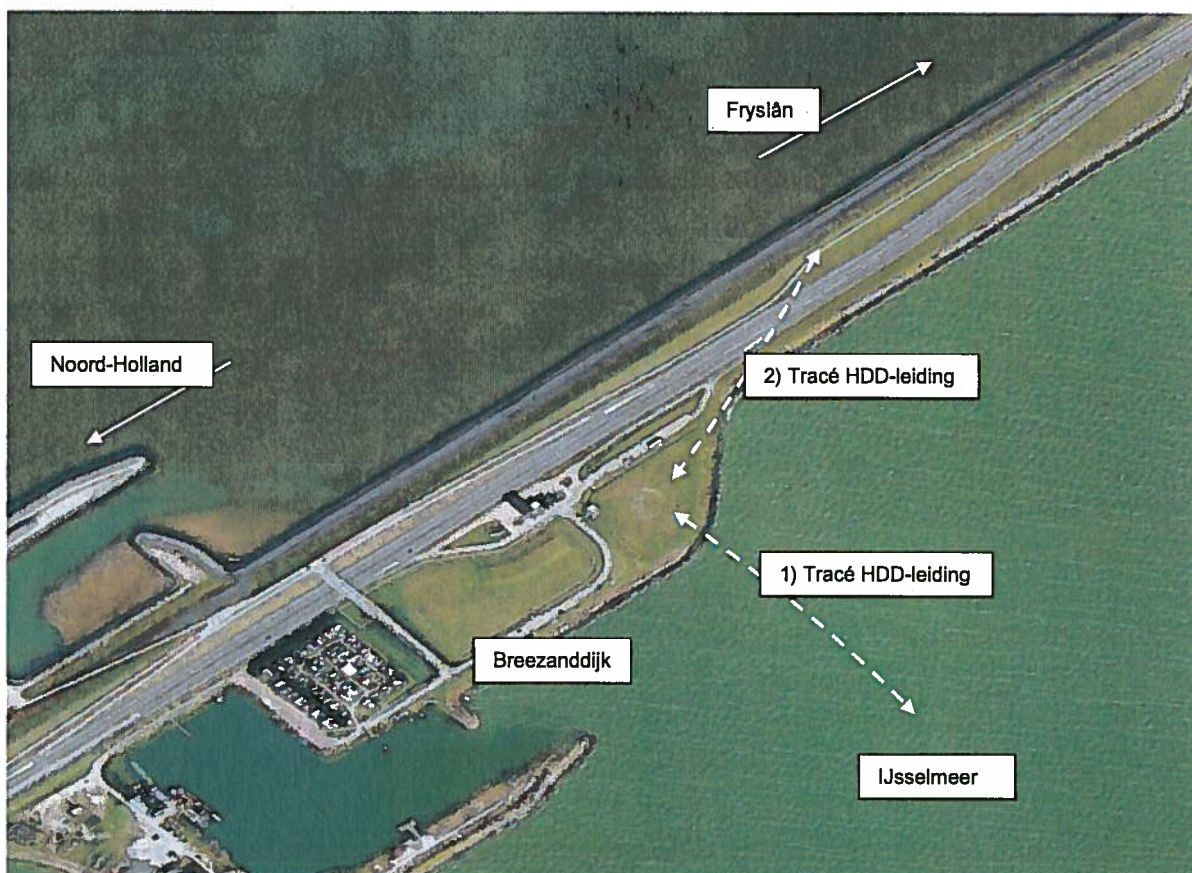
$$\delta_{\max} = \frac{V}{2,5 \cdot i}; (V: \text{volumeverlies})$$

Bij meerdere dicht naast elkaar gelegen mantelbuizen kunnen de totaalzettingen indicatief worden bepaald door de verschillende "zettingstrogen" bij elkaar op te tellen.

De methode Peck is op verzoek van Rijkswaterstaat toegepast. Opgemerkt wordt dat enige onzekerheid in de berekeningsresultaten aanwezig is, omdat het empirische formules betreft. Afhankelijk van de resultaten en risico's kan nadere uitwerking plaatsvinden.

1) Locatie aanlanding Breezanddijk

Volgens het voorontwerp boorplan van KL Infra Engineering (482.15.2.039-6 d.d. 27-08-2015) worden in totaal 15 boringen uitgevoerd onder de steenbekleding van het voormalige werkeiland Breezanddijk. De onderlinge afstand bedraagt 5 m. Bij elke HDD-boring wordt in de ruimerfase een diameter \varnothing 375 mm toegepast. De HDPE buis welke na de ruimerfase door de boring worden getrokken bestaan uit 1 leiding met een diameter \varnothing 250 mm. Op basis van dwarsprofieltekeningen van de Afsluitdijk is aangenomen dat de dikte van de steenbestorting 0,5 m bedraagt. De mantelbuis ligt op het ondiepste punt 5,32 m onder de steenbestorting.

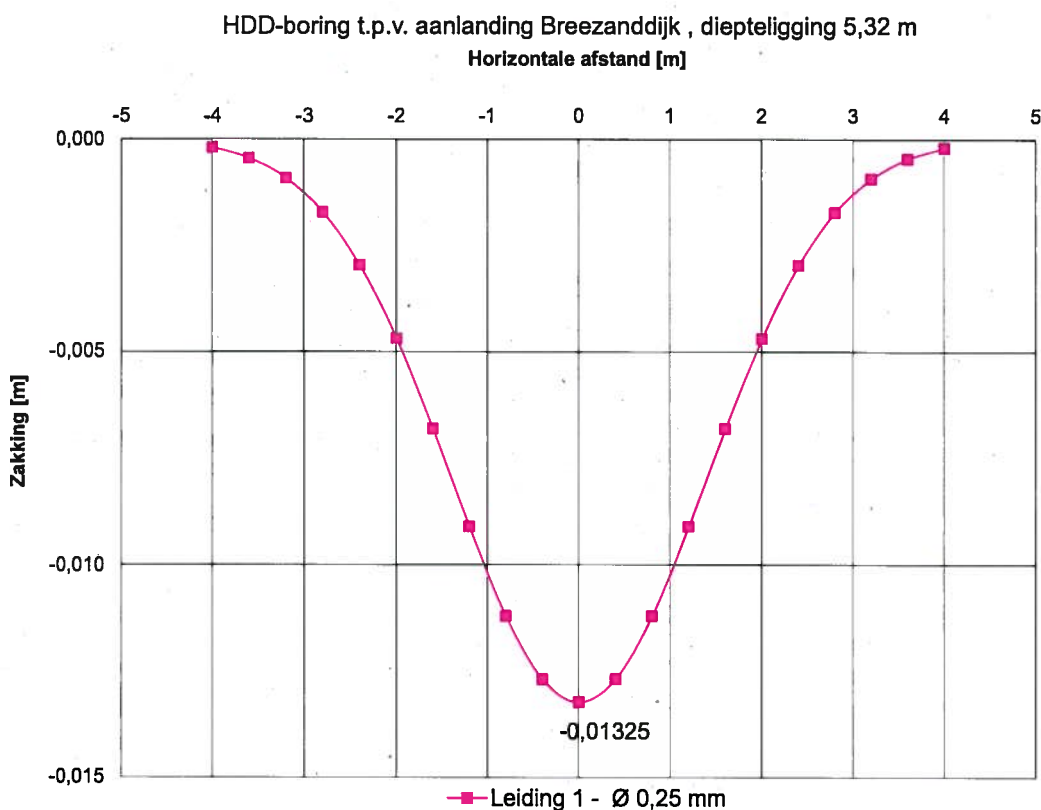


Figuur 5-3: Beoogde route van HDD-boring t.h.v. aanlanding Breezanddijk en km 86.581 tot km 86.875

De volumeverschil tussen de ruimer en de mantelbuis bedraagt:

- Volume ruimer = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,110 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,375 \text{ m}$;
- Volume mantelbuis = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,049 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,250 \text{ m}$;
- Volume bentoniet = Volume ruimer – volume leidingen = $0,061 \text{ m}^3/\text{m}$;
- Volumeverlies bentoniet = $75\% \times \text{Volume bentoniet} = 0,046 \text{ m}^3/\text{m}$.

Met de berekeningsmethode van Peck is een indicatieve berekening uitgevoerd voor de zakkingen t.g.v. volumeverlies van het bentoniet mengsel t.p.v. onderkant steenbestorting. Uit de resultaten van de berekening blijkt dat zakkingen van ca. 0,01 m kunnen optreden bij de maatgevende diepte van de mantelbuis van 5,32 m onder maaiveld (zie figuur 5-4). Bij een onderlinge afstand van 5 m tussen de HDD-boringen is er op basis van de berekende zakkingstrog nauwelijks onderlinge beïnvloeding van zettingen.



Figuur 5-4: Zakking onderkant steenbestorting t.g.v. HDD-boring op ca. 5,32 m diepte

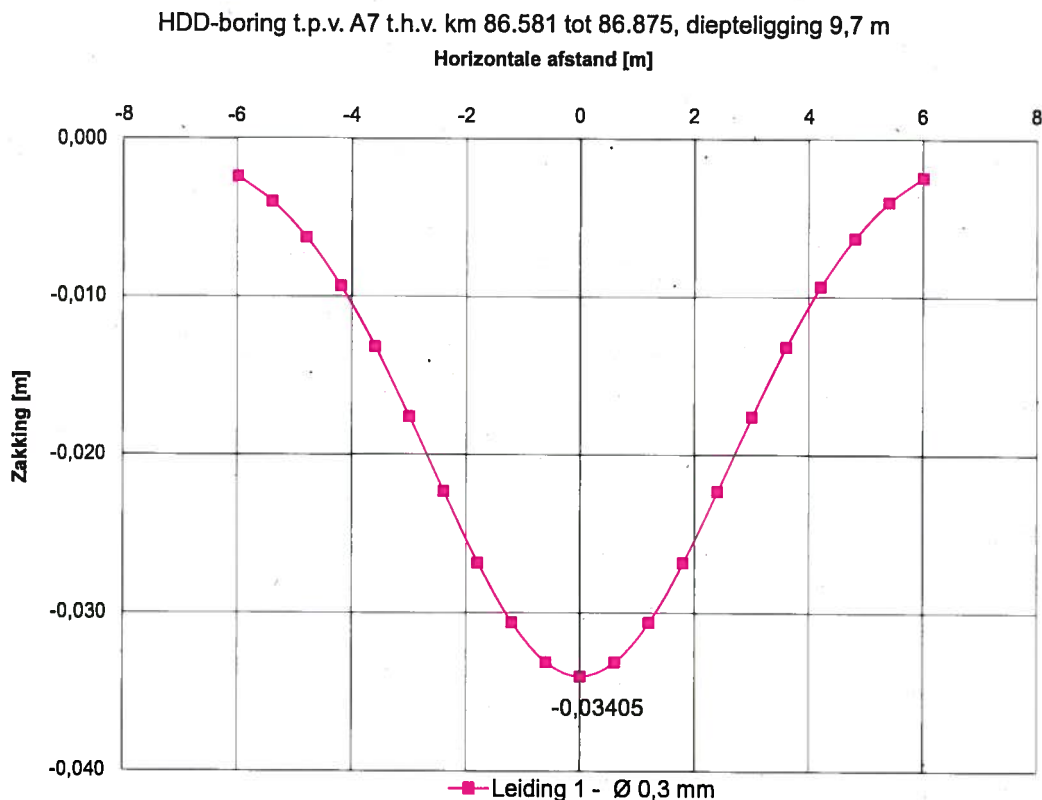
2) Locatie Onderdoorgang A7 t.h.v km. 86.581 tot km 86.875

Volgens het boorplan van KL Infra Engineering (482.15.2.039-6 d.d. 27-08-2015) worden twee boringen uitgevoerd onder de A7. De onderlinge afstand bedraagt 5 m. Bij elke HDD-boring wordt in de ruimerfase een diameter \varnothing 760 mm toegepast. De HDPE buizen welke na de ruimerfase door de boring worden getrokken bestaan uit 3 stuks met \varnothing 250 mm en 1 stuks met \varnothing 110 mm. De locatie van de boringen is weergegeven in figuur 5-1.

De volumeverschil tussen de ruimer en de in totaal 4 mantelbuis bedraagt:

- Volume ruimer = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,454 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,760 \text{ m}$;
- Volume grote mantelbuizen, 3 stuks = $3 \times \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,147 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,250 \text{ m}$;
- Volume kleine mantelbuis = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,010 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,110 \text{ m}$;
- Volume bentoniet = Volume ruimer - volume leidingen = $0,297 \text{ m}^3/\text{m}$;
- Volumeverlies bentoniet = $75\% \times$ Volume bentoniet = $0,223 \text{ m}^3/\text{m}$.

Met de berekeningsmethode van Peck is een indicatieve berekening uitbracht voor de maaiveldzakkingen t.g.v. volumeverlies van het bentonietmengsel t.p.v. rijksweg A7. Uit de resultaten van de berekening blijkt dat zakkingen van ca. 0,04 m kunnen optreden op de maatgevende diepte van de mantelbuis van 9,7 m onder maaiveld (zie figuur 5-5). Deze zettingen dienen te worden gecompenseerd met grout.



Figuur 5-5: Maaiveldzakking t.g.v. HDD-boring op ca. 9,7 m diepte

3) Locatie Onderdoorgang A7 t.h.v. km. 95.952 tot km 96.148

Volgens het boorplan van KL Infra Engineering (482.15.2.039-4 d.d. 24-08-2015) worden twee boringen uitgevoerd onder de A7. Bij de HDD-boring wordt in de ruimerfase een diameter \varnothing 760 mm toegepast. De HDPE buizen welke na de ruimerfase door de boring worden getrokken bestaan uit 3 stuks met \varnothing 250 mm en 1 stuks met \varnothing 110 mm. De locatie van de boringen is weergegeven in figuur 5-6.

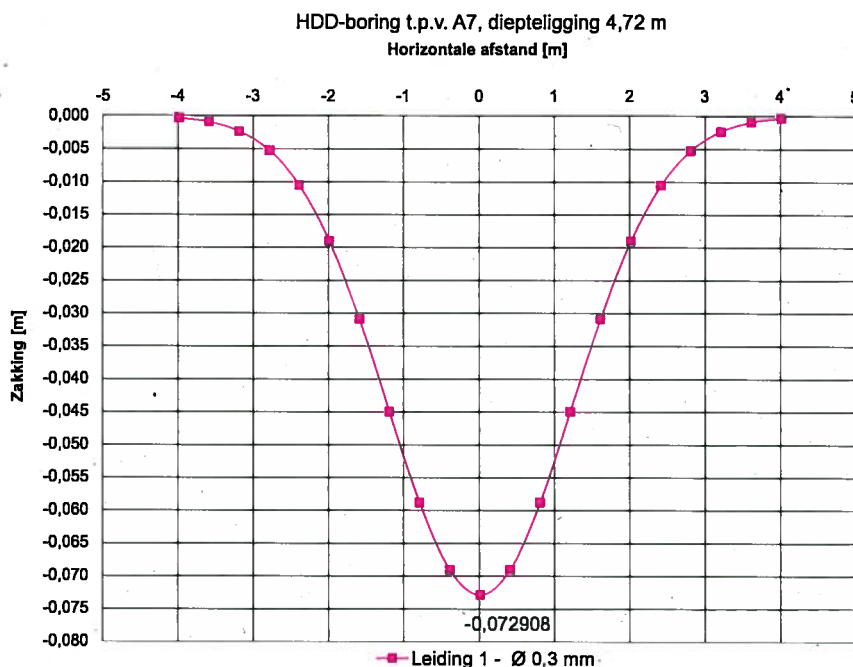


Figuur 5-6: Beoogde route van HDD-boring t.h.v. km 95.952 tot km 96.148

De volumeverschil tussen de ruimer en de in totaal 4 mantelbuis bedraagt:

- Volume ruimer = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,454 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,760 \text{ m}$;
- Volume grote mantelbuizen, 3 stuks = $3 \times \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,147 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,250 \text{ m}$;
- Volume kleine mantelbuis = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,010 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,110 \text{ m}$;
- Volume bentoniet = Volume ruimer – volume leidingen = $0,297 \text{ m}^3/\text{m}$;
- Volumeverlies bentoniet = $75\% \times \text{Volume bentoniet} = 0,223 \text{ m}^3/\text{m}$.

Met de berekeningsmethode van Peck is een indicatieve berekening uitbracht voor de maaiveldzakkingen t.g.v. volumeverlies van het bentoniet mengsel t.p.v. rijksweg A7. Uit de resultaten van de berekening blijkt dat zakkingen van ca. 0,07 m kunnen optreden op de maatgevende diepte van 4,72 m (zie figuur 5-7). Deze zettingen dienen te worden gecompenseerd met grout.



Figuur 5-7: Maaiveldzakking t.g.v. HDD-boring op ca. 4,72 m diepte

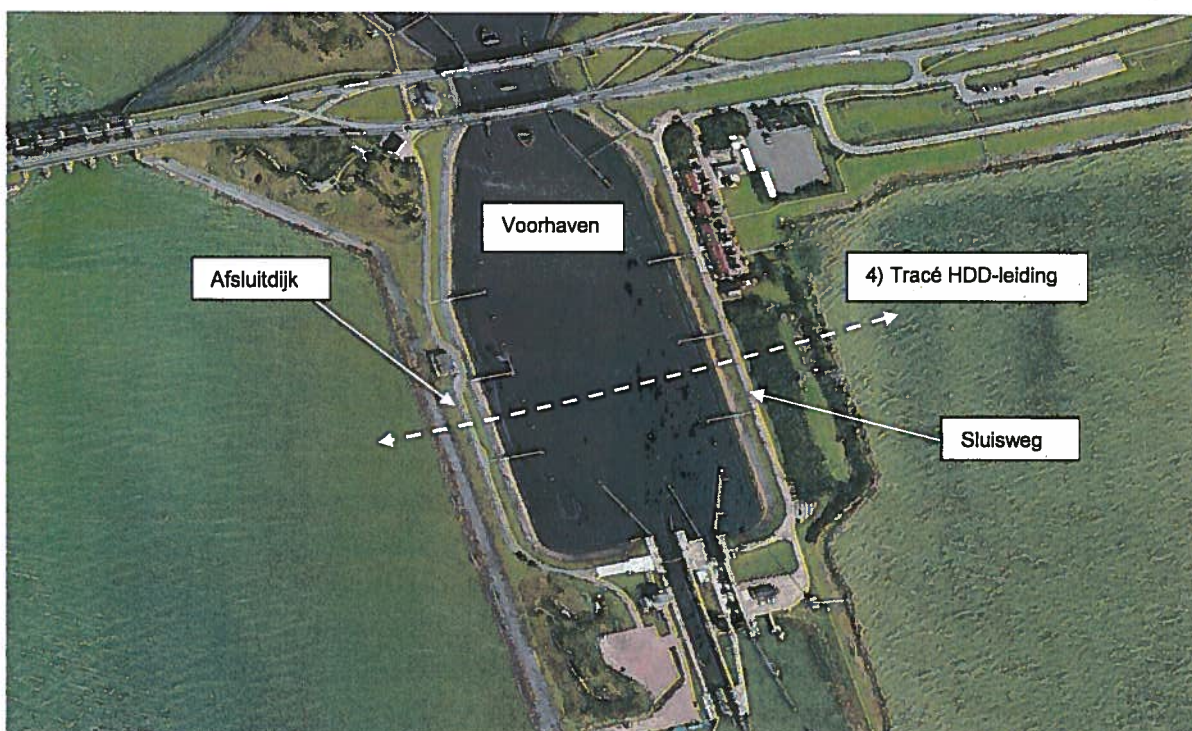
4) Locatie voorhaven en sluis Kornwerderzand

Volgens het boorplan van KL Infra Engineering (482.15.2.039-1 d.d. 21-08-2015) worden twee boringen uitgevoerd. De onderlinge afstand h.o.h. afstand bedraagt 5 m. Bij de HDD-boring wordt in de ruimerfase een diameter \varnothing 880 mm toegepast. De stalen mantelbuizen welke na de ruimerfase door de boring worden getrokken bestaan uit 3 stuks met \varnothing 273 mm en 1 stuks met \varnothing 114 mm, waarna de HDPE kunststof productieleidingen wordt ingebracht.

De volumeverschil tussen de ruimer en de in totaal 4 mantelbuis bedraagt:

- Volume ruimer = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,608 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,88 \text{ m}$;
- Volume mantelbuizen, 3 stuks = $3 \times \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,176 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,273 \text{ m}$;
- Volume mantelbuis = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,010 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,114 \text{ m}$;
- Volume bentoniet = Volume ruimer – volume leidingen = $0,422 \text{ m}^3/\text{m}$;
- Volumeverlies bentoniet = $75\% \times$ Volume bentoniet = $0,317 \text{ m}^3/\text{m}$.

Door de boring kunnen zakkings optreden bij nabijgelegen objecten, maatgevend zijn in dit geval waarschijnlijk de meerpalen t.p.v. voorhaven Kornwerderzand en paalfundatie van het "Kaptein Boers viaduct" over de A7 ten oosten van de Lorentzsluizen. Op grond van de beschikbare informatie liggen de houten palen van de Lorentzsluizen op voldoende afstand van het boortracé om beïnvloeding uit te sluiten.



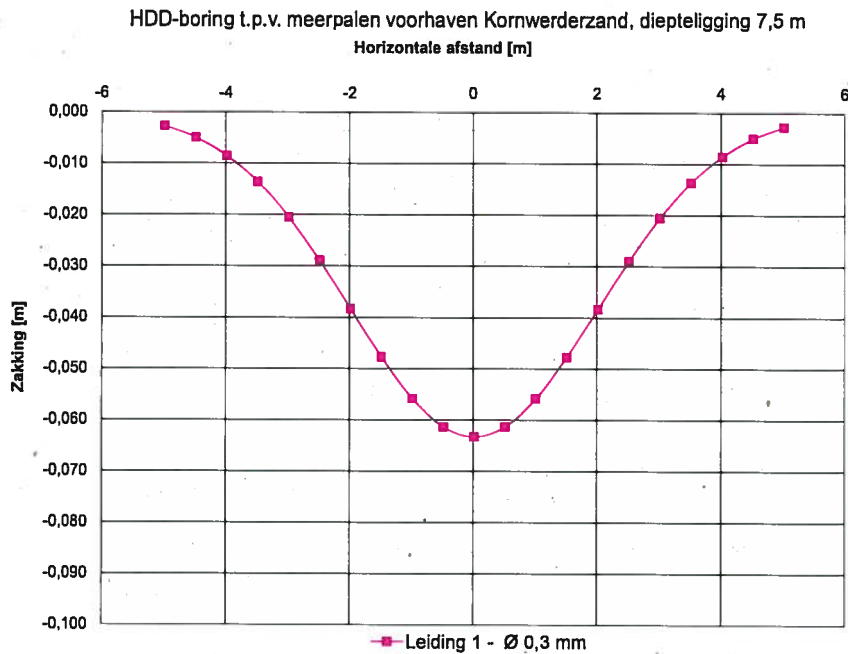
Figuur 5-8: Beoogde route van HDD-boring in voorhaven Kornwerderzand (ca. 150 m afstand tot sluisdeuren)

Op basis van Fugro-project in de Beneluxhaven te Rotterdam en de lokale grondopbouw wordt geschat dat de meerpalen tot een diepte (afhankelijk van diameter, dikte, belasting) van ca. 15 á 25 m onder bodemniveau zijn geïnstalleerd. Het viaduct kan mogelijk op staal danwel op palen gefundeerd zijn. De afstand in x / y richting tussen de boring van huidig ontwerp en meerpaal wordt geschat op 2 m en tussen viaduct en boring ca. 20 á 25 m.

Geadviseerd wordt om diepte ligging (z richting) van de meerpalen in de voorhaven Kornwerderzand en paalfundatie (danwel gefundeerd op staal) van het "Kapitein Boers viaduct" te verifiëren. Desgewenst kan Fugro controle sonderingen uitvoeren naar de diepte ligging middels een magnetometerconus. Deze conus is in 3 richtingen uitgerust met een meetinstrument waarbij afwijkingen in het aardmagnetisch veld worden gemeten. Objecten van staal (dan wel wapening van betonpalen) kunnen tot ca. 2 m worden gedetecteerd. De lengte van houten palen kan niet worden vastgesteld met dit soort metingen.

Resultaat zakking onder meerpaal, voorhaven Kornwerderzand

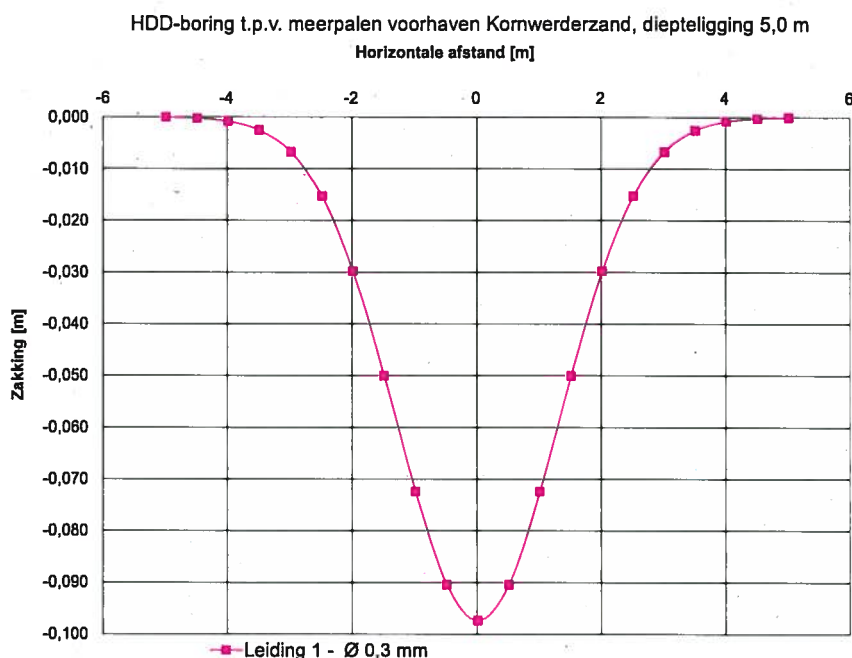
Met de berekeningsmethode van Peck is een indicatieve berekening uitbracht naar het invloedsgebied van het volumeverlies op zakkingen in bovenliggende grondlagen t.p.v. de meerpalen. Het is aannemelijk (maar niet zeker) dat de HDD-boring 5 á 7,5 m onder de voet van de meerpalen doorgaat. Het resultaat van de berekening laat zien dat op een invloedsgebied van ca. 5 á 7,5 m boven de leiding, zakkingen kunnen optreden van circa 0,06 m (zie figuur 5-9). Een alternatief ten opzichte van de toepassing van grout is om de zakkingen te reduceren is door de routing van de HDD-boring te verleggen op een afstand (x / y richting) van ca. 5 m van de meerpalen. De zakkingseffecten zijn dan verwaarloosbaar.



Figuur 5-9: Invloedsgebied HDD-boring op ca. 7,5 m diepte direct onder meerpaal

Resultaat zakking aanlanding in- en uittredepunt Kornwerderzand

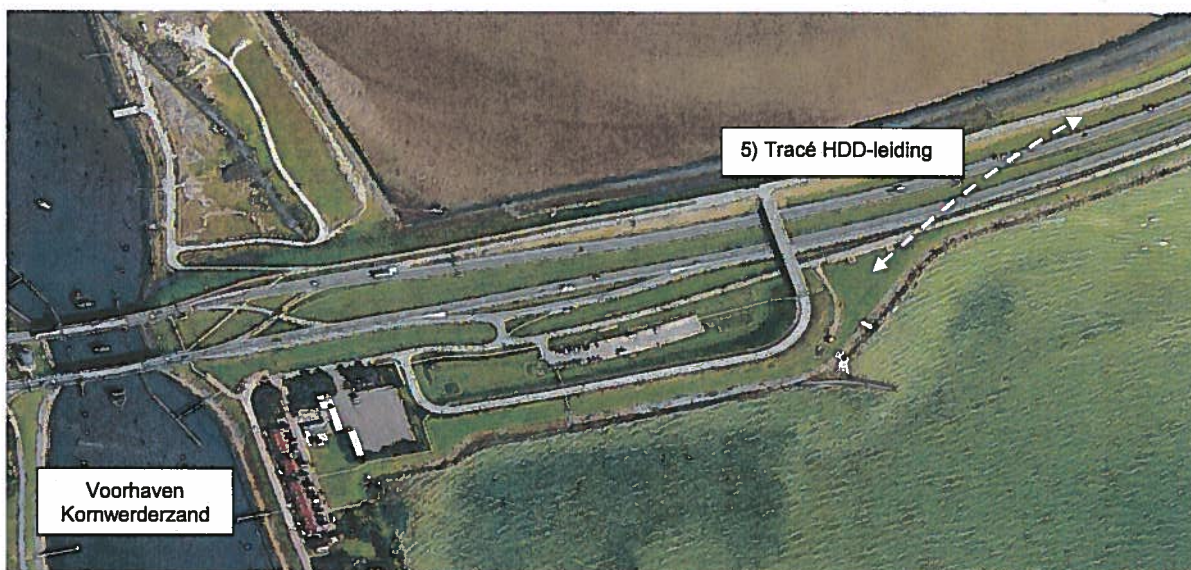
Met de berekeningsmethode van Peck is een indicatieve berekening uitbracht voor de maaiveldzakkingen t.g.v. volumeverlies van het bentoniet mengsel t.p.v. aanlanding in- en uittredepunt t.h.v. de steenbekleding. Uit de resultaten van de berekening blijkt dat zakkingen van ca. 0,10 m kunnen optreden (zie figuur 5-10). Deze zettingen dienen te worden gecompenseerd met grout.



Figuur 5-10: Maaiveldzakking t.g.v. HDD-boring op ca. 5 m diepte

5) Locatie Onderdoorgang A7 t.h.v. km. 97.390 tot km 97.715

Volgens het boorplan van KL Infra Engineering (482.15.2.039-5 d.d. 27-08-2015) worden twee boringen uitgevoerd onder de A7. De onderlinge afstand h.o.h. afstand bedraagt 5 m. De HDD-boring wordt in de ruimerfase een diameter Ø 760 mm toegepast. De HDPE buizen welke na de ruimerfase door de boring worden getrokken bestaan uit 3 stuks met Ø 250 mm en 1 stuks met Ø 110 mm.

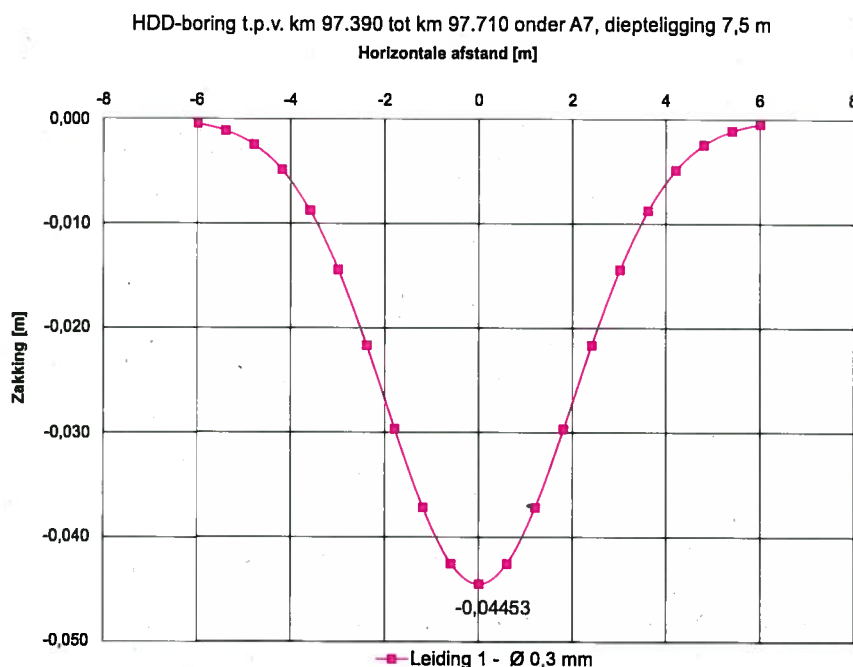


Figuur 5-11: Beoogde route van HDD-boring t.h.v. km 97.390 tot km 97.715

De volumeverschil tussen de ruimer en de in totaal 4 mantelbuis bedraagt:

- Volume ruimer = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,454 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,76 \text{ m}$;
- Volume grote mantelbuizen, 3 stuks = $3 \times \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,147 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,250 \text{ m}$;
- Volume kleine mantelbuis = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,010 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,110 \text{ m}$;
- Volume bentoniet = Volume ruimer – volume leidingen = $0,297 \text{ m}^3/\text{m}$;
- Volumeverlies bentoniet = $75\% \times \text{Volume bentoniet} = 0,223 \text{ m}^3/\text{m}$.

Met de berekeningsmethode van Peck is een indicatieve berekening uitbracht voor de maaiveldzakkingen t.g.v. volumeverlies van het bentoniet mengsel t.p.v. fietspad en rijksweg A7 t.h.v. km 97.390 en km 97.715. Uit de resultaten van de berekening blijkt dat zakkingen van ca. 0,04 m kunnen optreden op de maatgevende diepte van 7,5 m (t.h.v. fietspad / rijksweg), zie figuur 5-12. Deze zettingen dienen te worden gecompenseerd met grout.



Figuur 5-12: Maaiveldzakking t.g.v. HDD-boring op ca. 7,5 m diepte

5) Locatie Onderdoorgang vismigratierivier

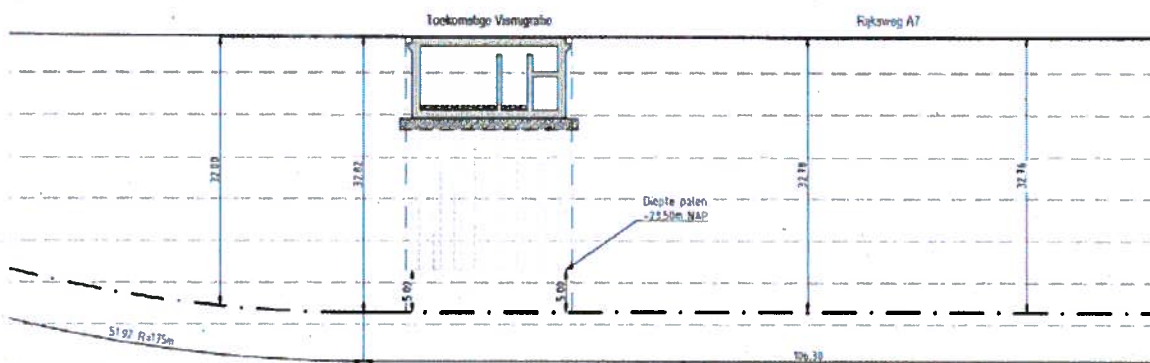
Als alternatief voor een kabeldoorvoer vlak onder het fietspad is een HDD-boring onder de doorgang van de vismigratierivier beschouwd

Volgens de tekening van Ventolines (482.15.2.039-103-1 d.d. 10 september 2015) worden twee boringen uitgevoerd. De onderlinge afstand h.o.h. afstand bedraagt 5 m. Bij de HDD-boring wordt in de ruimerfase een diameter $\text{Ø } 950 \text{ mm}$ toegepast. De HDPE buizen welke na de ruimerfase door de boring worden getrokken bestaan uit 3 stuks met $\text{Ø } 250 \text{ mm}$ en 1 stuks met $\text{Ø } 110 \text{ mm}$. De HDD-boring gaat onder de toekomstige funderingspalen van de coupure door. De onderkanten van deze palen komen volgens tekening op NAP -23,50 m.

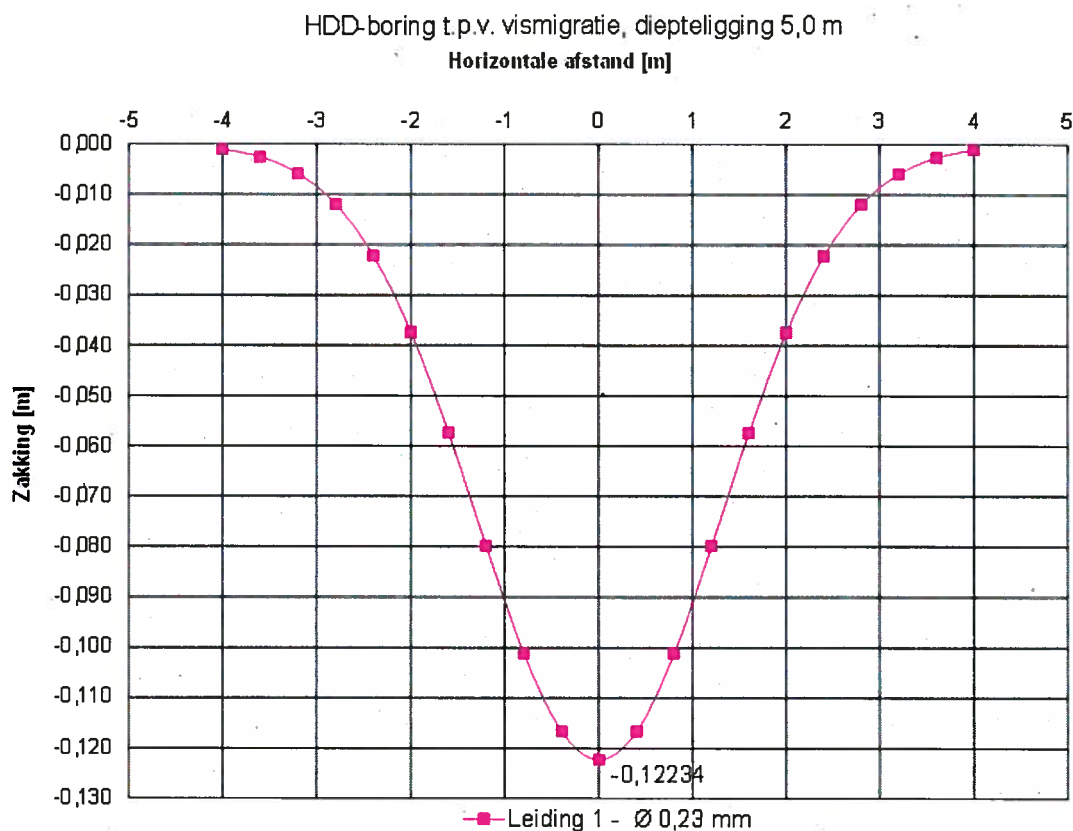
Met de berekeningsmethode van Peck is een indicatieve berekening uitbracht voor de maaiveldzakkingen t.g.v. volumeverlies van het bentoniet mengsel t.p.v. de onderkant van de funderingspalen. Uit de resultaten van de berekening blijkt dat zakkingen van ca. 0,12 m

kunnen optreden op de maatgevende diepte van 5,0 m, zie figuur 5-14. Deze zakkingen dienen te worden gecompenseerd met grout, tenzij de HDD-boring ruimschoots voor het aanbrengen van de funderingspalen wordt uitgevoerd. In dat geval zijn de zakkingen namelijk al opgetreden.

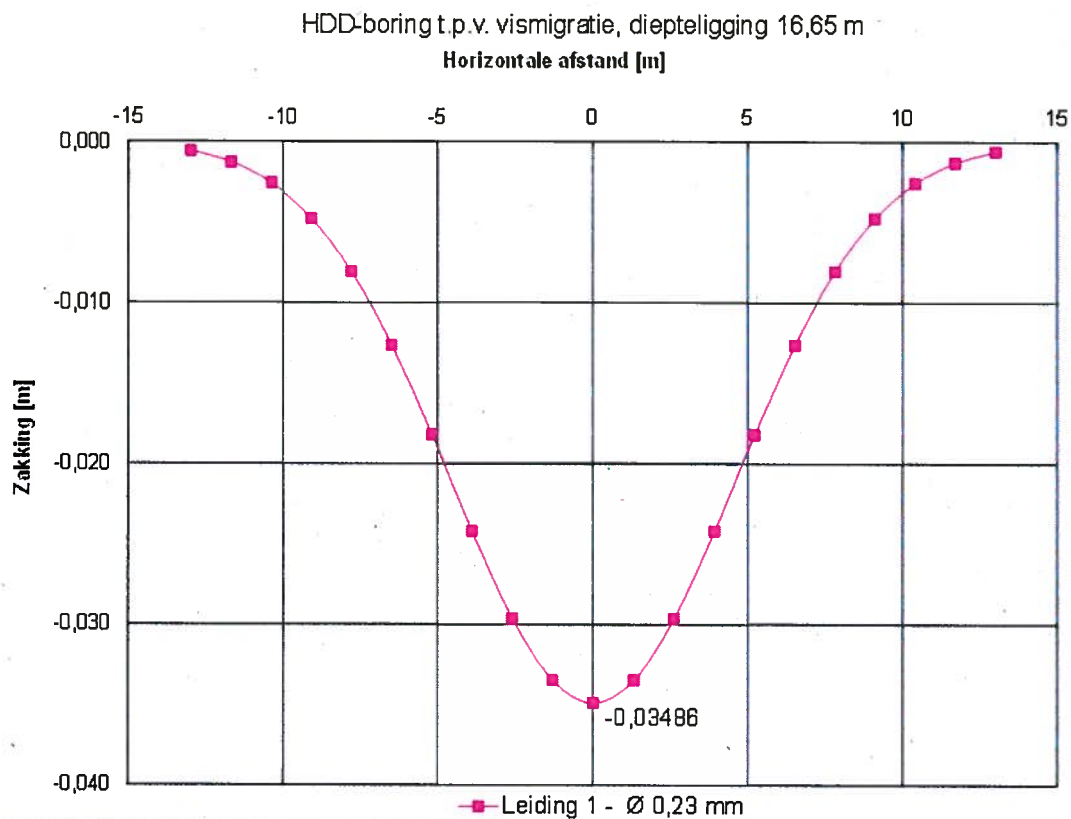
Daarnaast zijn de maximale zakkingen ter plaatse van de rijksweg berekend. Deze bedragen ca.0,03 m. Deze zakkingen dienen te worden gecompenseerd met grout.



Figuur 5-13: Dwarsdoorsnede bij onderdoorgang vismigratierivier (bron: Ventolines, 10 september 2015)



Figuur 5-14: Maaiveldzakking t.g.v. HDD-boring op ca. 5,0 m diepte



Figuur 5-15: Maaiveldzakking t.g.v. HDD-boring op ca. 16,7 m diepte

Risicobeschuwing (maaiveld)zakkingen t.g.v. HDD-boring

De berekende maximale zakkingen bij steenbekledingen, asfaltwegen en paalvoeten ten gevolge van de HDD-boringen zijn 4 tot 12 centimeter en derhalve niet 'nihil', met uitzondering van de aanlanding bij Breezanddijk (locatie 1). Alle zettingen kunnen worden gereduceerd tot 'nihil' door correcte toepassing van een speciale uithardende boorvloeistof (drillgrout of een vergelijkbaar product) tijdens de intrefase. Er is dan geen sprake van volumeverlies rond de leiding en daardoor zijn er geen maaiveldzakkingen t.g.v. de HDD-boring. In bijlage 4 is een voorbeeld opgenomen van een grouttype en werkwijze die kunnen worden toegepast. Een overzicht van de berekende zakkingen is weergegeven in onderstaande tabel:

Tabel 5.1 - Samenvatting Peckberekeningen

Locatie	Naam	Diepte	Object	Max. zakkingen (zonder grout)	Max. zakkingen (met grout)
1	Aanlanding Breezanddijk	5,3 m	Steenbekleding	0,01 m	niet van toepassing
2	Onderdoorgang A7 t.h.v. km. 86.581 tot km 86.875	9,7 m	Rijksweg	0,04 m	0,00 m
3	Onderdoorgang A7 t.h.v. km. 95.952 tot km 96.148	4,7 m	Rijksweg	0,07 m	0,00 m
4	Voorhaven en sluis Kornwerderzand	7,5 m*	Onderkant meerpaal	0,06 m	0,00 m
4	Voorhaven en sluis Kornwerderzand	5,0 m	Steenbekleding	0,10 m	0,00 m
5	Onderdoorgang A7 t.h.v. km. 97.390 tot km 97.715	7,5 m	Fietspad / rijksweg	0,04 m	0,00 m
6	Onderdoorgang vismigratierivier	5,0 m	Onderkant funderingspalen coupure vismigratieriver	0,12 m	0,00 m**
6	Onderdoorgang vismigratierivier	16,7 m	Rijksweg	0,03 m	0,00 m

*aannname

** Zakkingscorrectie is alleen nodig, indien de HDD-boring na of gelijktijdig met het aanbrengen van de funderingspalen plaatsvindt.

5.4. Stabiliteit waterkering bij HDD-boringen

Beschouwing HDD-boring aanlanding Breezanddijk

Eerder is de taludstabiliteit bij de aanlanding van de kabels bij Breezanddijk beschouwd op basis van conservatieve uitgangspunten voor de diepteligging en de omvang van de plastische zones. Dit is toegelicht in de Fugro-rapportage van 21 mei 2015.

In aanvulling van deze eerdere beschouwingen is de ontwerptekening van KL Infra Engineering (tek. nr. 482.15.2.039-102, Boring 1 t/m 8 d.d. 21-08-2015 en tek. nr. 482.15.2.039-104, Boring 9 t/m 15 d.d. 26-08-2015) als uitgangspunt aangehouden voor de stabiliteitsanalyses.

Het tracé van de HDD-boring heeft volgens de ontwerptekeningen een diepteligging van NAP -13,0 m ofwel 9,4 m onder de teen. Volgens het bijbehorende boorplan is de diameter van de plastische zone 0,375 m en kleiner dan de eerder aangenomen 1,0 m. De resultaten van de boring geven in 0-situatie een stabiliteitsfactor SF van 1,53 en dit resultaat is bijna gelijk aan de berekening van de tijdelijke situatie tijdens aanleg inclusief HDD-boring (SF = 1,52).

Geconcludeerd kan worden dat de boring geen negatief effect heeft op de stabiliteit (zie bijlage 2).

Beschouwing HDD-boring tuimeldijk Breezanddijk

De beoogde uiteinde van de HDD-boring naast de tuimeldijk (lengterichting), onder het fietspad, heeft minder invloed op de stabiliteit dan de uitvoeringsmethode waarbij kabels in

een open sleuf worden aangebracht. De plastische zone van de HDD-boring zal lokaal leiden tot een lagere stijfheid, maar niet tot negatieve invloed in de glijvlakzone van de tuimeldijk. Verwacht wordt dat het effect op de stabiliteit (nog) lager is t.o.v. aanleg middels een open sleuf.

Beschouwing HDD-boring voorhaven en sluis Kornwerderzand

De afstand tussen de HDD-boring en de sluis bedraagt ca. 150 m. Aangenomen wordt dat de beïnvloedingszone t.g.v. de ontgraving van 2 m² bij het intredepunt geen negatieve gevolgen heeft op de damwandstabiliteit bij de sluiskolk.

Uit de ontwerptekening van KL Infra Engineering (482.15.2.039-100 d.d. 21-08-2015) blijkt dat de afstand tussen HDD-boring en de teen ca. 19 m bedraagt. Gezien de aanmerkelijk grotere diepteligging van de boring t.o.v. de beschouwde doorsnede t.h.v. aanlanding Breezanddijk (ruim 10 m dieper) is geen aanleiding te verwachten dat de HDD-boring een negatief effect heeft op de stabiliteit.

5.5. Kwelweganalyse bij HDD-boringen

Conform bijlage D van NEN 3651 dient bij leidingen die door middel van horizontaal gestuurde boringen zijn aangelegd in of nabij waterstaatswerken het effect op middellange termijn van langloopsheid (kwel) te worden onderzocht.

Er zijn twee redenen waarom dit voor deze situatie geen risico vormt. Ten eerste wordt er niet van buitendijks gebied naar binnendijks gebied geboord. Bij de kruisingen van de rijksweg wordt weliswaar een deel van dijklichaam gekruist, maar dit zal niet leiden tot een verkorting van een bestaande kwelweg door de aanwezigheid van een zandlichaam rondom het uitredepunt van de HDD-boring. Ten tweede is er geen sprake van een waterstandsverschil tussen het in- en uitredepunt. Een effect van kwel is derhalve uitgesloten.

5.6. Zettingsvloeiing

Er is gecontroleerd of de realisatie van de leidingkruising met HDD kan leiden tot zettingsvloeiing. Een zettingsvloeiing treedt op indien bij een toename van de schuifspanning in een losgepakte zandlaag een dusdanige wateroverspanning ontstaat dat verweking van het materiaal optreedt. Een zettingsvloeiing kan alleen optreden indien sprake is van:

1. een initiërend mechanisme;
2. een losgepakte zandlaag met voldoende dikte (> ca. 3 m);
3. een voldoende steil onderwatertalud.

Deze voorwaarden worden hieronder beschouwd:

1. Initiërend mechanisme

Twee aspecten zouden in dit geval kunnen leiden tot een initiatie voor zettingsvloeiing:

- trillingen in de ondergrond ten gevolge van de uitvoering van de HDD;
- ontspanning in de ondergrond ten gevolge van de HDD door tijdsafhankelijke samendrukking van het bentoniet (als lokaal geen grout wordt toegepast).

Deze twee aspecten zijn niet met berekeningen voor deze specifieke situaties beschouwd. Uit berekeningen bij andere locaties blijkt dat initiatie van zettingsvloeiing kan worden uitgesloten bij verwekingsgevoelige lagen als de onderkant van de HDD-boringen op minimaal 15 m onder deze lagen ligt.

2. Losgepakte zandlaag

De relatieve dichtheid is een maat voor de pakking van zand. Indien de relatieve dichtheid (R_e) hoger is dan 65% is sprake van vast gepakt zand dan is zettingsvloeiing niet aan de orde. Aan de hand van een archiefsondering sondering, DKMP1 (bron: Fugro-project G-7043, t.p.v. KM97.000 langs A7) is de relatieve dichtheid van de zandlagen bepaald.

Hierbij is de relatieve dichtheid bepaald volgens Baldi. Een overzicht van de relatieve dichtheid en verwekingsgevoeligheid van de aanwezige zandlagen is weergegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.2 - Overzicht relatieve dichtheid zandlagen op basis van sondering DKMP1, G-7043

Bovenkant laag [m NAP]	Onderkant laag [m NAP]	Dikte laag [m]	Gemiddelde R_e [%]	Zettingsvloeiingsgevoelig
+6,8	-1,0	7,8	20	ja
-1,0	-3,5	2,5	55	ja
-3,5	-7,5	4,0	65	nee
-7,5	-8,5	1,0	35	nee
-8,5	-11,0	2,5	70	nee
-12,0	-14,0	2,0	70	nee

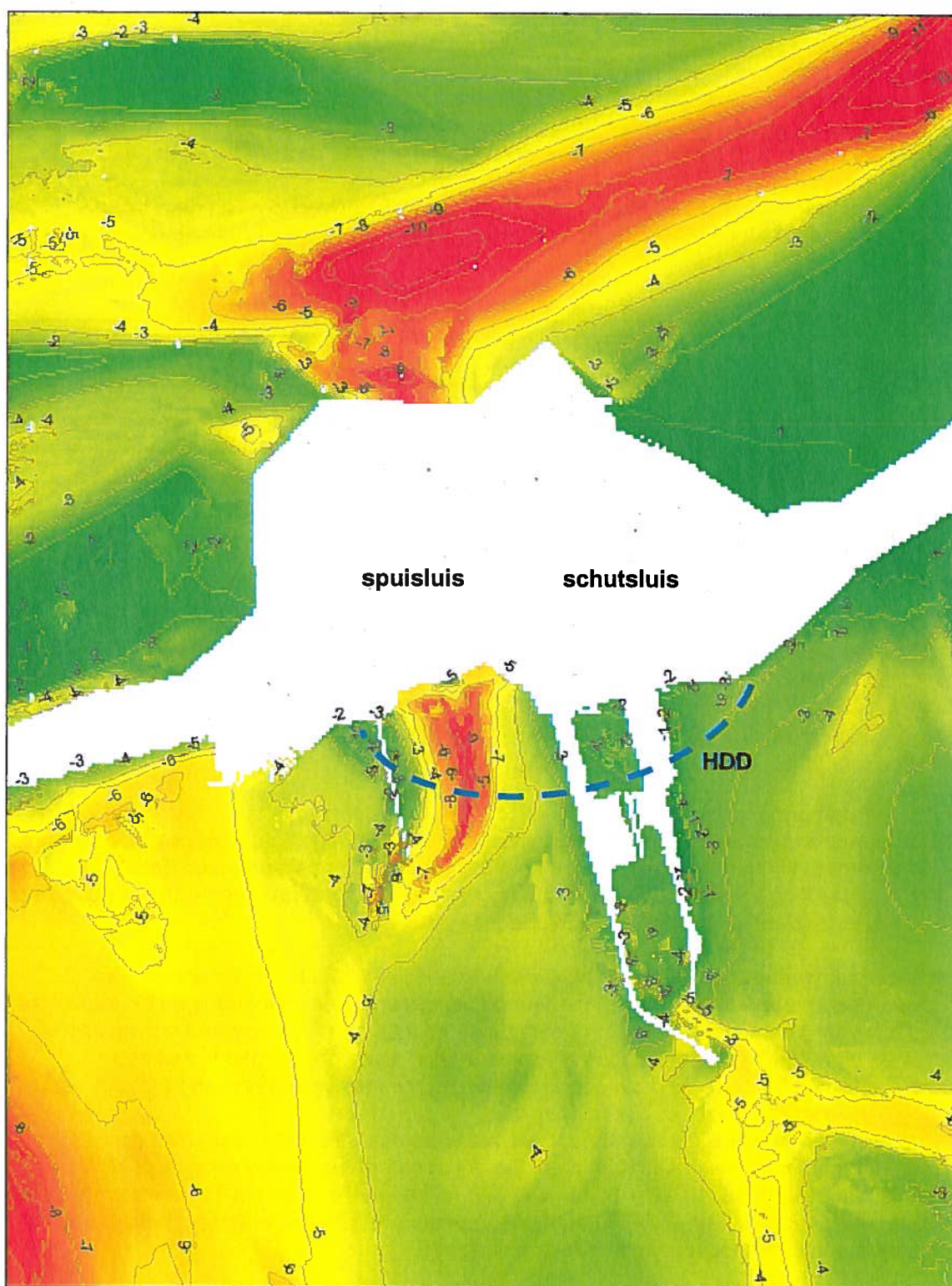
Uit de bepaling van de relatieve dichtheid blijkt dat er tussen NAP +6,8 en -3,5 m verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn. Er is één sondering beschouwd en er is dus niet verkend hoe dit varieert voor andere locaties. Er kan dus niet worden gegarandeerd dat er locaties zijn rondom Kornwerderzand zonder verwekingsgevoelige zandlagen. Puur op basis van sonderingen kan zettingsvloeiing dus niet worden uitgesloten, er is meer bewijsvoering nodig.

3. Helling onderwatertalud

Bij een flauw onderwatertalud kan zettingsvloeiing worden uitgesloten. Het verloop van het onderwatertalud is herleid uit bij Fugro beschikbare data, die is vrijgegeven door Rijkswaterstaat op 29 november 2007, zie figuur 5.16. Er wordt aangenomen dat de ligging van de waterbodem sindsdien niet ingrijpend is gewijzigd.

Uit deze bathymetrische informatie blijkt dat bij zuidelijke kolk van de schutsluis van Kornwerderzand en ten zuidoosten hiervan de waterdiepte zeer beperkt is en er nauwelijks sprake is van onderwatertaluds. Dit is een zelfde situatie als bij de aanlanding van HDD-boringen bij het transformatorstation bij Breezanddijk, waar ook sprake is van een waterdiepte van 2 à 3 m. Bij deze geringe waterdieptes kan zettingsvloeiing niet optreden.

Ten zuiden van de spuisluis zijn wel grotere waterdieptes gemeten. Hier kruist de HDD-boring een geul van maximaal 10 m diep. De onderwatertaluds langs deze geul hebben hellingen van maximaal 1 : 10 à 1 : 15. Met behulp van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid voor Primaire Waterkeringen (VTV, katern 9 Voorland) is getoetst of er sprake kan zijn van een afschuiving van het voorland of zettingsvloeiing.



Figuur 5.16 – Waterbodenniveau rondom Kornwerderzand met globale ligging HDD-boring (opname RWS 2007)

Volgens het VTV is in het getijdengebied nog nooit een inscharing tot aan de waterkering ten gevolge van zettingsvloeiing of afschuiving geconstateerd in natuurlijke geulen waarbij de geuldiepte kleiner was dan 9 m. Dit hangt samen met enerzijds de kans op een instabiliteit, die afneemt naarmate de geuldiepte kleiner is, en anderzijds met de grootte van de inscharing, dus de kans dat de waterkering beschadigd raakt door een instabiliteit; die kans wordt eveneens kleiner bij een kleinere geuldiepte. In de andere watersystemen (zoals het IJsselmeer) zijn de sterkte en belasting bij natuurlijke geulen altijd gunstiger dan in het getijdengebied: het zand is grover en hoekiger en de waterstandvariatie is kleiner. Voor een eerste conservatieve benadering kan het criterium voor bewezen sterkte dat geldt in het getijdengebied daarom ook worden toegepast in het IJsselmeer. Op basis van dit criterium kunnen zettingsvloeiing en afschuiving echter niet volledig worden uitgesloten, omdat de geul lokaal 10 m diep is. Bovendien moet rekening worden gehouden met een vergrote (fictieve) geuldiepte door de aanwezigheid van havendammen en de dijk boven water.

In stap 4 van katern 9 van de VTV wordt een geometrische toetsing beschreven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een rekenregel die berekent of afschuiving mogelijk is op basis van de geometrie van het onderwatertalud. Dit optredingscriterium bevat regels voor de taludhelling van de geul: als de taludhelling nergens zo steil is dat het mechanisme kan optreden, kan op basis daarvan een score 'voldoende' worden gegeven. Het blijkt dat de kans op afschuiving voldoende klein is, omdat de taludhelling tussen de geulrand en geulbodem nergens steiler is dan 1 : 4,5. De kans op zettingsvloeiing is voldoende klein, omdat de taludhelling tussen de geulrand en geulbodem nergens steiler is dan 1 : 7.

Conclusie

Op basis van bovenstaande beschouwing kan worden geconcludeerd dat het risico op zettingsvloeiing door toedoen van de voorziene HDD-boringen voldoende klein is.

6. KWALITEIT GRASMAT

6.1. Inleiding

In het Fugro-rapport van 21 mei 2015 is beschreven waarom, op basis van een kwalitatieve beschouwing, geen meetbare invloed wordt verwacht van de temperatuurverhoging door de aanwezigheid van kabels op de kwaliteit van de grasmatt. Daar waar kabels warmte toevoegen aan de bodem verdampt meer bodemwater en daardoor treedt verdampingsstress eerder op. Echter, omdat de warmtestroom vanuit de kabel in het niet valt bij de overige invloedsfactoren is dit effect verwaarloosbaar en was er geen aanleiding om hier verder aan te rekenen.

De analyse die ten grondslag ligt aan deze conclusie is gebaseerd op de volgende veronderstellingen:

1. Kabelwarmte leidt tot toename van temperatuur van de wortelzone.
2. Temperatuurtoename leidt tot toename van de bodemverdamping en gewastranspiratie. De bodemwatervoorraad raakt eerder uitgeput dan zonder kabelwarmtetoevoer.
3. Indien gras in waterstress komt, treedt groeivertraging op en uiteindelijk volgt sterfte.
4. Herstel van de grasmatt tot de normale kwaliteit (intensieve beworteling) kost tijd.

In het overleg met Rijkswaterstaat is naar voren gekomen dat een nadere uitwerking gewenst is. Om meer zicht te krijgen op de bodemwarmtestroom naar maaiveld wordt in deze rapportage ingegaan op:

- de ruimtelijke verdeling van de warmtestroom in het specifieke geval van de Afsluitdijk:
 - o tussen maaiveld en grondwater, en
 - o horizontaal, haaks op de kabel,
- de tijdsverdeling van de warmtestroom:
 - o hoe lang welk vermogen is geleverd voorafgaand aan de droogteperiode, (ladingsgeschiedenis)
 - o de tijd-dempingkarakteristiek van de kabelomgeving kabelwarmtestroom naar maaiveld.

Voor het verkrijgen van deze informatie wordt gebruikgemaakt van de simulatieomgeving Feflow (DHI-WASY) waarmee stroming van grondwater en warmte kan worden weergegeven onder veranderlijke omstandigheden. Deze simulaties worden uitgevoerd langs twee verticale dwarsdoorsneden van de dijk met een verschillende positie van de kabels, fietspad en snelweg. Per model worden twee belastingsscenario's beschouwd.

Aangezien de temperatuursberekening en beoordeling uit het voorgaande rapport nadere uitwerking vereisten is ook naar een extreem scenario gekeken; een scenario van een combinatie van omstandigheden die negatief werken op de temperatuursopbouw en vochtbalans. Daarbij wordt opgemerkt dat het om een 'extreem' als schokproef. De kans dat deze combinatie van ongunstige omstandigheden zich voordoet in de praktijk is niet bepaald..

Vragen die open blijven staan, zijn onder andere:

- De klimatologie van de dijk in open water, windinvalshoek, zoninvalshoek, relatieve vochtigheid en temperatuur (relevant voor enkele conclusies).
- Zwellen en krimpverschillen zoals schade aan wortels door scheurvorming (ander mechanisme van schade aan grasmatt).

- De groeistrategie van gras onder veranderende bodemtemperatuur en het effect van verlenging van het groeiseizoen en de versnelling van organische stofdynamiek (mogelijk van invloed op de worteldiepte en worteldichtheid).

Echter, deze vragen zijn locatie specifieke details die ook positief kunnen uitwerken. Deze leiden niet tot een verandering van de conclusies in dit rapport ten aanzien van het risico op grassterfte door uitdroging. aangezien het effect van de kabel primair de toevoeging van warmte in de ondergrond betreft welke van invloed is op de vochtbalans. Dit is bepalend voor de effectbeoordeling.

6.2. Modelstrategie, uitgangspunten en randvoorwaarden

Twee modellen worden opgebouwd om representatieve resultaten te berekenen voor de secties :

- ten oosten van Kornwerderzand (tekeningen op pagina 28),
- ten westen van Kornwerderzand (tekeningen op pagina 29).

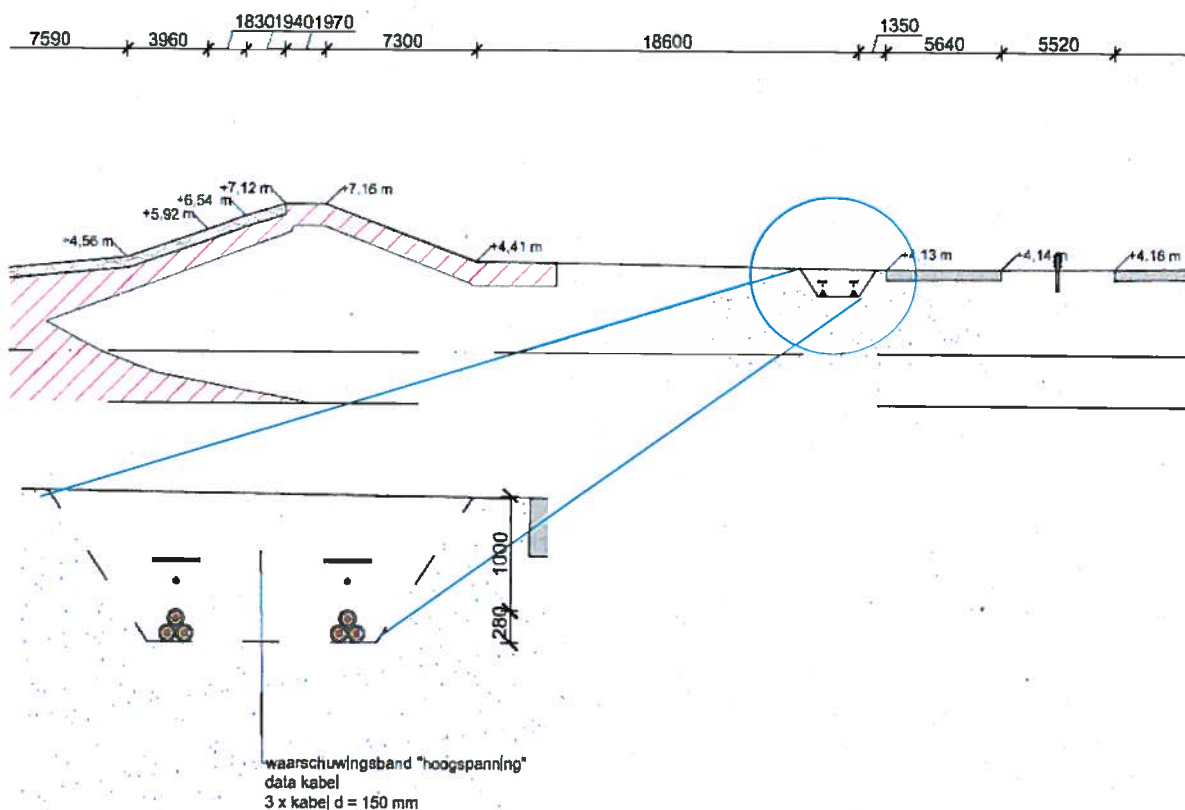


Figuur 6.1 ligging secties Oost en West.

Langs deze twee secties wordt de bodemopbouw ingevoerd in een verticaal 2D netwerk met eindige elementen. Deze twee verticale dwarsdoorsnedemodellen worden onderworpen aan startcondities en vaste thermische randvoorwaarden. Om de effecten van de kabelwarmte te kunnen beoordelen, los van andere factoren, wordt het thermische vermogen dat wordt opgewekt door de kabels ingevoerd in de kabelkernen zodat het geheel past bij een worst case zomersituatie.

6.2.1. Sectie Oost

In de onderstaande figuren is de dijksectie Oost weergegeven. De maatvoering en materiaal kenmerken daarvan vormen de basis voor het modeldomein "Oost".

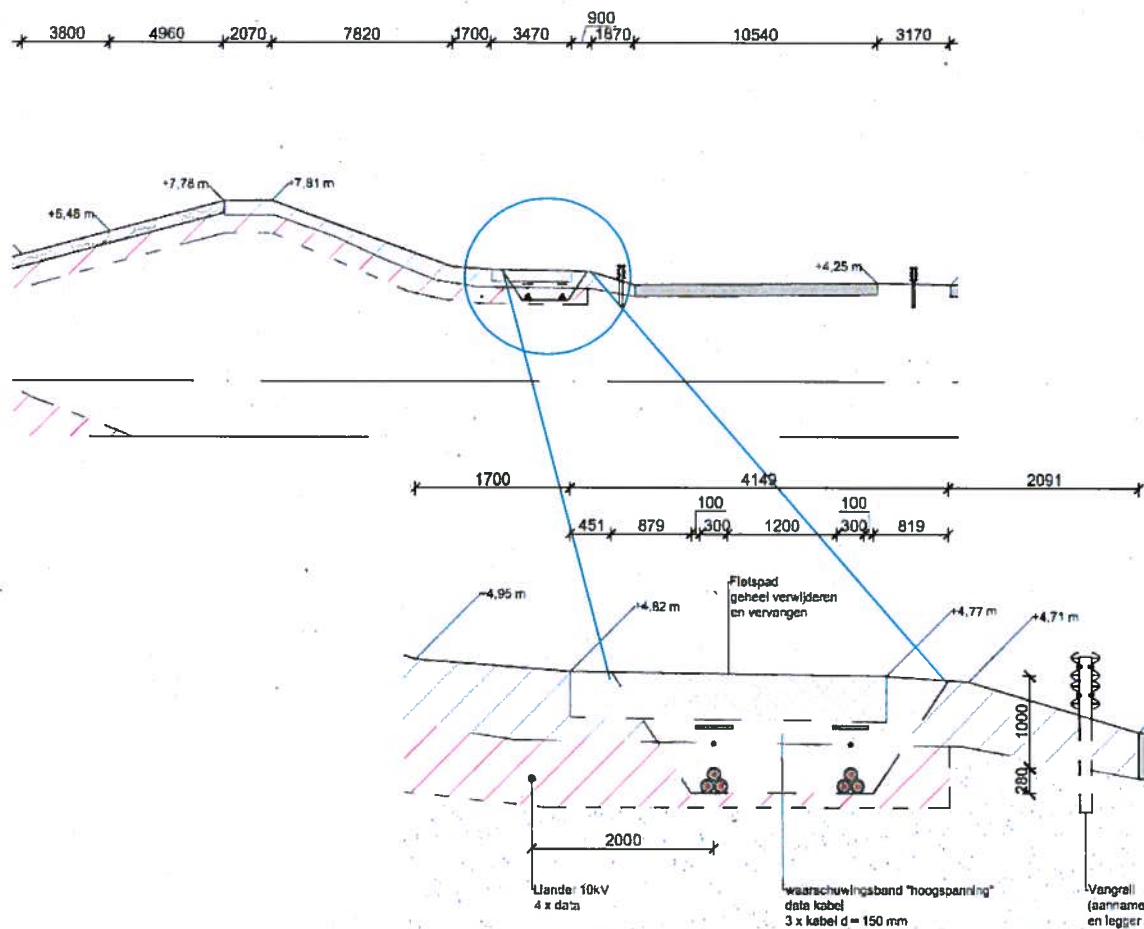


Vergelijkingstabel secties Oost en West.

Kenmerken secties	Sectie Oost "naast fietspad"	Sectie West "onder fietspad"
topografie	Horizontaal	Naast talud
bodemprofiel	Zand	Klei op zand
Maaiveldhoogte	NAP + 4,13 m	NAP + 4,82 m
PE beschermplaten	Breedte bundel	Breedte bundel
Diepte onderzijde kabelbundel	mv-128cm	mv-128cm
afstand tussen kabelbundels	120cm	120 cm

6.2.2. Sectie West

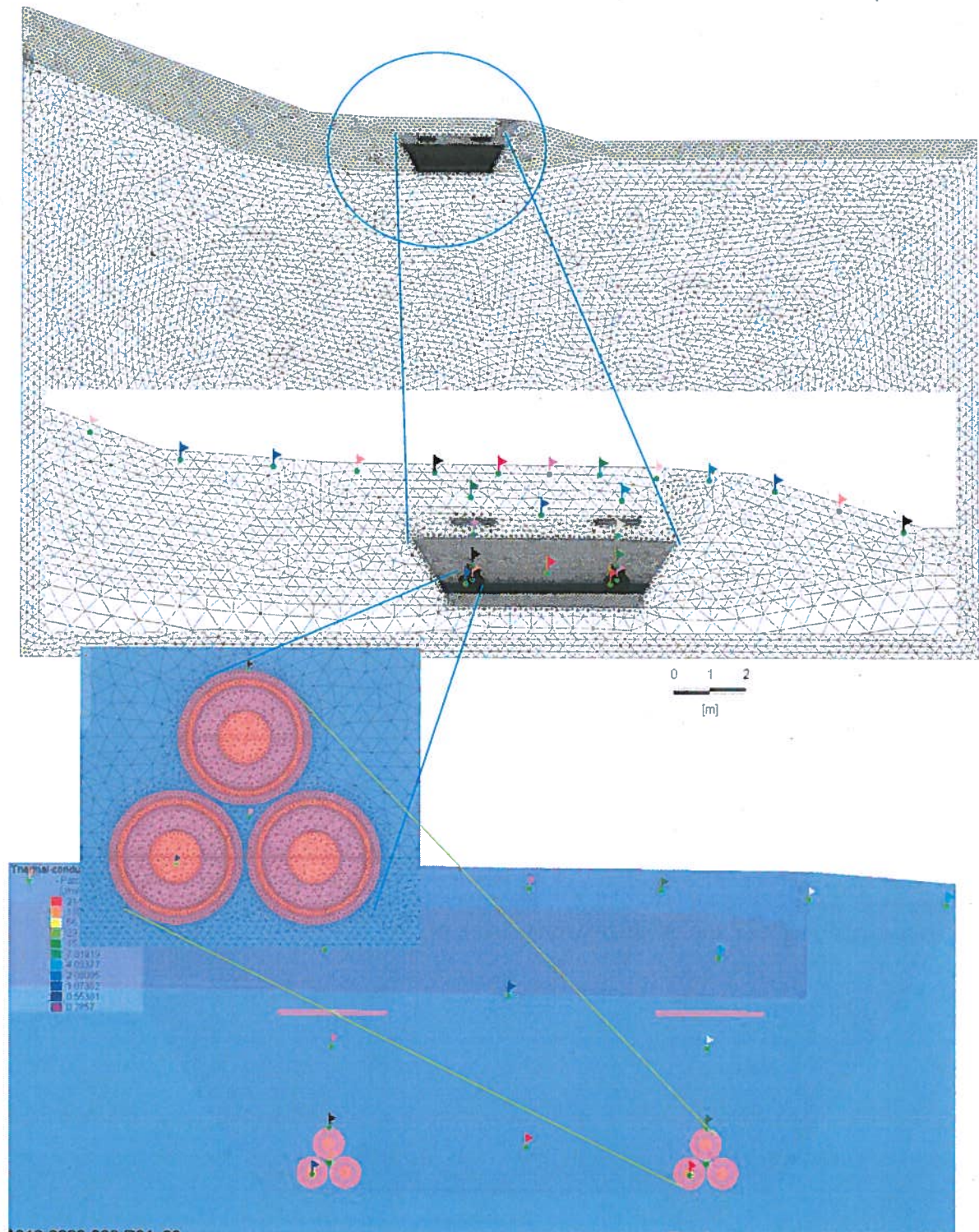
In de dwarsdoorsnede hieronder zijn de belangrijkste maatvoeringen en topografie zichtbaar, die terugkomen in het modelgrid van model West. Let op de dikte van de kleilaag die is weergegeven met een gearceerde ondergrens. De aanwezigheid en dus ook de dikte van de kleilaag is belangrijk voor de verticale verdeling van warmte. De dikte is niet exact bekend.



In de kabelomgeving is een 10kV kabel aanwezig. Die is niet in het model opgenomen, omdat de maximale belasting daarvan ver onder de ontwerpcapaciteit ligt, waardoor geen sprake is van thermische warmteproductie. De kabel bevindt zich wel in het beïnvloedingsgebied van de hoogspanningskabels.

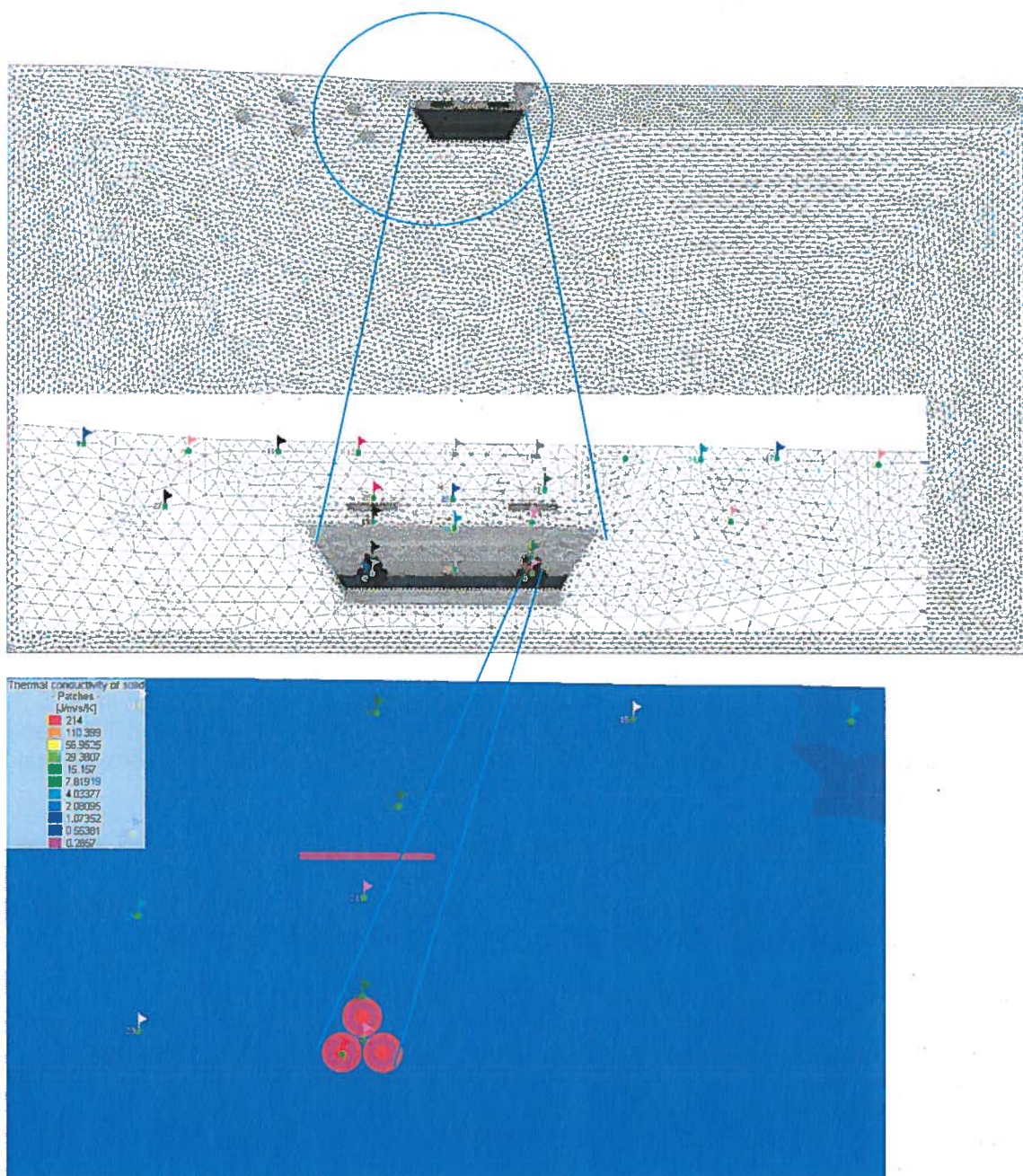
6.2.3. Modeldomein "West"

Modelgrid(grijs), observatiepunten en materiaalverdeling (kleur) van kabel en kabelsleufmateriaal zijn in onderstaande figuur weergegeven. Aan de linker- en rechterzijde zijn het talud en de snelweg herkenbaar, en de beschermplaten boven de kabels.



6.2.4. Modeldomein "Oost"

In de onderstaande figuren zijn het eindige elementen grid, observatiepunten en materiaalverdeling van kabel en kabelsleuf weergegeven in het brede zandlichaam. Merk op dat in sommige figuren knooppunten zijn gemarkeerd met observatievlaggen. Op die punten zijn gedurende de simulaties temperaturen opgeslagen, die belangrijk zijn voor de inschatting van de thermische effecten.



De kleurlegenda toont het factor 1000 contrast van de thermische geleidbaarheid tussen aluminium en kabelmantel met kleuren die gevoelsmatig dicht bij elkaar liggen. De logaritmische schaal is gebruikt om nog iets van het contrast in bodemeigenschappen te kunnen tonen.

6.2.5. Algemene randvoorwaarden

Boven en onder randvoorwaarden

Beide modellen worden onderworpen aan een temperatuur van 15°C op de bovenrand (maaiveld) en 10°C in de diepe ondergrond. Deze thermische randvoorwaarden laten een warmtestroom toe. De in- en uitstromende energie wordt bijgehouden door het model. Deze zijn als eindresultaat bepalend voor de schatting van de kabelinvloed op de kwaliteit van de grasmatt.

De grondwaterstroming is stilgezet om een conservatief beeld te krijgen.

Thermische geleidbaarheid

De thermische geleidingseigenschappen (Lambda) worden constant verondersteld in het model. Zoals te zien is aan de figuren in §6.2.4 is onderscheid gemaakt naar verschillende bodemmaterialen en wegcunet materialen. Naast de thermische geleidbaarheid lambda is in de tabel ook de thermische weerstand (reciproke waarde van Lambda) weergegeven, ook wel bekend als de G-waarde.

Tabel 6.2-1: Thermische geleidbaarheid

thermische geleidbaarheid	SI eenheden	g-waarde
materiaal	[W/mK]	[mKW]
zand	1.30	0.77
klei (alleen profiel West)	1.50	0.67
geleider	214.00	0.00
PE plaat, XLPE laag en andere kabelisolatie	0.28	3.57
asfalt	1.00	1.00
wegcunetfundament	0.80	1.25

NB 1:

De thermische geleidbaarheid en de thermische capaciteit in mindere mate, zijn in de praktijk variabel met het vochtgehalte van de bodem. Omdat de thermische stabiliteit van de kabel niet aan de orde is, wordt deze op een conservatieve waarde constant verondersteld.

NB 2:

Door gebruik te maken van een tamelijk hoge thermische geleidbaarheid voor droog zand en klei (alsof het natter is dan in werkelijkheid) is een conservatieve – lees hoge – warmtestroom naar het maaiveld gesimuleerd. In de werkelijkheid kan dit alleen optreden als aan het belastingscenario een lange periode van neerslag vooraf is gegaan.

Maatgevende belasting van de kabels: het thermisch vermogen

De vorm van het belastingscenario is in overleg met Ventolines vastgesteld aan de hand van de frequentieverdeling van opeenvolgende dagen harde wind in zomers. Omdat de kabelweerstand bekend is, volgt daaruit het thermisch vermogen van de kabels. Die wordt als een tijd-variabele ingevoerd in het model.

Tabel 6.2-2: Uitgangspunten thermisch kabelvermogen

Uitgangspunten thermisch kabelvermogen (Ventolines i.o.m. Ensol) :

- Weerstand 0,025 ohm/km (aangenomen is dat die constant is, onafhankelijk van de geleidertemperatuur).
- Maximale stroomsterkte: $385 \text{ MVA} / 220 \text{ kV} \cdot \sqrt{3} = 1000 \text{ A}$.
- Capaciteitsfactor 45%.
- Gewogen gemiddelde warmteproductie = 8,9 W/m kabel (per fase).
- Maximale warmte productie windmolenpark = 27,5 W/m kabel.

- Basislast gedurende 1000 dagen (stap 2).
- Pre-hittegolf condities: Maximaal belaste kabels 11 dagen (stap 3).
- Hittegolfcondities direct na maximale belasting 1500 dagen (stap 4).

Zoals hiervoor reeds aangegeven is sprake van een extreem scenario. Bijvoorbeeld maximaal belaste kabels gedurende 11 dagen opgevolgd door een hittegolf, betekent in praktisch gezien 11 dagen vol continue een windbelasting van circa 17/18 m/s (windkracht 7/8), gevolgd door een hittegolf. Het hoogste windaanbod (afgezien van de aangenomen duur van het windaanbod) vindt plaats buiten de zomerperiode en het optreden van hittegolven in de zomerperiode.

Stap 1 Hierin wordt de normale warmtestroom over de modelranden berekend gedurende 500 dagen.

Stap 2 Simuleert de warmteopbouw onder basislastcondities. Daarbij wordt gebruik gemaakt van 8,9 W/m, passend bij de gewogen gemiddelde belasting, zoals berekend aan de hand van de opbrengstprognose van het windmolenpark (zie bijlage 3).

De basislast verwarmt gedurende 1000 dagen de bodem gestaag tot een evenwicht is ontstaan tussen warmteproductie en afgifte.

Stap 3 Pre-hittegolfcondities. Omdat tijdens hittegolfcondities weinig wind en dus weinig kabelwarmteproductie aanwezig is, is deze gelijk aan de basislastcondities van 8,9 W/m. Echter, de meest ernstige bodemwarmtecondities zouden optreden als er een langdurige maximale kabelwarmteproductie vooraf gaat aan de hittegolf. Een 11 dagen aaneengesloten periode is aangehouden waarin de kabels een maximaal thermisch vermogen zouden leveren. De warmtevoorraad in de bodem wordt daardoor flink uitgebreid.

Stap 4 Hittegolfperiode

Na 11 dagen maximaal wordt weer teruggevallen op normaal bedrijf tot in totaal 3000 dagen simulatietijd. Deze condities zijn zwaarder dan wat normaal is in een hittegolfperiode: een hoge drukgebied met weinig wind. Deze temperatuur in kabel en bodem toont de periodelengte, die nodig is voor dissipatie van de extra toegevoegde hoeveelheid warmte van de pre-hittegolfperiode.

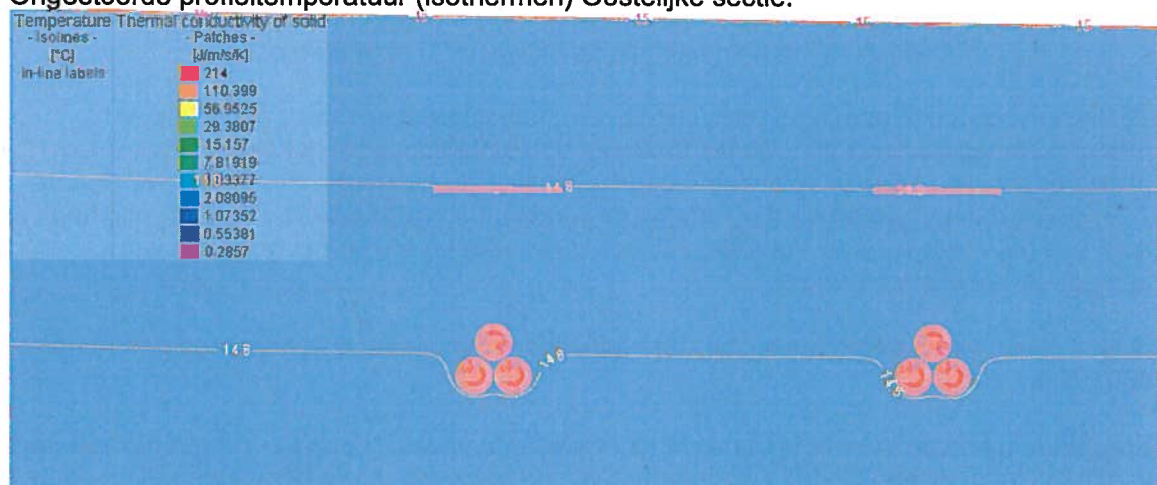
De bovengrondtemperatuur neemt toe tijdens de hittegolf waardoor de bodemwarmtegradiënt minder steil wordt. Daardoor neemt de warmtestroom direct af. De kabelkerntemperatuur en de bodemwarmtestroom naar de thermische onderrand neemt hierdoor toe. Omdat hier gezocht wordt naar de bodemwarmteflux aan het maaiveld zou een hogere bovenrand temperatuur een lagere bovenrandflux en dus een minder conservatief

beeld opleveren dan het geval is bij een gelijkblijvende bovenrand. Daarnaast is interactie tussen de dan gelijktijdige veranderingen van de bovenrandtemperatuur en het kabelvermogen ongewenst zijn. Let op: deze simulatie is dus alleen conservatief voor de berekening van de bodemwarmteflux over het maaiveld en niet voor de kabelkern-temperatuur.

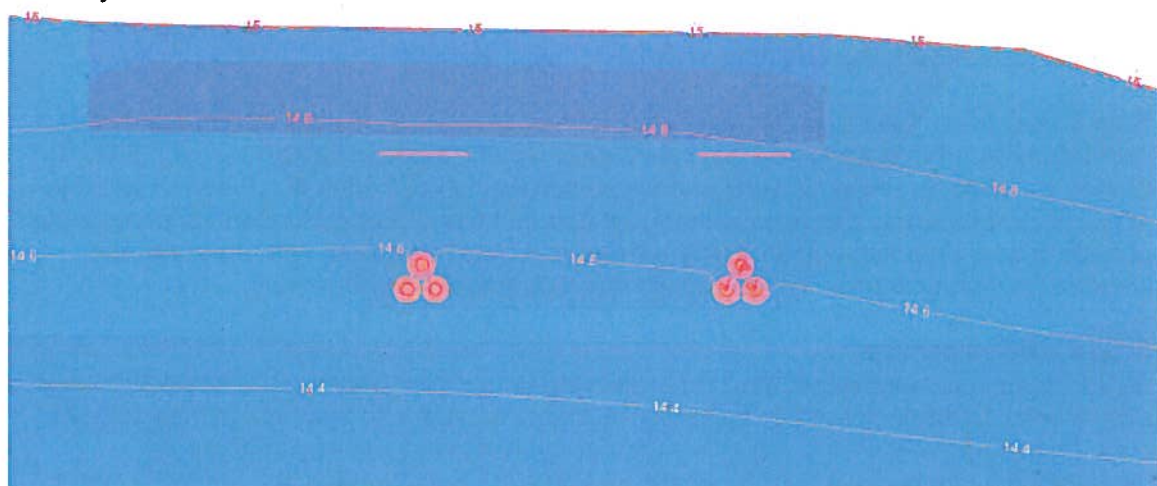
6.3. Resultaten stap 1

Voor beide modeldomeinen zijn hieronder temperatuurverdelingen weergegeven van de kabelsleuf tot aan maaiveld na 500 dagen fase 1 condities t.b.v. modelstabilisatie.

Ongestoorde profieltemperatuur (isothermen) Oostelijke sectie:



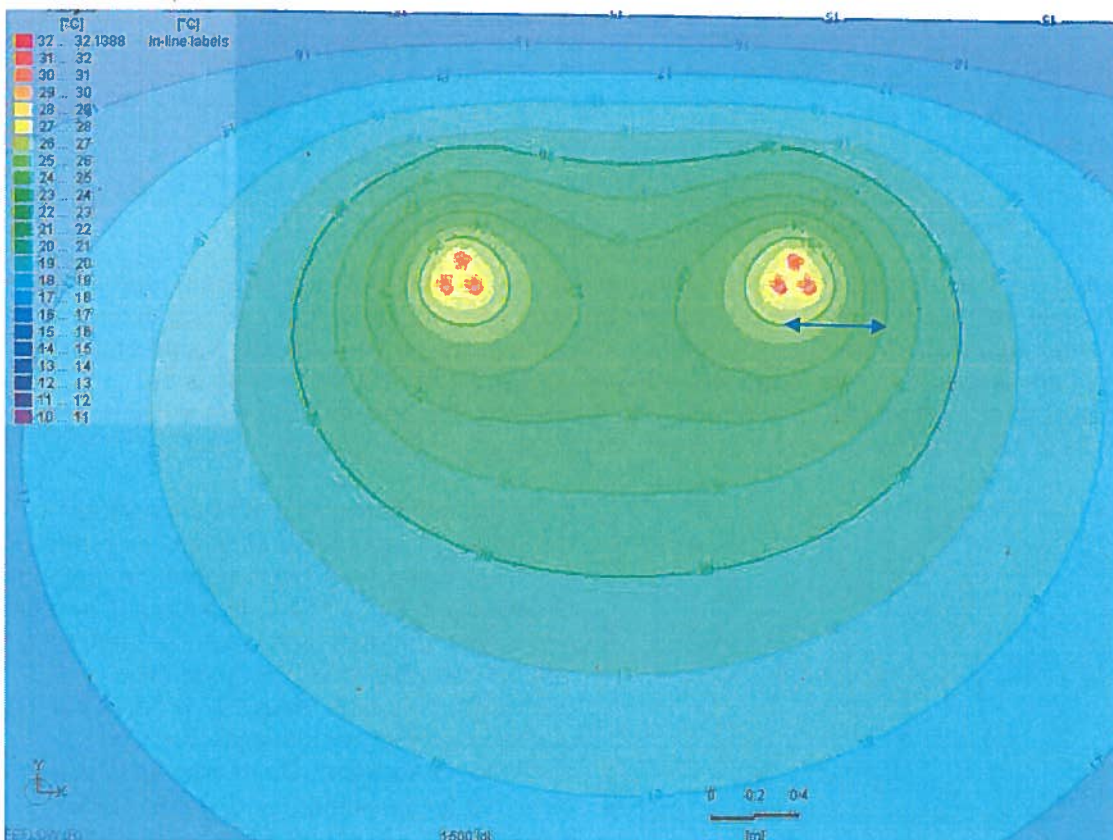
Westelijke sectie:



De kabels vertonen in deze figuur al een klein beetje verwarming als gevolg van een aantal tijdstappen warmtetoevoer. Dat is een modeleigenaardigheid en heeft geen invloed op de temperatuurverdeling. Het belangrijkste verschil in deze figuren is de buiging van de isothermen als gevolg van reliëf, klei en fietspadcunet.

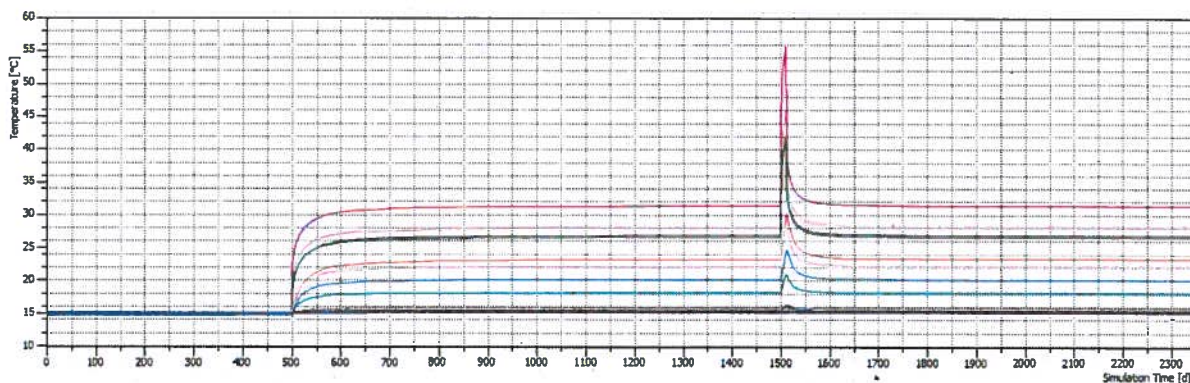
6.4. Resultaten stap 2

Toevoeging van 8,9W/m kabelwarmte is doorgerekend gedurende 1000 dagen, waarin vrijwel stationaire stromingscondities zijn bereikt.

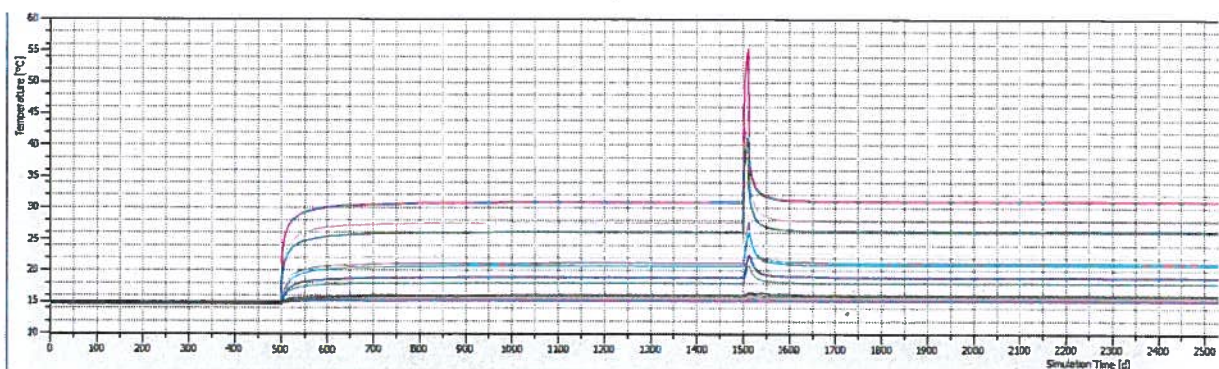


Figuur 6.4-1 Temperatuurverdeling in de oostelijke sectie, na 1000 dagen normaal bedrijf bij 8,9 W/strekkende meter kabel.

In de oostelijke sectie hierboven is de kerntemperatuur opgelopen tot 32°C. Deze temperatuurverdeling is nagenoeg stationair zoals te zien is aan de temperatuur tijdreeks in figuur 6.4-2.

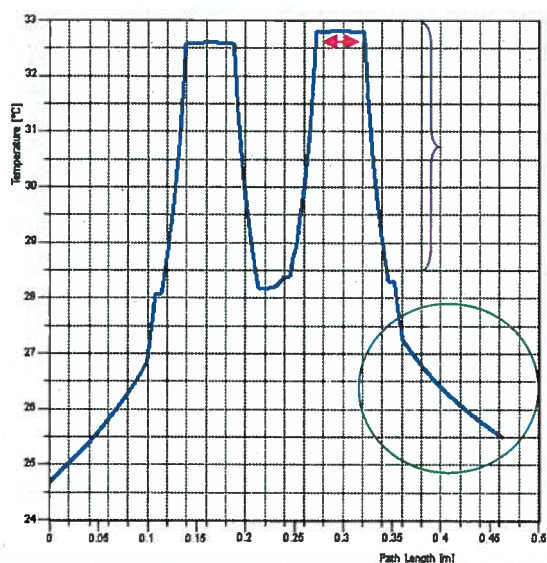


Figuur 6.4-2 Tijdreeks van temperatuur in de verschillende observatiepunten in het westelijke profiel, zoals weergegeven in de figuren van §6.2.



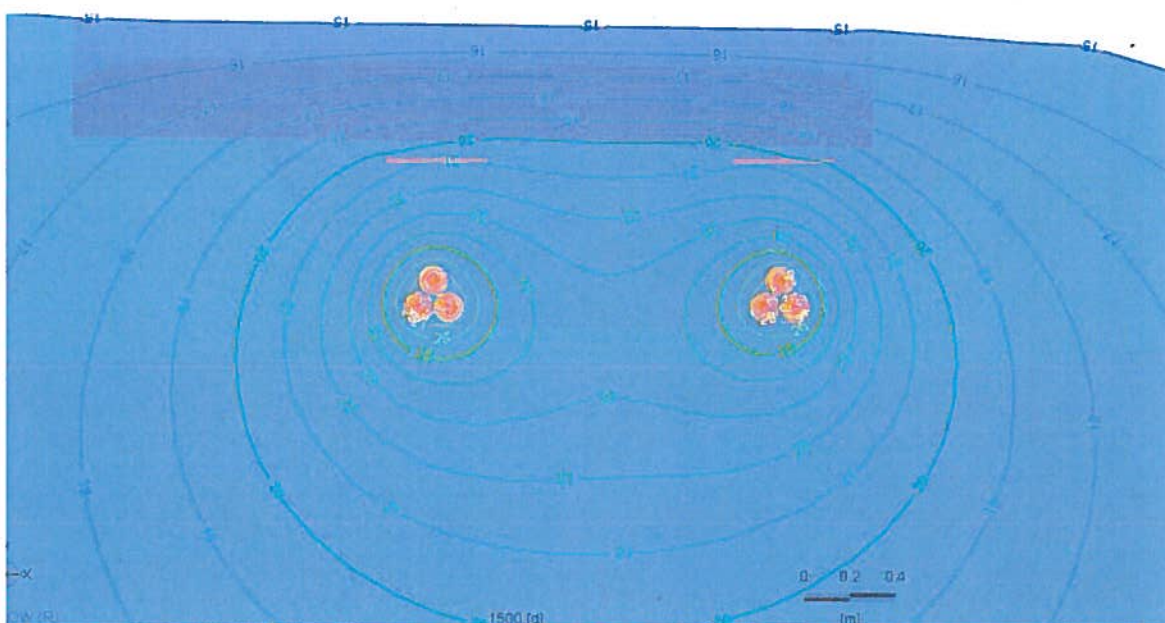
Figuur 6.4-3 Temperatuurtijdreeksen van alle observatiepunten in sectie Oost.

Figuren 6.4-2 en -3 bevatten tijdreeksen van vele observatiepunten. Van warm naar koud volgen de kabelkern, kabelmantel, "tussen de kabelbundels" en verder omhoog in het bodemprofiel. Het temperatuurverloop is voor beide profielen vrijwel gelijk. Vanaf dag 500 neemt de temperatuur over ongeveer 100 dagen toe. Het meest opvallende is de kabelkerntemperatuur die oploopt van 14,6°C tot 32°C. De belangrijkste observatiepunten zijn die in de wortelzone. Deze tonen een toename van enkele graden.



In de grafiek hiernaast is de temperatuur weergegeven in de kabelbundel zelf, in profiel Oost. De figuur toont de temperatuur langs de blauwe lijn in figuur 6.4-1, horizontaal, aan de onderzijde van de kabelstapel. De oorsprong van de energiestroom ligt op de twee tafelbergvormige plateaus. De breedte van de plateaus is gelijk aan de dikte van de aluminium kabelkern. De paarse accolade toont het temperatuurverloop in de XLPE kabelisolatie. De scherm laag is 28 graden en daarbuiten volgt weer een reeks kunststoflagen met buitenmantel. Op de kabel-grond grens is de temperatuur ongeveer 27°C. De bodemtemperatuur neemt gestaag af zoals gemarkeerd met de groene cirkel.

Figuur 6.4-4, Temperatuur horizontaal dwars over de onderste twee kabels, op dag 1499, vlak voor de zwaardere belasting optreedt.



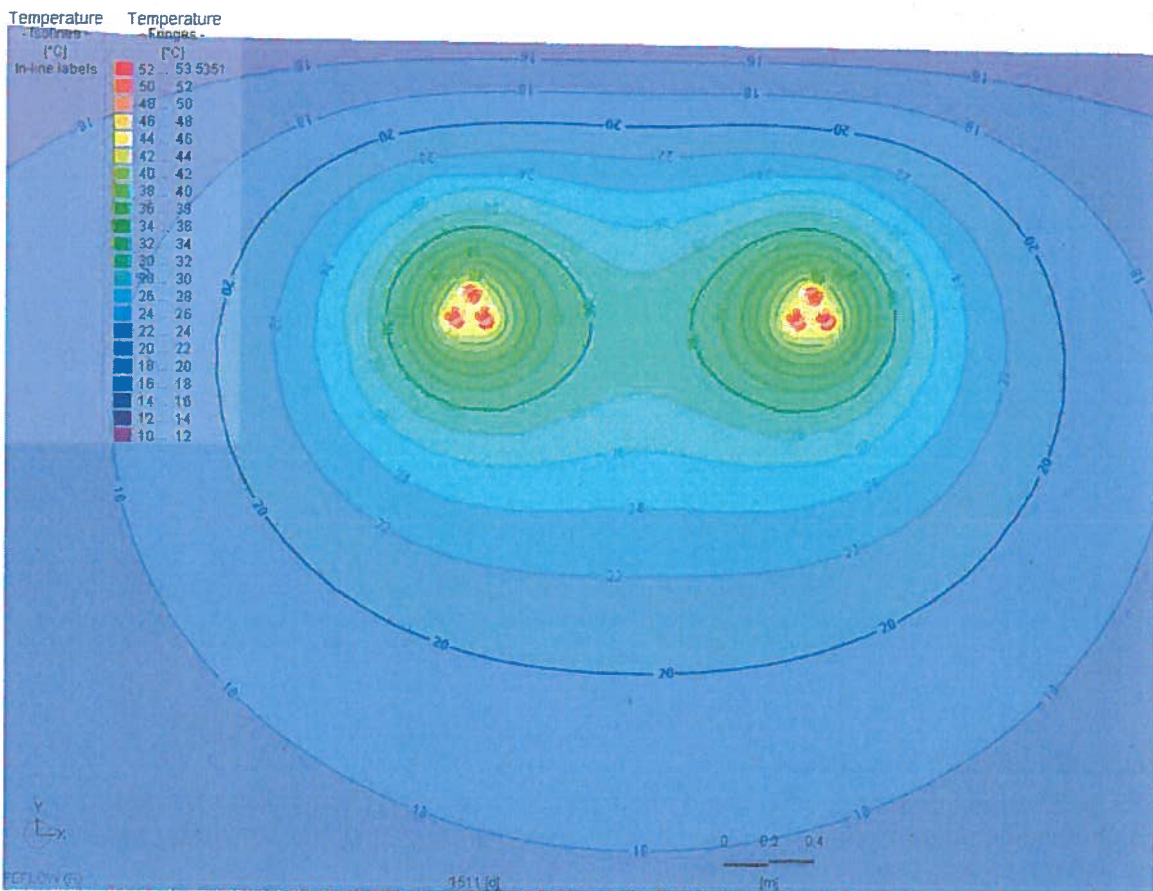
Figuur 6.4-5 Temperatuurverdeling in de westelijke sectie, na 1000 dagen normaal bedrijf bij 8,9 W/strekkende meter kabel.

6.5. Resultaten stap 3 en 4

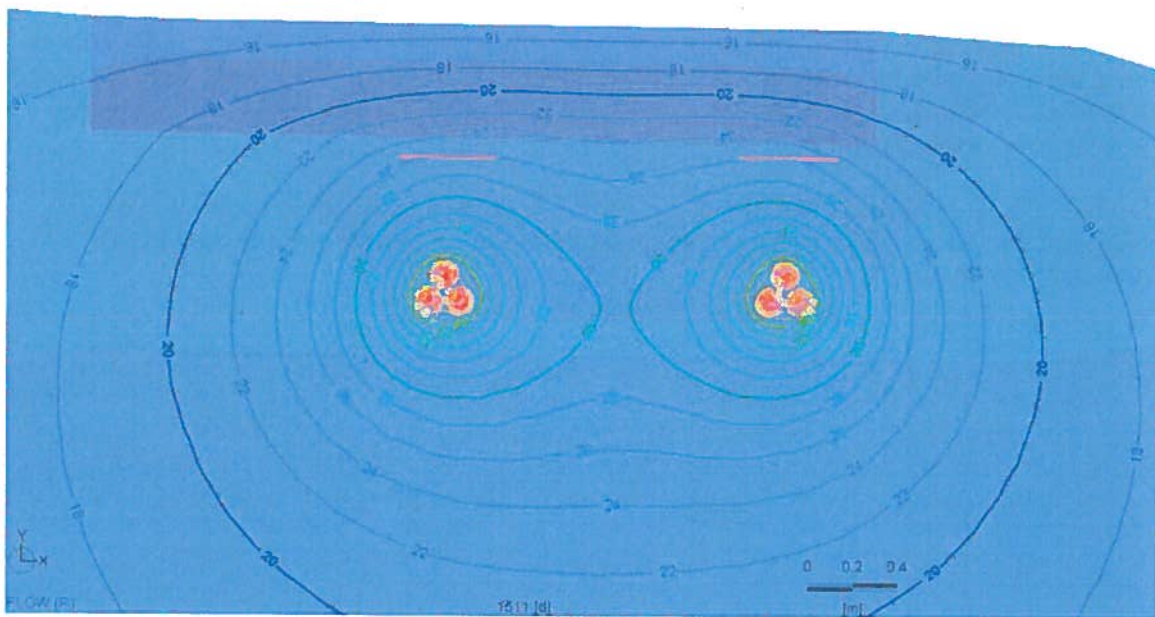
Na 1000 dagen normaal bedrijf wordt het windmolenpark 11 dagen maximaal belast. De bodemwarmtestroom is na "11 dagen maximaal bedrijf" nog lang niet stationair, zoals te zien is aan de eerder getoonde tijdreeksen.

NB, De temperaturen van kabelkern en kabelmantel roepen altijd veel vragen op. In deze situatie is gesimuleerd met het oog op warmteoverdracht aan maaiveld, en niet op het vaststellen van de maximaal haalbare kabeltemperatuur. De maximumtemperaturen die in deze simulaties zijn berekend in de kabel en direct daaromheen, zullen waarschijnlijk alleen in winterse omstandigheden worden overschreden. Dat heeft geen negatief effect op de gewasgroeiomstandigheden.

Op het oog zijn de warmtebeelden hieronder niet makkelijk te onderscheiden van die bij basislast. Let om het verschil te vinden op de temperatuur aan de onderzijde van het fietspadcunet in 6.5-2.



Figuur 6.5-1 Temperatuurverdeling in de Oostelijke sectie, na 11 dagen intensief bedrijf bij 27,5 W/strekkende meter kabel.



Figuur 6.5-2 Temperatuurverdeling in de Westelijke sectie, na 11 dagen intensief bedrijf bij 27,5 W/strekkende meter kabel.

De vergelijking van de figuren van de temperatuurverdeling is het makkelijkst door te kijken naar kabelkerntemperatuur (van 32 naar 55°C) en de diepteligging van bijvoorbeeld de 20°C isotherm onder het fietspad en de grasmat. In figuur 6.6-1 (oost) ligt deze isotherm direct onder de fietspad cunetvulling en in 6.5-2 (west) is die 30cm naar boven verschoven.

Om de energiebalansen van beide beschouwde profielen te kunnen vergelijken, wordt in de volgende paragraaf gekeken naar de veranderingen in het warmtevermogen dat via het maaiveld aan de atmosfeer wordt geleverd. Daarbij wordt gebruik gemaakt van dezelfde modelruns.

6.6. Potentiele verdampingstoename

6.6.1. Warmtestroom aan maaiveld

In de onderstaande tabel zijn de warmtestroomwaarden voor verschillende tijdstappen op een rij gezet. De belangrijkste bodemwarmtestroom is die als gevolg van normaal bedrijf. De maximaal bereikte warmtestroom treedt op aan het einde van de 11 dagen.

Tabel 6.6-1 – Warmtestroomwaarden voor verschillende tijdstappen

	Profiel West vermogen [W/m ²]	Profiel Oost vermogen [W/m ²]
0 W @499d		
bovenrand	0.4	0.4
grasberm asfalt	0.6	0.5
onderrand	-0.4	-0.4
8.9 W @1499d		
bovenrand	1.4	-1.5
verschil met 0W	-1.8	-1.9
grasberm asfalt	-8.2	-8.7
verschil met 0W	-8.8	-9.3
onderrand	-0.5	-0.5
	-0.1	-0.1
27.5 W @1511d		
bovenrand	-2.5	-2.4
verschil met 0W	-2.9	-2.8
grasberm asfalt	-13.7	-14.6
verschil met 0W	-14.3	-15.2
onderrand	-0.5	-0.5
verschil met 0W	-0.1	-0.1

De belangrijkste cellen in de tabel zijn dikgedrukt weergegeven. Normale zomercondities leveren een stationaire neerwaartse warmtestroom op (groene cirkel) van 0,4 tot 0,6 W/m².

6.6.2. Normale kabelwarmtestroom

Zonder verwarmde kabels is het maaiveld veelal warmer dan de kern van het damlichaam en stroomt de warmte naar beneden. Door warmte aan de ondergrond toe te dienen via de kabels verandert de gradiënt en klapt de stroomrichting van warmte om naar maaiveld. Bij normale bedrijfsomstandigheden neemt de bodemwarmtestroom toe tot waarden van 2 W/m^2 ten opzichte van de situatie zonder kabel (paarse cirkel). Dat is gemiddeld over de gehele bovenrand van het modeldomein van 26 meter breedte. In de zone direct boven de kabels tot een afstand van 60 cm aan weerszijde van de kabelsleuf neemt die toe tot circa 10 W/m^2 ten opzichte van de situatie zonder kabel (paarse cirkel). Dit vermogen wordt omgerekend naar een verdampingsbudget dat in mindering wordt gebracht op de bodemwatervoorraad.

De invloed van het fietspad op de warmtestroom van de kabel (afgezien van het effect van het fietspad zelf wat in de voorgaande rapportage is toegelicht) lijkt niet groot te zijn, zoals te zien is aan het verschil tussen de beide profielen in de tabel. De bodemwarmtestroom leidt in asfalt uiteraard niet tot een toename van de verdamping maar wel tot een toename van straling en geleidingsoverdracht.

De toename van de bodemwaterverdamping door de kabel is in de eerdere rapportage berekend, zoals weergegeven in het citaat in de onderstaande tekstbox.

Tabel 6.6-2: Citaat uit Fugro-rapport van 21 mei 2015 over de toename van de bodemwaterverdamping

Verdampingstoename

1 mm neerslag vertegenwoordigt een hoeveelheid verdampingsenergie van $2250 \text{ KJoule per m}^2$. Stel dat $1/3$ deel van het totale vermogen van 28 W van 3 kabels de bovengrond opwarmt; dan duurt het $2250.000 \text{ J} / 28 = 80.000$ seconden ofwel 22 uur voordat 1 mm water verdampt is. Per strekkende meter kabel kan in 22 uur dus 1 mm neerslag verdampen tot op een afstand van 0,5 m, of minder naar mate die warmtestroom over een grotere afstand verdeeld wordt.

Uitgaande van een effectieve "werkende breedte" van het warmtefluxveld van 2 m aan weerszijden zal de verdamping op jaarbasis ten koste gaan van een verdampingstoename met 335 mm, te verdelen over 4 m^2 is dat $>10\%$ van de totale neerslag.

Conclusie 1: als kabelwarmte doordringt tot het oppervlak zal deze leiden tot een toename van het *aantal dagen met droogtestress voor de grasmatten*, zelfs als die warmte over een grote afstand wordt verdeeld.

Conclusie 2: de verdeling van de warmteflux rondom de kabel (meer of minder dan $1/3$ deel van het totaal) is dus een dominante factor voor de bijdrage van de warmte aan de waterbalans.

De 6 kabels leveren $6 \times 8,9 = 53 \text{ Watt}$ per meter tracé. Daarvan wordt $26 \times 1,9 = 49 \text{ W/m}$ via het maaiveld aan de omgeving afgestaan, verspreid over een strook van vele meters breedte, met een maximum van ruwweg 10 W/m^2 boven de kabels.

De warmtelevering van de kabels verdwijnt voor het overgrote deel via het maaiveld. Dat verandert de energiebalans van het maaiveld dus sterker dan de in de eerdere rapportage genoemde aanname van $1/3$ deel van de warmtestroom. De warmtelevering onder basislast van de kabels is echter aanzienlijk lager dan hetgeen in de eerdere rapportage is gebruikt, ook ongeveer $1/3$ deel daarvan. De conclusie ten aanzien van de verdampingstoename onder normale bedrijfscondities uit de eerdere rapportage blijft dus overeind.

Op basis van de bovenstaande uitgangspunten is een warmtestroom berekend die per dag $0,36 \text{ mm}$ bodemwater kan verdampen. Ondanks dat er ook andere warmteoverdracht

processen optreden (geleiding en uitstraling) moet er vanuit worden gegaan dat het overgrote deel van de warmte zal worden afgegeven via gewastranspiratie, waardoor de extra warmte ten koste gaat van de bodemwatervoorraad. Omdat de hittegolfcondities leiden tot hoge etmaalgemiddelde temperaturen neemt de warmtestroom door geleiding namelijk sterk af.

De potentiële structurele verdampingstoename met 0,36mm/dag leidt in een maand tijd tot een verlies van 10mm. Of dit verdampingsbudget een probleem wordt is dus afhankelijk van de lengte van voorafgaande periodes zonder neerslag.

In de eerdere rapportage is aangegeven welke bodemwatervoorraad ongeveer beschikbaar is voor verdamping (zie onderstaande tekstbox).

Tabel 6.6-3: Citaat uit Fugro-rapport van 21 mei 2015 over bodemwatervoorraad

Ongeveer 25% v/v van het bodemvolume is als bodemvocht beschikbaar voor transpiratie van het gras. Uitgaande van een kleilaagdikte van 0,5 m is daarmee 150 mm water beschikbaar om droogteperiodes te overleven.

De grasmat boven de kabels begint bij een hittegolf met een achterstand van bijna 10% van de bodemwatervoorraad *per maand zonder neerslag* voorafgaand aan de hittegolf.

Evapotranspiratie kan *zonder kabelwarmte* op een zomerdag, tijdens een hittegolf, oplopen tot 7 mm per dag waardoor de bodemwatervoorraad na enkele weken is uitgeput.

Conclusie 1: Onder normaal bedrijf neemt de overlevingstijd van gras boven de kabels in een hittegolf af met 1 dag per twee weken zonder neerslag voorafgaand aan de hittegolf. Daarbij dient in acht te worden genomen dat dit is bepaald, rekening houdend met diverse conservatieve aannames.

Om deze verdampingstoename in verhouding te plaatsen van andere waterbalansposten: ledere heldere nacht treedt op gras condensatie op. In Nederlandse condities wordt rekening gehouden met een oogst van **0,2mm/nacht als gevolg van dauw**. Een deel van dit water wordt door het gras in de wortelzone opgeslagen en zal na verdamping dus leiden tot uitdroging.

De situatie van de Afsluitdijk wijkt los van de eerder genoemde ligging tussen open waterpartijen opvallend af van normale weidepercelen, omdat

- in profiel Oost geen kleilaag aanwezig is en daar is de bodemwatervoorraad mogelijk aanzienlijk lager. Vermoedelijk is er ten behoeve van het gras wel een geschikte teelaardelaag toegepast.
- de grondwaterstand waarschijnlijk ruim 4 meter onder maaiveld ligt, waardoor geen capillaire nalevering plaatsvindt uit grondwater.

6.6.3. Kortdurende warmtepuls

Omdat de warmtestroom pas op gang komt op het moment dat de temperatuur is opgelopen, is de warmtecapaciteit en de thermische geleidbaarheid van de bodem zeer bepalend voor de uiteindelijke verdeling van de warmtestroom in de tijd. De tijdreeksen tonen aan dat de warmtevoorraad tot 150 dagen nodig heeft om te verdwijnen.

Hoe droger de grond hoe steiler de temperatuurgradiënt in de bodem moet worden om de warmtestroom naar maaiveld te ondersteunen en dus hoe langer het duurt voordat een warmtepuls leidt tot een verandering van de maaiveldenergiebalans.

De warmtepuls die het gevolg is van de maximale belasting gedurende 11 dagen piekt op 15W/m^2 , wat gelijk staat aan een verdampingsbudget van 0,6 mm per dag. Dat is 60% meer dan de verdamping van 0,36 mm per dag, het budget tijdens normaal bedrijf. Als een dergelijke situatie twee weken voortduurt, wordt een hoeveelheid water verdampt dat onder ongestoorde omstandigheden (zonder kabel) gedurende 1 dag hittegolf wordt getranspireerd.

Conclusie 2: Bij de kortdurende warmtepuls (van een harde windperiode) neemt de warmtestroom toe met 60% gedurende een beperkt aantal dagen. Intensieve wind, voorafgaand aan een hittegolfperiode, kan boven een kabel dus leiden tot een verkorting van de overlevingsduur van gras met 1 dag.

Conservatieve aannamen:

Bij deze conclusies is het van belang de conservatieve uitgangspunten voor ogen te houden:

- De luchttemperatuur in een zomerse periode met harde wind zal hoger liggen dan 15°C . De temperatuurgradiënt boven de warme kabel wordt daardoor kleiner, waardoor de warmtestroom naar maaiveld in werkelijkheid leiner zal zijn.
- De thermische geleidbaarheid van de grond is in werkelijkheid aanzienlijk lager dan hetgeen in dit model is aangenomen. De totale warmtestroom wordt niet minder maar veranderingen in de warmtestroom worden trager doorgegeven aan de omgeving. De gesimuleerde warmtepuls zal bijvoorbeeld over een veel langere periode worden uitgesmeerd. Hoe langer het duurt hoe groter de kans dat een bui de ondergrondtemperatuur weer normaliseert.

6.7. Conclusie temperatuureffect op kwaliteit grasmat

De invloed van de temperatuur van kabels op de grasmat is beschouwd door middel van modelberekeningen waarin precies de situatie bij de Afsluitdijk bij twee doorsnedes is nagebootst voor gemiddelde temperaturomstandigheden. Uit deze modelberekeningen volgt dat de temperatuur in de wortelzone, bij diverse conservatieve uitgangspunten, tijdens normaal bedrijf van de windturbines met enkele graden stijgt en voor een extreem scenario na 11 dagen intensief bedrijf gevolgd door een hittegolf met 6 graden toeneemt. De bijbehorende warmtestroom kan de verdamping van bodemwater versterken met respectievelijk circa 0,36 mm/dagen en 0,60 mm/dag.

Na een lange, droge en warme periode kunnen de kabels een gering negatief effect hebben op de bodemwaterreserve bij de grasmat. Voorafgaand aan een hittegolf begint het gras boven de kabels door de versterkte verdamping met ongeveer 1 dagbudget lagere bodemwaterreserve per twee weken droogte voorafgaand aan de hittegolf. Op basis van het kleiprofiel heeft gras op de Afsluitdijk een bodemwaterreserve van ongeveer 14 dagen. Indien een intensieve windperiode voorafgaat aan een hittegolf, gaat een dagbudget extra verloren. Dit extra negatieve effect kan worden vermeden door, indien nodig kunstmatig te beregenen.

Gezien het feit dat in de praktijk tijdens hittegolven geen grootschalige aantastingen van gras op dijken wordt waargenomen, ook voor de Afsluitdijk is dit niet bekend, wordt verwacht

dat de veel geringere temperatuurstijging door de warmte van de kabels geen significante invloed zal hebben. Een gunstige bijkomstigheid van de Afsluitdijk is de ligging tussen open waterpartijen met bijbehorende hoge luchtvochtigheid en lage luchttemperaturen.

7. CONCLUSIES

Hieronder zijn de antwoorden op de vragen uit de inleiding samengevat.

Afspraak 2 - Ligging kabel doorsteek vismigratierivier

Hoe kan de hoogspanningskabel worden ingepast, zodat de effecten op de waterkerende veiligheid van de voorziene coupure bij de doorsteek van de voorziene vismigratierivier in de Afsluitdijk aanvaardbaar klein zijn?

Er is een fietsbrug nodig bij de doorsteek. Onder deze fietsbrug kan de kabel in een koker worden weggewerkt. Op basis van een kwalitatieve beschouwing wordt geconcludeerd dat een hoogspanningskabel bij de doorsteek van de vismigratierivier goed inpasbaar is zonder negatieve effecten op de waterkering of het toekomstige kunstwerk. Aanbevolen wordt om bij het ontwerp van de fietsbrug over de vismigratierivier en de meet- en regeltechniek voor de afsluitmiddelen al te anticiperen op de aanwezigheid van kabels.

Afspraak 6 – Verwachting holle ruimtes

In hoeverre is er een risico voor het ontstaan van holle ruimtes rondom de kabels in de dam?

Bij de veldstrekkingen zullen de holle ruimtes verwaarloosbaar zijn, omdat zakkingen er geleidelijk zullen optreden en de kabel daarbij meebeweegt. Bij de aansluiting van de kabels bij kruisingen kunnen spleten langs de leiding ontstaan van 1 à 2 m lengte door zakkingsverschillen, tenzij men in de detaillering een flexibele aansluiting (bijvoorbeeld een mantelbuis) realiseert.

Tot welke verschilzettingen kunnen de holle ruimtes leiden aan het maaiveld?

De maximale verschilzettingen aan het maaiveld door conservatief aangenomen holle ruimtes van ca. 0,05 m breed onder de kabels bedragen 0,01 à 0,02 m. In dit geval zullen dit soort holle ruimtes echter niet optreden en zullen de maaiveldzettingen derhalve verwaarloosbaar zijn.

Wat zijn de risico's van holle ruimtes voor de waterkerende veiligheid van de dam?

Deze vraag is eigenlijk niet meer relevant, omdat er op basis van de berekeningen van Tebodin nauwelijks holle ruimtes zullen ontstaan. Te grote holle ruimtes kunnen leiden tot scheuren in het asfalt van het fietspad, maar dat is hier niet het geval. Bij grote golfoverslag zal gescheurd asfalt, indien niet tijdig waargenomen en hersteld, gevoeliger zijn voor uitspoeling dan ongescheurd asfalt. De veronderstelling dat holle ruimtes in de lengterichting van de dam schadelijk zijn voor de dam, doordat deze kunnen uitspoelen door geconcentreerde grondwaterstromingen wordt niet realistisch geacht.

Afspraken 8, 9 en 10 - HDD-boringen en zettingsvloeiingen

In hoeverre is er bij de Lorentzsluizen bij Kornwerderzand sprake van funderingen of damwanden langs het boortracé?

De sluis te Kornwerderzand is gebouwd op een paalfundering. In totaal zijn er 7836 palen bovenlandse dennen heipalen van ongeveer 12 m lengte met betonnen oplangers geheid, waarvan 644 schoorpalen onder de vleugelwanden. Tegen achter- en onderloopsheid zijn dubbele stalen damwandplanken/ schermen aangebracht. Om achterloopsheid te voorkomen zijn ter plaatse van de deuren en nabij het buitenfront achter de landhoofden drie schermen van gewapend beton aangebracht. In de lengterichting van de sluisas zijn stalen damwandschermen aangebracht langs de buitenwanden van de funderingsplaat. Verder is

er sprake van meerpalen in de sluiskolk en funderingselementen van het Kapitein Boers Viaduct.

Wat zijn de zettingen boven de HDD-boring volgens de Methode Peck?

Zonder toepassing van grout zijn de berekende maximale zakkingen bij steenbekledingen, asfaltwegen en paalvoeten ten gevolge van de HDD-boringen zijn 4 tot 12 centimeter en derhalve niet 'nihil', met uitzondering van de aanlanding bij Breezanddijk. Alle berekende zettingen kunnen worden gereduceerd tot 'nihil' door correcte toepassing van een speciale uithardende boorvloeistof (drillgrout of een vergelijkbaar product) tijdens de intrefase. Er is dan geen sprake van volumeverlies rond de leiding en daardoor zijn er geen maaiveldzakkingen t.g.v. de HDD-boring.

Kan worden aangetoond dat de stabiliteit van de waterkering bij het in- en uitredpunt van de HDD-boring niet in het geding is?

Ja, er worden tijdelijke putten van maximaal 2 m³ ontgraven bij de intredpunten van de HDD-boringen. Deze putten liggen op een dermate grote afstand van de damtaluds dat de stabiliteit niet wordt aangetast.

Kan de kwelweg van de HDD-boringen worden berekend volgens bijlage D van NEN3651:2012?

De kwelwegen zijn beschouwd volgens bijlage D van NEN3651:2012. Er zijn twee redenen waarom dit voor deze situatie geen risico vormt. Ten eerste wordt er niet van buitendijks gebied naar binnendijks gebied geboord. Bij de kruisingen van de rijksweg wordt weliswaar een deel van dijklichaam gekruist, maar dit zal niet leiden tot een verkorting van een bestaande kwelweg door de aanwezigheid van een zandlichaam rondom het uitredpunt van de HDD-boring. Ten tweede is er geen sprake van een waterstandsverschil tussen het in- en uitredpunt.

Kan met een geometrische beschouwing worden aangetoond dat het risico van zettingsvloeiing bij de HDD-boringen nihil is?

Ja, want het IJsselmeer heeft op de meeste locaties een geringe diepte. Bij de spuisluizen bij Kornwerderzand is het IJsselmeer lokaal dieper. De onderwatertaluds hebben daar echter dermate flauwe hellingen dat zettingsvloeiing niet waarschijnlijk wordt geacht.

Voor de tracé engineering van de HDD-boringen wordt verwezen naar de voorontwerpen in de rapportages van KL Infra Engineering.

Afspraak 11 – Kwaliteit grasmat

Waar gaat de warmte van elektriciteitskabel naar toe?

De warmte van de kabelmantel verspreid zich naar de omliggende grond. Het temperatuurverschil tussen kabelkern en mantel is niet in onderhavige rapportage behandeld.

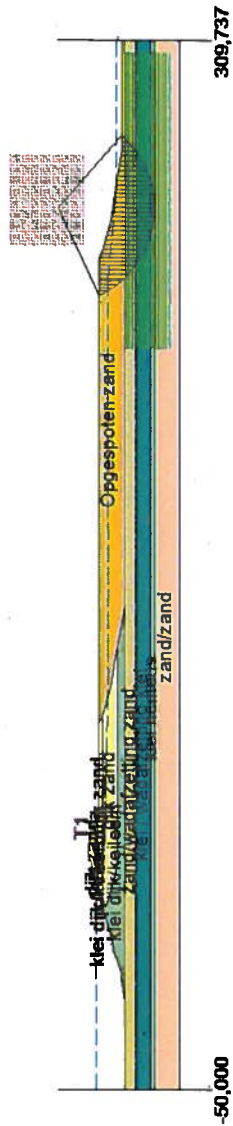
De invloed van de temperatuur van kabels op de grasmat is beschouwd door middel van modelberekeningen waarin precies de situatie bij de Afsluitdijk bij twee doorsnedes is nagebootst voor gemiddelde temperaturomstandigheden. Uit deze modelberekeningen volgt dat onder toepassing van diverse conservatieve scenario's de temperatuur in de wortelzone tijdens normaal bedrijf van de windturbines maximaal met enkele graden stijgt en voor een extreem scenario na 11 dagen intensief bedrijf gevolgd door een hittegolf maximaal

met 6 graden. De bijbehorende warmtestroom kan de verdamping van bodemwater versterken met respectievelijk circa 0,36 mm/dagen en 0,60 mm/dag.

Na een lange, droge en warme periode kunnen de kabels een gering negatief effect hebben op de bodemwaterreserve bij de grasmatt. Voorafgaand aan een hittegolf begint het gras boven de kabels door de versterkte verdamping met ongeveer 1 dagbudget lagere bodemwaterreserve per twee weken droogte voorafgaand aan de hittegolf. Op basis van het kleiprofiel heeft gras op de Afsluitdijk een bodemwaterreserve van ongeveer 14 dagen. Indien een intensieve windperiode voorafgaat aan een hittegolf, gaat een dagbudget extra verloren. Dit extra negatieve effect kan worden vermeden door indien nodig kunstmatig te beregenen.

Gezien het feit dat in de praktijk tijdens hittegolven geen grootschalige aantastingen van gras op dijken wordt waargenomen, wordt verwacht dat de veel geringere temperatuurstijging door de warmte van de kabels geen significante invloed zal hebben op de kwaliteit van de grasmatt. Een gunstige bijkomstigheid van de Afsluitdijk is de ligging tussen open waterpartijen met bijbehorende hoge luchtvochtigheid en lage luchttemperaturen.

Critical Circle Bishop



Radius : 35,16 [m]
Safety : 1,33

Xm : 252,41 [m]
Ym : 18,33 [m]

D:\Geo\StuMdy\10.1\Bere of 1.dwg

Phase	date	by
Plan	8-8-2015	-
Afsluitdijk Dijkpaal 10.25 worst case MHW bi	-	B
	Annex -	AA

Opdr. : 1013-0226-006
Bijl. : 2.1

RESULTATEN STABILITEITSBEREKENINGEN

spanning 110kV
 kabeltype 2x3x1600AL

Berekening voor 1-fase kabel

weerstand 0.025 [Ohm/km]

Windsnelheid [m/s]	Productie [MW]	Stroom [A]	Warmte/verlies [W/m]	Kans [%]	Verlies x Kans	Productie x Kans
0.5	0	0	0.0	0.3	0.0	0.0
1.5	0	0	0.0	1.6	0.0	0.0
2.5	3	7	0.0	3.5	0.0	9.1
3.5	9	25	0.0	5.6	0.1	49.4
4.5	21	60	0.1	7.7	0.8	163.0
5.5	40	115	0.4	9.4	3.4	377.9
6.5	67	192	1.0	10.4	10.6	701.0
7.5	104	296	2.4	10.7	25.8	1109.0
8.5	151	432	5.1	10.2	52.3	1540.5
9.5	207	592	9.6	9.1	88.0	1892.8
10.5	264	755	15.7	7.8	121.8	2054.3
11.5	309	884	21.5	6.4	136.5	1965.1
12.5	335	957	25.2	5.0	126.2	1678.4
13.5	345	985	26.7	3.8	102.2	1320.8
14.5	348	994	27.2	2.8	77.1	986.4
15.5	350	999	27.4	2.0	55.4	705.9
16.5	350	1000	27.5	1.4	37.9	482.2
17.5	350	1000	27.5	0.9	24.6	313.7
18.5	350	1000	27.5	0.6	15.2	193.7
19.5	346	989	26.9	0.3	8.7	112.1
20.5	301	859	20.3	0.2	3.6	53.8
21.5	229	655	11.8	0.1	1.1	21.5
22.5	155	443	5.4	0.0	0.3	7.2
23.5	82	234	1.5	0.0	0.0	1.8
24.5	19	55	0.1	0.0	0.0	0.2
25.5	1	3	0.0	0.0	0.0	0.0
Som waarschijnlijkeden				100.0		
Gewogen gemiddeld warmteverlies [W/m]					8.9	
Capaciteitsfactor windpark [%]						45.0



Product Data Blad

Toepassing

HDD boringen / verticale boringen

Omschrijving

Cebo Drill-Grout is een zelfuithardende suspensie welke gebruikt kan worden in zowel HDD boringen als in verticale boringen om de annulaire ruimte volledig op te vullen. De uithard tijd en sterkte ontwikkeling kunnen aangepast worden aan de condities op de site door de juiste aanpassingen te doen.

Cebo Drill-Grout is tevens geschikt voor een variatie van toepassingen zoals vulling van getrokken heipaalgaten of damwandensleuven. **Cebo Drill-Grout** ontwikkeld zich tot een harde, echter nog, plastische formatie met een lage water doorlaatbaarheid, om zo vermenging van de ondergrondse waterlagen te voorkomen. Door het gebruik van **Cebo Drill-Grout** kunnen verzakkingen voorkomen worden en worden stalen pijpen beschermd tegen corrosie.

Eigenschappen

Cebo Drill-Grout heeft de volgende eigenschappen;

Makkelijk te mixen en goed verpompbaar

In tegenstelling tot veel verschillende grout producten waarbij speciale grout-pompen nodig zijn om deze te mixen en te verpompen, is dit bij Cebo Drill-Grout niet nodig. Cebo Drill-Grout kan gemixt worden met een standaard centrifugaalpompe.

Volledige afsluiting van grondlagen

Cebo Drill-Grout wordt gebruikt om volledig de annulaire ruimte op te vullen, hierdoor worden alle grondkleilagen hersteld en doorboorde formatie gestabiliseerd.

Bruikbaar in drinkwatergebieden

Cebo Drill-Grout is getest voor het gebruik in drinkwatergebieden door het "Hygiene-Instituut des Ruhrgebiets".

Cebogel Drill-Grout heeft de volgende typische waarden;

Typische waarden Cebo Drill-Grout			
Parameter	Test methode	Eis	Typische waarde
Korrelgrootte	-	Min. 95% door 125 micron (μm) zeef	$\pm 95,0\%$
Vochtgehalte	DIN 18121-1	$\leq 13\%$ (m/m)	4 - 8%
Soortelijk gewicht	-	-	2600 kg / m ³ +/- 10%
Stort gewicht	-	-	900 kg / m ³

Cebogel Drill-Grout heeft de volgende chemische en fysische eigenschappen;

Chemische en fysische eigenschappen Cebo Drill-Grout	
Samenstelling	Cement/bentoniet
Kleur	Grijs/geel
Vorm	Poeder



Cebo Holland

Industrial Minerals, Powerful Logistics

Cebo Holland BV, Westerduinweg 1, 1976 BV IJmuiden, The Netherlands
Tel. +31(0)255-546262, Fax +31-(0)255-546202, info@cebo.com, www.cebo.com

Cebo Drill-Grout



Product Data Blad

Aanbevolen gebruik

De eigenschappen van Cebo Drill-Grout worden het best benut als het aanmaakwater de volgende eigenschappen bezit;

- Geleidbaarheid : < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- pH : 7.5 – 10
- Hardheid : < 100 ppm

Voeg 160 kg Cebo Drill-Grout toe aan 1 m³ water. Kleine aanpassingen aan de dichtheid kunnen gedaan worden door de mengverhouding te variëren, aanbevolen Marsh tijd ongeveer 45 seconden.

Gebruik in HDD

Het toevoegen van Cebo Drill-Grout gaat tegelijkertijd met het trekken van de productpijp(en). Op deze manier wordt de huidige spoeling uit het gat verdreven. Het advies is om het soortelijk gewicht te testen van de spoeling in het boorgat vóór het trekken van de productpijp(en). Het soortelijk gewicht van de Cebo Drill-Grout dient aanzienlijk hoger te zijn dan de spoeling in het boorgat. Dit om een goede verdrijving van de boorspoeling te waarborgen.

Gebruik voor het injecteren van de Cebo Drill-Grout een barrel ruimer (welke iets kleiner is dan de laatst geruimde diameter) tijdens het intrekken van de productpijp(en). Houdt 1 à 2 nozzles open aan de kant van de machine en het maximaal aantal nozzles aan de kant van de productpijp(en). Deze set-up zal helpen om de oude spoeling mechanisch te verdringen aan de voorzijde van de barrel.

Gebruik bij verticale boringen

Het toevoegen van Cebo Drill-Grout gaat van onderaf via een tremie pijp om zo de huidige boorspoeling uit het gat te drijven en volledig te vervangen door de Cebo Drill-Grout.

Let op! Bij een waterbron kan het nodig zijn om op het filtergrind een kleistop aan te brengen, op deze manier kan de Cebo Drill-Grout niet indringen in het filtergrind en/of filterbuizen. Het advies is om het soortelijk gewicht te testen van de spoeling in het boorgat vóór het injecteren van de Cebo Drill-Grout. Het soortelijk gewicht van de spoeling in het boorgat is bij voorkeur zo laag als mogelijk.

Het volume van de Cebo Drill-Grout zou 15% meer moeten zijn dan de berekende op te vullen ruimte, dit om er zeker van te zijn dat de oude boorspoeling volledig wordt vervangen.



Cebo Holland

Industrial Minerals, Powerful Logistics

Cebo Holland BV, Westerduinweg 1, 1976 BV IJmuiden, The Netherlands
Tel. +31(0)255-546262, Fax +31-(0)255-546202, info@cebo.com, www.cebo.com



Product Data Blad

Cebo Drill-Grout

Cebo Drill-Grout suspensie heeft de volgende typische waarden

Typische waarden Cebo Drill-Grout		
Parameter	Test methode volgens	16% suspensie
Marsh funnel (direct)	ANSI/API RP 13B-1	40 – 50 s/l
Plastische viscositeit		9 cP
Yield Point		23 lb/100 ft ²
Gels	10 seconden	25 lb/100 ft ²
	10 minuten	29 lb/100 ft ²
Soortelijk gewicht	ANSI/API RP 13B-1	1,11
Suspensie gewicht		1.110 t/m ³
Filtraat verlies		20 ml
Ph	ANSI/API RP 13B-1	12,1
Afschuifspanning na 7 dagen (20°C)	Vane shear tester	3.5 kPa
Afschuifspanning na 21 dagen (20°C)	Vane shear tester	11.0 kPa
Afschuifspanning na 28 dagen (20°C)	Vane shear tester	22.0 kPa
Max. drukspanning na 28 dagen	CUR 189	± 0,15 N/mm ²
K-waarde	CUR 189	1 x 10 ⁻⁹ (m/s)
Verwerkbaarheid		< 48 uur

Verpakking

Cebo Drill-Grout is verkrijgbaar in de volgende verpakkingen;

- 1050 kg verpakt in 25 kg zakken op een pallet met krimpfolie
- 1000 kg big bag

Revisie datum : 8.10.2013
Document nummer : 100802NL

Voor zover wij kunnen beoordelen is bovengenoemde informatie correct. Wij kunnen u echter geen garanties geven over de resultaten die u hiermee zult bereiken. Deze beschrijving wordt u aangeboden op voorwaarde dat u zelf bepaalt in hoeverre zij geschikt is voor uw doeleinden.



Cebo Holland

Industrial Minerals, Powerful Logistics

Cebo Holland BV, Westerduinweg 1, 1976 BV IJmuiden, The Netherlands
Tel. +31(0)255-546262, Fax +31-(0)255-546202, info@cebo.com, www.cebo.com



Aanvraag Wbr beschikking

Ten behoeve van

Vraagt u de vergunning voor uzelf aan? Nee

Gemachtigde is: * Bedrijf

Aanvrager is: Bedrijf

Gegevens Gemachtigde

Bedrijfsnaam	Pondera Consult B.V.		
Achternaam contactpersoon *	Rijntalder	Dhr.	
Voorletter(s)	J.F.W.	Voornaam	Tussenvoegsel
KVK / BIN	08156154		
Adres	Welbergweg	Nummer	49 Toevoeging
Postcode / Plaats	7556PE Hengelo	Land	Nederland
Postbusnummer	Postbus 579		
Postcode / Plaats	7550AN Hengelo	Land	Nederland
E-mail	h.rijntalder@ponderaconsult.com		
Telefoonnummer	074-2489940	Faxnummer	
kenmerk gemachtigde			

Gegevens Aanvrager

Bedrijfsnaam	Windpark Fryslân BV		
Achternaam contactpersoon *	Groot	Dhr.	
Voorletter(s)	A.T.	Voornaam	Tussenvoegsel de
KVK / BIN	52567354		
Adres	Duit	Nummer	15 Toevoeging
Postcode / Plaats	8305 BB Emmeloord	Land	Nederland
Postbusnummer			
Postcode / Plaats		Land	Nederland
E-mail	info@windparkfryslan.nl		
Telefoonnummer	0527-616167	Faxnummer	

Doel waarvoor de aanvraag geldt

Selecteer het doel waarvoor deze aanvraag geldt.

Kabels / leidingen / wegkruisingen (incl. mantelbuizen)
Wijziging op een reeds verleende vergunning

Tevens eigenaar / eigendom

Zijn de percelen waar u werkzaamheden wilt uitvoeren eigendom van de aanvrager?

Nee

Zijn de percelen eigendom van De Staat (zoals Rijkswaterstaat of RVOB (Rijksvastgoed- en Ontwikkelingsbedrijf))? Ja

Waarom? (doel / belang)

Wat wilt u gaan doen / maken en waarvoor dient het? (maximaal 8 regels gebruiken)

Verwezen wordt naar bijlage 1, toelichting op de aanvraag

Motivering van de aanvraag (maximaal 7 regels gebruiken)

Verwezen wordt naar bijlage 1, toelichting op de aanvraag

Betreft het aangevraagde werk een uitbreiding / wijziging van een bestaande situatie? Ja

Is er reeds eerder een Wbr vergunning verstrekt? Ja

Indien bekend, wat is het kenmerk van de beschikking? RWS-2016/39170

Indien bekend, wat is de datum van de beschikking? 22-09-2016

Hoe? (uitvoeringswijze)

Hoe zullen de werkzaamheden worden uitgevoerd? (maximaal 7 regels gebruiken)

Verwezen wordt naar bijlage 1, toelichting op de aanvraag

Waar? Locatiegegevens / kadastrale gegevens / situatie tekening

Adresgegevens van de locatie

Gemeente Gemeente Súdwest Fryslân

Postcode

Betreft Zee(wering) / dijk / meer

Naam Afsluitdijk

Naam loswal / kade / steiger

Kilometrering Zijde <Maak uw keuze>

Kadastrale gegevens bekend bij gemeente . . . , sectie . . . , nummer . . .

X-coördinaat 150486,66 Y-coördinaat 565001,05

Wanneer + periode (instandhouding)

Wat is de gewenste aanvangsdatum van de werkzaamheden? 01-05-2018

Is het resultaat van de werkzaamheden van tijdelijke of permanente aard? Permanent

Kostprijs / raming van de werkzaamheden (leges)

Wat is de kostprijs of raming van de kosten (exclusief BTW) van het aangevraagde werk?

> EUR 2400,-

heeft u een afwijkend adres voor de factuur? Nee

Bijlagen

Tracégegevens (route - positielijst - diepteligging)

3199497_Bijlage_1_aanvraag_Wbr-vergunning_boring_VMR_WPF.pdf

Betreft de aanvraag een (vaar)wegkruising van een gestuurde boring?

Ja

Bijlage(n) gestuurde boring / persing conform richtlijn boortechniek versie januari 2004

3199498_Bijlage_3_Rapportage_Fugro140915.pdf

Situatietekening (algemeen)

3199499_Bijlage_2_Nieuwe_boring.pdf

Kadastrale gegevens (algemeen)

Specificatie van gewenste wijzigingen en bijbehorende vergunning(en) (datum en nummer)

3199500_Bijlage_2b_Oorspronkelijke_(vergunde)_boring.pdf

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage



Ik verklaar hierbij deze **aanvraag** naar waarheid te hebben ingevuld.