RAPPORT

WP MVII - Ontwerp parkbekabeling windturbines zachte zeewering

Ontwerp parkbekabeling (HDD's) en mantelbuizen

Klant: Eneco Wind B.V.

Referentie: BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-D-0001

Status: 0.1/S0

Datum: 9 juni 2020

Eneco

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB NIJMEGEN
Water
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: WP MVII - Ontwerp parkbekabeling windturbines zachte zeewering

Ondertitel: Sterkteberekeningen mantelbuizen
Referentie: BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-D-0001
Status: 0.1/S0
Datum: 9 juni 2020
Projectnaam: Windpark Maasvlakte II
Projectnummer: BG8375
Auteur(s): [redacted]

Opgesteld door: [redacted]

Gecontroleerd door: [redacted]

Datum/paraaf:

Goedgekeurd door: [redacted]

Datum/paraaf:

Classificatie
Projectgerelateerd

Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
2	**Ontwerp parkbekabeling algemeen**	**3**
3	**Uitgangspunten**	**4**
3.1	Referenties	4
3.2	Voorschriften en literatuur	4
3.3	Risicobeheersplan en verificatiematrix	5
3.4	Randvoorwaarden HbR	6
3.4.1	Verbreding Maasvlakteweg	6
3.4.2	Kabel & leidingenstrook HbR	7
3.5	Randvoorwaarden RWS (objectgrens zeewering)	7
3.6	Eisen NEN	7
3.7	Eisen Richtlijn Boortechnieken	10
3.8	Eisen Handboek Leidingen	10
3.9	Eisen Witte Boekje	13
3.10	Eisen overige nutspartijen	13
3.11	Beschrijving uitvoeringsstappen	13
3.12	Eigenschappen PE mantelbuizen	14
3.13	Bodem en waterstanden	15
3.13.1	Huidige bodemligging	15
3.13.2	Minimale bodemligging	16
3.13.3	Grondonderzoek	17
3.13.4	Bodemopbouw	17
3.13.5	Grondparameters	18
3.13.6	Waterstanden	19
3.14	Grondbelasting	19
3.15	Belastingen t.g.v. verkeer, kranen en materieel	19
3.16	Inwendige druk	20
3.17	Temperatuurbelasting	20
3.18	Zettingen en uitvoeringszakkingen	20
3.19	Overige uitgangspunten	20
4	**Ontwerp en leidingberekening aansluiting windturbines**	**22**
4.1	Inleiding	22
4.2	Berekeningen PE mantelbuizen	27
4.2.1	Uitgangspunten	27
4.2.2	Berekeningen en resultaten	29

5 Ontwerp en leidingberekening HDD's 30

5.1 Inleiding 30

5.2 Uitgangspunten D-Geo Pipeline berekening 30

5.2.1 Algemeen 30

5.2.2 Boorproces 30

5.2.3 Leidingconfiguratie / geometrie HDD boringen 30

5.3 Berekeningsresultaten 31

5.3.1 Boorspoeldrukken 31

5.3.2 Spanningen en vervormingen van de mantelbuis 33

5.3.3 Benodigde trekkracht bij het intrekken van de leiding 35

5.3.4 Kwel 35

5.3.5 Implosie 36

5.4 Deformatie maaiveld 36

5.5 Uitvoeringsaspecten HDD's 36

6 Ontwerp en leidingberekening aansluiting inkoopstation 37

7 Conclusies en aanbevelingen 38

7.1 Conclusies 38

7.2 Aanbevelingen 38

Bijlagen

1 Tekeningen
2 Geotechnische onderzoeken
3 Berekeningen Sigma
4 Gemeten maaiveld- en bodemniveaus nabij turbine locaties
5 D-Geo Pipeline rapportages korte HDD's op het strand (483 m)
6 D-Geo Pipeline rapportages HDD's kruisend met zeewering (213 m)

1 Inleiding

Eneco is voornemens op de Maasvlakte II een nieuw windpark te realiseren. In Figuur 1.1 is een indicatie gegeven van de situatie van het geplande windpark op de Maasvlakte II. Er worden 10 windturbines op de harde zeewering (HZ) geplaatst. Deze windturbines komen in het huidige talud aan de binnenzijde van de zeewering. Het betreft de windturbines HZ-01 tot en met HZ-10. De windturbines worden onderling met elkaar verbonden door middel van kabels. Vanaf HZ-10 ligt het kabeltracé parallel achter de zachte zeewering (oostzijde van de zachte zeewering) en sluit aan op het inkoopstation.

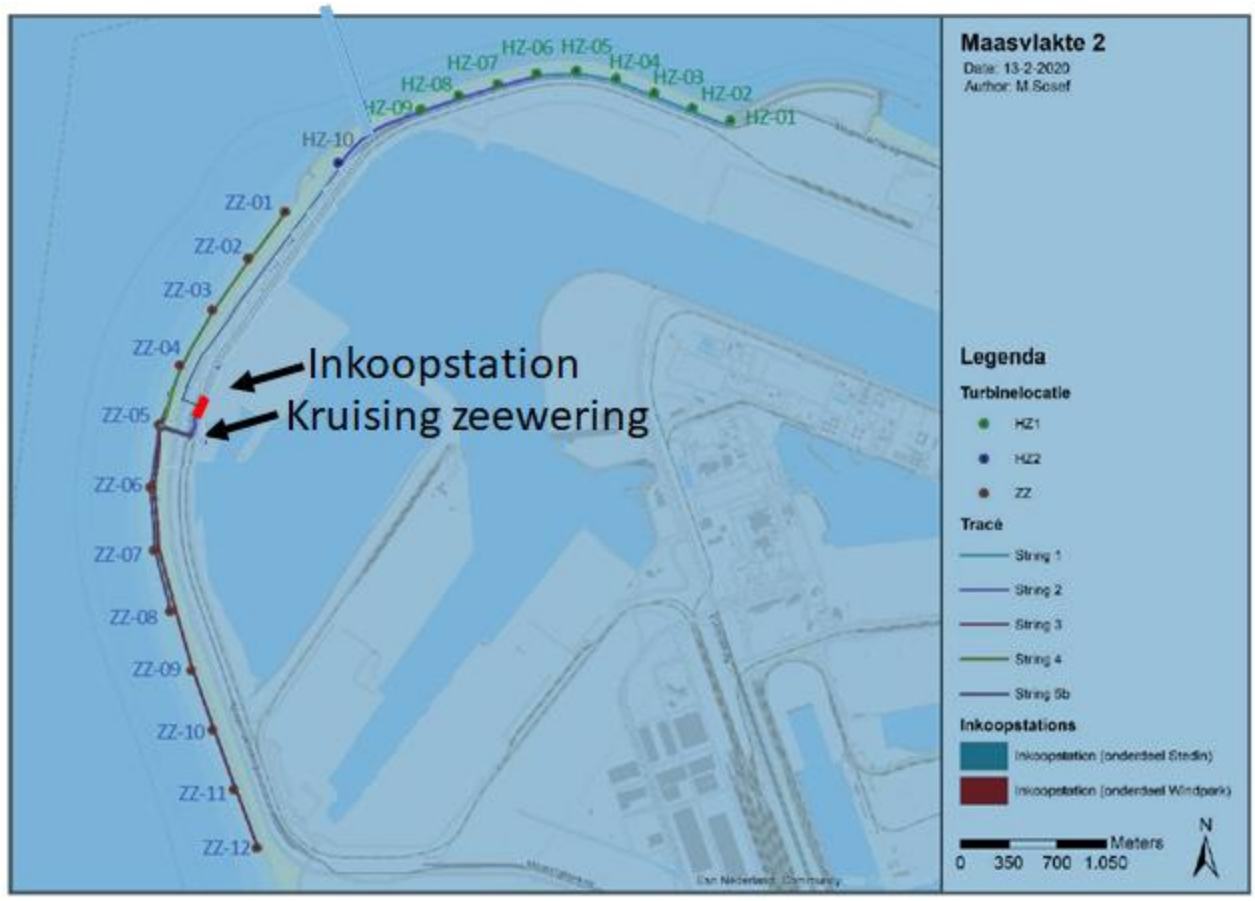
Bij de zachte zeewering (ZZ) zullen 12 windturbines worden geplaatst op het strand nabij de waterlijn. Het betreft de windturbines ZZ-01 tot en met ZZ-12. Deze windturbines worden eveneens onderling met elkaar verbonden door middel van kabels welke zoveel als mogelijk door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) worden uitgevoerd. De kabels kruisen ter hoogte van ZZ-05 de zachte zeewering door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's). Daarbij worden tevens de Prinses Maximaweg en de kabel & leidingstrook van het Havenbedrijf Rotterdam (k&l strook HbR) en de Maasvlakteweg gekruist. Vervolgens sluit de bekabeling aan op het inkoopstation.

Eneco heeft Royal HaskoningDHV opdracht gegeven om het voorlopig ontwerp van dit windpark te maken. In onderliggende rapportage is het ontwerp beschreven van de kabelverbindingen tussen de windturbines bij de zachte zeewering en de kruising van de zachte zeewering. Tevens is ingegaan op de aansluiting met het inkoopstation.
Er wordt daarbij ingegaan op het ontwerp van de mantelbuizen, de te realiseren HDD bundelboringen en de aansluitingen op de windturbines. Tevens is een beknopte omschrijving gegeven van de verschillende uitvoeringsstappen voor de realisatiefase. Het ontwerp van de HDD's is onderbouwd door middel van muddruk- en leidingsterkteberekeningen. Daarbij is aangetoond, dat de leidingen tijdens en na aanleg voldoen aan de gestelde eisen.

In [ref. 7] is nader ingegaan op de elektrotechnische aspecten van de bekabeling. In [ref. 1] is het ontwerp van de parkbekabeling van de windturbines op de harde zeewering beschreven.

Onderliggend rapport maakt onderdeel uit van de aanvraag omgevingsvergunning en waterwetvergunning.

Leeswijzer
In hoofdstuk 2 is op hoofdlijnen het ontwerp van de parkbekabeling ten behoeve van de windturbines op de zachte zeewering gegeven. In hoofdstuk 3 zijn de uitgangspunten gegeven, waarbij in de paragraven 0 tot en met 3.10 de voornaamste eisen zijn behandeld in relatie tot het ontwerp van de parkbekabeling en in paragraaf 3.11 een beknopte beschrijving van de uitvoeringsstappen is gegeven. In hoofdstuk 4 is het ontwerp inclusief leidingberekeningen van de aansluiting van de bekabeling op de windturbines beschreven. In hoofdstuk 5 is het ontwerp inclusief leidingberekeningen van de HDD's gegeven voor zowel de HDD's op het strand als ook de kruisende HDD's met de zachte zeewering. In hoofdstuk 6 is het ontwerp inclusief leidingberekeningen gegeven van de aansluiting op het inkoopstation. In hoofdstuk 0 zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen.



Figuur 1.1 Schematische weergave Maasvlakte II met windturbines en bekabeling

2 Ontwerp parkbekabeling algemeen

Zoals in hoofdstuk 1 is aangegeven worden er 12 windturbines bij de zachte zeewering geplaatst. Tussen deze windturbines worden kabels aangebracht. Omdat de windturbines op het strand staan nabij de waterlijn dient in het ontwerp rekening te worden gehouden met een afslagprofiel (erosie). Tussen de windturbines worden de kabels onder deze erosieniveaus geboord (HDD bundelboringen). Daarmee wordt voorkomen dat diepe lange sleuven moeten worden gegraven nabij de waterlijn. Voor de aansluiting van de kabels op de windturbines is eveneens met deze erosie rekening gehouden.

De windturbines worden in serie op elkaar aangesloten via strings. Daarbij is het volgende onderscheid gemaakt:

- String 4: betreft de verbinding van de windturbines ZZ-01 t/m ZZ-04.
- String 5b: betreft de verbinding van de windturbines ZZ-08 t/m ZZ-05.
- String 3: betreft de verbinding van de windturbines ZZ-12 t/m ZZ-09. String 3 zal hierdoor parallel aan string 5b worden aangebracht tussen ZZ-08 en ZZ-05.

Deze drie strings kruisen vervolgens de zeewering ter hoogte van ZZ-05. Vanaf ZZ-05 (en de kruising met de zeewering) tot aan het inkoopstation worden 3 kabelbundels parallel aan elkaar aangebracht. Het onderscheid is gebaseerd op de elektrische koppeling van de windturbines onderling, zie Figuur 1.1.

Vanaf het uittredepunt van de HDD's onder de zachte zeewering en Maasvlakteweg tot aan de aansluiting op het inkoopstation wordt de bekabeling aan de oostzijde van de Maasvlakteweg in open ontgraving aangebracht.

Per string worden 3 stuks elektrakabels en 2 ductbuizen (DB7 of DB10) ten behoeve van datatransport aangebracht (zie [ref. 7]). Vanwege de bescherming van deze kabels en omdat deze niet direct door middel van een HDD kunnen worden aangebracht, worden alle kabels voorzien van mantelbuizen (totaal 5 mantelbuizen per string). Vanaf de windturbines tot en met de kruising van de zeewering komen deze kabels in mantelbuizen te liggen. De elektrakabels worden uitgevoerd in aluminium. Tussen het inkoopstation en de eerste windturbine per string hebben de elektrakabels een oppervlak van 630 mm². Vanaf de eerste windturbine naar de laatste windturbine in een string hebben de elektrakabels een oppervlak van 400 mm². Indien wordt uitgegaan van koperen elektrakabels kunnen de afmetingen van deze elektrakabels worden gereduceerd. In de vervolgfase zal dit nader worden onderzocht.

Per string worden HDD bundelboringen uitgevoerd tussen de tijdelijk aan te brengen kraanopstelplaatsen. Vanaf deze kraanopstelplaatsen worden de verbindingen met de windturbines gemaakt. In hoofdstuk 3.11 is een beknopte beschrijving van de uitvoeringsstappen gegeven. In hoofdstuk 4 is nader ingegaan op de aansluitingen op de windturbines in relatie tot erosie. In hoofdstuk 5 is nader ingegaan op het ontwerp van de HDD's. In hoofdstuk 6 is ingegaan op de aansluiting op het inkoopstation. Waar mogelijk zijn de ontwerpen gebundeld behandeld in onderliggend rapport.

Op de tekeningen in bijlage 1 is het ontwerp van de parkbekabeling inclusief HDD's gegeven.

3 Uitgangspunten

3.1 Referenties

- [Ref. 1] Rapportage Royal HaskoningDHV “WP MVII - Ontwerp parkbekabeling windturbines harde zeewering, ontwerp parkbekabeling en mantelbuizen, referentie: BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-D-0003, status: 0.1/S0, d.d. 04-06-2020”.
- [Ref. 2] Tekeningen Royal HaskoningDHV “Aanleg HDD, windmolenpark Maasvlakte 2, aanleg HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. zeewering, BG8375-103-100-VO01, blad 1 tot en met 17, d.d. 29-05-2020, versie: 1.0” (zie bijlage 1).
- [Ref. 3] Inpijn Blokpoel, Bodemkundig onderzoek Harde Zeewering. Doc. Nr.: 02P003077-adv-01, 21-06-2013.
- [Ref. 4] MOS grondmechanica, Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte. Doc. Nr.: 4300038842, 4-11-2019 (zie bijlage 2).
- [Ref. 5] BG8375-RHD-ZZ-XX-NT-G-0002-WP MV2 Definitieve uitvraag grondonderzoek.
- [Ref. 6] BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0006-WP MV2 Rapportage VO ZZ kraanopstelplaatsen .
- [Ref. 7] BG8375-RHD-ZZ-XX-NT-E-0001-WP MV2 VO parkbekabeling.
- [Ref. 8] BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-D-0001 WP MV2 Rapport beoordeling waterveiligheid ZZ.
- [Ref. 9] RWS Centrale Informatievoorziening. Juli 2013. Kenmerkende waarden. Getijgebied 2011.0.
- [Ref. 10] BG8375-RHD-ZZ-XX-DR-C-0002_WP MV2 Tekening kraanopstelplaatsen per locatie ZZ.
- [Ref. 11] BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-S-0001-WP MV2 Monopile concept design report.

3.2 Voorschriften en literatuur

Het ontwerp is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN 3650-1: 2020 – Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemeen.
- NEN 3650-3: 2020 – Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3: Aanvullende eisen voor leidingen van kunststof.
- NEN 3651: 2020 – Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken.
- Richtlijn Boortechnieken en open ontgraving voor kabels en leidingen, versienummer: juni 2019-v-1.0.
- Gemeentewerken, gemeente Rotterdam, Handboek Leidingen, Rotterdam 2005, nadere regels ter uitvoering van de leidingenverordening Rotterdam en de Telecommunicatieverordening Rotterdam.
- Railinfrabeheer, technische voorschriften bij vergunningen voor kabels en leidingen langs, onder en boven de spoorweg, uitgave 2002 (Witte Boekje Prorail).

3.3 Risicobeheersplan en verificatiematrix

In het risicobeheersplan en de verificatiematrix voor het windpark MV2 zijn maatregelen op het gebied van parkbekabeling opgenomen.

In Tabel 3.1 is een uitsnede van de verificatiematrix opgenomen met de eisen met betrekking tot parkbekabeling. In de twee laatste kolommen wordt toegelicht hoe deze worden meegenomen in de planfase en realisatiefase.

In Tabel 3.3 zijn de eisen uit het risicobeheersplan terug te vinden, en in de laatse kolom van de tabel staat het hoofdstuk waarin de eis wordt besproken.

Tabel 3.1 Uitsnede verificatiematrix

Eis nr.	Eis	Toelichting eis	Planfase/exploitant	Realisatiefase / aannemer
ME_0501	Afstemmen en overeenstemmen Werkzaamheden met kabel- en leidingbeheerders	Bij de uitvoering van de Werkzaamheden dient de Exploitant alle voorschriften van kabel- en leidingbeheerders in acht te nemen en aantoonbare overeenstemming te bereiken met de betreffende kabel- en leidingbeheerder voor de Werkzaamheden in de nabijheid van kabels en leidingen of voor de werkzaamheden die de functionaliteit van kabels en leidingen kan verstoren.	Met HbR heeft afstemming plaatsgevonden over het tracé. Eisen van HbR zoals vastgelegd in het Handboek Leidingen worden zoveel als nodig gevolgd. Afstemming met overige nutspartijen vindt plaats in de vervolgfase.	-
ME_0617	Inpassen kabels en leidingen op Terrein HBR	Exploitant dient kabels en leidingen op Terrein HBR zoveel als redelijkerwijs mogelijk in te passen in de daarvoor bestemde leidingenstroken, of daarmee op aanwijzing van Havenbedrijf Rotterdam te bundelen.	HbR geeft aan dat er bij voorkeur toch geen gebruik mag worden gemaakt van de bestaande leidingstrook. In overleg is overeenstemming bereikt over een nieuw tracé voor de aansluiting van de bekabeling op het inkoopstation.	-
ME_0618	Boringen, ontgravingen op Terrein HBR	Exploitant dient voor boringen, ontgravingen, bovengrondse passages en tracés onder water(bodems) op het terrein van het Havenbedrijf Rotterdam voorafgaand schriftelijke instemming van Havenbedrijf Rotterdam te verkrijgen.	Met HbR heeft afstemming plaatsgevonden over het tracé.	De uitvoerende partij dient vooraf schriftelijk verzoek in.
ME_0619	Mogelijk houden open ontgravingen Terrein HBR	Exploitant dient open ontgravingen tot NAP op het terrein van het Havenbedrijf Rotterdam blijvend mogelijk te houden in verband met de mogelijke aanleg van ondergrondse infrastructuur en inspecties of herstel daarvan.	Met HbR heeft afstemming plaatsgevonden over het tracé.	-

Tabel 3.2 Relevante eisen uit Risicobeheersplan

Nr.	Omschrijving eis	Verificatie
M2.4.1.3	Exploitant dient de bekabeling tussen turbines en inkoopstation uit te voeren met de volgende specificaties: i) tussen turbines: de bekabeling volgens de meest directe route van turbine naar turbine;	Hoofdstuk 2 en Bijlage 1

	ii) per ‘string’ van 3 of 4 turbines wordt met één kabel het duin doorkruist en het inkoopstation geleid.	
M2.4.2.1	Exploitant dient de bekabeling tussen turbines en inkoopstation aan te leggen in mantelbuizen met HHD (gestuurde boringen) op een diepte 1,5 m onder het 1:10.000 jaar afslagprofiel.	Hoofdstuk 3.13.2
M2.4.2.2	Exploitant dient bij het aanleggen van de bekabeling geen open ontgravingen toe te passen.	Hoofdstuk 2

3.4 Randvoorwaarden HbR

In afwijking tot eis ME0617 is door HbR aangegeven geen voorstander te zijn van korte kabeltracés in de k&l stroken van HbR. HbR wil namelijk de k&l stroken reserveren voor lange ondergrondse k&l van meerdere kilometers.
Tevens heeft HbR aangegeven, dat er rekening gehouden moet worden met toekomstige ontwikkelingen op de Tweede Maasvlakte. Deze zijn weergegeven op de tekening inrichtingsgrenzen, aangeleverd door HbR.

In navolgende paragrafen zijn de toekomstige ontwikkelingen die mogelijk impact hebben op de parkbekabeling van de zachte zeewering beschreven. Voor de tracébepaling in dit rapport is hier waar mogelijk rekening mee gehouden.

3.4.1 Verbreding Maasvlakteweg

HbR heeft aangegeven, dat de Maasvlakteweg in de toekomst wordt verbreed. Vooralsnog is het uitgangspunt dat de Maasvlakteweg in de richting van het duin (westelijke richting) wordt verbreed. Aan de oostzijde van de huidige Maasvlakteweg zal lokaal ook een verschuiving van de kant van de verharding plaatsvinden. Op de tekening in bijlage 1 is de Maasvlakteweg inclusief geplande verbreding inzichtelijk gemaakt. In Figuur 3.1 is de verbreding ter hoogte van het inkoopstation aangeduid.

Figuur 3.1 Indicatie toekomstige verbreding Maasvlakteweg (in donker groen aangeduid)

3.4.2 Kabel & leidingenstrook HbR

In bijlage 1 is de k&l strook van HbR ter indicatie weergegeven. Deze strook ligt ter hoogte van het inkoopstation aan weerszijde van de Maasvlakteweg. Waarbij de westelijke k&l strook van HbR meer westelijk is georiënteerd richting de Prinses Maximaweg. In Figuur 3.2 is de situatie van de k&l strook schematisch aangeduid.

Figuur 3.2 Indicatie k&l stroken HbR (in licht oranje aangeduid)

3.5 Randvoorwaarden RWS (objectgrens zeewering)

Voor de zachte en harde zeewering hanteert Rijkswaterstaat (RWS) een objectgrens waarbinnen zoveel als mogelijk vreemde objecten moeten worden vermeden ten behoeve van de waterveiligheid. Ter hoogte van het inkoopstation ligt de objectgrens tussen de Prinses Maximaweg en de westelijke k&l strook van HbR.

3.6 Eisen NEN

In de NEN3651 en NEN3650-1 zijn eisen opgenomen waar leidingen aan moeten voldoen. De NEN3651 gaat specifiek in op de situatie van leidingen ter plaatse van waterstaatswerken. De NEN3656 “Eisen voor stalen buisleidingsystemen op zee” is hier niet van toepassing. Deze norm is pas geldig vanaf Lowest Astronomical Tide (LAT) en verder zeewaarts.

In- en uittredepunten HDD’s

Overeenkomstig de NEN3651 dienen bij HDD’s de in- en uittredepunten buiten de veiligheidszone te liggen. De veiligheidszone bestaat daarbij normaliter uit een stabiliteitszone en een verstoringszone. Voor zeeweringen die gevormd worden door duinen is geen sprake van een normale veiligheidszone.

Voor de HDD's parallel aan de zeewering liggen de in- en uittredepunten op de kraanopstelplaatsen op het strand. Voor de HDD's kruisend met de zeewering liggen enkel de intredepunten op de kraanopstelplaatsen op het strand. Ondanks dat dit niet volledig in lijn is met de NEN3651 wordt deze situatie wel acceptabel geacht omdat de risico's tijdens de uitvoeringsfase op het moment van aanbrengen van de HDD's en tijdens de gebruiksfase nihil en beheersbaar zijn.

Voor de installatie van de windturbines op het strand worden tijdelijke kraanopstelplaatsen aangelegd, één bij elk van de twaalf windturbines. Tijdens de uitvoeringsfase wordt er vanaf één kraanopstelplaats naar een volgende kraanopstelplaats geboord. Voor de kruisende HDD's met de zeewering wordt er eveneens vanaf een kraanopstelplaats onder de zeewering richting de Maasvlakteweg geboord.
De pilotboringen van de HDD's zijn daarbij maatgevend omdat in deze fase de boorspoeldrukken maximaal zullen zijn. Het bentoniet zandmengsel moet namelijk tijdens deze boorfase naar het intredepunt worden getransporteerd middels een overdruk. De boorspoeldruk is dan ook maximaal nabij het uittredepunt. Een eventuele blowout zou kunnen optreden. Het risico op een dergelijke blowout is te voorkomen door de boorspoeldrukken te minimaliseren of het verzwaren van het maaiveld ter plaatsen van het uittredepunt en toch voortgang te hebben tijdens de boring. Indien er toch een blowout optreedt is het risico voor de dijkstabiliteit nihil. Het uittredepunt en blowoutzone liggen namelijk op voldoende afstand van de teen van de zeewering. De lengte van de blowoutzone zal enkele meters voor het uittredepunt liggen. De stabiliteit van de zeewering zal niet in het geding komen.

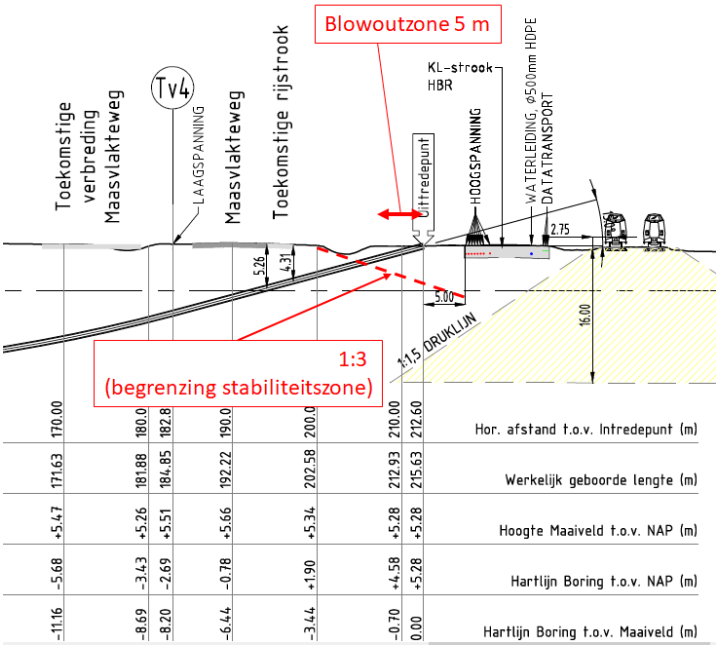
Gronddekking i.r.t. erosie
Na realisatie liggen de mantelbuizen ter plaatse van het strand en de zeewering volledig beneden het laagst mogelijke erosieprofiel door meerjarige morfologische effecten en stormen. In paragraaf 3.13.2 zijn de aangehouden niveaus maaiveld / bodemniveaus gegeven ten gevolge van erosie. In [ref. 8] is nader ingegaan op de beoordeling van de waterveiligheid van de zachte zeewering.
De mantelbuizen beïnvloeden de waterveiligheid niet. Omdat de mantelbuizen drukloos zijn treedt een verstoringszone van de leiding niet op. Van een stabiliteitszone zoals bij rivierdijken is geen sprake omdat het hier een duin betreft. Het uiteindelijke profiel na erosie is immers stabiel.

Gronddekking i.r.t. waterstaatswerk
Overeenkomstig de NEN3651 dient de gronddekking ter plaatse van de tenen van het waterstaatswerk ten minste 3 m te bedragen en ter plaatse van de kruin 10 m. Voor de HDD bundelboringen tussen de windmolens op het strand is deze eis niet van toepassing omdat er niet onder de kruin van het waterstaatswerk (zachte zeewering) wordt geboord. Tevens is er geen duidelijk aanwijsbare teen van de zeewering aanwezig.
Voor de kruisende HDD bundelboringen met de zeewering wordt ruimschoots voldaan aan de in de NEN vereiste gronddekkingen (zie bijlage 1).

Overeenkomstig de NEN3651 zijn tevens eisen gesteld ten aanzien van de dekking voor wegkruisingen met een HDD. Voor de kruising van de Maasvlakteweg en Prinses Maximaweg geldt een dekking van tenminste: 6x buitendiameter leiding + 0,5 m verhardingslaag. Dit resulteert in een minimaal benodigde dekking van 4,7 m, waarbij voor de buitendiameter van de leiding de boorgangdiameter is gehanteerd. Ter plaatse van de Prinses Maximaweg wordt hier ruimschoots aan voldaan. Voor de huidige Maasvlakteweg is de dekking op het hart van de boorgang circa 5,3 m. De dekking op de bovenzijde van de boorgang is daardoor circa 4,9 m. De dekking ten opzichte van de toekomstige rijstrook is 4,3 m (hart boorgang). In Figuur 3.3 zijn deze dekkingen aangegeven. Omdat deze toekomstige rijstrook mogelijk pas later wordt aangebracht is deze gronddekking acceptabel. Eventueel kan de gronddekking worden vergroot door de uittredelocatie te verdiepen.

Ter plaatse van het uittredepunt dient de blowoutzone buiten de stabiliteitszone van de Maasvlakteweg te liggen. Voor de stabiliteitszone kan hier worden uitgegaan van het grondmassief dat begrensd wordt door

een vlak onder een helling 1:3 vanaf de rand van de berm van deze weg. Overeenkomstig Figuur 3.3 ligt de blowoutzone (5 m, zie paragraaf 5.3.1) net buiten de stabiliteitszone en wordt voldaan aan de eis.



Figuur 3.3 Gronddekking HDD bundelboring onder zeewering (uittredepunt ten oosten van Maasvlakteweg)

Relatieve sterkte

De relatieve sterkte eis waarbij de leidingen binnen de veiligheidszone 20% sterker dienen te zijn dan daarbuiten is hier niet van toepassing. Deze eis is gekoppeld aan de inwendige druk in de leiding. De mantelbuizen zijn drukloos.

Importantiefactor

Conform de NEN3651 hoeft een importantiefactor niet te worden aangehouden voor leidingen die zijn aangebracht door middel van een HDD en voor kruisingen met wegen. Voor leidingen in een open ontgraving zou dit wel moeten binnen de veiligheidszone. Omdat de mantelbuizen buitendijks volledig binnen de veiligheidszone zijn gelegen is gekozen om de importantiefactor volledig achterwege te laten. Van eventuele risico's voor de waterveiligheid voor de zeewering is immers geen sprake. Indien een mantelbuis bezwijkt zal er zand en water de mantelbuis inlopen. Dit zal niet resulteren in een beïnvloeding van de zeewering

Kwel

Voor de HDD bundelboringen op het strand is er geen verhoogd risico op kwel langs de aangelegde mantelbuizen. Aanvullende maatregelen zijn niet benodigd. De HDD doorsnijdt immers geen afsluitende grondlaag. De HDD's blijven boven de kleilaag.

Voor de HDD bundelboringen onder de zeewering is in paragraaf 5.3.4 beoordeeld in hoeverre maatregelen noodzakelijk zijn. De HDD doorsnijdt hier eveneens geen afsluitende grondlaag en blijft boven de kleilaag. Maatregelen kunnen bestaan uit het plaatsen van kwelschermen of drillgroutproppen nabij de in- en uittredepunten.

3.7 Eisen Richtlijn Boortechnieken

De Richtlijn boortechniek is niet van toepassing op waterkeringen met uitzondering van de HDD techniek. Voor de eisen met betrekking tot kruisingen met waterkeringen wordt verwezen naar de NEN3651. Een Wbr vergunning is daarom niet vereist.

Overeenkomstig de Richtlijn Boortechnieken dienen de in- en uittredepunten van een HDD-boring onder een waterweg altijd buiten de veiligheidszone van de waterkering te liggen. De zachte zeewering is geen waterkering van een waterweg waardoor dit geen nieuwe eis is. In paragraaf 0 is reeds ingegaan op dezelfde eis in relatie tot de NEN3651.

De Richtlijn Boortechnieken is niet van toepassing voor de kruising van de Prinses Maximaweg en Maasvlakteweg omdat het geen rijkswegen betreft. Een Wbr vergunning is daarom voor deze tracédelen eveneens niet vereist.

3.8 Eisen Handboek Leidingen

De eisen van HbR ten aanzien van kabels en leidingen zijn vastgelegd in het Handboek Leidingen.

Voor het volledige tracé van de parkbekabeling voor de windturbines op de zachte zeewering zijn de eisen uit het Handboek Leidingen (Rotterdam 2005) van toepassing. De bekabeling ligt hier namelijk binnen de eigendomsgrenzen van het HbR.

Overeenkomstig het handboek zijn voor kabels enkel de hoofdstukken 6 t/m 9 van toepassing. Risico's zoals bij mediumvoerende leidingen treden hier niet op waardoor er geen extra veiligheidseisen van toepassing zijn. De PE mantelbuizen waarin de kabels komen, zijn op basis van de NEN3650 en NEN3651 rekentechnisch beschouwd.

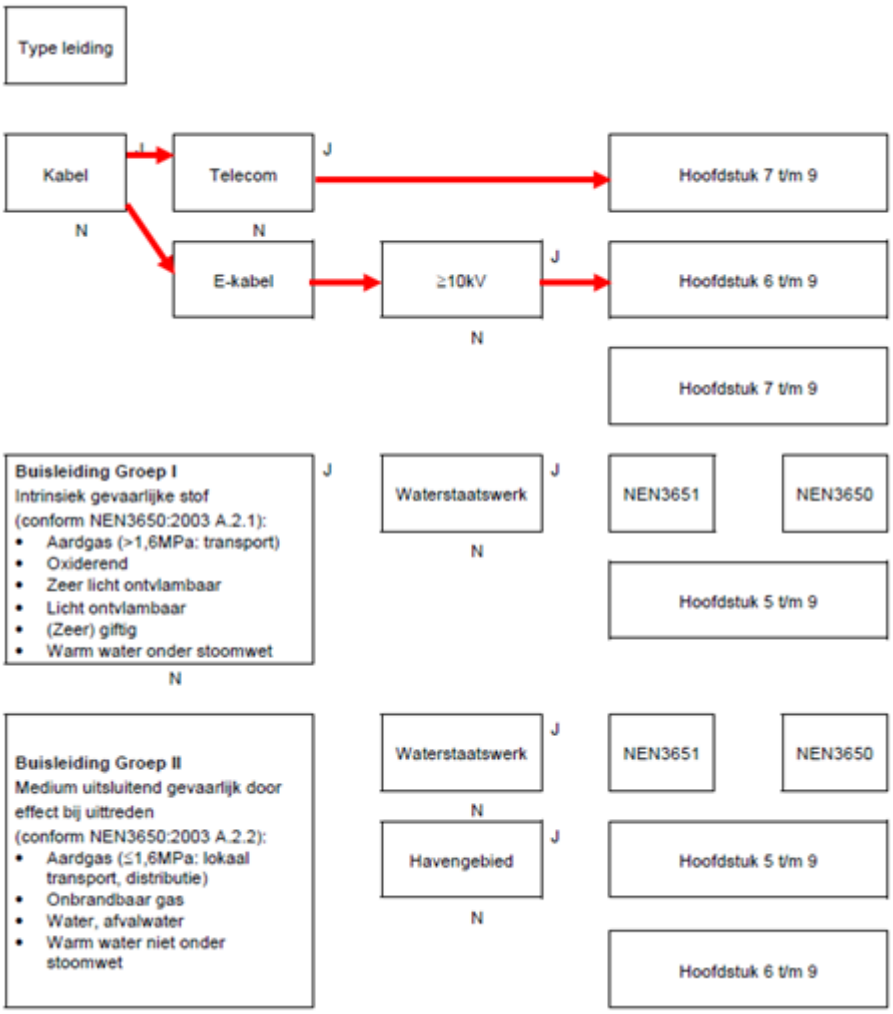
De belangrijkste eisen uit het handboek en toelichting zijn in Tabel 3.3 opgenomen.

Tabel 3.3 Voornaamste van toepassing zijnde eisen uit Handboek Leidingen voor kruising zachte zeewering en aansluiting op inkoopstation

Paragraaf uit handboek met onderwerp	Toelichting eis	Relatie met parkbekabeling ZZ
3.2.2 Horizontale ligging in het havengebied	In het havengebied ligt een groot deel van de leidingen in leidingenstroken. In leidingenstroken geldt een horizontale dagmaat tussen parallel liggende leidingen van 0,40 m.	De bekabeling ligt buiten de leidingenstroken waardoor deze eis niet van toepassing is.
3.2.4 Verticale ligging in het havengebied	In het havengebied ligt een groot deel van de leidingen in leidingenstroken. Bij de dekking van leidingen in leidingenstroken gelden de volgende uitgangspunten: – De dekking bedraagt 1,00 m minus uitgiftepeil; – Indien het aanwezige maaiveld hoger ligt dan het uitgiftepeil, dan bedraagt de dekking 1,00 m minus uitgiftepeil; – Indien het aanwezige maaiveld over het algemeen lager ligt dan het uitgiftepeil, dan bedraagt de dekking 1,00 m minus maaiveld. – De dekking van nieuwe leidingen in leidingenstroken met reeds aanwezige leidingen dient te allen tijde dezelfde te zijn als die van de naastliggende bestaande leidingen.	Voor de kruising met de k&l strook van HbR tussen de Prinses Maximaweg en Maasvlakteweg wordt ruimschoots voldaan aan de dekkingseis (zie tekening bijlage 1). De HDD bundelboring ligt hier voldoende diep.

	– Bij een kruising met een leidingenstrook, geldt een dekking van ten minste 2,50 m ten opzichte van het maaiveld. Daarbij dient een verticale dagmaat van ten minste 0,30 m met de te kruisen bestaande leidingen te worden gehanteerd bij een open ontgraving.	
3.2.5 Aanvullende eisen voor verticale ligging	Bij boringen/persingen, in welke vorm ook, is de diepteligging afhankelijk van de situatie ter plaatse. De minimale verticale dagmaat ten opzichte van de te kruisen leidingen bedraagt tenminste 0,50 m, waarbij de te boren/persen leiding onder de bestaande leiding dient te worden gevoerd. Genoemde minimale verticale dagmaat dient aantoonbaar te worden gegarandeerd om afwijkingen tijdens de uitvoering op te vangen. Bij het kruisen van sloten / open watergangen dient een minimale gronddekking van 1,00 m ten opzichte van de ontwerpdiepte van de bodem van de watergang te worden aangehouden. Indien de aanwezige bodem van de watergang lager ligt dan de ontwerpdiepte dient een gronddekking van 1,00 m ten opzichte van de aanwezige bodem te worden aangehouden	Voor de kruising met de k&l strook van HbR tussen de Prinses Maximaweg en Maasvlakteweg wordt ruimschoots voldaan aan de dekkingseis (zie tekening bijlage 1). Voor de kruising met de sloot ten oosten van de Maasvlakteweg wordt voldaan aan de dekkingseis (zie tekening bijlage 1).
4 Verdere procesgang	Nadat het voorlopige tracé van een leiding is vastgelegd, kan aan de hand van Figuur 3.4 bepaald worden wat de vervolgstappen in het verdere proces zijn om te komen tot het hebben van een leiding in de ondergrond	Hoofdstuk 6 t/m 9 zijn van toepassing omdat het hier elektrakabels en datakabels betreft
6 Ontwerp van leidingen 6.1 Kabels	Voor nieuwe en/of te wijzigen hoogspanningsverbindingen, zijnde transport en/of distributie van 10kV en hoger, zowel boven- als ondergronds, evenwijdig aan en/of in de nabijheid van stalen leidingen dient een beïnvloedingsberekening overeenkomstig NPR 2760:1991 te worden uitgevoerd. Ook indien een bestaande hoogspanningsverbinding wordt opgewaardeerd dient een beïnvloedingsberekening te worden gemaakt. Indien uit de berekening blijkt dat er aanpassingen aan bestaande buisleidingen moeten worden uitgevoerd, dan dienen deze aanpassingen, in overleg met de desbetreffende leidingeigenaar en voor rekening van het energiebedrijf, te worden uitgevoerd. De uitgevoerde berekening dient vooraf te worden uitgevoerd en aan de betreffende leidingeigenaren ter accordering te worden voorgelegd. Indien mantelbuizen worden toegepast dan dienen deze te voldoen aan het gesteld in paragraaf 6.4.	In de vervolgfase dient te worden beoordeeld in hoeverre een beïnvloedingsberekening vereist is.
6.4 Mantelbuizen	In principe worden geen mantelbuizen voorgeschreven voor buisleidingen. Voor kabels kunnen mantelbuizen worden verlangd bijvoorbeeld voor het kruisen van belangrijke verkeersaders. Dit laat onverlet de eis die door andere vergunningverlenende instanties kan worden gesteld. Aan een mantelbuis kunnen de volgende eisen worden gesteld: – De mantelbuis moet geschikt zijn voor het opnemen van alle uitwendige belastingen en in die gevallen waarin het ontwerp dat aangeeft, de inwendige ontwerpdruk van de mediumvoerende leiding; – De mantelbuis moet zo worden samengesteld dat corrosiebescherming van de mediumvoerende leiding kan worden gewaarborgd; – De mantelbuis moet aan beide uiteinden flexibel worden afgesloten om de grondwatercirculatie binnen de annulaire ruimte en daarmee de aanvoer van zuurstof tot een minimum te beperken. Voor de constructie van een mantelbuis voor buisleidingen wordt verwezen naar artikel 9.6.2 van NEN 3650-1:2003.	De PE mantelbuizen in de HDD bundelboring zijn overeenkomstig de NEN3650 en NEN3651 rekentechnisch beschouwd. De uiteinden van de mantelbuizen worden flexibel afgesloten.

	(Ga verder met hoofdstuk 7)	
7.1.5 Betreden van leidingenstroken	Het is verboden zich met materialen en materieel die niet voor de uitvoering van het werk nodig zijn in de leidingenstroken te bevinden. Bij transport van materiaal en materieel over de leidingenstroken alsmede het tijdelijk opslaan van uitkomende grond kan door de beheerders/exploitanten van de reeds aanwezige leidingen en/of toezichthouder GW worden verlangd, dat de nodige (tijdelijke) voorzieningen worden getroffen. De hoogte van de opslag van de uitkomende grond in de leidingenstroken mag nooit > 1,00m boven het maaiveld bedragen.	Voorafgaand aan het intrekken van de bundel mantelbuizen voor de kruising met de zeewering wordt deze naast danwel op de k&l strook van HbR uitgelegd.
8.2 Kabels	Voor kabels dienen onder andere de volgende zaken een onderdeel van het beheersysteem te zijn: – analyse van de storingen in het net; – onderzoek naar de ligginggegevens van het net in relatie tot de vaste punten in de aansluiting van percelen. Dit in relatie tot het zettinggedrag van het gebied.	In de vervolgfase worden beïnvloedingsberekeningen uitgevoerd.



Figuur 3.4 Schema verdere procesgang uit Handboek Leidingen

3.9 Eisen Witte Boekje

De eisen van Prorail ten aanzien van kabels en leidingen nabij het spoor zijn vastgelegd in het Witte Boekje. Parallel gelegen kabels op minder dan 5 m vanaf het hart van het spoor zijn niet toegestaan. De afstand van het spoor tot het uittredepunt van de HDD onder de zeewering is circa 20 m. De bekabeling naar het inkoopstation ligt eveneens ruim buiten de 5 m contour waardoor de eisen uit het Witte Boekje van Prorail niet van toepassing zijn.

3.10 Eisen overige nutspartijen

De minimale afstand van het uittredepunt van de HDD bundelboring onder de zachte zeewering (uittredepunt ten oosten van Maasvlakteweg) tot de aanwezige hoogspanningskabels in de k&l strook van HbR is circa 5 m. De overige nutsvoorzieningen zoals waterleiding en datatransportkabels liggen nog verder van dit uittredepunt af. In de vervolgfase dienen de eisen vanuit de beheerders van deze nutsvoorzieningen verder inzichtelijk worden gemaakt.

3.11 Beschrijving uitvoeringsstappen

Op hoofdlijnen zijn de volgende uitvoeringsstappen te onderscheiden:

- Gestart wordt met het grondwerk en damwanden voor de kraanopstelplaatsen. Dit wordt beschreven in [ref 6].
- Aanbrengen monopiles. Aanbrengen toren, wieken en afbouw.
- Aanbrengen HDD's tussen de windturbines en onder de zeewering.

Achtereenvolgend zullen de HDD's worden uitgevoerd conform Tabel 3.4. De booraannemer is vrij om de uiteindelijke werkvolgorde vast te stellen. Voor de boringen op het strand is ervan uitgegaan dat van kraanopstelplaats naar kraanopstelplaats wordt geboord. Eventueel kan worden besloten om tussen ZZ-07 en ZZ-05 een lange boring toe te passen en een kraanopstelplaats over te slaan. Een dergelijke optimalisatie is ter keuze aan de booraannemer. Aandachtspunt daarbij is wel dat de toelaatbare trekkracht in de PE 110 mm mantelbuizen mogelijk wordt overschreden. Een optie kan zijn om de PE 110 mm mantelbuizen mee te voeren in de korte boringen van 450 m die parallel liggen. De in Tabel 3.4 gegeven boorlengtes kunnen enkele meters korter of langer zijn. De impact op de berekeningen is nihil.

Tabel 3.4 Werkvolgorde HDD's

	String	HDD nr. [2]	Boorlengte [1][3] [m]	Intredepunt	Uittredepunt
Strand	3	14	482	ZZ-11	ZZ-12
	3	13	481	ZZ-11	ZZ-10
	3	12	482	ZZ-09	ZZ-10
	3	11	483	ZZ-09	ZZ-08
	3	10	473	ZZ-07	ZZ-08
	5b	7	475	ZZ-07	ZZ-08
	3	9	478	ZZ-07	ZZ-06
	5b	6	479	ZZ-07	ZZ-06
	3	8	476	ZZ-05	ZZ-06
	5b	5	478	ZZ-05	ZZ-06
	4	4	474	ZZ-05	ZZ-04

Kruising zeewering	3	17	213	ZZ-05	Maasvlakteweg
	5b	16	213	ZZ-05	Maasvlakteweg
	4	15	213	ZZ-05	Maasvlakteweg
Strand	4	3	482	ZZ-03	ZZ-04
	4	2	483	ZZ-03	ZZ-02
	4	1	420	ZZ-01	ZZ-02

(1) De gegeven boorlengte kan enigszins afwijken zie tekeningen in bijlage 1. Voor de berekeningen heeft dit slechts beperkte invloed.
(2) De gegeven HDD nummers corresponderen met de tekeningen in bijlage 1.
(3) De minimale boorlengte is 420 m en de maximale boorlengte is 483 m.

- Aanbrengen bekabeling in mantelbuizen HDD's.
- Verbinden mantelbuizen en kabels HDD's op strand met windturbines. Nadat de mantelbuizen door middel van HDD bundelboringen zijn aangebracht moeten de kabels worden ingetrokken. Daarna kan de verbinding worden gemaakt met de windturbines. In hoofdstuk 4 is nader ingegaan op het ontwerp en de mogelijke uitvoeringswijze van de aansluitingen op de windturbines.
- Verbinden mantelbuizen en bekabeling op strand met HDD's onder zeewering bij ZZ-05 en bekabeling naar inkoopstation.
- Proefdraaien windturbines.
- Ingebruikname.
- Verwijderen kraanopstelplaatsen.

3.12 Eigenschappen PE mantelbuizen

In Tabel 3.5 zijn de leidinggegevens en materiaaleigenschappen opgenomen van de PE-mantelbuizen die worden toegepast ter plaatse van de HDD's en de aansluitingen op de windturbines. De diameter van de PE mantelbuizen is gebaseerd op de warmteontwikkeling van de elektrakabel zelf. Door de kabelleverancier is aangegeven, dat voor de warmteafdracht een inwendige diameter van de PE mantelbuis moet worden aangehouden welke tenminste groter is dan 3 x de diameter van de elektrakabel. Enige optimalisatie mogelijkheden worden in de vervolgfase beschouwd. De diameter van de gegeven PE mantelbuizen zou dan mogelijk kleiner kunnen worden.

De mantelbuizen zijn drukloos. Overeenkomstig de NEN3651 wordt aanbevolen de belastingssituatie tijdens de sterktebeproeving met 0,4 MPa inwendige druk door te rekenen en te toetsen op sterkte.

In overleg met de vergunningverlenende instanties moet worden vastgesteld of de HDD strengen voorafgaand aan het intrekken op sterkte beproefd moeten worden.

De uiteinden van de geboorde PE mantelbuizen onder de zachte zeewering worden nabij het uittredepunt flexibel afgesloten om grondwatercirculatie in de annulaire ruimten te voorkomen. Ter plaatse van het intredepunt is dit niet noodzakelijk omdat deze mantelbuizen aansluiten op de monopile (zie [ref. 1]). Dit is eveneens niet noodzakelijk voor de geboorde PE mantelbuizen op het strand omdat deze eveneens aan weerszijde aansluiten op de monopiles.

Tabel 3.5 Leidinggegevens PE mantelbuizen, HDD's en aansluiting op monopiles

Betreft		Elektrakabel 630 mm² (2)	Elektrakabel 400 mm² (2)	Datatransportkabel DB7 of DB10
Materiaal	[-]	PE100	PE100	PE100
Aantal buizen	[stuks]	3	3	2
Uitwendige diameter	[mm]	250	250 (1)	110
Wanddikte	[mm]	22,7 (SDR 11)	22,7 (SDR 11)	10,0 (SDR 11)

(1) Vanaf de eerste windturbine in een string naar de overige windturbines in die string worden vooralsnog elektrakabels met een oppervlak van 400 mm² aangebracht. Voor deze kabels zou een reductie van de mantelbuis diameter mogelijk zijn naar 200 mm. Voor deze fase van het project is gekozen om een eenduidige mantelbuis diameter aan te houden. In een latere fase zou dit geoptimaliseerd kunnen worden.

(2) Uitwendige diameter: 630 mm² kabel is 58 mm en 400 mm² is 53 mm.

Tabel 3.6 geeft de materiaaleigenschappen van het toegepaste materiaal.

Tabel 3.6 Materiaaleigenschappen PE mantelbuizen

Materiaal		PE100	
Korte duur treksterkte	R_k	10,0	N/mm²
Korte duur elasticiteitsmodulus	E_k	975	N/mm²
Lange duur treksterkte	R_l	8,0	N/mm²
Lange duur elasticiteitsmodulus	E_l	350	N/mm²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	16×10^{-5}	mm/mm/°C
Soortelijk gewicht	γ	$9{,}55 \times 10^{-6}$	N/mm³
Poissonfactor	v	0,4	-

3.13 Bodem en waterstanden

3.13.1 Huidige bodemligging

De bodem en maaiveldniveaus zijn gemeten in 2019. De bodem ter plaatse van de monopiles en op het strand is zeer dynamisch en verandert per storm/seizoen/jaar. In bijlage 4 zijn de gemeten niveaus uit 2019 gegeven in figuren. De bodem in deze figuren is dus niet absoluut en verandert doorlopend. In Tabel 3.7 zijn de globale niveaus ter plaatse van de monopile en 15 m voor de monopile (richting zeewering) gegeven. De boortracé's zullen ongeveer op 15 m a 25 m voor de monopile worden uitgevoerd.

Tabel 3.7 Maaiveld en bodemniveaus ter plaatse van windturbines (gemeten niveaus in 2019)

ZZ [-]	Bodem / maaiveldniveau t.p.v. monopile [m NAP]	Bodem / maaiveldniveau op 15 m voor monopile [m NAP]
1	2,2	3
2	1,2	2
3	0,5	1
4	-0,8	0
5	0,8	1,2

6	-0,2	1,5
7	1,7	2,5
8	2,1	1,6
9	1,4	2,2
10	-0,6	0,3
11	-0,6	-0,6
12	-0,7	-0,7
Minimum	**-0,8**	**-0,7**
Maximum	**2,2**	**3,0**
Gemiddeld	**0,6**	**1,2**

Voor de tekeningen zijn de maaiveldniveaus uit de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN) aangehouden. Voor de berekeningen van de HDD's is ter plaatse van de kraanopstelplaatsen uitgegaan van een maaiveld van NAP +3,3 m.
Voor de HDD boringen op het strand is voor de maaiveldniveaus tussen de kraanopstelplaatsen uitgegaan van de in Tabel 3.7 gegeven minimale en maximale bodemniveaus over de volledige zachte zeewering.
Voor de HDD's onder de zeewering is uitgegaan van de AHN niveaus en het niveau van de kraanopstelplaats. Het maaiveld bij de uittredepunten van de HDD bundelboringen bevindt zich ongeveer op NAP +5,3 m a NAP +5,6 m.
De in de berekeningen aangehouden niveaus hebben met name invloed op de berekende boorspoeldrukken.

3.13.2 Minimale bodemligging

Door erosie kan de hoogteligging van het strand en duin varieren. Op het strand dient rekening te worden gehouden met erosie van het strand en duin ten gevolge van storm (1 x 10^{-4} jaar). In Tabel 3.8 zijn de berekende minimale bodemniveaus gegeven. In [ref. 8] wordt de berekening van de minimale bodemligging beschreven.

Veiligheidshalve wordt een extra marge van 1.5 m aangehouden (Maatregel M2 onder Risico 2.4). Naast bovengenoemde grootschalige bodemerosie, kan lokaal rondom de monopiles ook erosie plaatsvinden (scour). Deze lokale erosie van de bodem door de aanwezigheid van de windturbines zal worden begrensd door middel van een steenbestorting rondom de monopile. Deze wordt aangebracht onder de minimum bodemligging. In hoofdstuk 4 is dit bij de beschouwing van het ontwerp van de aansluiting op de windturbines nader toegelicht.

Indien erosie optreedt neemt de grondbelasting op de leiding af. De PE mantelbuizen komen door de erosiebescherming niet bloot te liggen en blijven dus voldoen aan de toelaatbare spanningen.

Tabel 3.8 Bodemniveaus ten gevolge van erosie (exclusief veiligheidsmarge van 1,5 m en lokale erosie door monopile)

ZZ [-]	Berekende minimale bodemniveaus [m NAP]
1	-2,4

2	-1,1
3	-0,9
4	-1,3
5	-2,0
6	-2,8
7	-2,0
8	-1,7
9	-1,3
10	-2,1
11	-1,6
12	-1,5

3.13.3 Grondonderzoek

Tijdens het aanbestedingsontwerp van dit project heeft MOS Grondmechanica in opdracht van Rijkwaterstaat grondonderzoek uitgevoerd [ref. 4]. Nabij de projectlocatie voor de zachte zeewering (ZZ) zijn 6 sonderingen uitgevoerd tot een maximale diepte van NAP –47 m.

Op de zachte zeewering zijn de volgende sonderingen beschikbaar: CPT 2 t/m 6 en 11. De locaties van deze onderzoekspunten en de sondeergrafieken zijn gegeven in bijlage 2.

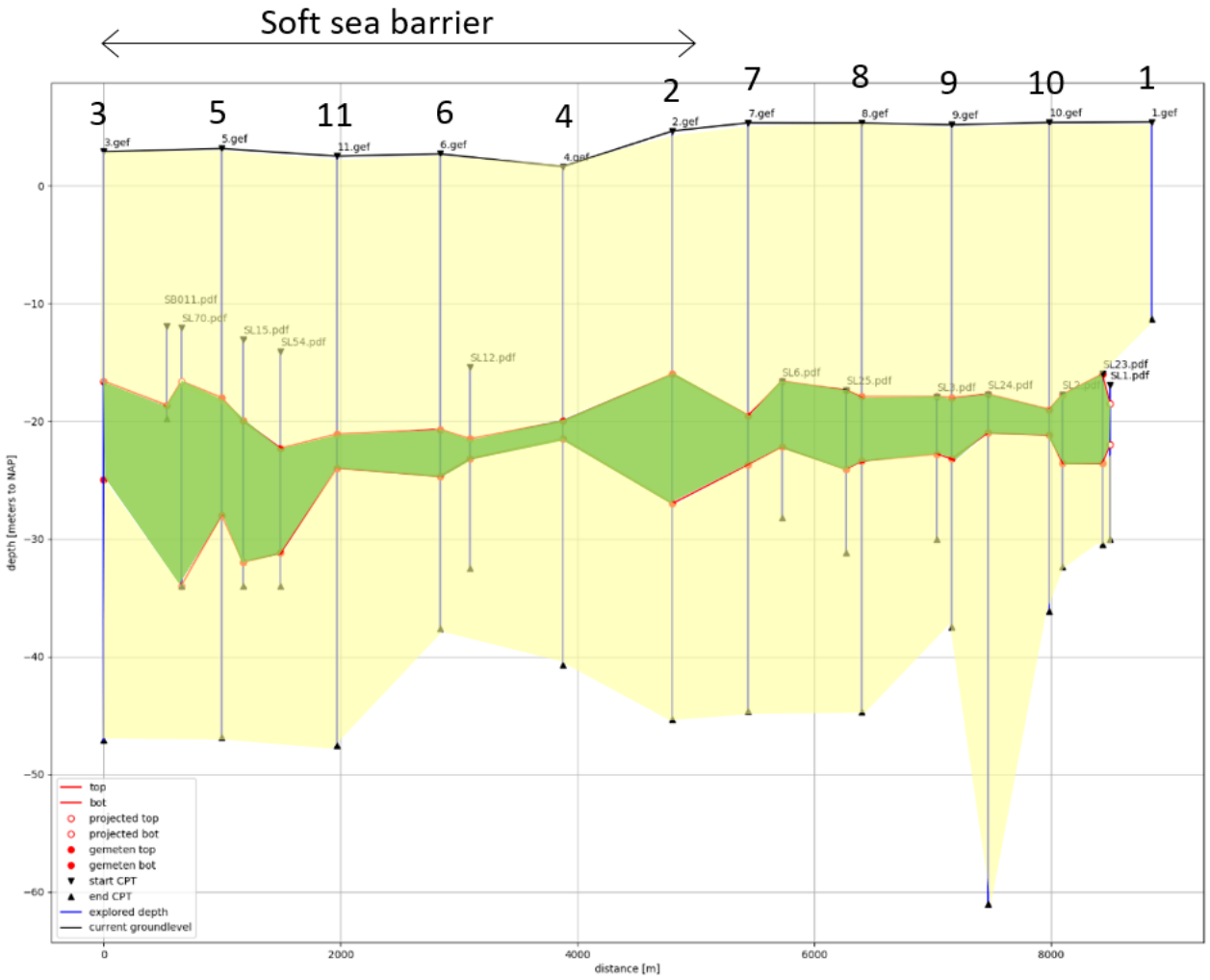
Ten behoeve van de verdere ontwerpwerkzaamheden van de HDD's en aansluitende kabeltracé naar het inkoopstation is aanvullend grondonderzoek ingepland [ref. 5]. De resultaten uit dit grondonderzoek zullen worden vergeleken met de in deze rapportage aangehouden gegevens. Indien er aanleiding is om de gehanteerde uitgangspunten en berekeningen aan te passen zal dit in de vervolgfase plaatsvinden. Tevens dient het aanvullende grondonderzoek als input voor de booraannemers die de uiteindelijke boorplannen opstellen.

3.13.4 Bodemopbouw

Voor de sterkteberekening is de bodemopbouw vastgesteld op basis van de thans beschikbare 6 sonderingen, zie paragraaf 3.13.3.

Op basis van [ref. 3] en [ref. 4] is geconcludeerd dat de grondopbouw ter plaatse van de zachte zeewering voornamelijk uit zand bestaat. Vanaf maaiveld tot een diepte van circa NAP -17 tot -21 m is een dikke zandlaag aanwezig (aanvulzand). Het zand varieert van fijn tot gravelachtig materiaal dat matig tot vast gepakt is (conusweerstand tot circa 50 MPa). De HDD's worden in deze zandlaag aangebracht.

Onder deze aangevulde zandlaag worden natuurlijke afzettingen aangetroffen. Ter plaatse van de zachte zeewering tussen NAP -17 tot -21 m en NAP -21 tot -34 m bestaat het grondprofiel uit zandige klei, kleiig zand en veen (geological Elbow Formation). Beneden NAP -21 to -34 m is vast gepakt Pleistoceen zand aangetroffen met een conusweerstand tot circa 70 MPa. In dit zand zijn lokale en op wisselende dieptes terugvallen in de conusweerstand waar te nemen, waarschijnlijk door losse pakkingen of grove gradaties. In Figuur 3.5 is een doorsnede over de zachte en harde zeewering gegeven.



Figuur 3.5 Geologisch profiel harde en zachte zeewering

3.13.5 Grondparameters

In Tabel 3.9 zijn de grondparameters weergegeven die bepaald zijn op basis van tabel 2.b uit de NEN 99971+C2:2017 en correlaties op basis van de beschikbare sonderingen waarbij gebruik is gemaakt van de conusweerstand q_c. Deze grondopbouw en grondparameters zijn gebruikt voor het ontwerp van de mantelbuizen.

Tabel 3.9 Grondopbouw en karakteristieke grondparameters

Bovenkant grondlaag [m NAP]	Beschrijving grondlaag	Volume gewicht γ / γ_{sat} [kN/m^3]	Hoek van inwendige wrijving φ [°]	Effectieve cohesie c' [kPa]	Ongedraineerde schuifsterkte C_u [kPa]	Elasticiteits modulus E_{100} [kN/m^2]	Poisson ratio [-]
2.7	Schoon zand, vast gepakt (1a)	19 / 21	35,0	0,0	0,0	75000	0,3
-4.3	Schoon zand, matig gepakt (1b)	18 / 20	32,5	0,0	0,0	45000	0,3
-9.0	Schoon zand, vast gepakt (1c)	19 / 21	35,0	0,0	0,0	75000	0,3

-11.8	Schoon zand, matig gepakt (1d)	18 / 20	32,5	0,0	0,0	45000	0,3
-15,2	Schoon zand, matig tot vast gepakt (1e)	18,5 / 20,5	33,5	0,0	0,0	60000	0,3
-20.0	Schoon zand, los gepakt (1f)	17 / 19	30,0	0,0	0,0	15000	0,3
-21,5	Veen, matig gepakt (2)	12 / 12	15,0	2,5	20,0	1000	0,4
-21.8	Schoon zand, los tot matig gepakt (3)	17,5 / 19,5	31,3	0,0	0,0	30000	0,3
-23.0	Schone klei, vast gepakt (4)	20 / 20	27,5	13,0	100	4000	0,4
-33.0	Schoon zand, matig gepakt (5)	18 / 20	32,5	0,0	0,0	45000	0,3

γ / γ_{sat} = volumiek gewicht (onverzadigd) / volumiek gewicht (verzadigd)
φ' = hoek van inwendige wrijving
c' = cohesie
c_u = ongedraineerde schuifsterkte
E_{100} = elasticiteitsmodulus bij een effectieve korrelspanning van 100 kN/m²

3.13.6 Waterstanden

De waterstanden op zee zijn (conform [ref. 9]):

- HW gemiddeld springtij = NAP +1,32 m
- HW gemiddeld doodtij = NAP +0,90 m
- LW gemiddeld doodtij = NAP -0,55 m
- LW gemiddeld springtij = NAP -0,63 m

Er is hierbij geen rekening gehouden met een zeespiegelstijging.

Voor de leidingberekeningen is uitgegaan van de gemiddelde waterstand van NAP +0,0 m aan de westzijde van de zeewering. Aan de oostzijde van de zeewering is uitgegaan van een grondwaterstand van NAP +4,0 m.

3.14 Grondbelasting

Voor het ontwerp van de HDD's zijn de grondbelastingen conform de NEN3650 met D-Geo Pipeline versie 18.2 (built 2.20951) bepaald. Voor het ontwerp van de mantelbuizen die in een open ontgraving worden aangebracht zijn de grondbelastingen bepaald met behulp van het programma Sigma 2018 versie 1.5.

3.15 Belastingen t.g.v. verkeer, kranen en materieel

De HDD's tussen de windturbines worden aangebracht nadat de monopile en de bovenbouw van de windturbine gereed zijn en de grote kranen zijn afgevoerd. Nadat de HDD's zijn aangebracht zullen de aansluitingen op de monopiles in een open ontgraving worden aangebracht. Daarna zullen de damwanden en de kraanopstelplaatsen worden verwijderd.

De verkeersbelasting wordt enkel ter plaatse van de kraanopstelplaatsen aangehouden. In de geboorde secties tussen deze kraanopstelplaatsen is geen verkeersbelasting aangehouden omdat de mantelbuizen daar diep liggen en niet worden beinvloed door verkeer.

Voor de mantelbuizen die in open ontgraving zijn aangebracht is wel rekening gehouden met een verkeersbelasting nadat de kraanopstelplaatsen zijn verwijderd. Dit in verband met eventuele werkzaamheden in het kader van beheer en onderhoud.

Voor het ontwerp van de HDD's en de aansluitingen op de monopiles is ter plaatse van de kraanopstelplaatsen rekening gehouden met vrachtverkeer met een aslast van maximaal 12 ton (120 kN). Voor de sterkteberekeningen van de mantelbuizen is daar uitgegaan van grafiek I uit de NEN3650-1 (load model 3). De aangehouden verkeersbelasting is groter dan de aslast van 12 ton en betreft dus een conservatief uitgangspunt.

Ter plaatse van de Maasvlakteweg en de Prinses Maximaweg is uitgegaan van grafiek I uit de NEN3650-1 (fatigue load model 3). Ter plaatse van het fietspad is uitgegaan van grafiek II (fatigue load model 2, lorry 4).

3.16 Inwendige druk

De nieuwe mantelbuizen worden zowel voor de drukloze situatie als met een druk van 0,4 bar (overeenkomstig de eis uit de NEN3651) doorgerekend.

3.17 Temperatuurbelasting

In de berekeningen is uitgegaan van een temperatuur fluctuatie van 10 graden. De referentie temperatuur is 10 °C. De maximum temperatuur is 20 °C. De minimale temperatuur is 5 °C.

Overeenkomstig de NEN3650-3 moet rekening worden gehouden met reductiefactoren voor de sterkte van kunststofleidingen wanneer de leidingtemperatuur boven de 20 °C komt.

Voor de vervolgfase moet worden onderzocht tot welke temperatuur de mantelbuizen werkelijk kunnen opwarmen en in hoeverre reductiefactoren op de sterkte noodzakelijk zijn. Het oppervlak van de elektrakabels is momenteel gebaseerd op een maximum optredende temperatuur van circa 80 °C van de buitenmantel van deze kabel. Wat hierdoor de warmteontwikkeling wordt van de PE mantelbuis is vooralsnog niet onderzocht. Uitwendig worden deze mantelbuizen gekoeld door het grondwater en de grond.

3.18 Zettingen en uitvoeringszakkingen

Zettingverschillen worden niet verwacht omdat de ondergrond hoofdzakelijk uit zand bestaat. Een eventuele zetting door de bovenbelasting van de kraanopstelplaats heeft geen invloed op de mantelbuizen. Direct nadat de mantelbuizen zijn aangebracht wordt de kraanopstelplaats verwijderd en stoppen eventuele zettingen in de diepere kleilagen.

Ter plaatse van de overgang gelegd – geboord, ter plaatse van de in- en uittredepunten van de HDD´s op het strand, is uitgegaan van een uitvoeringszakking (zie hoofdstuk 4).

Ter plaatse van de overgangen met en zonder mantelbuis kunnen uitvoerinszakkingverschillen worden opgevangen in de kabel.

3.19 Overige uitgangspunten

- De minimale dagmaat tussen de kabelstrings in een open ontgraving is 0,5 m.

- De dagmaat tussen de HDD's bedraagt tenminste 5 m. Deze dagmaat wordt gehanteerd waar de bundelboringen parallel ten opzichte van elkaar komen. In de vervolgfase kan deze dagmaat mogelijk worden geoptimaliseerd.
- De afmetingen van de kraanopstelplaats bedragen orde grootte 50 m (lang) bij 40 m (breed). De bovenzijde (maaiveldniveau) van de kraanopstelplaats komt op circa NAP +3,3 m [ref. 10].
- De kraanopstelplaats wordt aan drie zijden voorzien van grondkerende damwanden. Aan de zijde van het duin worden deze damwanden niet aangebracht. De bovenzijde van deze damwanden komt op circa NAP +3,3 m. Het ontwerp van deze damwanden is gegeven in [ref. 6]. Daar waar de HDD's de damwanden moeten kruisen worden de damwanden lokaal omhoog getrokken.
- De HDD's worden met een gyroscoop uitgevoerd, zodat de locatie van de boorkop goed gemonitoord kan worden tijdens het boren.

4 Ontwerp en leidingberekening aansluiting windturbines

4.1 Inleiding

De PE mantelbuizen die door middel van een HDD zijn aangebracht worden aangesloten op de monopile onder de windturbine. Zoals aangegeven in paragraaf 3.13.2, wordt rondom de monopile een steenbestorting aangebracht, onder de minimale bodemligging. De aansluiting van de PE mantelbuizen komt onder deze steenbestorting, waardoor de mantelbuizen niet bloot kunnen komen te liggen door lokale erosie. Figuur 4.4 toont een schematische weergave van de monopile, de steenbestorting en de kabelinvoerdieptes.

Per windturbine aansluiting zijn de volgende uitvoeringsstappen voorzien:

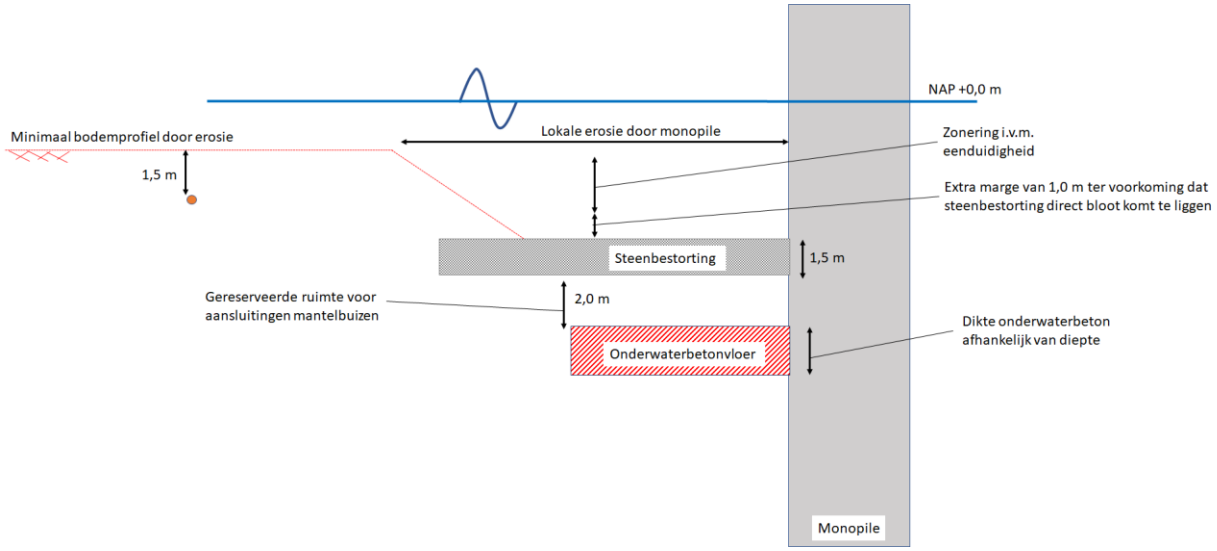
1 HDD’s uitvoeren.
2 Grond ontgraven tussen damwanden binnen kraanopstelplaats tot circa NAP -3,5 m (in den natte).
3 Damwanden frontkuip en tussenkuip aanbrengen (Figuur 4.2).
4 Frontkuip en tussenkuip ontgraven (in den natte). De afmeting van de frontkuip dient te worden geminimaliseerd in verband met de later aan te brengen onderwaterbetonvloer.
5 Monopile ontgraven in den natte.
6 Onderwaterbetonvloer aanbrengen in frontkuip en tussenkuip.
7 Leegpompen frontkuip, tussenkuip en monopile (eventueel extra bemaling in monopile plaatsen).
8 Verwijderen PE mantelbuizen boven NAP -3,5 m (afzagen buizen).
9 Elektra kabels door mantelbuizen van de HDD’s trekken (met overlengte).
10 Geprefabriceerde PE bochtstuk (mantelbuis) over bekabeling schuiven.
11 Invoeren kabels door gaten in monopile (Figuur 4.3).
12 Elektrakabels naar gewenst niveau leiden in monopile (voet windturbine). PE bochtstuk positioneren tegen afgezaagde einde HDD en tegen monopile.
13 Mantelbuizen koppelen aan HDD en bevestigen PE mantelbuis aan monopile. De aansluiting op de monopile hoeft enkel gronddicht te zijn. Niet per definitie waterdicht.
14 Intrekken datakabels.
15 Aanvullen frontkuip en tussenkuip tot onderzijde steenbestorting.
16 Damwanden trekken of verplaatsen naar begrenzing steenbestorting.
17 Steenbestorting aanbrengen.
18 Verder aanvullen kuipen tot afwerkniveau strand.
19 Trekken damwanden.

In [ref. 8] is een nadere beschouwing gegeven van te hanteren erosieniveaus voor het bepalen van de kabelinvoerdieptes. In Tabel 4.1 zijn de aansluitniveaus per monopile gegeven. In [ref. 11] is het ontwerp gegeven van de monopiles. Daarin is tevens rekening gehouden met de doorvoer van de mantelbuizen. In de vervolgfase dient het detailontwerp van de aansluitingen, fundatie en mantelbuizen worden uitgewerkt.

De uitgangspunten voor het ontwerp van de aansluitende mantelbuizen zijn:

- Om enige eenduidigheid te verkrijgen in te hanteren aansluitniveaus zijn de monopiles in zones met soortgelijke dieptes ingedeeld (totaal 4 zones zie Tabel 4.1).
- De dikte van de steenbestorting bedraagt 1,5 m [Ref. 11].
- Bovenop de steenbestorting is een extra marge aangehouden van 1,0 m. Dit ter voorkoming dat de steenbestorting direct bloot komt te liggen door lokale erosie.
- Buiten de zone waar lokale erosie kan optreden is uitgegaan van de minimale bodemligging inclusief 1,5 m veiligheidsmarge (paragraaf **Error! Reference source not found.**).
- De steenbestorting wordt tot circa 12 m uit de rand van de monopile doorgezet [Ref. 11].
- Per monopile is een inkomende en uitgaande string, elk bestaande uit 3 elektrakabels en 2 ductkabels. Elke kabel ligt in een eigen mantelbuis.
- De mantelbuizen (5 stuks) worden per string ter plaatse van de aansluiting op de monopile boven elkaar gepositioneerd. De dagmaat tussen de onderlinge mantelbuizen bedraagt tenminste 0,20 m. De totale hoogte van de mantelbuizen bedraagt daardoor 1,8 m (Figuur 4.3).
- De kabelinvoer-gaten in de monopile zijn reeds aanwezig voordat deze monopile wordt aangebracht.
- Om de aansluitingen van de kabels op de monopile te maken is vooralsnog uitgegaan van het plaatsen van een onderwaterbetonvloer in de frontkuip en in de tussenkuip onder de mantelbuizen. De bepaling van de dikte van deze onderwaterbetonvloer zal in een vervolgfase verder worden onderzocht.
- Tussen de steenbestorting en een eventuele onderwaterbetonvloer wordt 2,0 m hoogte gereserveerd om de mantelbuizen aan te sluiten.
- De steenbestorting, mantelbuizen en onderwaterbetonvloer zijn verwijderbaar op het moment dat het einde van de levensduur van de windturbines is bereikt.

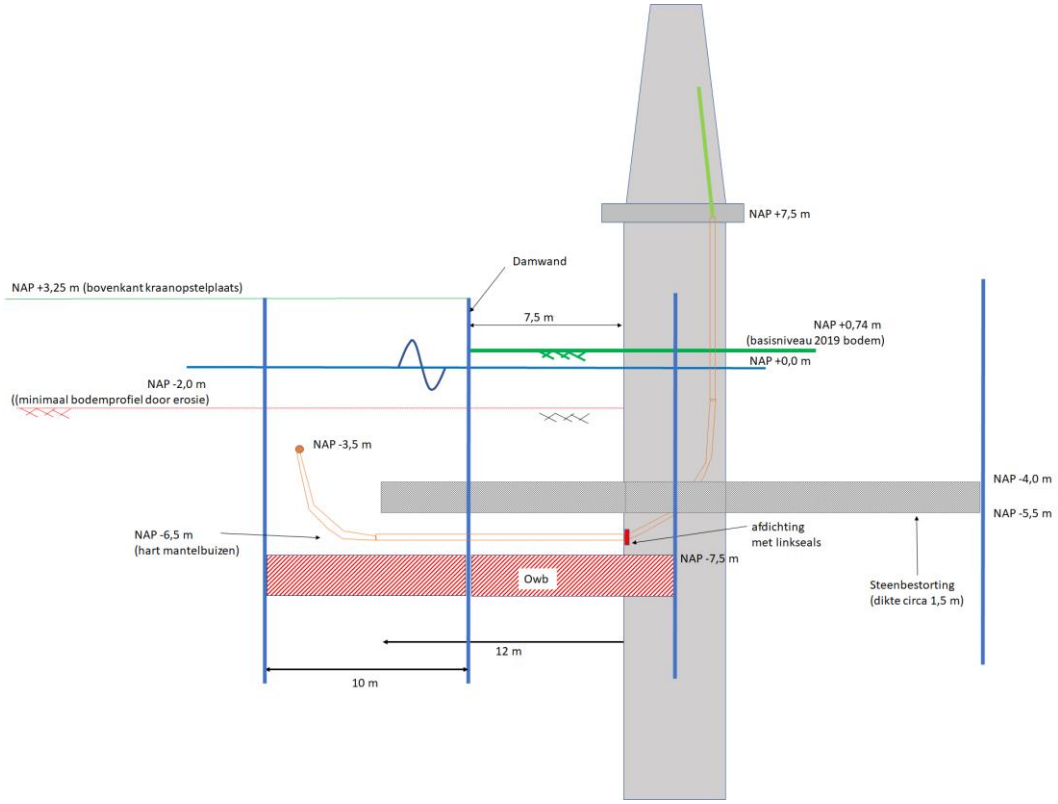
Het principe van bovenstaande aspecten is gegeven in Figuur 4.1.



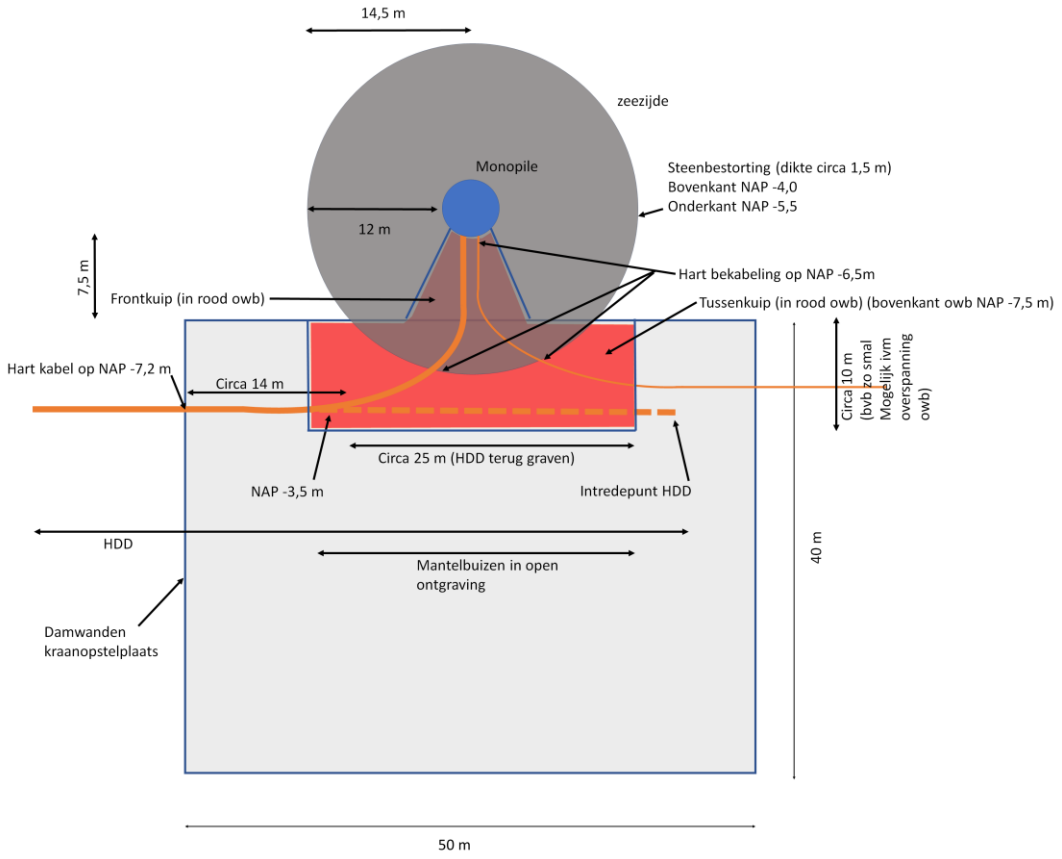
Figuur 4.1 Principe aansluiting op monopile

Tabel 4.1 Aansluitniveaus mantelbuizen

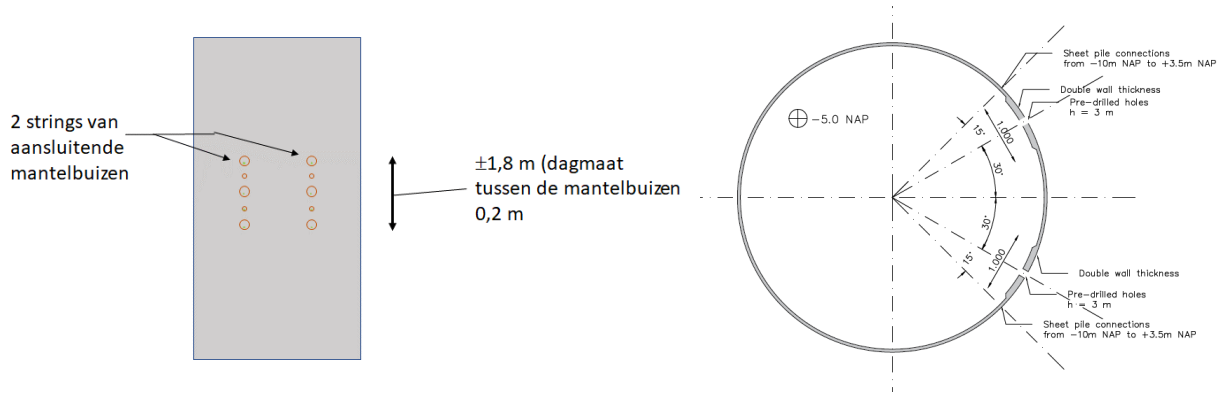
Winturbine [-]	Erosieniveau t.g.v. storm [m NAP]	Zonering i.v.m. eenduidigheid [m NAP]	Bovenkant bovenste mantelbuis [m NAP]	Onderkant onderste mantelbuis [m NAP]
ZZ-01	-2,4	-3,0	-5,6	-7,4
ZZ-02	-1,1	-2,0	-4,6	-6,4
ZZ-03	-0,9	-2,0	-4,6	-6,4
ZZ-04	-1,3	-2,0	-4,6	-6,4
ZZ-05	-2,0	-3,0	-5,6	-7,4
ZZ-06	-2,8	-3,5	-6,1	-7,9
ZZ-07	-2,0	-3,0	-5,6	-7,4
ZZ-08	-1,7	-2,5	-5,1	-6,9
ZZ-09	-1,3	-2,0	-4,6	-6,4
ZZ-10	-2,1	-2,5	-5,1	-6,9
ZZ-11	-1,6	-2,0	-4,6	-6,4
ZZ-12	-1,5	-2,0	-4,6	-6,4



Figuur 4.2 Schematische weergave aansluiting op windturbine ZZ-05



Figuur 4.3 Schematische weergave aansluiting op windturbine ZZ-05 (bovenaanzicht)



Figuur 4.4 Zijaanzicht monopile met mantelbuizen (links), doorsnede monopile met ruimtereservering mantelbuizen (rechts)

4.2 Berekeningen PE mantelbuizen

Ter controle van de PE mantelbuizen zijn vereenvoudigde sterkteberekeningen met het programma Sigma gemaakt. Dit programma geeft de mogelijkheid om eventuele belastingen door grond, verkeer en vervormingen in te voeren. In navolgende paragrafen zijn de uitgangspunten en berekeningsresultaten gegeven.

In dit hoofdstuk zijn de specifieke uitgangspunten en berekeningen opgenomen.

4.2.1 Uitgangspunten

- De eigenschappen van de mantelbuizen zijn gelijk aan de geboorde leidingsecties. Tabel 3.5 en Tabel 3.6 geven de kenmerken van de beschouwde mantelbuizen.
- De koppeling van de onderlinge mantelbuizen zal plaatsvinden door middel van een gespiegellaste verbindingen, multi-joints of elektrolasmoffen.
- Er is uitgegaan van een grondwaterstand welke beneden het leidingniveau staat. Een lage grondwaterstand is namelijk maatgevend voor de sterkteberekening (hogere grondbelasting).
- Voor de sterkteberekeningen van de mantelbuizen is uitgegaan van grafiek I uit de NEN3650-1 (fatigue load model 3).
- Er is geen rekening gehouden met een ontlastende werking vanuit eventueel aangebrachte draglineschotten, rijplaten of overige tijdelijke verhardingen.
- Voor de PE mantelbuizen mag conform de NEN3651 worden uitgegaan van een vereenvoudigde sterkteberekening, omdat:
  - De ontwerpdruk kleiner is dan 1 MPa (10 bar);
  - De te verwachten zettingverschillen kleiner zijn dan 100 mm;
  - Er wordt voldaan aan het criterium $H^3 \times D_i^5 < 40\ m^8$;
- De leidingsterkteberekening voor de PE mantelbuizen is uitgevoerd met het programma Sigma 2018 (versie 1.5).
- Voor de berekening is uitgegaan van getrokken bochten met een aangenomen straal van 12,5 m. Het betreft hier de bocht die gemaakt zal worden vanuit de HDD naar de aansluiting op de monopile.
- Marstonfactor = 0,3.
- Horizontale steundruk is in rekening gebracht.
- Ondersteuningshoek van 70 graden.
- De volgende gronddekkingen zijn beschouwd:
  - Gronddekking van 5,65 m (maaiveld kraanopstelplaats NAP +3,25 m en bovenkant leiding op NAP -2,4 m). Betreft minimale gronddekking overeenkomstig ZZ-03.
  - Gronddekking van 8,25 m (maaiveld kraanopstelplaats NAP +3,25 m en bovenkant leiding op NAP -7,6 m). Betreft maximale gronddekking overeenkomstig ZZ-06.
- Grondgegevens zand:
  - Uitvoeringszakkingverschil = 15 mm (PE 250 mm) en 10 mm (PE 110 mm), zettingverschil = 0 mm, klinkpercentage = 0,02 % (verdicht zand).
  - Volumiek gewicht = 18 / 20 kN/m³.
  - Hoek van inwendige wrijving = 30 graden.

- Cohesie = 0 kPa.
- Ongedraineerde schuifsterkte = 0 kN/m².
- E-modulus sleufmateriaal = 5 MN/m².
- E-modulus ondergrond = 15 MN/m².
- Minimale verticale beddingsconstante = 0,019 N/mm³ (D_e 250 mm) en 0,04 N/mm³ (D_e 110 mm).
- Gemiddelde verticale beddingsconstante = 0,049 N/mm³ (D_e 250 mm) en 0,11 N/mm³ (D_e 110 mm).

- Bij de aansluiting op de monopile en de HDD zal een beperkte abrupte uitvoeringszakking (enkele mm optreden). Deze zakkingen worden namelijk beperkt omdat de ruimte tussen de mantelbuizen en de onderwaterbetonvloer een beperkte dikte heeft. Onder deze onderwaterbetonvloer zal naar verwachting geen zakking optreden. Het zand zal namelijk al dusdanig zijn verdicht door het aanbrengen van de monopile dat het uittrillen van de damwanden niet van invloed is.
- Het advies is om de aansluitende leidingen op de monopiles enigszins slapend omhoog te leggen. Door eventuele uitvoeringszakkingen zullen de mantelbuizen naar de neutrale lijn zakken.
- Onder extreme omstandigheden tijdens een storm is de horizontale verplaatsing (tijdelijk) van de monopile circa 50 mm (ter hoogte van de aansluitende mantelbuizen). De PE mantelbuizen vervormen daardoor ook enigszins. In de vervolgfase (definitief ontwerp) dient de keuze van de toe te passen materialen voor deze aansluitingen nader worden uitgewerkt. Tevens zal dan worden bepaald of het toepassen van de flexibele buizen noodzakelijk is of dat de mantelbuizen uit de HDD reeds geschikt zijn.
- Zoals hiervoor reeds aangegeven is de maximale verplaatsing op het aansluitniveau van de mantelbuizen is circa 50 mm (extreme omstandigheden). Een wig grond zal hierdoor worden ingedrukt. Op een afstand van circa 5 m (aanname) is deze indrukking afgenomen tot 0 mm. De mantelbuis zal met de monopile en gedeeltelijk met deze wig grond mee verplaatsen. De mantelbuis wordt echter door de wrijving en weerstand van de grond buiten deze wig tegengehouden waardoor deze vervormd (ingedrukt wordt).

  Na deze extreme omstandigheden veert de monopile terug. De wig grond zal eveneens in beperkte mate terugveren. De ontstane holle ruimte zal weer opgevuld raken door inlopend zand. Door het terugveren van de paal wordt de mantelbuis ook teruggetrokken. De mantelbuis verlengd nu weer naar ongeveer zijn originele lengte.

  Deze vervormingen resulteren in leidingspanningen welke nader beschouwd moeten worden.

4.2.2 Berekeningen en resultaten

In Tabel 4.2 zijn de berekeningsresultaten gegeven. Er zijn vanwege de variatie meerdere belastingcombinaties beschouwd. De berekeningen zijn gegeven in bijlage 3.

Tabel 4.2 Berekeningsresultaten mantelbuizen in open ontgraving PE 250 mm en PE 110 mm

Situatie		1	**2**	3	**4**
Uitwendige diameter mantelbuis	mm	250	250	110	110
Gronddekking	m	5,65	8,25	5,65	8,25
Verkeer	-	Ja	Ja	Ja	Ja
Optredende spanning 1ste en 2de jaar					
Omtreksrichting	N/mm²	5,0	6,4	5,0	6,3
Langsrichting	N/mm²	0,0	0,0	0,0	0,0
Optredende spanning na 2 jaar					
Omtreksrichting	N/mm²	3,1	4,3	3,0	4,2
Langsrichting	N/mm²	0,0	0,0	0,0	0,0
Deflectie	mm	6,2	8,7	2,7	3,8
Toelaatbare spanning	N/mm²	8,0	8,0	8,0	8,0
Toelaatbare deflectie	Mm	18,2	18,2	18,2	18,2

De spanningen en deflectie worden niet overschreden bij toepassing van PE100 mantelbuizen en een uitwendige diameter van 250 mm en 110 mm (SDR11).

5 Ontwerp en leidingberekening HDD's

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn het ontwerp, de specifieke uitgangspunten en de berekeningsresultaten gegeven van de HDD's. Zowel de HDD's op het strand als ook de HDD's kruisend met de zachte zeewering zijn hier beschouwd.

5.2 Uitgangspunten D-Geo Pipeline berekening

5.2.1 Algemeen

De berekeningen van de boorspoeldrukken, trekkrachten en de sterkteberekeningen zijn gemaakt met het programma D-Geo Pipeline 18.2 (built 2.20951) van Deltares Systems.

5.2.2 Boorproces

In Tabel 5.1 zijn de gegevens opgenomen die zijn aangehouden voor het bepalen van de boorspoeldrukken. Voor de boorgatdiameter is een factor van 1,3 aangehouden op de omhullende van alle mantelbuizen (3 x PE 250 mm en 2 x PE 110 mm (5 mantelbuizen)).

Tabel 5.1 Uitgangspunten berekening boorspoeldruk HDD's

Fase	Diameter	
	Boorgang [mm]	Boorstang [mm]
Pilot	342,9	114,3
Voorruimen	705	114,3
Intrekken	705	114,3

5.2.3 Leidingconfiguratie / geometrie HDD boringen

In Tabel 5.2 zijn de ontwerpparameters aangegeven voor de leidingconfiguratie. De HDD's op het strand kunnen zonder rollenbaan worden uitgevoerd. Er is derhalve uitgegaan van extra wrijving aangezien de leidingen over het maaiveld richting het boorgat worden getrokken. Om te voorkomen dat de trekkracht te groot wordt is er vanuit gegaan dat de buizen in de boorgang worden gevuld met water tijdens het intrekken.

Voor de HDD's die de zeewering kruisen wordt wel uitgegaan van een rollenbaan. Er is derhalve uitgegaan van een gereduceerde wrijving voor het intrekken. Wanneer er geen rollenbaan wordt toegepast wordt de toelaatbare trekkracht in de PE 110 mm buis net overschreden. De buizen worden niet gevuld tijdens het intrekken. Wanneer dit wel gebeurd kan de benodigde trekkracht verder worden gereduceerd en kan een rollenbaan mogelijk achterwege blijven. Voorafgaand aan het intrekken van de bundel mantelbuizen wordt deze naast danwel op de k&l strook van HbR uitgelegd.

In het boorplan van de booraannemer dient hieromtrent een uiteindelijke keuze te worden gemaakt ten aanzien van het gebruik van een rollenbaan of het vullen van de mantelbuizen.

Tabel 5.2 Configuratie bundel mantelbuizen

Ontwerpparameters		HDD's strand	Kruising zeewering
Lengte boring	[m]	420 / 483 (3)	213
Aantal mantelbuizen	[-]	5	5
PE 250 mm	[-]	3	3
PE 110 mm	[-]	2	2
Intredehoek	[°]	15	15
Uittredehoek	[°]	15	15
Straal neergaande kromme	[m]	200	200
Straal opgaande kromme	[m]	200	200
Diepste punt hart boortracé t.o.v. NAP	[m NAP]	-14,0 (2)	-9,5 (2)
Percentage vulling mantelbuizen	[%]	100 (1)	0

(1) Alle mantelbuizen worden in de boorgang met water gevuld ten behoeve van de intrekfase van de bundel in de boorgang.
(2) De diepte van de boringen is dusdanig dat er voldoende gronddekking blijft in geval van erosie (overeenkomstig paragraaf **Error! Reference source not found.**).
(3) Zowel de minimale als de maximale boorlengte zijn gegeven. In de berekening is uitgegaan van de maximale boorlengte.

De minimale bochtstraal voor de toe te passen gyroscoop is 170 m. Bij gecombineerde bochten wijkt deze minimum maat af.

5.3 Berekeningsresultaten

5.3.1 Boorspoeldrukken

In bijlage 5 en 6 zijn de D-Geo Pipeline rapportages opgenomen. Onderdeel van deze rapportages zijn de berekening van de boorspoeldrukken. Hierbij zijn per uitvoeringsfase de maximaal toelaatbare en de minimaal benodigde boorspoeldrukken bepaald.

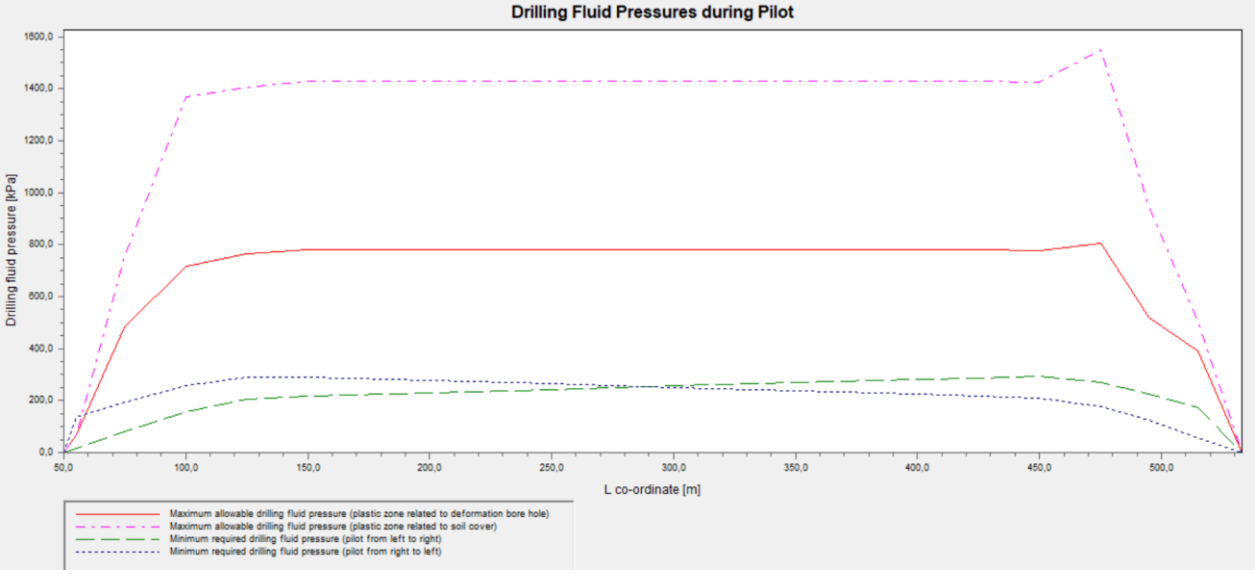
De boorspoeldrukken zijn bepaald voor de volgende fasen:

- Pilotboring;
- Voorruimen;
- Ruimen en intrekken van de leiding.

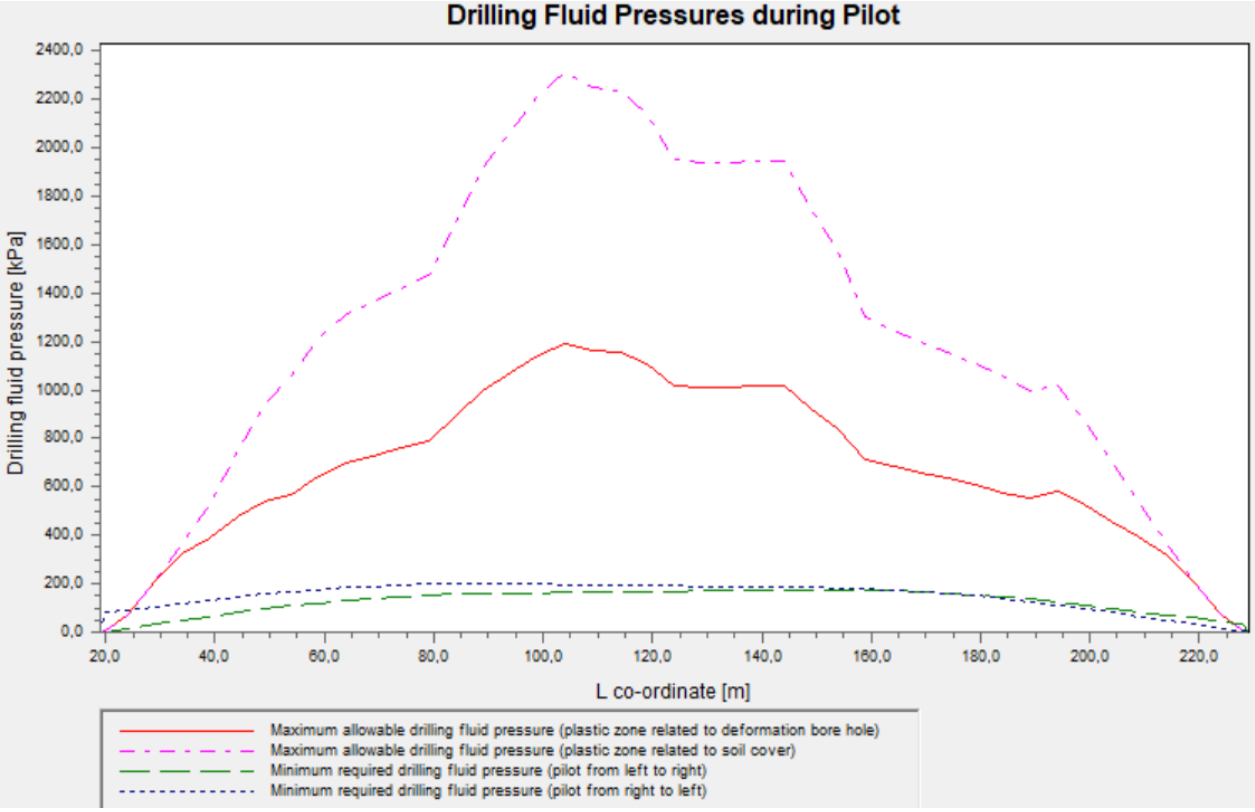
Voor de richting van de pilotboring wordt verwezen naar Tabel 3.4. Tijdens de boringen dient rekening te worden gehouden met de boorspoeldruk zoals deze is weergegeven in Figuur 5.1 en Figuur 5.2.

Uit de resultaten blijkt dat de boorspoeldrukken voldoen. Alleen over de laatste paar meter van de pilotboringen bestaat een kans op een blow-out. De lengte waarover dit optreedt is orde grootte 5 m bij de

HDD’s op het strand. Omdat hier het uittredepunt op de kraanopstelplaats ligt en er geen risico voor de zeewering ontstaat hoeven geen mitigerende maatregelen worden genomen.
Bij de HDD’s die de zeewering kruisen is de lengte waarover dit optreedt circa 5 m. Ter plaatse van de oostelijke rand van de Maasvlakteweg is de berekende boorspoeldruk tijdens de pilotfase circa 60 kN/m². De toelaatbare boorspoeldruk bedraagt hier circa 240 kN/m². De marge is hier ruim voldoende. Ook hier zijn geen mitigerende maatregelen benodigd. De berekende boorspoeldrukken zijn mede beperkt omdat het intredepunt circa 2 m lager ligt dan het uittredepunt. Overwogen kan worden om tijdens de uitvoering van de HDD’s de sloot ten oosten van de Maasvlakteweg lokaal te dempen.



Figuur 5.1 Boorspoeldruk tijdens de pilotfase HDD’s op het strand (483 m)



Figuur 5.2 Boorspoeldruk tijdens de pilotfase HDD's kruisend met de zeewering (213 m)

5.3.2 Spanningen en vervormingen van de mantelbuis

Op basis van de uitgevoerde D-Geo Pipeline berekeningen in bijlage 5 en 6 voldoen de mantelbuizen in alle spanningscombinaties die getoetst worden. Uitgangspunt is dat de mantelbuizen niet gepigd hoeven te worden.

HDD's op het strand (483 m)

Tabel 5.3 Optredende spanningen in PE 250 mm mantelbuizen bij HDD's op het strand (483 m)

	Maximaal toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings-combinatie 1A (begin trekoperatie)	Spannings-combinatie 1B (einde van trekoperatie)	Spannings-combinatie 2 (intern op druk brengen)	Spannings-combinatie 3 (bedrijfsfase, niet op druk) (1)	Spannings-combinatie 4 (bedrijfsfase, op druk) (1)
Sigma_ ptest	10,00 (kort)	-	-	0,2	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axial	10,00 (kort)	3,1	3,1	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,8
Sigma_tang	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang	8,00 (lang)	-	-	-	1,9	1,9

(1) Voor de vervolgfase dient beoordeeld te worden in hoeverre de toelaatbare spanningen niet worden overschreden wanneer rekening wordt gehouden met aanvullende reductiefactoren door warmteafdracht van de elektrakabel naar de mantelbuis (zie paragraaf 3.17).

De deflectie bedraagt 3,5 mm en is daarmee minder dan de maximaal toelaatbare 20,0 mm voor deflectie.

Tabel 5.4 Optredende spanningen in PE 110 mm mantelbuizen bij HDD's op het strand (483 m)

	Maximaal toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings-combinatie 1A (begin trekoperatie)	Spannings-combinatie 1B (einde van trekoperatie)	Spannings-combinatie 2 (intern op druk brengen)	Spannings-combinatie 3 (bedrijfsfase, niet op druk)	Spannings-combinatie 4 (bedrijfsfase, op druk)
Sigma_ ptest	10,00 (kort)	-	-	0,2	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axial	10,00 (kort)	2,8	2,8	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (lang)	-	-	-	0,1	0,7
Sigma_tang	10,00 (kort)	-	0,3	-	-	-
Sigma_tang	8,00 (lang)	-	-	-	1,7	1,7

De deflectie bedraagt 1,4 mm en is daarmee minder dan de maximaal toelaatbare 8,8 mm voor deflectie.

HDD's kruisend met de zeewering (213 m)

Tabel 5.5 Optredende spanningen in PE 250 mm mantelbuizen bij HDD's op het strand (213 m)

	Maximaal toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings-combinatie 1A (begin trekoperatie)	Spannings-combinatie 1B (einde van trekoperatie)	Spannings-combinatie 2 (intern op druk brengen)	Spannings-combinatie 3 (bedrijfsfase, niet op druk) (1)	Spannings-combinatie 4 (bedrijfsfase, op druk) (1)
Sigma_ ptest	10,00 (kort)	-	-	0,2	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axial	10,00 (kort)	0,9	3,4	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,8
Sigma_tang	10,00 (kort)	-	0,9	-	-	-
Sigma_tang	8,00 (lang)	-	-	-	4,1	4,1

(1) Voor de vervolgfase dient beoordeeld te worden in hoeverre de toelaatbare spanningen niet worden overschreden wanneer rekening wordt gehouden met aanvullende reductiefactoren door de warmteafdracht van de elektrakabel naar de mantelbuis (zie paragraaf 3.17).

De deflectie bedraagt 7,9 mm en is daarmee minder dan de maximaal toelaatbare 20,0 mm voor deflectie.

Tabel 5.6 Optredende spanningen in PE 110 mm mantelbuizen bij bij HDD's op het strand (213 m)

	Maximaal toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings-combinatie 1A (begin trekoperatie)	Spannings-combinatie 1B (einde van trekoperatie)	Spannings-combinatie 2 (intern op druk brengen)	Spannings-combinatie 3 (bedrijfsfase, niet op druk)	Spannings-combinatie 4 (bedrijfsfase, op druk)
Sigma_ ptest	10,00 (kort)	-	-	0,2	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axial	10,00 (kort)	0,6	3,1	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (lang)	-	-	-	0,1	0,7
Sigma_tang	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tang	8,00 (lang)	-	-	-	3,9	3,9

De deflectie bedraagt 3,3 mm en is daarmee minder dan de maximaal toelaatbare 8,8 mm voor deflectie.

5.3.3 Benodigde trekkracht bij het intrekken van de leiding

De benodigde trekkracht die nodig is om de leidingbundel het boorgat in te trekken is gegeven in Tabel 5.7. De benodigde trekkracht per leiding is kleiner dan de toelaatbare trekkracht.

Tabel 5.7 Benodigde trekkracht versus toelaatbare trekkracht

		HDD's op het strand (483 m)	HDD's kruisend met zeewering (213 m)
Totaal benodigde trekkracht (exclusief factor)	[kN]	81	87
Totaal benodigde trekkracht (inclusief factor 1,8 in verband met bundel)	[kN]	146	157
Aantal leidingen	[stuks]	5	5
Trekkracht per leiding (inclusief factor 1,8)	[kN]	29	31
Toelaatbare trekkracht PE 250 mm SDR11 (bron: Pipelife)	[kN]	162	162
Toelaatbare trekkracht PE 110 mm SDR11 (bron: Pipelife)	[kN]	31	31

5.3.4 Kwel

Voor de HDD's op het strand is er gezien de grondopbouw en grondwaterstanden geen kans op kwel aanwezig. Er worden namelijk geen grondlagen doorboord met een afwijkende grondwaterstand. Daarnaast worden de boringen buitendijks (ten westen van de zeewering) uitgevoerd.

Voor de HDD's kruisend met de zeewering is gezien de grondopbouw en grondwaterstanden de kans op kwel zeer beperkt. Ook hier worden namelijk geen grondlagen doorboord met een afwijkende grondwaterstand. Het strandniveau ter plaatse van het intredepunt ligt tevens lager dan het uittredepunt.

Daarnaast is de waterstand tijdens springtij (HW springtij NAP +1,32 m) nog steeds lager dan het bodemniveau in de sloot nabij het uittredepunt (NAP +4,3 m).
Ten gevolge van golfoploop en storm kunnen hogere waterstanden optreden. De kans dat hierdoor een kwelstroom tot ontwikkeling komt wordt niet reëel geacht. Maatregelen ten aanzien van kwel worden niet noodzakelijk geacht.

5.3.5 Implosie

De kans op implosie wordt door D-Geo Pipeline berekend voor twee situaties van de mantelbuizen:

- Tijdens het intrekken van de mantelbuizen tijdens de HDD-boring;
- Tijdens de ingebruikname op het diepste punt van de mantelbuizen.

Tijdens het intrekken van de PE mantelbuizen op het strand bedraagt de maximale vloeistofdruk 224 kN/m² en onder de zeewering 154 kN/m², dit is minder dan de maximale externe belasting van 1541 kN/m² voor de PE 250 mm mantelbuizen.
De waterdruk op het diepst gelegen punt van de mantelbuizen bedraagt 140 kN/m² voor de HDD op het strand en voor de HDD onder de zeewering 135 kN/m² bij een waterstand van NAP 0,0 m.
Indien de waterstand gelijk staat aan de kruin (circa NAP +12,8 m) is de waterdruk maximaal 268 kN/m² voor de HDD's op het strand, omdat de boring hier het diepste zit. Dit is nog steeds minder dan de maximaal toelaatbare externe druk van 277 kN/m² van de PE 250 mm leiding, waardoor de leiding voldoet.

De PE 110 leidingen voldoen eveneens aan het criterium implosie.

5.4 Deformatie maaiveld

Ten gevolge van de HDD's zal er een beperkte maaiveldzakking optreden. Daar waar de gronddekking het kleinste is, is deze maaiveldzakking het grootst. Voor de boringen op het strand zijn deze maaiveldzakkingen geen probleem. Ter plaatse van de zeewering is de gronddekking dusdanig groot dat de impact verwaarloosbaar is. Ter plaatse van de Maasvlakteweg is de gronddeking circa 5 m en voldoet aan de vereiste gronddekkking uit de NEN3651.

5.5 Uitvoeringsaspecten HDD's

Voor het vaststellen van het uitvoeringsontwerp en de daadwerkelijke uitvoering dient onder andere rekening te zijn gehouden met de volgende aspecten:

- Het advies is om blow-out risico's tot een minimum te beperken. Tijdens de uitvoering wordt geadviseerd de mud-drukken nauwlettend in de gaten te houden en waar nodig bij te stellen.
- In verband met nazakking van de geboorde leiding in de boorgang, wordt geadviseerd de verbinding met de veldstrekkingen (uitvoering in open ontgraving) niet direct na de uitvoering van de HDD's te maken. Het advies is om minimaal een tussenliggende tijdsperiode van één week aan te houden.
- Aanvullend grondonderzoek moet ter verificatie worden uitgevoerd alvorens de HDD's kunnen worden uitgevoerd. Het uit te voeren aanvullende grondonderzoek is gegeven in [Ref. 5].
- Door middel van een gyroscoop dient de locatiebepaling van de boorkop te worden vastgesteld.
- De aannemer dient voorafgaand aan de uitvoering met de vergunningverlener af te stemmen of de mantelbuizen sterktebeproevingstesten moeten ondergaan alvorens deze mantelbuizen kunnen worden ingetrokken. Het uitgangspunt hieromtrent dient voorafgaand aan de prijsvorming van de aannemer inzichtelijk te zijn.

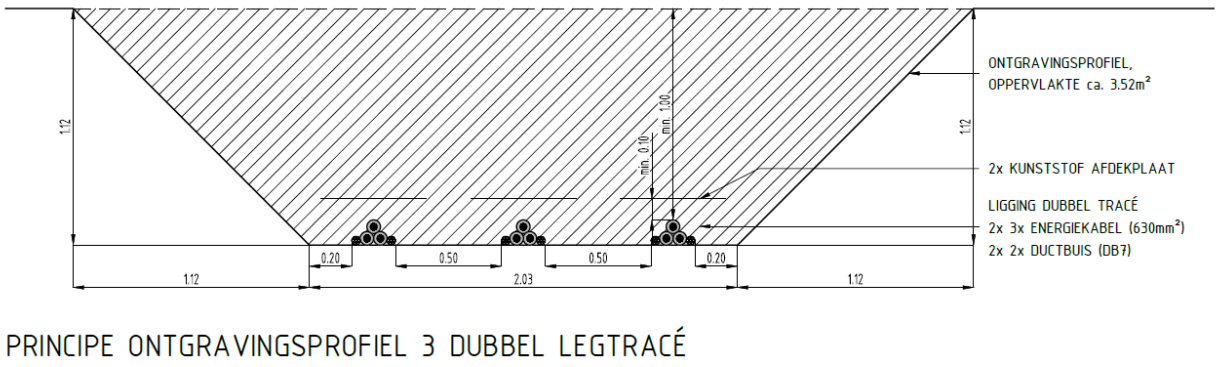
6 Ontwerp en leidingberekening aansluiting inkoopstation

Vanaf het uittredepunt van de HDD onder de zeewering wordt de bekabeling in open ontgraving gelegd om vervolgens aan te sluiten op het inkoopstation. In Figuur 6.1 is een doorsnede van de kabelsleuf in open ontgraving gegeven. Aandachtspunten zijn:

- Aansluiting bekabeling aan de zuidzijde van het inkoopstation
- Muur- of vloerdoorvoeren (waterdicht uitvoeren).
- Zakkingverschil tussen grond naast het inkoopstation en het inkoopstation zelf.
- Overlengte in verband met toekomstige aanpassingen aan de bekabeling wordt voorzien ter hoogte van de parkeervakken / afrit van de Maasvlakteweg.
- Voor het invoeren van de bekabeling in het inkoopstation wordt rekening gehouden met een radius van 1,5 m.
- De ontgravingscontour van de aan te leggen bekabeling blijft buiten de oostelijke k&l strook van HbR.

De bekabeling wordt in mantelbuizen het inkoopstation ingeleid. Hiervoor zullen nog leidingsterkteberekeningen uitgevoerd worden in de vervolgfase.

In de vervolgfase wordt ook het ontwerp van de aansluiting op het inkoopstation nader uitgewerkt.



Figuur 6.1 Principe kabelsleuf in open sleuf

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Voor de verbinding van de windturbines op de zachte zeewering wordt de bekabeling door middel van HDD bundelboringen gerealiseerd. De bekabeling die in PE mantelbuizen komt zal ter plaatse van de windturbines onder een aan te brengen steenbestorting aansluiten op de monopile (fundatie windturbine). Door middel van deze steenbestorting wordt voorkomen, dat de mantelbuizen bloot komen te liggen door lokale erosie. Tussen de windturbines liggen de mantelbuizen eveneens voldoende diep voor erosie.
Ter hoogte van windturbine ZZ-05 worden de zachte zeewering en de Maasvlakteweg gekruist door middel van 3 stuks HDD bundelboringen. Het aansluitende kabeltracé op het inkoopstation vanaf het uittredepunt van de HDD onder de zeewering wordt in open ontgraving uitgevoerd.

De kabeltracés (inclusief HDD bundelboringen) zijn op hoofdlijnen afgestemd met HbR en RWS. In de vervolgfase zullen eventuele details verder worden uitgewerkt en afgestemd.

Op basis van de uitgevoerde berekeningen voor de PE mantelbuizen met een uitwendige diameter van 250 mm en 110 mm is geconcludeerd, dat SDR 11 buizen kunnen worden toegepast voor de verbinding van de windturbines op het strand met de HDD's op het strand en onder de zachte zeewering. De berekende leidingspanningen en deflecties zijn toelaatbaar.
De toelaatbare trekkrachten worden evenmin overschreden tijdens het intrekken van de mantelbuizen. De benodigde boorspoeldrukken blijven eveneens onder de toelaatbare waarden.

7.2 Aanbevelingen

- Vooralsnog is dit ontwerp gebaseerd op de beschikbare sonderingen. Alvorens het ontwerp definitief kan worden gemaakt dient het aanvullende grondonderzoek (conform [ref. 5]) te worden vergeleken met de thans beschikbare grondonderzoeksresultaten. Indien noodzakelijk dient het ontwerp te worden bijgesteld.
- Voorafgaand aan de uitvoering dient de booraannemer een boorplan op te stellen. Dit boorplan maakt derhalve geen onderdeel uit van de vergunningaanvraag. Vooralsnog is niet inzichtelijk welk materieel de booraannemer tijdens de uitvoering wil inzetten.
- In het boorplan van de aannemer dient rekening te worden gehouden met de dan geldende voorwaarden uit het Besluit Bodemkwaliteit waarin wordt gesteld dat bouwstoffen niet mogen worden geleverd en toegepast zonder een geldige milieuhygiënische verklaring.
- Met betrekking tot de boorspoeldrukken van de HDD's tijdens de pilotboring is er een risico op een blow-out over enkele meters voor het uittredepunt van de boring. Dit risico wordt verlaagd door de boorvloeistofdruk aan het einde van de pilotboring te verlagen of het maaiveld te verzwaren. Of dergelijke maatregelen noodzakelijk wordt beoordeeld in een latere fase op basis van het boorplan van de booraannemer.
- Voor de vervolgfase moet worden onderzocht wat de optimalisatie mogelijkheden zijn ten aanzien van type kabels (aluminium of koper). Momenteel is uitgegaan van aluminium kabels.
- Voor de vervolgfase moet worden onderzocht tot welke temperatuur de mantelbuizen werkelijk kunnen opwarmen en in hoeverre reductiefactoren op de sterkte noodzakelijk zijn (zie paragraaf 3.17). Daarnaast zal worden beoordeeld in hoeverre de diameters van de mantelbuizen geoptimaliseerd kunnen worden (zie paragraaf 3.12).
- In de vervolgfase dient het principe ontwerp en de keuze van de toe te passen materialen voor de aansluitingen op de monopile nader worden uitgewerkt. Daarbij dient rekening te worden gehouden

met een laterale verplaatsing van de monopile van circa 5 cm op aansluitniveau PE mantelbuizen. Tevens dient het detailontwerp van de aansluitingen, fundatie en mantelbuizen te worden uitgewerkt.

- In de vervolgfase dienen de eisen vanuit de beheerders van de overige nutsvoorzieningen in de k&l strook van HbR verder inzichtelijk te worden gemaakt.

Bijlage 1

Tekeningen

Bijlage 2

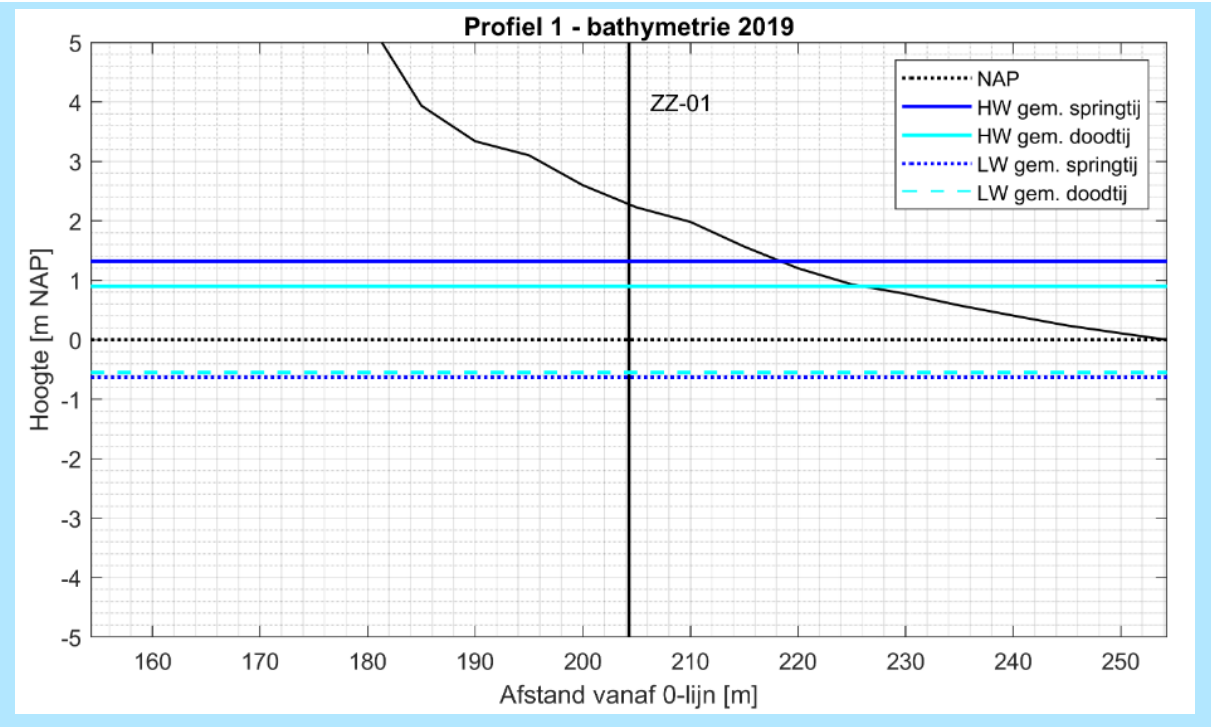
Geotechnische onderzoeken

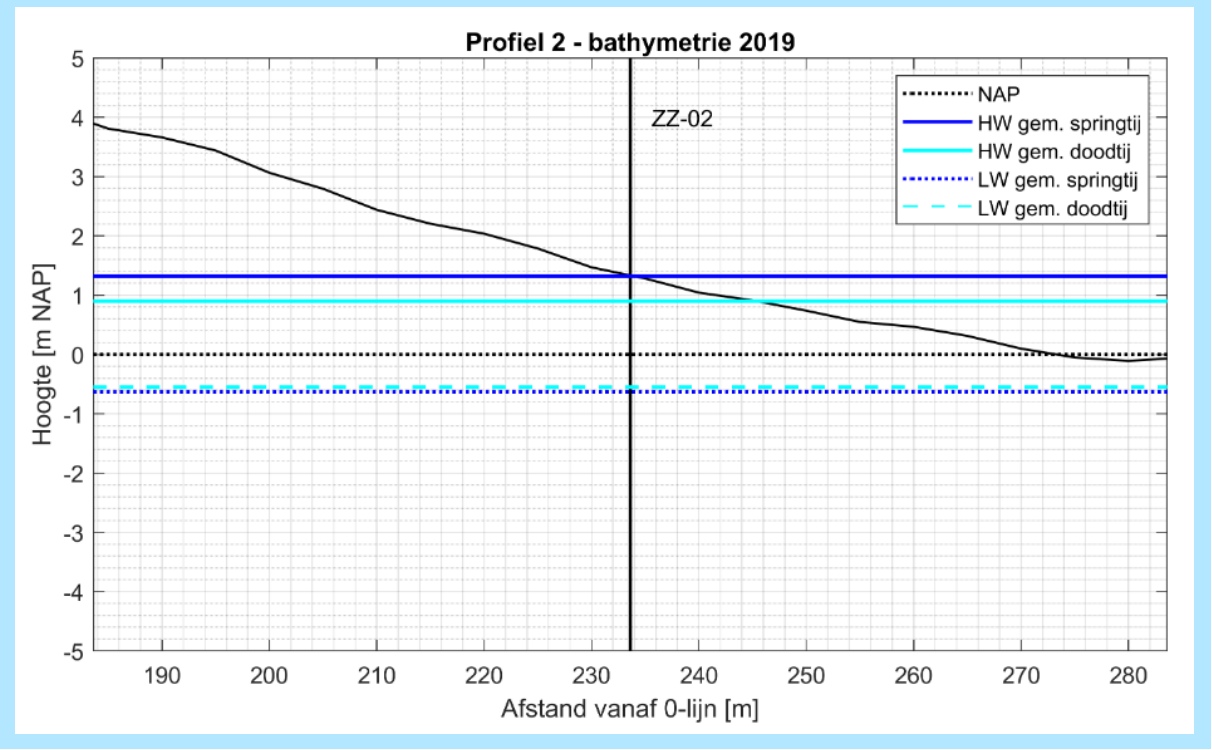
Bijlage 3

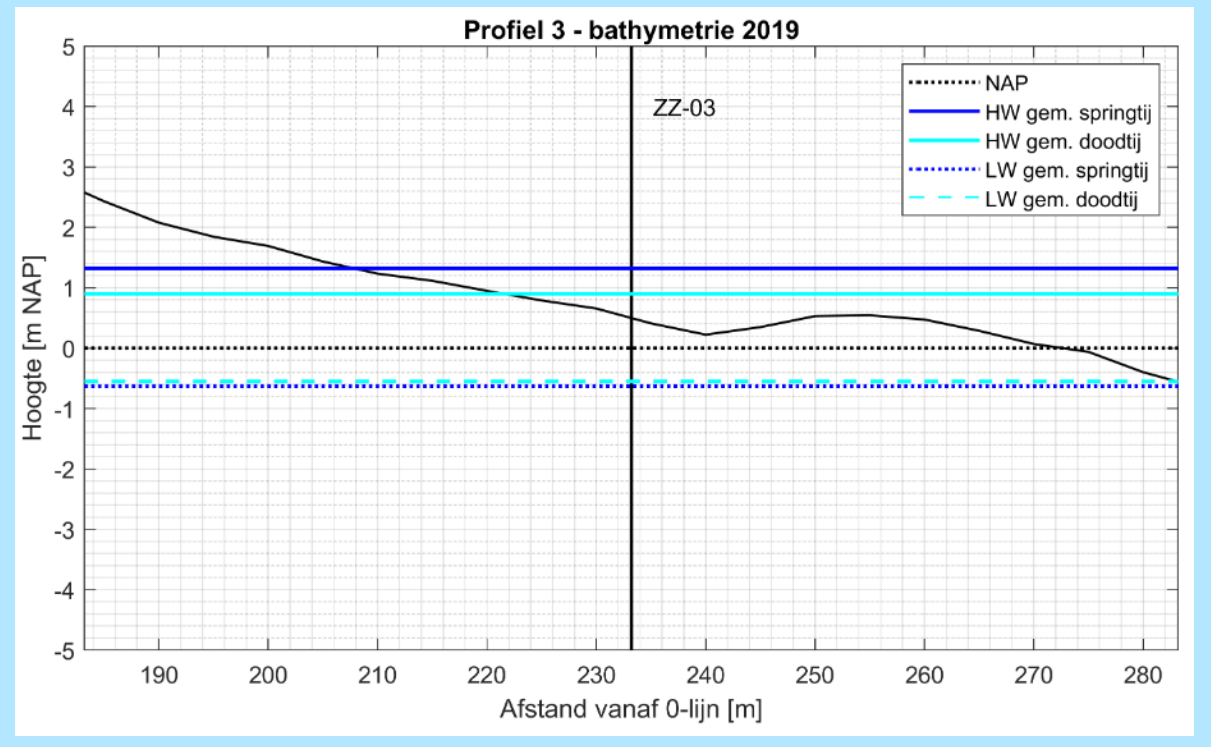
Berekeningen Sigma

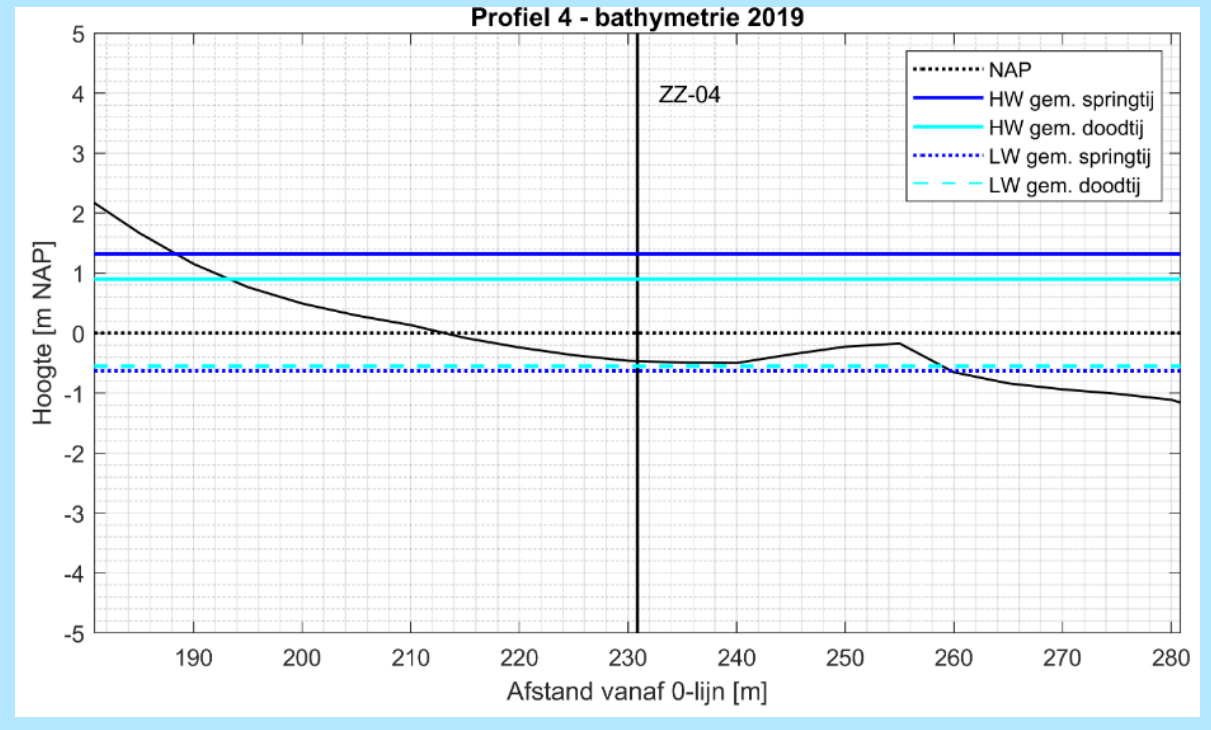
Bijlage 4

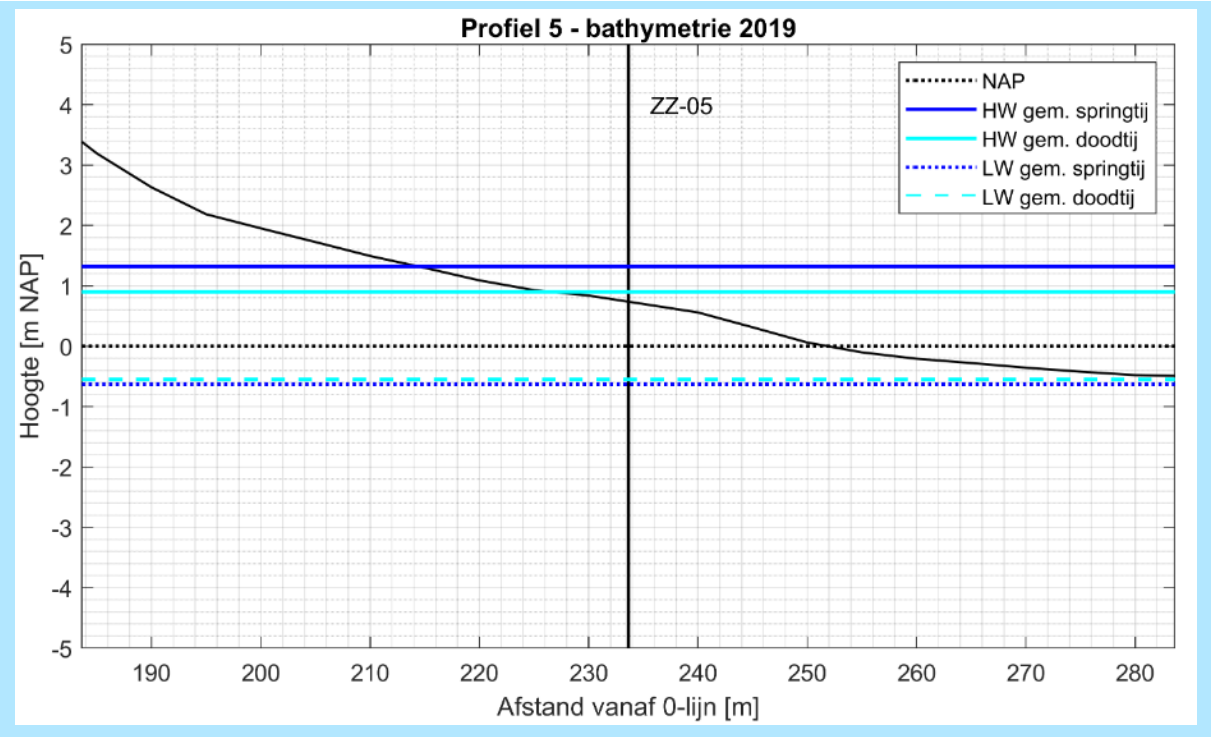
Gemeten maaiveld- en bodemniveaus nabij turbinelocaties

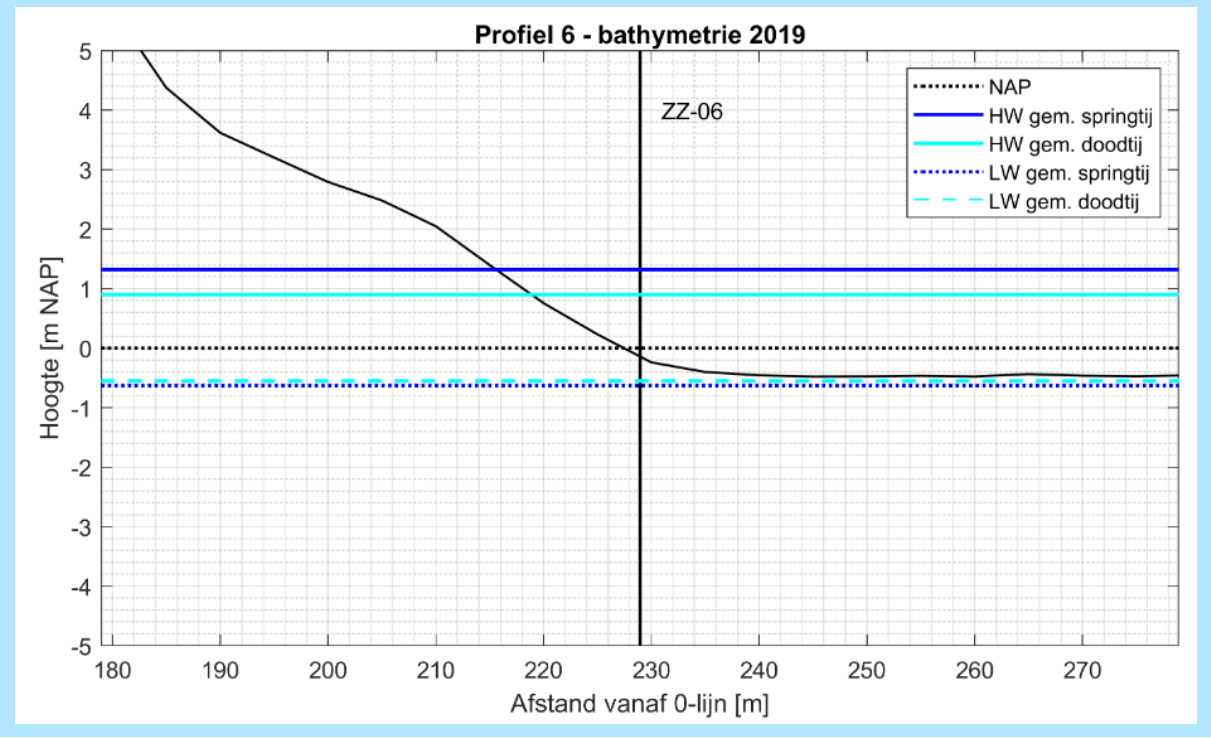

Profiel 1 - bathymetrie 2019
ZZ-01
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250

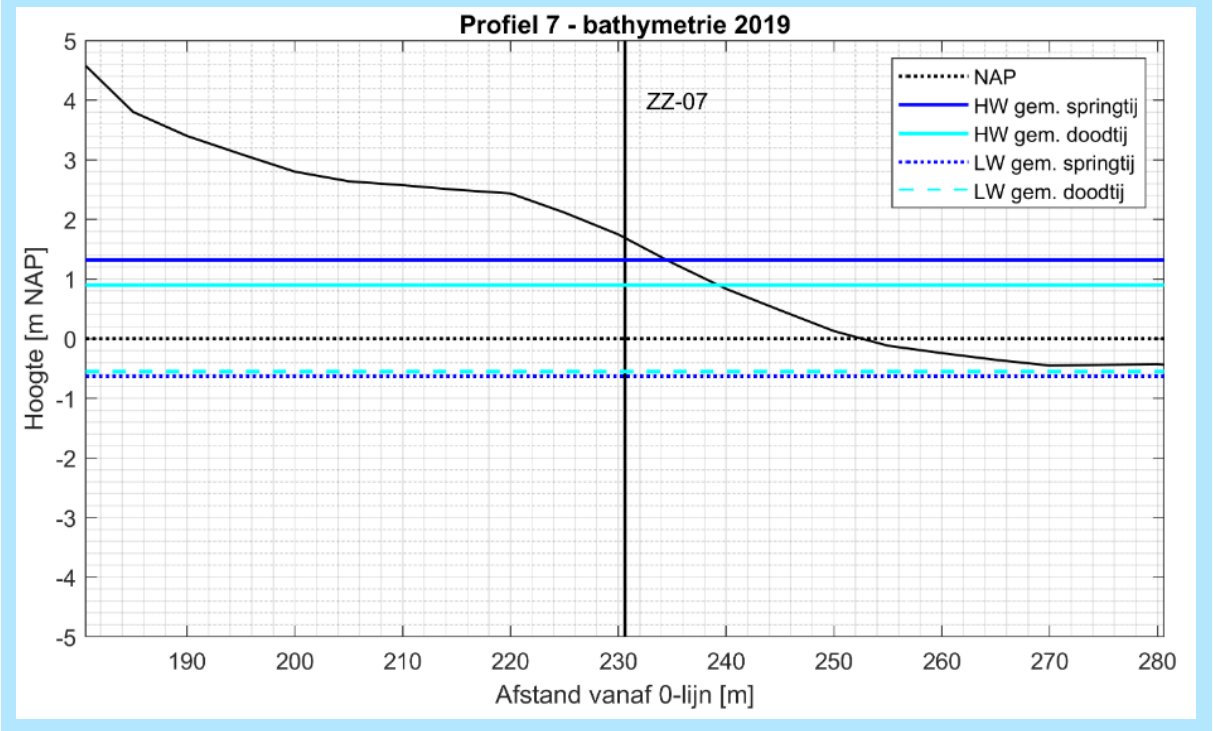

Profiel 2 - bathymetrie 2019
ZZ-02
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280

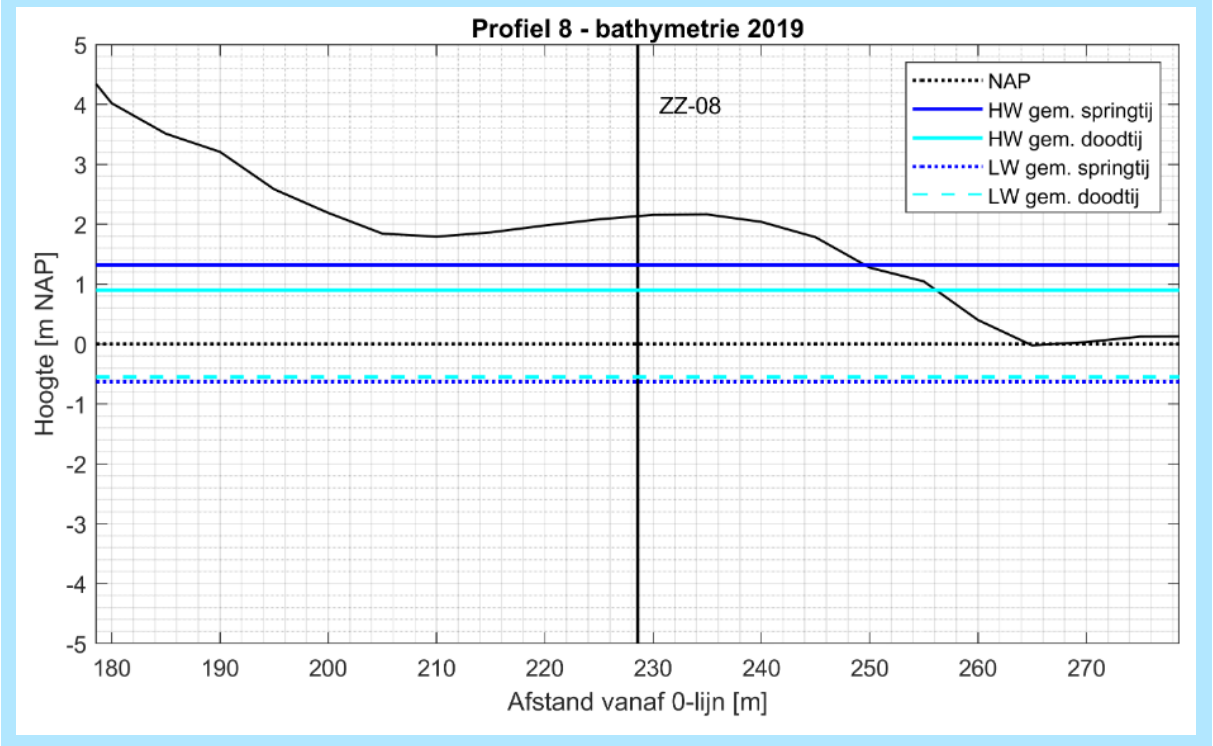

Profiel 3 - bathymetrie 2019
ZZ-03
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280

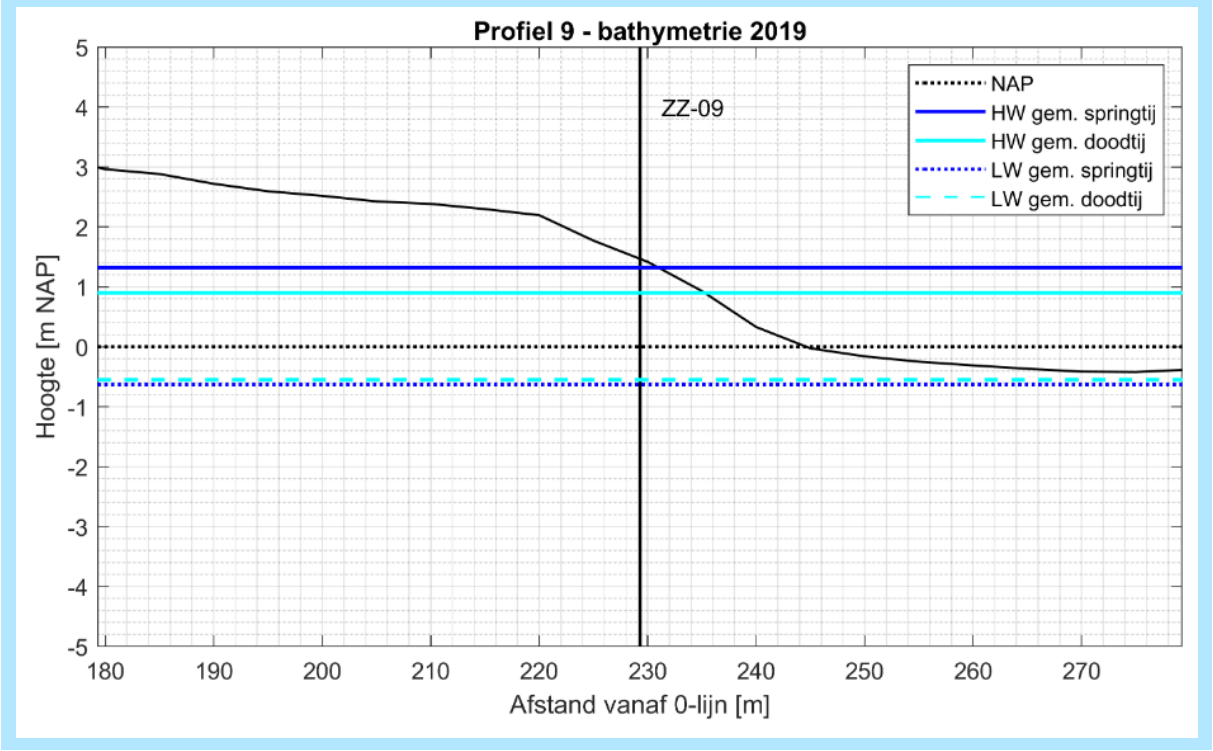

Profiel 4 - bathymetrie 2019
ZZ-04
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280

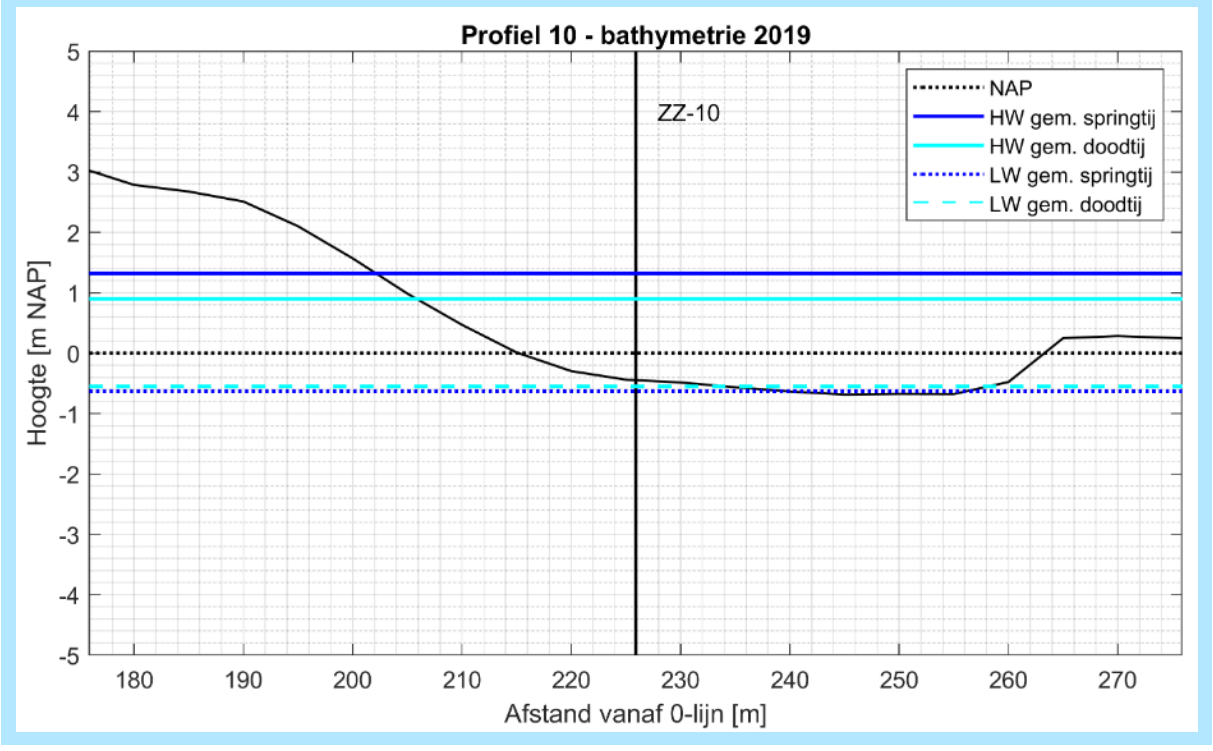

Profiel 5 - bathymetrie 2019
ZZ-05
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]

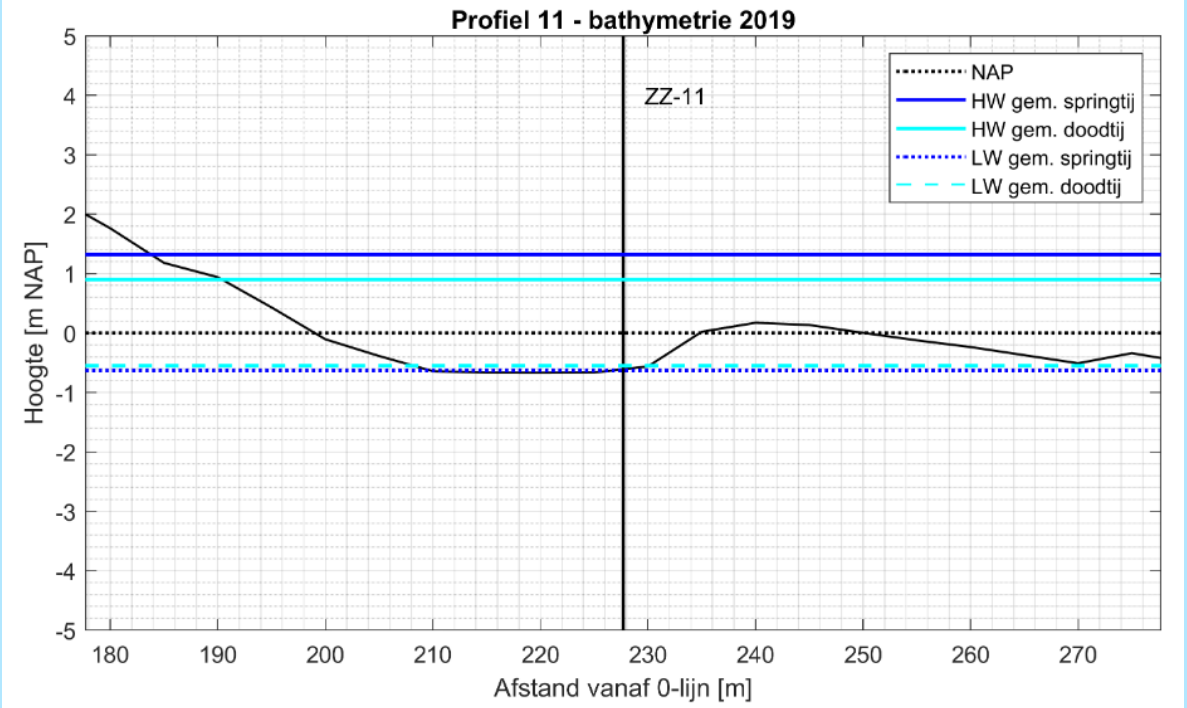

Profiel 6 - bathymetrie 2019
ZZ-06
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]

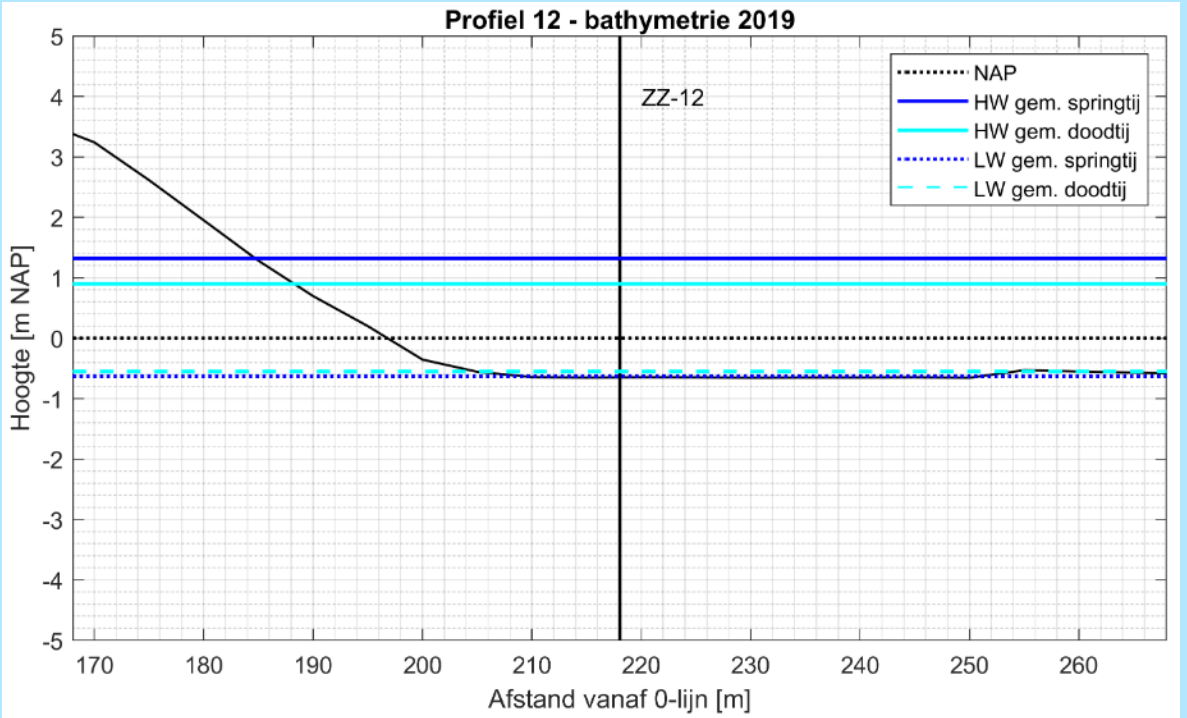

Profiel 7 - bathymetrie 2019
ZZ-07
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280


Profiel 8 - bathymetrie 2019
ZZ-08
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270


Profiel 9 - bathymetrie 2019
ZZ-09
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270


Profiel 10 - bathymetrie 2019
ZZ-10
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270


Profiel 11 - bathymetrie 2019
ZZ-11
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]


Profiel 12 - bathymetrie 2019
ZZ-12
NAP
HW gem. springtij
HW gem. doodtij
LW gem. springtij
LW gem. doodtij
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]

Bijlage 5

D-Geo Pipeline rapportages HDD's op het strand (483 m)

Bijlage 6

D-Geo Pipeline rapportages HDD's kruisend met zeewering (213 m)

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ1 - ZZ2, STRING 4

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
419.94	423.88	+3.25	+3.25	0.00	0.00	-
410.00	413.59	+3.25	+0.59	-2.66	-2.66	-2.39
400.00	403.24	+3.25	-2.09	-5.34	-5.34	-5.06
390.00	392.88	+3.25	-4.77	-8.02	-8.02	-7.74
381.00	383.57	+3.25	-7.19	-10.44	-10.44	-10.16
370.00	372.26	+2.58	-9.80	-12.38	-13.05	-12.11
360.00	362.09	+2.57	-11.62	-14.19	-14.87	-13.92
350.00	352.01	+2.59	-12.92	-15.51	-16.17	-15.24
340.00	341.98	+2.65	-13.71	-16.36	-16.96	-16.09
329.24	331.21	+2.70	-14.00	-16.70	-17.25	-16.43
320.00	321.97	+2.80	-14.00	-16.80	-17.25	-16.53
310.00	311.97	+3.05	-14.00	-17.05	-17.25	-16.78
300.00	301.97	+3.07	-14.00	-17.07	-17.25	-16.80
290.00	291.97	+3.05	-14.00	-17.05	-17.25	-16.78
280.00	281.97	+3.15	-14.00	-17.15	-17.25	-16.88
270.00	271.97	+3.14	-14.00	-17.14	-17.25	-16.87
260.00	261.97	+3.06	-14.00	-17.06	-17.25	-16.79
250.00	251.97	+3.08	-14.00	-17.08	-17.25	-16.81
240.00	241.97	+3.01	-14.00	-17.01	-17.25	-16.74
230.00	231.97	+3.04	-14.00	-17.04	-17.25	-16.77
220.00	221.97	+3.09	-14.00	-17.09	-17.25	-16.82
210.00	211.97	+3.13	-14.00	-17.13	-17.25	-16.86
200.00	201.97	+3.03	-14.00	-17.03	-17.25	-16.76
190.00	191.97	+2.97	-14.00	-16.97	-17.25	-16.70
180.00	181.97	+3.04	-14.00	-17.04	-17.25	-16.77
170.00	171.97	+3.05	-14.00	-17.05	-17.25	-16.78
160.00	161.97	+2.97	-14.00	-16.97	-17.25	-16.70
150.00	151.97	+2.98	-14.00	-16.98	-17.25	-16.71
140.00	141.97	+3.00	-14.00	-17.00	-17.25	-16.73
130.00	131.97	+2.95	-14.00	-16.95	-17.25	-16.68
120.00	121.97	+3.08	-14.00	-17.08	-17.25	-16.81
110.00	111.97	+3.04	-14.00	-17.04	-17.25	-16.77
100.00	101.97	+2.99	-14.00	-16.99	-17.25	-16.72
90.71	92.68	+3.03	-14.00	-17.03	-17.25	-16.76
80.00	81.96	+2.98	-13.71	-16.69	-16.96	-16.42
70.00	71.93	+2.92	-12.93	-15.84	-16.18	-15.57
60.00	61.85	+2.93	-11.63	-14.56	-14.88	-14.29
50.00	51.68	+2.94	-9.81	-12.75	-13.06	-12.47
38.95	40.32	+3.25	-7.19	-10.44	-10.44	-10.16
30.00	31.06	+3.25	-4.79	-8.04	-8.04	-7.76
20.00	20.71	+3.25	-2.11	-5.36	-5.36	-5.08
10.00	10.35	+3.25	+0.57	-2.68	-2.68	-2.40
0.00	0.00	+3.25	+3.25	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.32 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=238.53 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=40.32

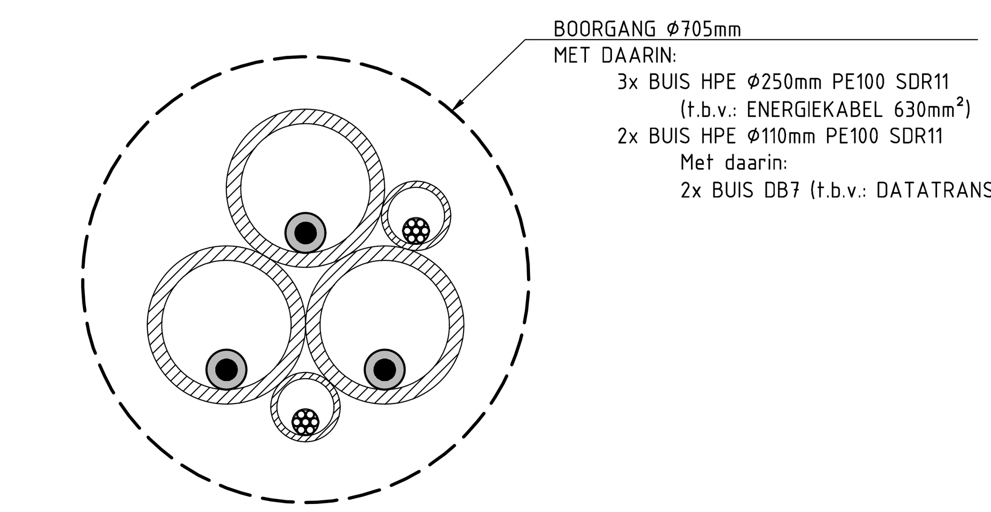
PROFIEL ZEEWERING ZZ1 - ZZ2, STRING 4

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 01			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57995.15	444226.31	3.25
Tv1	57972.14	444194.89	-7.19
Tv2	57941.55	444153.13	-14.00
Tv3	57800.59	443960.71	-14.00
Tv4	57770.01	443918.95	-7.18
Uittrede	57746.99	443887.53	3.25

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

Eneco

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

Royal HaskoningDHV — Enhancing Society Together

HaskoningDHV Nederland B.V. Water

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ1 - ZZ2 (STRING 4) HDD 01

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	01	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

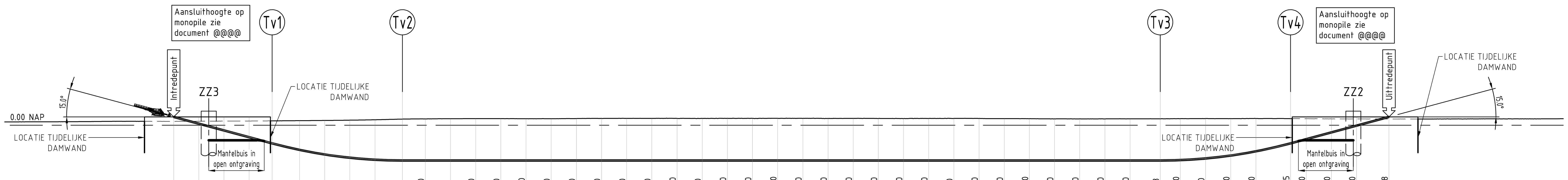
Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Team\BG8375 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ2 - ZZ3, STRING 4

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
39.13	40.51	+1.72	-7.18	-8.90	-10.48	-8.62
50.00	51.69	+1.80	-9.77	-11.57	-13.07	-11.30
60.00	61.85	+1.89	-11.60	-13.49	-14.90	-13.21
70.00	71.94	+2.01	-12.90	-14.91	-16.20	-14.64
80.00	81.97	+2.16	-13.70	-15.86	-17.00	-15.59
90.89	92.87	+2.43	-14.00	-16.43	-17.30	-16.16
100.00	101.98	+2.50	-14.00	-16.50	-17.30	-16.23
110.00	111.98	+2.56	-14.00	-16.56	-17.30	-16.29
120.00	121.98	+2.63	-14.00	-16.63	-17.30	-16.36
130.00	131.98	+2.62	-14.00	-16.62	-17.30	-16.35
140.00	141.98	+2.58	-14.00	-16.58	-17.30	-16.31
150.00	151.98	+2.58	-14.00	-16.58	-17.30	-16.31
160.00	161.98	+2.63	-14.00	-16.63	-17.30	-16.36
170.00	171.98	+2.70	-14.00	-16.69	-17.30	-16.42
180.00	181.98	+2.71	-14.00	-16.71	-17.30	-16.44
190.00	191.98	+2.70	-14.00	-16.70	-17.30	-16.43
200.00	201.98	+2.70	-14.00	-16.70	-17.30	-16.43
210.00	211.98	+2.70	-14.00	-16.70	-17.30	-16.43
220.00	221.98	+2.74	-14.00	-16.74	-17.30	-16.47
230.00	231.98	+2.70	-14.00	-16.70	-17.30	-16.43
240.00	241.98	+2.73	-14.00	-16.73	-17.30	-16.46
250.00	251.98	+2.72	-14.00	-16.72	-17.30	-16.45
260.00	261.98	+2.69	-14.00	-16.69	-17.30	-16.42
270.00	271.98	+2.72	-14.00	-16.72	-17.30	-16.45
280.00	281.98	+2.68	-14.00	-16.68	-17.30	-16.41
290.00	291.98	+2.65	-14.00	-16.65	-17.30	-16.38
300.00	301.98	+2.69	-14.00	-16.69	-17.30	-16.42
310.00	311.98	+2.69	-14.00	-16.69	-17.30	-16.42
320.00	321.98	+2.69	-14.00	-16.69	-17.30	-16.42
330.00	331.98	+2.62	-14.00	-16.62	-17.30	-16.35
340.00	341.98	+2.59	-14.00	-16.59	-17.30	-16.32
350.00	351.98	+2.53	-14.00	-16.53	-17.30	-16.26
360.00	361.98	+2.52	-14.00	-16.52	-17.30	-16.25
370.00	371.98	+2.50	-14.00	-16.50	-17.30	-16.23
380.00	381.98	+2.55	-14.00	-16.55	-17.30	-16.28
391.98	393.96	+2.54	-14.00	-16.54	-17.30	-16.27
400.00	401.98	+2.62	-13.84	-16.46	-17.14	-16.19
410.00	412.00	+2.64	-13.19	-15.83	-16.49	-15.56
420.00	422.07	+2.61	-12.03	-14.64	-15.33	-14.36
430.00	432.21	+2.67	-10.35	-13.03	-13.65	-12.75
443.75	446.32	+2.63	-7.19	-9.81	-10.49	-9.53
450.00	452.79	+3.30	-5.51	-8.81	-8.81	-8.53
460.00	463.15	+3.30	-2.83	-6.13	-6.13	-5.85
470.00	473.50	+3.30	-0.15	-3.45	-3.45	-3.17
482.88	486.83	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.51 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=301.09 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=40.51

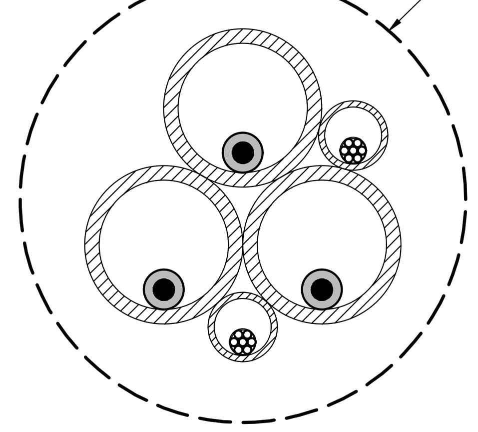
PROFIEL ZEEWERING ZZ2 - ZZ3, STRING 4

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 02			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57491.84	443510.59	3.30
Tv1	57513.80	443542.97	-7.18
Tv2	57542.86	443585.82	-14.00
Tv3	57711.85	443835.01	-14.00
Tv4	57740.91	443877.85	-7.18
Uittrede	57762.87	443910.23	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11
(t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11
Met daarin:
2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever
ENECO N.V.

project
AANLEG HDD
WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

Royal HaskoningDHV — Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

omschrijving
AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING
ZZ2 -ZZ3 (STRING 4)
HDD 02

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	02	20

projectnummer / tekeningnummer
BG8375-103-100-VO01

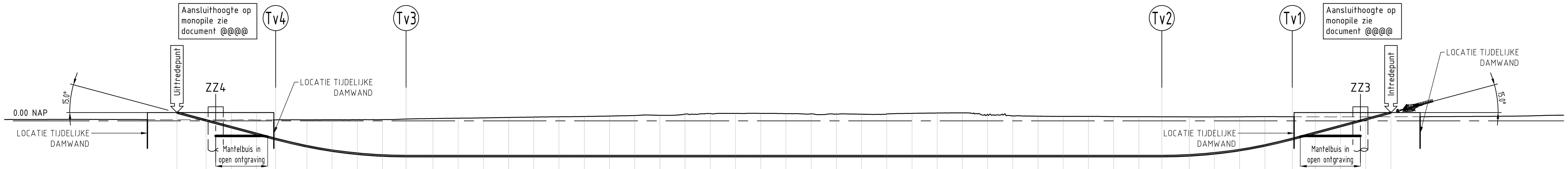
Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Team\BG8375 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ3 - ZZ4, STRING 4

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
481.55	485.51	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
470.00	473.55	+3.30	+0.20	-3.10	-3.10	-2.82
460.00	463.19	+3.30	-2.48	-5.78	-5.78	-5.50
450.00	452.84	+3.30	-5.16	-8.46	-8.46	-8.18
442.42	445.00	+0.40	-7.19	-7.58	-10.49	-7.30
430.00	432.23	+0.43	-10.09	-10.52	-13.39	-10.25
420.00	422.08	+0.47	-11.84	-12.31	-15.14	-12.04
410.00	412.01	+0.47	-13.06	-13.53	-16.36	-13.26
400.00	401.98	+0.50	-13.78	-14.29	-17.08	-14.02
390.66	392.64	+0.72	-14.00	-14.72	-17.30	-14.45
380.00	381.98	+0.92	-14.00	-14.92	-17.30	-14.65
370.00	371.98	+1.06	-14.00	-15.06	-17.30	-14.79
360.00	361.98	+1.19	-14.00	-15.19	-17.30	-14.92
350.00	351.98	+1.35	-14.00	-15.35	-17.30	-15.08
340.00	341.98	+1.51	-14.00	-15.51	-17.30	-15.24
330.00	331.98	+1.62	-14.00	-15.62	-17.30	-15.35
320.00	321.98	+1.74	-14.00	-15.74	-17.30	-15.47
310.00	311.98	+1.91	-14.00	-15.91	-17.30	-15.64
300.00	301.98	+2.13	-14.00	-16.13	-17.30	-15.86
290.00	291.98	+2.20	-14.00	-16.20	-17.30	-15.93
280.00	281.98	+2.71	-14.00	-16.71	-17.30	-16.44
270.00	271.98	+2.91	-14.00	-16.91	-17.30	-16.64
260.00	261.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
250.00	251.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
240.00	241.98	+2.88	-14.00	-16.88	-17.30	-16.61
230.00	231.98	+2.77	-14.00	-16.77	-17.30	-16.50
220.00	221.98	+2.73	-14.00	-16.73	-17.30	-16.46
210.00	211.98	+2.64	-14.00	-16.64	-17.30	-16.37
200.00	201.98	+2.69	-14.00	-16.69	-17.30	-16.42
190.00	191.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
180.00	181.98	+3.11	-14.00	-17.11	-17.30	-16.84
170.00	171.98	+3.17	-14.00	-17.17	-17.30	-16.90
160.00	161.98	+2.55	-14.00	-16.55	-17.30	-16.28
150.00	151.98	+1.97	-14.00	-15.97	-17.30	-15.70
140.00	141.98	+1.86	-14.00	-15.86	-17.30	-15.59
130.00	131.98	+1.77	-14.00	-15.77	-17.30	-15.50
120.00	121.98	+1.78	-14.00	-15.78	-17.30	-15.51
110.00	111.98	+1.69	-14.00	-15.69	-17.30	-15.42
100.00	101.98	+1.64	-14.00	-15.64	-17.30	-15.37
90.90	92.87	+1.62	-14.00	-15.62	-17.30	-15.35
80.00	81.97	+1.59	-13.70	-15.29	-17.00	-15.02
70.00	71.94	+1.58	-12.91	-14.49	-16.21	-14.22
60.00	61.85	+1.62	-11.60	-13.22	-14.90	-12.95
50.00	51.69	+1.69	-9.77	-11.46	-13.07	-11.19
39.13	40.51	+1.63	-7.19	-8.82	-10.49	-8.54
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.51 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=299.76 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=40.51

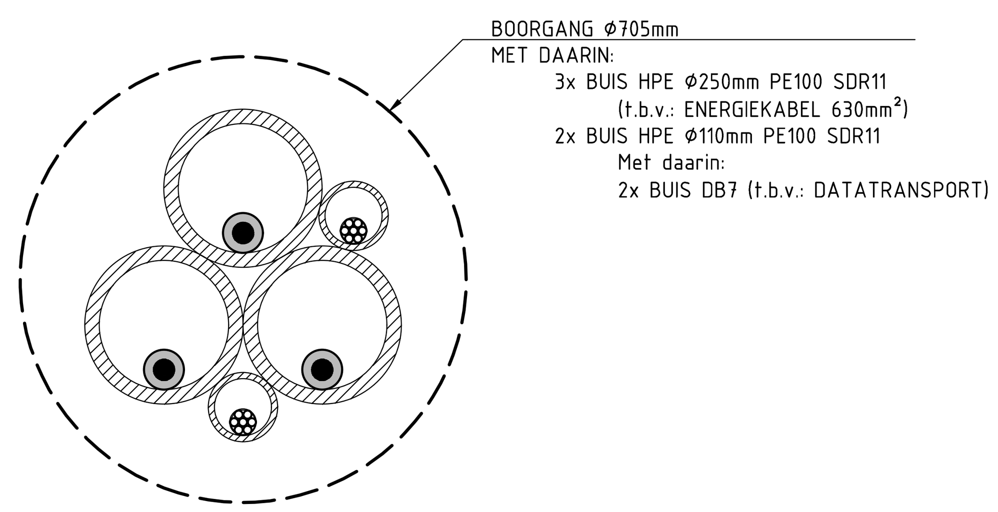
PROFIEL ZEEWERING ZZ3 - ZZ4, STRING 4

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 03			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57506.48	443533.11	3.30
Tv1	57486.02	443499.75	-7.18
Tv2	57458.97	443455.62	-14.00
Tv3	57302.27	443200.07	-14.00
Tv4	57275.22	443155.94	-7.18
Uittrede	57254.76	443122.58	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ2 - ZZ3 (STRING 4) HDD 03

HaskoningDHV Nederland B.V. Water

documentstatus | documentversie

formaat: A1 | schaal: 1:1000/1:25000 | fase: VO | bladnr. 03 | van 20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ4 - ZZ5, STRING 4

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
39.13	40.51	+1.30	-7.18	-8.49	-10.48	-8.21
50.00	51.69	+1.29	-9.77	-11.06	-13.07	-10.79
60.00	61.85	+1.30	-11.60	-12.89	-14.90	-12.62
70.00	71.94	+1.31	-12.90	-14.22	-16.20	-13.94
80.00	81.97	+1.31	-13.70	-15.01	-17.00	-14.74
90.89	92.87	+1.36	-14.00	-15.36	-17.30	-15.09
100.00	101.98	+1.40	-14.00	-15.40	-17.30	-15.13
110.00	111.98	+1.42	-14.00	-15.42	-17.30	-15.15
120.00	121.98	+1.45	-14.00	-15.45	-17.30	-15.18
130.00	131.98	+1.49	-14.00	-15.49	-17.30	-15.22
140.00	141.98	+1.51	-14.00	-15.51	-17.30	-15.24
150.00	151.98	+1.52	-14.00	-15.52	-17.30	-15.25
160.00	161.98	+1.55	-14.00	-15.55	-17.30	-15.28
170.00	171.98	+1.55	-14.00	-15.55	-17.30	-15.28
180.00	181.98	+1.55	-14.00	-15.55	-17.30	-15.28
190.00	191.98	+1.54	-14.00	-15.54	-17.30	-15.27
200.00	201.98	+1.52	-14.00	-15.52	-17.30	-15.25
210.00	211.98	+1.50	-14.00	-15.50	-17.30	-15.23
220.00	221.98	+1.47	-14.00	-15.47	-17.30	-15.20
230.00	231.98	+1.45	-14.00	-15.45	-17.30	-15.18
240.00	241.98	+1.42	-14.00	-15.42	-17.30	-15.15
250.00	251.98	+1.39	-14.00	-15.39	-17.30	-15.12
260.00	261.98	+1.36	-14.00	-15.36	-17.30	-15.09
270.00	271.98	+1.32	-14.00	-15.32	-17.30	-15.05
280.00	281.98	+1.31	-14.00	-15.31	-17.30	-15.04
290.00	291.98	+1.28	-14.00	-15.28	-17.30	-15.01
300.00	301.98	+1.27	-14.00	-15.27	-17.30	-15.00
310.00	311.98	+1.27	-14.00	-15.27	-17.30	-15.00
320.00	321.98	+1.29	-14.00	-15.29	-17.30	-15.02
330.00	331.98	+1.30	-14.00	-15.30	-17.30	-15.03
340.00	341.98	+1.30	-14.00	-15.30	-17.30	-15.03
350.00	351.98	+1.30	-14.00	-15.30	-17.30	-15.03
360.00	361.98	+1.28	-14.00	-15.28	-17.30	-15.01
370.00	371.98	+1.27	-14.00	-15.27	-17.30	-15.00
383.33	385.31	+1.24	-14.00	-15.24	-17.30	-14.97
390.00	391.98	+1.21	-13.89	-15.10	-17.19	-14.83
400.00	402.00	+1.16	-13.30	-14.46	-16.60	-14.19
410.00	412.06	+1.09	-12.21	-13.30	-15.51	-13.03
420.00	422.18	+0.99	-10.61	-11.60	-13.91	-11.33
430.00	432.41	+0.88	-8.48	-9.36	-11.78	-9.08
435.10	437.67	+0.83	-7.19	-8.02	-10.49	-7.74
450.00	453.10	+3.30	-3.19	-6.49	-6.49	-6.21
460.00	463.45	+3.30	-0.51	-3.81	-3.81	-3.53
474.23	478.18	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.51 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=292.44 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=40.51

PROFIEL ZEEWERING ZZ4 - ZZ5, STRING 4

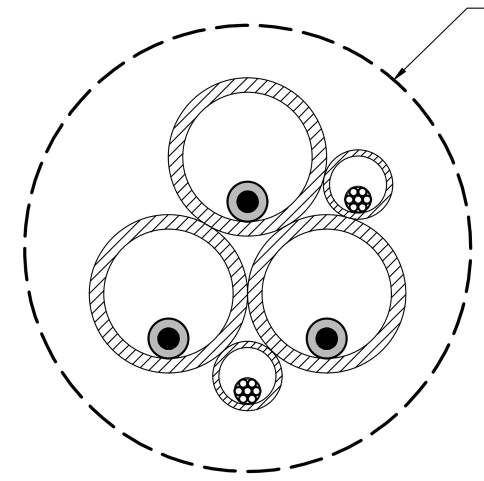
SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 04

	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57108.59	442698.89	3.30
Tv1	57121.75	442735.74	-7.18
Tv2	57139.15	442784.49	-14.00
Tv3	57237.48	443059.91	-14.00
Tv4	57254.89	443108.66	-7.19
Uittrede	57268.04	443145.51	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11
(t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11
Met daarin:
2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

Eneco

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ4 - ZZ5 (STRING 4) HDD 04

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	04	20

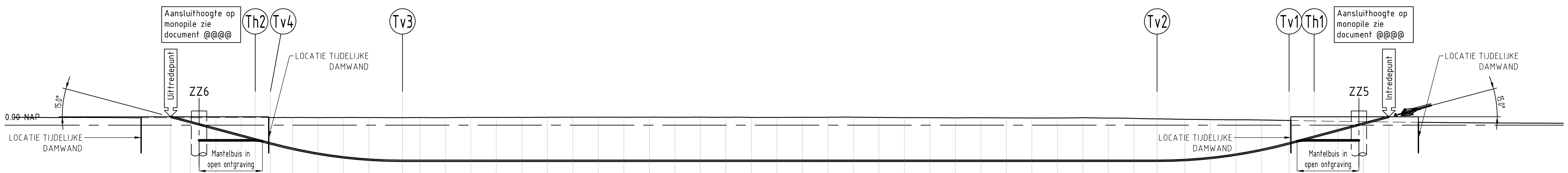
projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ5 - ZZ6, STRING 5B

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
477.70	481.66	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
470.00	473.68	+3.30	+1.24	-2.06	-2.06	-1.78
460.00	463.33	+3.30	-1.44	-4.74	-4.74	-4.46
450.00	452.98	+3.30	-4.12	-7.42	-7.42	-7.14
444.53	447.31	+3.30	-5.59	-8.89	-8.89	-8.61
438.57	441.14	+3.00	-7.19	-10.19	-10.49	-9.91
430.00	432.32	+3.03	-9.28	-12.31	-12.58	-12.03
420.00	422.13	+2.98	-11.23	-14.21	-14.53	-13.93
410.00	412.03	+3.02	-12.65	-15.67	-15.95	-15.40
400.00	401.99	+2.99	-13.56	-16.56	-16.86	-16.29
386.81	388.78	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
380.00	381.98	+3.00	-14.00	-17.00	-17.30	-16.73
370.00	371.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
360.00	361.98	+3.05	-14.00	-17.05	-17.30	-16.78
350.00	351.98	+3.04	-14.00	-17.04	-17.30	-16.77
340.00	341.98	+3.06	-14.00	-17.06	-17.30	-16.79
330.00	331.98	+3.10	-14.00	-17.10	-17.30	-16.83
320.00	321.98	+3.15	-14.00	-17.15	-17.30	-16.88
310.00	311.98	+3.15	-14.00	-17.15	-17.30	-16.88
300.00	301.98	+3.13	-14.00	-17.13	-17.30	-16.86
290.00	291.98	+3.16	-14.00	-17.16	-17.30	-16.89
280.00	281.98	+3.12	-14.00	-17.12	-17.30	-16.85
270.00	271.98	+3.16	-14.00	-17.17	-17.30	-16.90
260.00	261.98	+3.13	-14.00	-17.13	-17.30	-16.86
250.00	251.98	+3.05	-14.00	-17.05	-17.30	-16.78
240.00	241.98	+3.05	-14.00	-17.05	-17.30	-16.78
230.00	231.98	+3.09	-14.00	-17.09	-17.30	-16.82
220.00	221.98	+3.11	-14.00	-17.11	-17.30	-16.84
210.00	211.98	+3.15	-14.00	-17.15	-17.30	-16.88
200.00	201.98	+3.03	-14.00	-17.03	-17.30	-16.76
190.00	191.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
180.00	181.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
170.00	171.98	+2.88	-14.00	-16.88	-17.30	-16.61
160.00	161.98	+2.93	-14.00	-16.93	-17.30	-16.66
150.00	151.98	+2.88	-14.00	-16.88	-17.30	-16.61
140.00	141.98	+2.83	-14.00	-16.83	-17.30	-16.56
130.00	131.98	+2.84	-14.00	-16.84	-17.30	-16.57
120.00	121.98	+2.94	-14.00	-16.94	-17.30	-16.67
110.00	111.98	+2.79	-14.00	-16.79	-17.30	-16.52
100.00	101.98	+2.65	-14.00	-16.65	-17.30	-16.38
90.90	92.87	+2.48	-14.00	-16.48	-17.30	-16.21
80.00	81.97	+2.29	-13.70	-16.00	-17.00	-15.73
70.00	71.94	+2.18	-12.91	-15.09	-16.21	-14.82
60.00	61.85	+2.13	-11.60	-13.73	-14.90	-13.45
50.00	51.69	+2.04	-9.77	-11.81	-13.07	-11.53
39.13	40.51	+1.86	-7.19	-9.05	-10.49	-8.77
29.31	30.34	+3.30	-4.55	-7.85	-7.85	-7.57
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m):
Rv=∞/L⌒=40.51 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=295.91 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=10.17 — Rv=∞/L⌒=30.34
Rh=2292.24/L⌒=416.97
Rc>199.24/L⌒=52.36 — Rc>199.24/L⌒=52.36

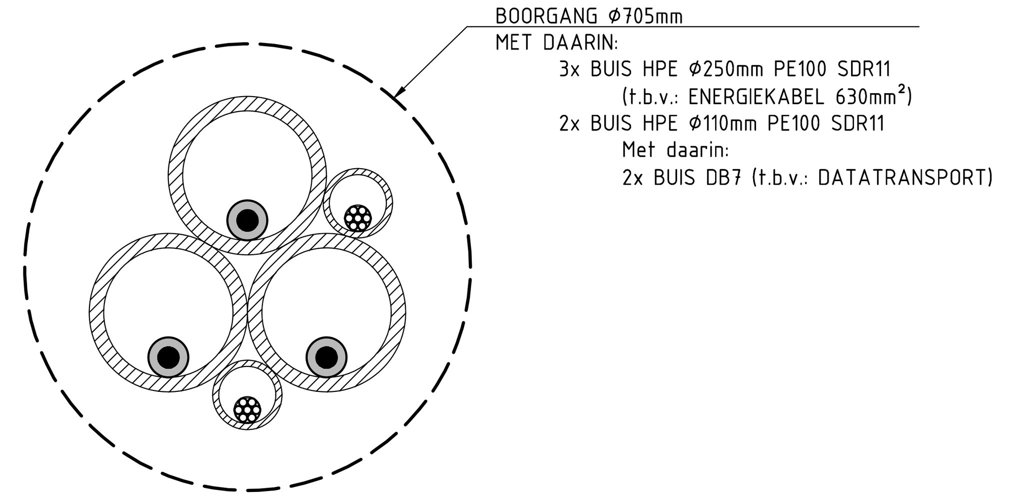
PROFIEL ZEEWERING ZZ5 - ZZ6, STRING 5B

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 05			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57116.47	442724.44	3.30
Th1	57110.13	442695.82	-4.55
Tv1	57108.03	442686.23	-7.19
Tv2	57097.63	442635.52	-14.00
Tv3	57060.30	442342.18	-14.00
Tv4	57057.67	442290.48	-7.18
Th2	57057.45	442284.53	-5.59
Uittrede	57056.22	442251.38	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ5 - ZZ6 (STRING 5B) HDD 05

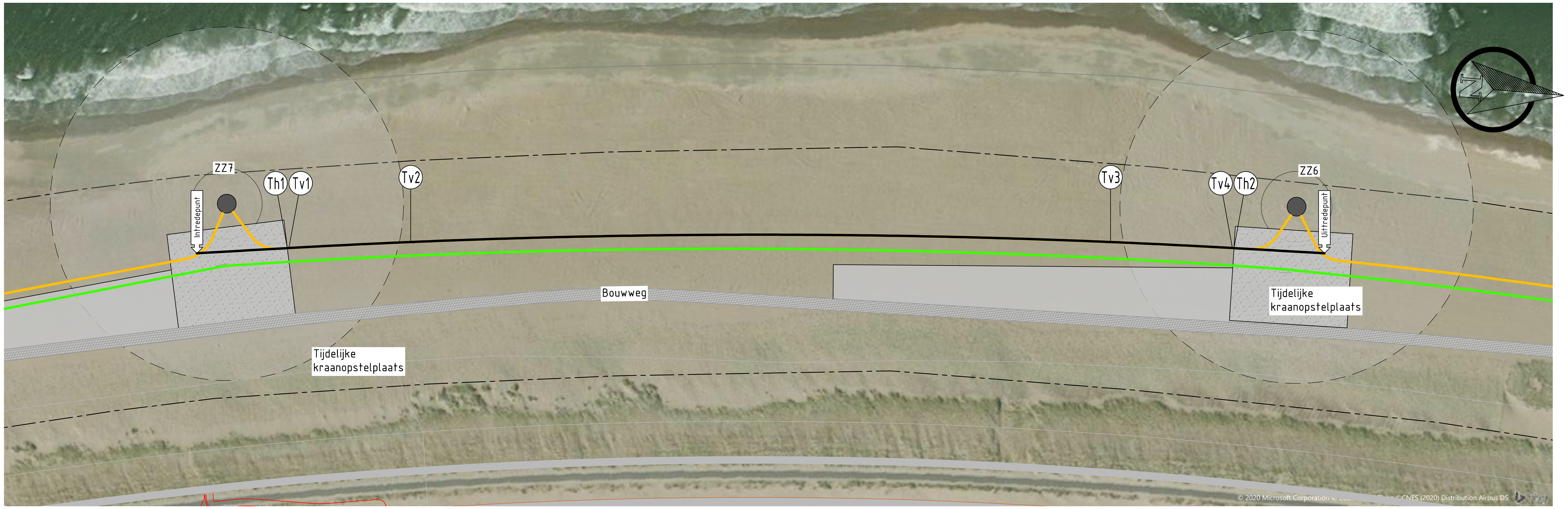
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	05	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Team\BG8375 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

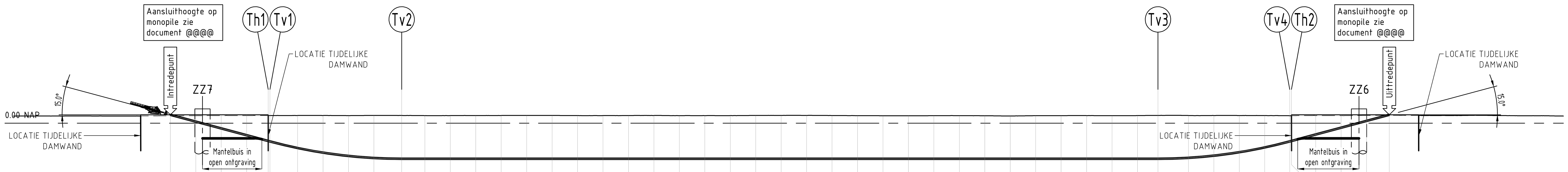


BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ6 - ZZ7, STRING 5B

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
38.44	39.80	+3.30	-7.00	-10.30	-10.30	-10.02
39.13	40.51	+3.01	-7.19	-10.20	-10.49	-9.92
50.00	51.69	+3.02	-9.77	-12.79	-13.07	-12.52
60.00	61.85	+3.01	-11.60	-14.61	-14.90	-14.34
70.00	71.94	+2.97	-12.91	-15.88	-16.21	-15.60
80.00	81.97	+3.03	-13.70	-16.74	-17.00	-16.47
90.89	92.87	+3.02	-14.00	-17.02	-17.30	-16.75
100.00	101.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
110.00	111.98	+2.99	-14.00	-16.99	-17.30	-16.72
120.00	121.98	+3.00	-14.00	-17.00	-17.30	-16.73
130.00	131.98	+3.02	-14.00	-17.02	-17.30	-16.75
140.00	141.98	+3.05	-14.00	-17.05	-17.30	-16.78
150.00	151.98	+3.04	-14.00	-17.04	-17.30	-16.77
160.00	161.98	+3.00	-14.00	-17.00	-17.30	-16.73
170.00	171.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
180.00	181.98	+2.99	-14.00	-16.99	-17.30	-16.72
190.00	191.98	+3.02	-14.00	-17.02	-17.30	-16.75
200.00	201.98	+2.96	-14.00	-16.96	-17.30	-16.69
210.00	211.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
220.00	221.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
230.00	231.98	+3.04	-14.00	-17.04	-17.30	-16.77
240.00	241.98	+3.04	-14.00	-17.04	-17.30	-16.77
250.00	251.98	+3.05	-14.00	-17.05	-17.30	-16.78
260.00	261.98	+3.01	-14.00	-17.01	-17.30	-16.74
270.00	271.98	+2.96	-14.00	-16.96	-17.30	-16.69
280.00	281.98	+2.92	-14.00	-16.92	-17.30	-16.65
290.00	291.98	+2.90	-14.00	-16.90	-17.30	-16.63
300.00	301.98	+2.95	-14.00	-16.95	-17.30	-16.68
310.00	311.98	+2.93	-14.00	-16.93	-17.30	-16.66
320.00	321.98	+2.92	-14.00	-16.92	-17.30	-16.65
330.00	331.98	+2.84	-14.00	-16.84	-17.30	-16.57
340.00	341.98	+2.94	-14.00	-16.94	-17.30	-16.67
350.00	351.98	+2.96	-14.00	-16.96	-17.30	-16.69
360.00	361.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
370.00	371.98	+2.95	-14.00	-16.95	-17.30	-16.68
380.00	381.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
388.05	390.02	+3.04	-14.00	-17.04	-17.30	-16.77
400.00	401.98	+3.01	-13.64	-16.66	-16.94	-16.39
410.00	412.02	+3.01	-12.79	-15.80	-16.09	-15.53
420.00	422.11	+3.01	-11.43	-14.45	-14.73	-14.17
430.00	432.29	+2.99	-9.55	-12.54	-12.85	-12.26
439.81	442.38	+2.92	-7.19	-10.11	-10.49	-9.83
440.49	443.09	+3.30	-7.00	-10.30	-10.30	-10.02
450.00	452.93	+3.30	-4.46	-7.76	-7.76	-7.48
460.00	463.28	+3.30	-1.78	-5.08	-5.08	-4.80
470.00	473.64	+3.30	+0.90	-2.40	-2.40	-2.12
478.94	482.90	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m):
Rv=∞/L⌒=39.80 Rv=∞/L⌒=0.72 Rv=200/L⌒=52.36 Rv=∞/L⌒=297.15 Rv=200/L⌒=52.36 Rv=∞/L⌒=40.51
Rh=3542.5/L⌒=403.29
Rc>199.68/L⌒=52.36 Rc>199.68/L⌒=52.36

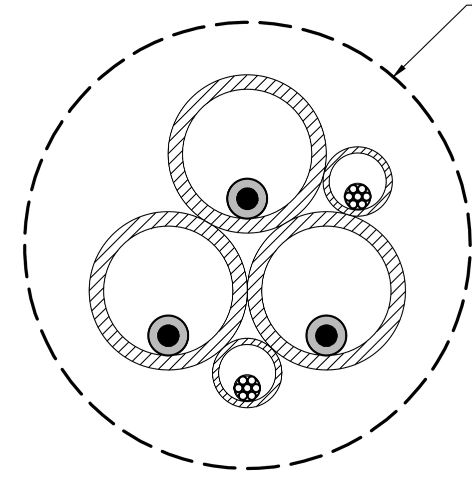
PROFIEL ZEEWERING ZZ6 - ZZ7, STRING 5B

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 06			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57085.10	441800.61	3.30
Th1	57080.48	441838.77	-7.00
Tv1	57080.40	441839.45	-7.18
Tv2	57074.57	441890.89	-14.00
Tv3	57055.69	442187.35	-14.00
Tv4	57054.95	442239.11	-7.18
Th2	57054.95	442239.79	-7.00
Uittrede	57054.68	442278.24	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine – WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine – WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11
(t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11
Met daarin:
2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ6 - ZZ7 (STRING 5B) HDD 06

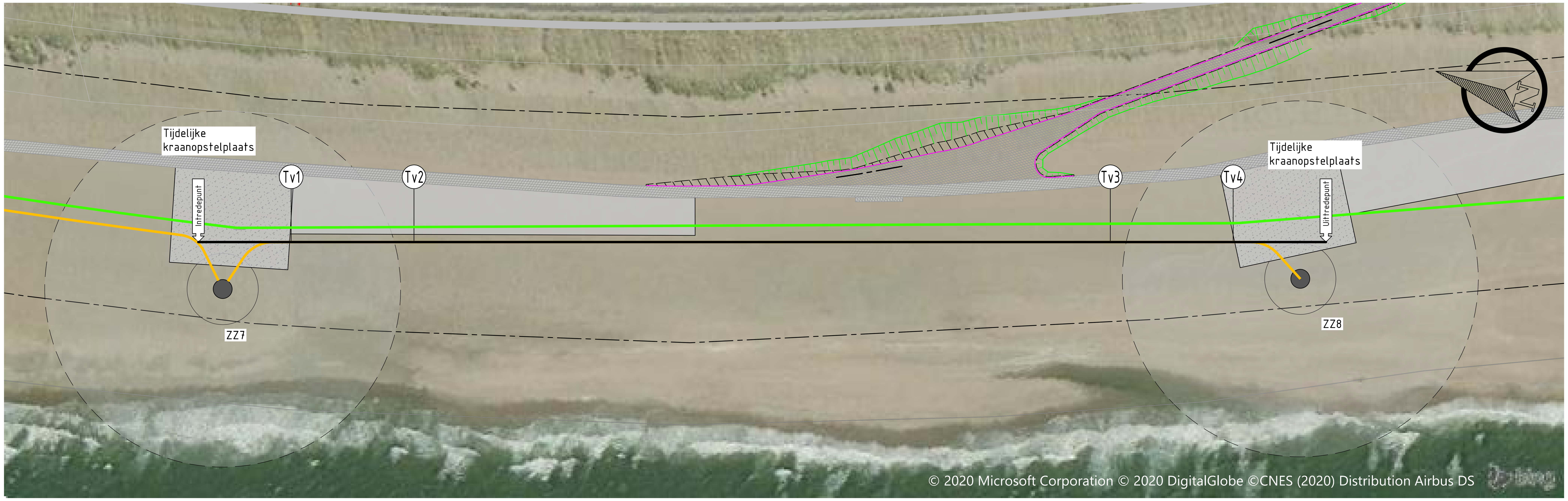
Royal HaskoningDHV – Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

documentstatus | documentversie

formaat: A1 | schaal: 1:1000/1:25000 | fase: VO | bladnr.: 06 | van: 20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Team\BG8375 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

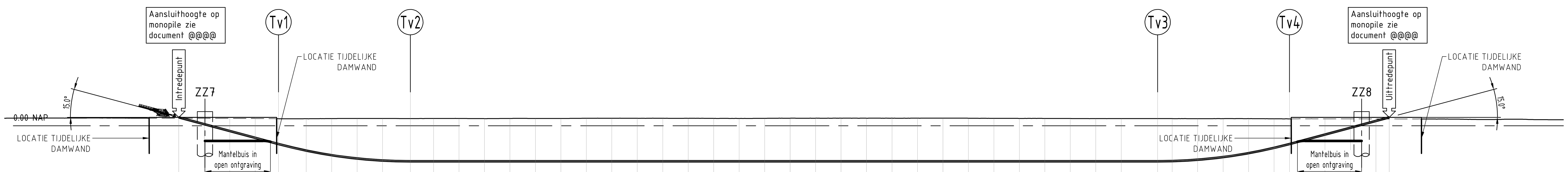


BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ7 - ZZ8, STRING 5B

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
39.13	40.51	+2.77	-7.18	-9.96	-10.48	-9.68
50.00	51.69	+2.77	-9.77	-12.55	-13.07	-12.27
60.00	61.85	+2.83	-11.60	-14.43	-14.90	-14.15
70.00	71.94	+2.88	-12.90	-15.78	-16.20	-15.51
80.00	81.97	+2.88	-13.70	-16.58	-17.00	-16.31
90.89	92.87	+2.84	-14.00	-16.84	-17.30	-16.57
100.00	101.98	+2.87	-14.00	-16.87	-17.30	-16.60
110.00	111.98	+2.87	-14.00	-16.87	-17.30	-16.60
120.00	121.98	+2.81	-14.00	-16.81	-17.30	-16.54
130.00	131.98	+2.88	-14.00	-16.88	-17.30	-16.61
140.00	141.98	+2.87	-14.00	-16.87	-17.30	-16.60
150.00	151.98	+2.89	-14.00	-16.89	-17.30	-16.62
160.00	161.98	+2.96	-14.00	-16.96	-17.30	-16.69
170.00	171.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
180.00	181.98	+2.96	-14.00	-16.95	-17.30	-16.68
190.00	191.98	+2.94	-14.00	-16.94	-17.30	-16.67
200.00	201.98	+2.94	-14.00	-16.94	-17.30	-16.67
210.00	211.98	+2.91	-14.00	-16.91	-17.30	-16.64
220.00	221.98	+2.89	-14.00	-16.89	-17.30	-16.62
230.00	231.98	+2.94	-14.00	-16.94	-17.30	-16.67
240.00	241.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
250.00	251.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
260.00	261.98	+2.99	-14.00	-16.99	-17.30	-16.72
270.00	271.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
280.00	281.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
290.00	291.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
300.00	301.98	+3.00	-14.00	-17.00	-17.30	-16.73
310.00	311.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
320.00	321.98	+2.92	-14.00	-16.92	-17.30	-16.65
330.00	331.98	+2.88	-14.00	-16.88	-17.30	-16.61
340.00	341.98	+2.89	-14.00	-16.89	-17.30	-16.62
350.00	351.98	+2.86	-14.00	-16.86	-17.30	-16.59
360.00	361.98	+2.83	-14.00	-16.83	-17.30	-16.56
370.00	371.98	+2.83	-14.00	-16.83	-17.30	-16.56
384.30	386.27	+2.84	-14.00	-16.84	-17.30	-16.57
390.00	391.98	+2.82	-13.92	-16.74	-17.22	-16.47
400.00	401.99	+2.80	-13.38	-16.19	-16.68	-15.92
410.00	412.05	+2.81	-12.34	-15.15	-15.64	-14.88
420.00	422.17	+2.81	-10.79	-13.60	-14.09	-13.33
430.00	432.38	+2.75	-8.71	-11.46	-12.01	-11.19
436.06	438.63	+2.71	-7.19	-9.89	-10.49	-9.61
450.00	453.06	+3.30	-3.45	-6.75	-6.75	-6.47
460.00	463.42	+3.30	-0.77	-4.07	-4.07	-3.79
470.00	473.77	+3.30	+1.91	-1.39	-1.39	-1.11
475.19	479.15	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.51 (0.00 – 39.13); Rv=200/L⌒=52.36 (39.13 – 90.89); Rv=∞/L⌒=293.41 (90.89 – 384.30); Rv=200/L⌒=52.36 (384.30 – 436.06); Rv=∞/L⌒=40.51 (436.06 – 475.19)

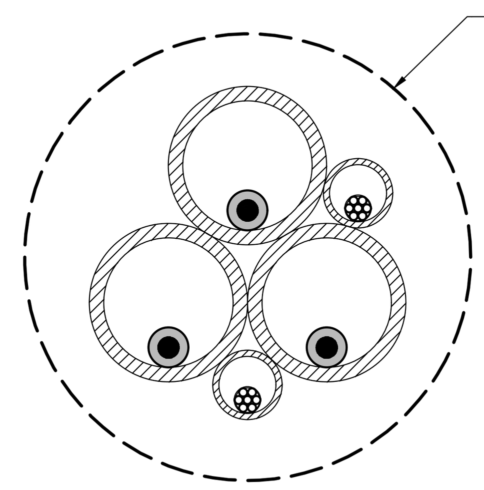
PROFIEL ZEEWERING ZZ7 - ZZ8, STRING 5B

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 01			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57995.15	444226.31	3.25
Tv1	57972.14	444194.89	-7.19
Tv2	57941.55	444153.13	-14.00
Tv3	57800.59	443960.71	-14.00
Tv4	57770.01	443918.95	-7.18
Uittrede	57746.99	443887.53	3.25

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11
(t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11
Met daarin:
2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving		getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]				29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

Eneco

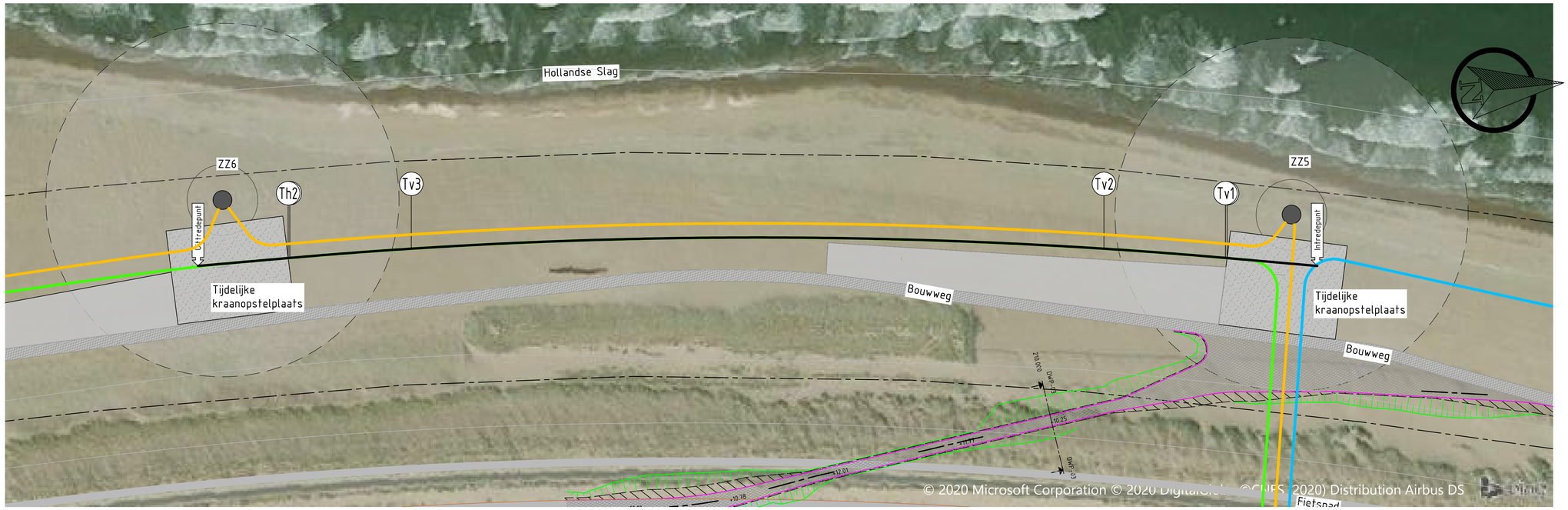
project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

Royal HaskoningDHV — Enhancing Society Together — HaskoningDHV Nederland B.V. Water

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ7 - ZZ8 (STRING 5B) HDD 07

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van	projectnummer / tekeningnummer
A1	1:1000/1:25000	VO	07	20	BG8375-103-100-VO01

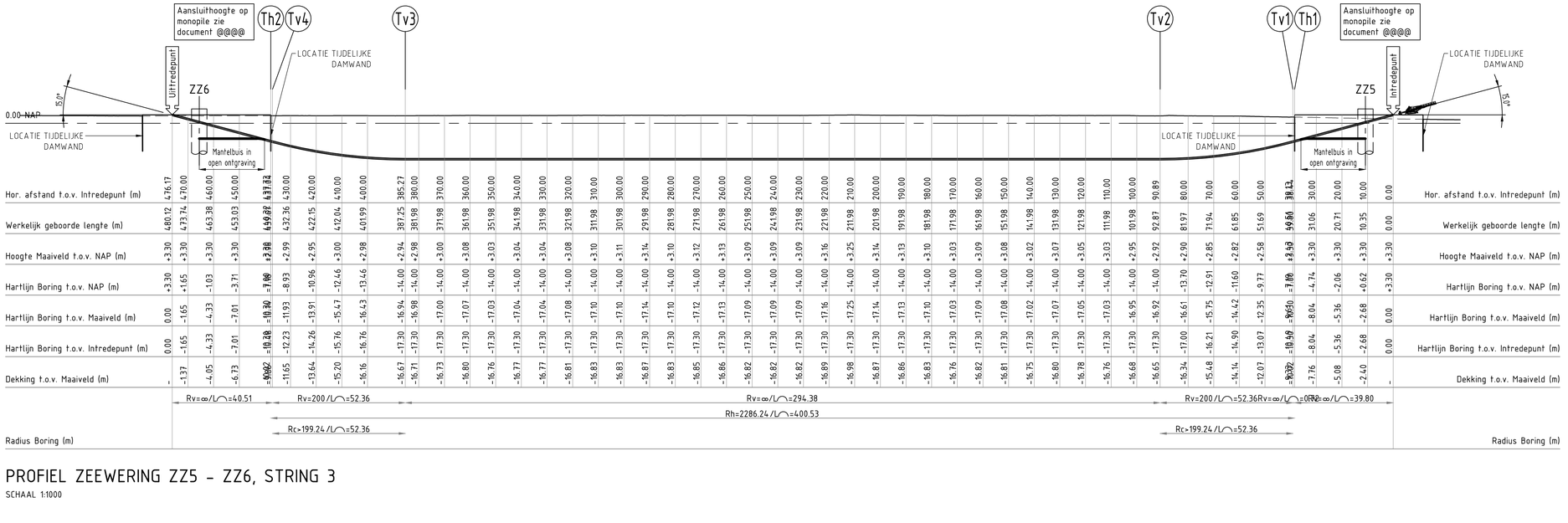


BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ5 - ZZ6, STRING 3

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



PROFIEL ZEEWERING ZZ5 - ZZ6, STRING 3

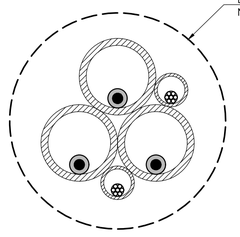
SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 08

	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57122.15	442722.95	3.30
Th1	57113.99	442685.38	-7.00
Tv1	57113.84	442684.71	-7.18
Tv2	57103.44	442634.00	-14.00
Tv3	57066.31	442342.18	-14.00
Tv4	57063.68	442290.48	-7.18
Th2	57063.65	442289.79	-7.00
Uittrede	57062.14	442251.38	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

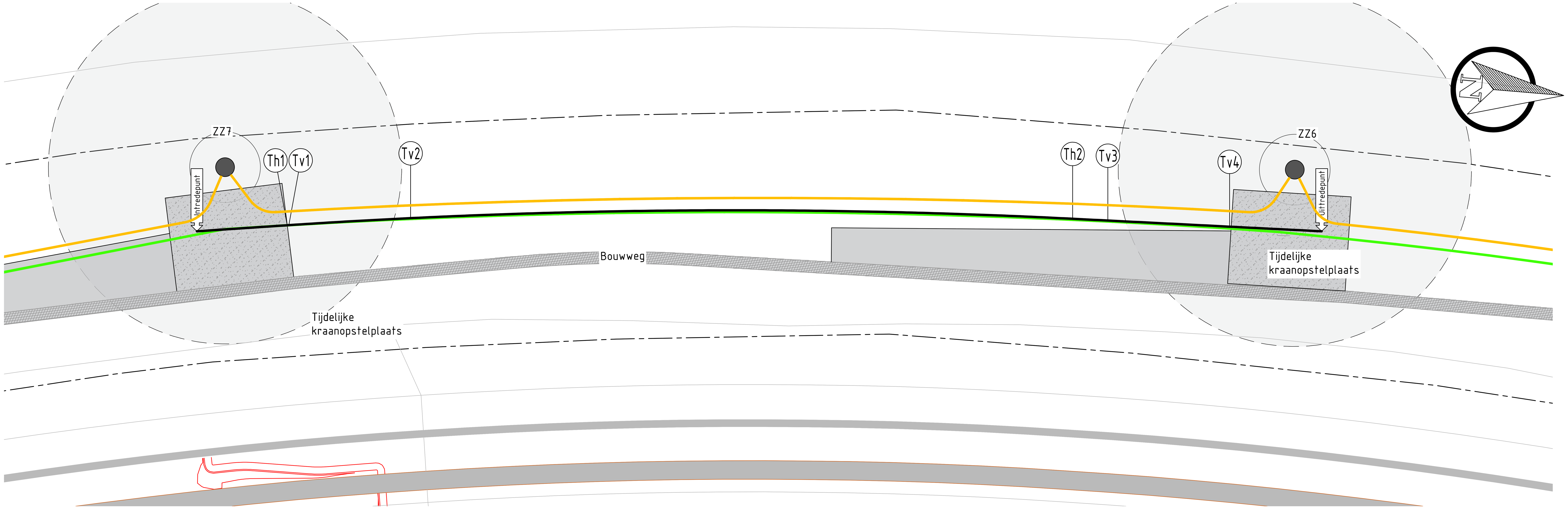
omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ5 - ZZ6 (STRING 3) HDD 08

HaskoningDHV Nederland B.V. Water

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	08	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

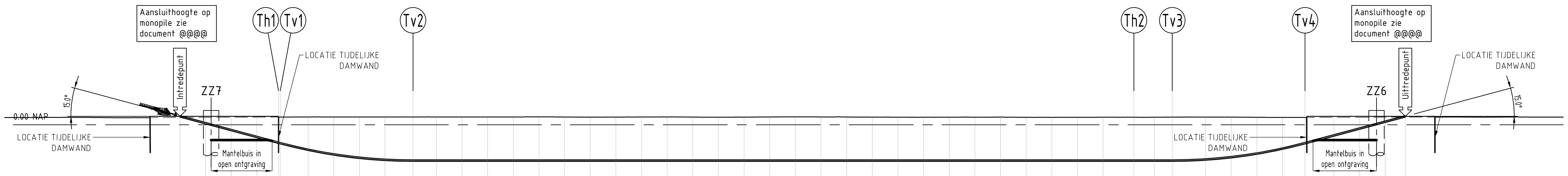


BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ6 - ZZ7, STRING 3

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	10.00	20.00	30.00	[illegible]	50.00	60.00	70.00	80.00	90.89	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00
Werkelijk geboorde lengte (m)	0.00	10.35	20.71	31.06	[illegible]	51.69	61.85	71.94	81.97	92.87	101.98	111.98	121.98	131.98	141.98
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+3.30	+3.30	+3.30	+3.30	[illegible]	+3.05	+3.04	+3.04	+3.03	+3.04	+3.05	+3.04	+3.05	+3.05	+3.08
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	+3.30	+0.62	-2.06	-4.74	[illegible]	-9.77	-11.60	-12.91	-13.70	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	0.00	-2.68	-5.36	-8.04	[illegible]	-12.83	-14.64	-15.94	-16.74	-17.04	-17.05	-17.04	-17.05	-17.05	-17.08
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	-2.68	-5.36	-8.04	[illegible]	-13.07	-14.90	-16.21	-17.00	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-	-2.40	-5.08	-7.76	[illegible]	-12.55	-14.37	-15.67	-16.47	-16.77	-16.78	-16.77	-16.78	-16.78	-16.81

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	150.00	160.00	170.00	180.00	190.00	200.00	210.00	220.00	230.00	240.00	250.00	260.00	270.00	280.00	290.00
Werkelijk geboorde lengte (m)	151.98	161.98	171.98	181.98	191.98	201.98	211.98	221.98	231.98	241.98	251.98	261.98	271.98	281.98	291.98
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+3.03	+2.97	+3.01	+3.03	+3.05	+3.00	+2.96	+2.99	+3.06	+3.09	+3.05	+3.02	+2.98	+2.96	+2.93
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-17.03	-16.97	-17.01	-17.03	-17.05	-17.00	-16.96	-16.98	-17.05	-17.09	-17.05	-17.02	-16.98	-16.96	-16.93
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-16.76	-16.70	-16.74	-16.76	-16.78	-16.73	-16.69	-16.71	-16.78	-16.82	-16.78	-16.75	-16.71	-16.69	-16.66

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	300.00	310.00	320.00	330.00	340.00	350.00	360.00	372.03	380.00	386.98	400.00	410.00	420.00	430.00	438.74	450.00	460.00	470.00	477.87
Werkelijk geboorde lengte (m)	301.98	311.98	321.98	331.98	341.98	351.98	361.98	374.01	381.98	388.95	401.99	412.03	422.13	432.32	441.31	452.97	463.32	473.68	481.82
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+2.96	+2.96	+2.98	+2.92	+2.88	+2.91	+2.95	+2.95	+2.96	+2.98	+3.01	+2.99	+2.92	+2.84	+2.84	+3.30	+3.30	+3.30	+3.30
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-13.57	-12.67	-11.25	-9.32	-7.18	-4.17	-1.49	+1.19	+3.30
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-16.95	-16.96	-16.98	-16.92	-16.88	-16.91	-16.95	-16.95	-16.95	-16.98	-16.58	-15.66	-14.17	-12.16	-10.02	-7.47	-4.79	-2.11	0.00
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-16.87	-15.97	-14.55	-12.62	-10.48	-7.47	-4.79	-2.11	0.00
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-16.68	-16.69	-16.71	-16.65	-16.61	-16.64	-16.68	-16.68	-16.68	-16.71	-16.31	-15.39	-13.90	-11.88	-9.75	-7.19	-4.51	-1.83	-

Radius Boring (m):
Rv=∞/L⌒=39.80 · Rv=∞/L⌒=0.72 · Rv=200/L⌒=52.36 · Rv=∞/L⌒=296.08 · Rv=200/L⌒=52.36 · Rv=∞/L⌒=40.51
Rh=2850.51/L⌒=334.21
Rc>199.51/L⌒=52.36

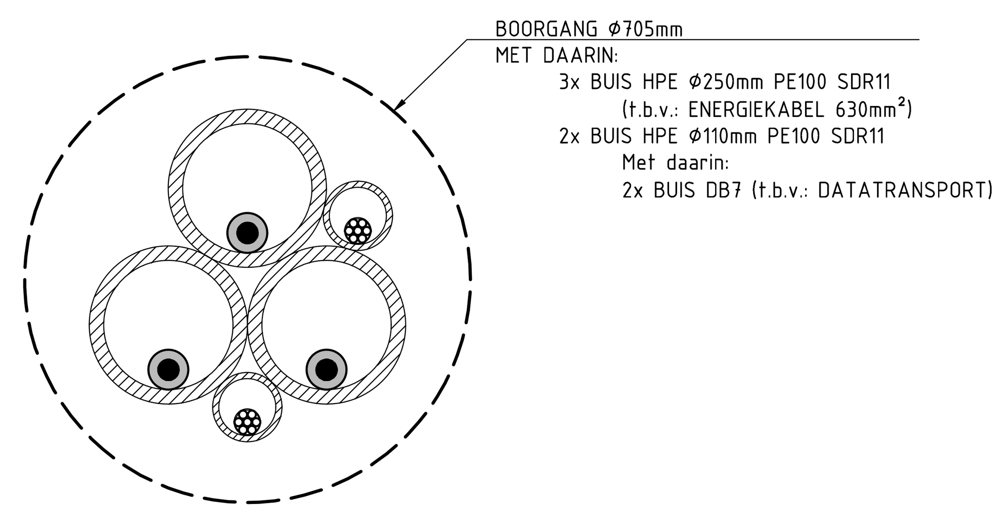
PROFIEL ZEEWERING ZZ6 - ZZ7, STRING 3

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 09			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57091.22	441801.75	3.30
Th1	57086.24	441839.86	-7.00
Tv1	57086.15	441840.55	-7.18
Tv2	57079.92	441891.93	-14.00
Th2	57062.44	442172.41	-14.00
Tv3	57062.24	442187.36	-14.00
Tv4	57061.57	442239.12	-7.18
Uittrede	57061.07	442278.24	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11
(t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11
Met daarin:
2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving		getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]				29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

Eneco

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

Royal HaskoningDHV Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V. Water

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ6 - ZZ7 (STRING 3) HDD 09

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	09	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ7 - ZZ8, STRING 3

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
39.13	40.51	+2.79	-7.18	-9.98	-10.48	-9.70
50.00	51.69	+2.75	-9.77	-12.53	-13.07	-12.25
60.00	61.85	+2.85	-11.60	-14.45	-14.90	-14.18
70.00	71.94	+2.96	-12.90	-15.87	-16.20	-15.60
80.00	81.97	+2.97	-13.70	-16.67	-17.00	-16.40
90.89	92.87	+3.03	-14.00	-17.03	-17.30	-16.76
100.00	101.98	+2.99	-14.00	-16.99	-17.30	-16.72
110.00	111.98	+3.02	-14.00	-17.02	-17.30	-16.75
120.00	121.98	+3.05	-14.00	-17.05	-17.30	-16.78
130.00	131.98	+3.00	-14.00	-17.00	-17.30	-16.73
140.00	141.98	+2.99	-14.00	-16.99	-17.30	-16.72
150.00	151.98	+3.04	-14.00	-17.04	-17.30	-16.77
160.00	161.98	+3.10	-14.00	-17.10	-17.30	-16.83
170.00	171.98	+3.08	-14.00	-17.08	-17.30	-16.81
180.00	181.98	+3.02	-14.00	-17.02	-17.30	-16.75
190.00	191.98	+2.96	-14.00	-16.96	-17.30	-16.69
200.00	201.98	+2.94	-14.00	-16.94	-17.30	-16.67
210.00	211.98	+3.10	-14.00	-17.10	-17.30	-16.83
220.00	221.98	+3.06	-14.00	-17.06	-17.30	-16.79
230.00	231.98	+3.19	-14.00	-17.19	-17.30	-16.92
240.00	241.98	+3.21	-14.00	-17.21	-17.30	-16.94
250.00	251.98	+3.12	-14.00	-17.12	-17.30	-16.85
260.00	261.98	+3.06	-14.00	-17.06	-17.30	-16.79
270.00	271.98	+3.14	-14.00	-17.14	-17.30	-16.87
280.00	281.98	+3.07	-14.00	-17.07	-17.30	-16.80
290.00	291.98	+3.05	-14.00	-17.05	-17.30	-16.78
300.00	301.98	+2.96	-14.00	-16.96	-17.30	-16.69
310.00	311.98	+2.96	-14.00	-16.96	-17.30	-16.69
320.00	321.98	+3.00	-14.00	-17.00	-17.30	-16.73
330.00	331.98	+2.98	-14.00	-16.98	-17.30	-16.71
340.00	341.98	+2.97	-14.00	-16.97	-17.30	-16.70
350.00	351.98	+2.90	-14.00	-16.90	-17.30	-16.63
360.00	361.98	+2.89	-14.00	-16.89	-17.30	-16.62
370.00	371.98	+2.89	-14.00	-16.89	-17.30	-16.62
382.41	384.39	+2.84	-14.00	-16.84	-17.30	-16.57
390.00	391.98	+2.81	-13.86	-16.66	-17.16	-16.39
400.00	402.00	+2.79	-13.23	-16.02	-16.53	-15.75
410.00	412.06	+2.79	-12.09	-14.88	-15.39	-14.61
420.00	422.20	+2.78	-10.44	-13.22	-13.74	-12.95
434.18	436.75	+2.75	-7.19	-9.94	-10.49	-9.66
440.00	442.78	+3.30	-5.62	-8.92	-8.92	-8.65
450.00	453.13	+3.30	-2.95	-6.25	-6.25	-5.97
460.00	463.48	+3.30	-0.27	-3.57	-3.57	-3.29
473.31	477.26	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.51 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=291.52 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=40.51

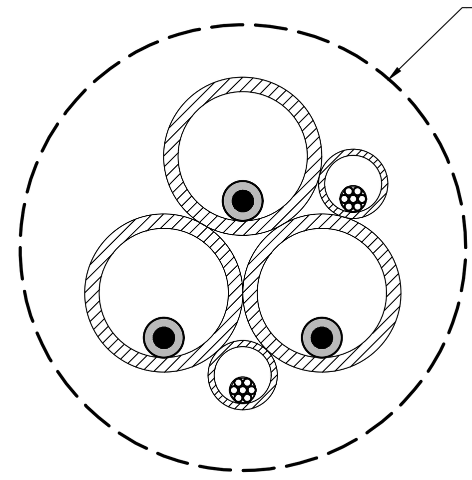
PROFIEL ZEEWERING ZZ7 - ZZ8, STRING 3

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 10			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57085.60	441828.09	3.30
Tv1	57095.51	441790.23	-7.18
Tv2	57108.61	441740.16	-14.00
Tv3	57182.42	441458.13	-14.00
Tv4	57195.52	441408.06	-7.19
Uittrede	57205.43	441370.20	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11
(t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11
Met daarin:
2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ7 - ZZ8 (STRING 3) HDD 10

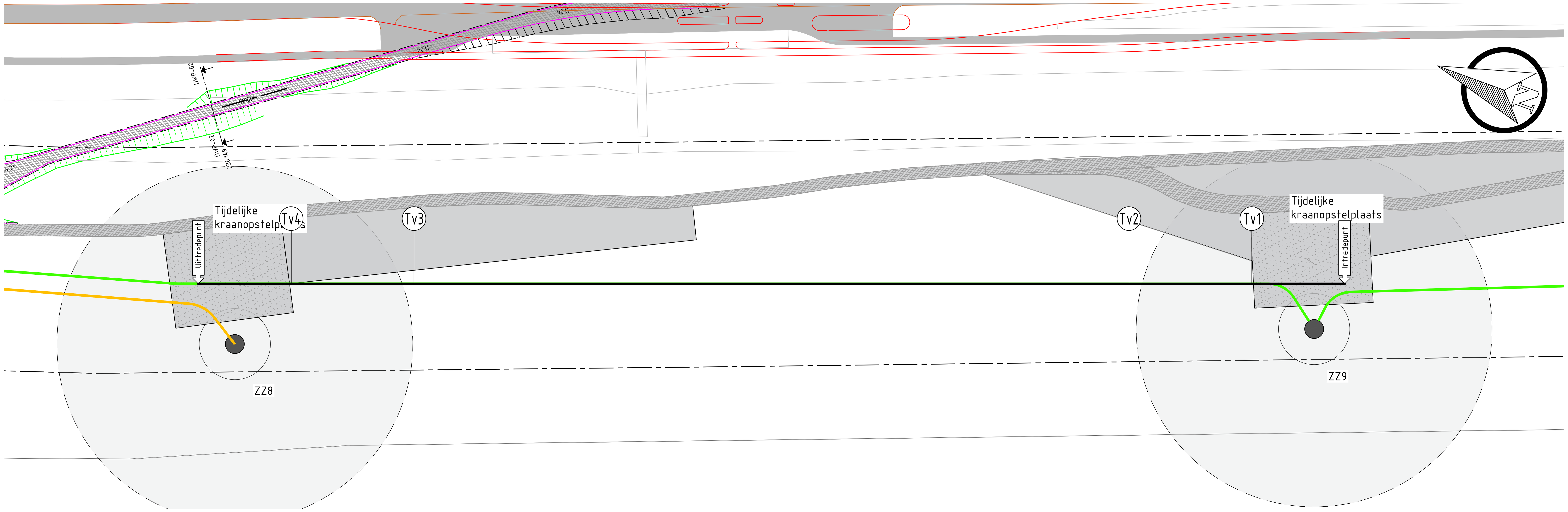
Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	10	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Team\BG8375 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

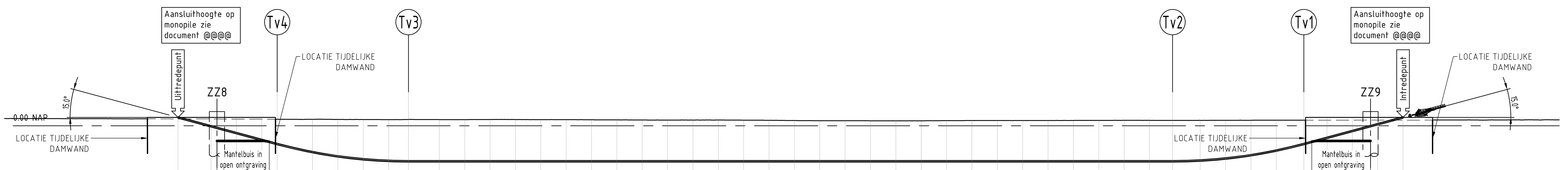


BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ8 - ZZ9, STRING 3

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	483.06	470.00	460.00	450.00	443.93	430.00	420.00	410.00	400.00	392.17	380.00	370.00	360.00	350.00	340.00	330.00	320.00
Werkelijk geboorde lengte (m)	487.01	473.49	463.14	452.79	446.50	432.21	422.07	412.00	401.98	394.14	381.98	371.98	361.98	351.98	341.98	331.98	321.98
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+3.30	+3.30	+3.30	+3.30	+2.56	+2.55	+2.49	+2.47	+2.40	+2.48	+2.43	+2.42	+2.46	+2.47	+2.41	+2.41	+2.36
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	+3.30	-0.20	-2.88	-5.56	-7.19	-10.39	-12.05	-13.20	-13.85	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	0.00	-3.50	-6.18	-8.86	-9.75	-12.94	-14.54	-15.67	-16.25	-16.48	-16.43	-16.42	-16.46	-16.47	-16.41	-16.41	-16.36
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	-3.50	-6.18	-8.86	-10.49	-13.69	-15.35	-16.50	-17.15	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-	-3.22	-5.90	-8.58	-9.47	-12.66	-14.27	-15.40	-15.98	-16.21	-16.16	-16.15	-16.19	-16.20	-16.14	-16.14	-16.09
Radius Boring (m)	Rv=∞/L⌒=40.51				Rv=200/L⌒=52.36					Rv=∞/L⌒=301.27							

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	310.00	300.00	290.00	280.00	270.00	260.00	250.00	240.00	230.00	220.00	210.00	200.00	190.00	180.00	170.00	160.00	150.00
Werkelijk geboorde lengte (m)	311.98	301.98	291.98	281.98	271.98	261.98	251.98	241.98	231.98	221.98	211.98	201.98	191.98	181.98	171.98	161.98	151.98
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+2.31	+2.28	+2.24	+2.26	+2.26	+2.21	+2.16	+2.07	+1.99	+1.98	+1.96	+1.95	+1.96	+2.02	+2.06	+2.07	+2.06
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-16.31	-16.28	-16.24	-16.26	-16.26	-16.21	-16.16	-16.07	-15.99	-15.98	-15.96	-15.95	-15.96	-16.02	-16.06	-16.07	-16.06
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-16.04	-16.01	-15.97	-15.99	-15.99	-15.94	-15.89	-15.80	-15.72	-15.71	-15.69	-15.68	-15.69	-15.75	-15.79	-15.80	-15.79
Radius Boring (m)																	

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	140.00	130.00	120.00	110.00	100.00	90.89	80.00	70.00	60.00	50.00	39.13	30.00	20.00	10.00	0.00	Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)
Werkelijk geboorde lengte (m)	141.98	131.98	121.98	111.98	101.98	92.87	81.97	71.94	61.85	51.69	40.51	31.06	20.71	10.35	0.00	Werkelijk geboorde lengte (m)
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+2.08	+2.09	+2.12	+2.14	+2.14	+2.12	+2.13	+2.15	+2.18	+2.20	+2.19	+3.30	+3.30	+3.30	+3.30	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-13.70	-12.91	-11.60	-9.77	-7.19	-4.74	-2.06	+0.62	+3.30	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-16.08	-16.09	-16.12	-16.14	-16.14	-16.12	-15.84	-15.06	-13.78	-11.97	-9.37	-8.04	-5.36	-2.68	0.00	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.00	-16.21	-14.90	-13.07	-10.49	-8.04	-5.36	-2.68	0.00	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-15.81	-15.82	-15.85	-15.87	-15.87	-15.85	-15.57	-14.79	-13.50	-11.70	-9.09	-7.76	-5.08	-2.40	-	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
Radius Boring (m)						Rv=200/L⌒=52.36					Rv=∞/L⌒=40.51					Radius Boring (m)

PROFIEL ZEEWERING ZZ8 - ZZ9, STRING 3

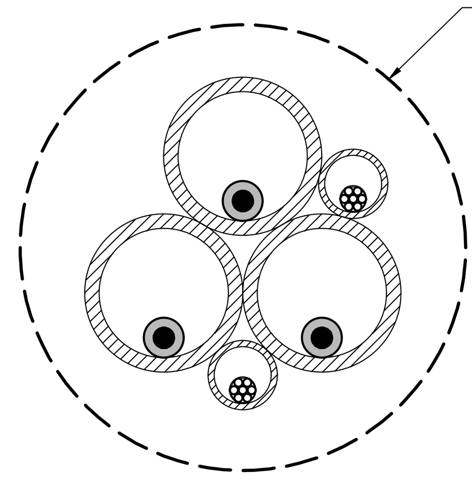
SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 11

	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57355.60	440938.83	3.30
Tv1	57342.95	440975.85	-7.18
Tv2	57326.21	441024.84	-14.00
Tv3	57228.78	441309.92	-14.00
Tv4	57212.04	441358.90	-7.18
Uittrede	57199.39	441395.93	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11 (t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11 Met daarin: 2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020
versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum

opdrachtgever
ENECO N.V.

Eneco

project
AANLEG HDD
WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

omschrijving
AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING
ZZ8 - ZZ9 (STRING 3)
HDD 11

documentstatus | documentversie

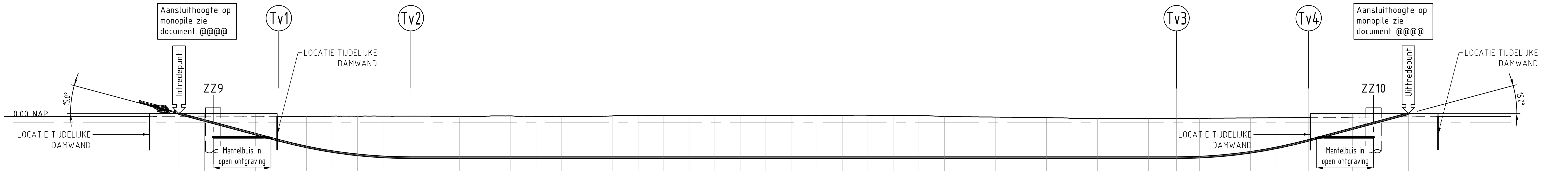
formaat	schaal	fase	bladnr.	van	projectnummer / tekeningnummer
A1	1:1000/1:25000	VO	11	20	BG8375-103-100-VO01

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ9 - ZZ10, STRING 3

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	10.00	20.00	30.00	39.13	50.00	60.00	70.00	80.00	90.89
Werkelijk geboorde lengte (m)	0.00	10.35	20.71	31.06	40.51	51.69	61.85	71.94	81.97	92.87
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+3.30	+3.30	+3.30	+3.30	+2.23	+2.27	+2.30	+2.34	+2.33	+2.32
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	+3.30	+0.62	-2.06	-4.74	-7.18	-9.77	-11.60	-12.90	-13.70	-14.00
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	0.00	-2.68	-5.36	-8.04	-9.42	-12.04	-13.90	-15.25	-16.03	-16.32
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	-2.68	-5.36	-8.04	-10.48	-13.07	-14.90	-16.20	-17.00	-17.30
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-	-2.40	-5.08	-7.76	-9.14	-11.76	-13.62	-14.98	-15.76	-16.05
Radius Boring (m)		Rv=∞/L⌒=40.51					Rv=200/L⌒=52.36			

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	150.00	160.00	170.00	180.00	190.00	200.00
Werkelijk geboorde lengte (m)	101.98	111.98	121.98	131.98	141.98	151.98	161.98	171.98	181.98	191.98	201.98
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+2.29	+2.29	+2.27	+2.41	+2.25	+2.25	+2.22	+2.41	+2.54	+2.64	+2.67
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-16.29	-16.29	-16.27	-16.41	-16.25	-16.25	-16.22	-16.41	-16.54	-16.64	-16.67
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-16.02	-16.02	-16.00	-16.14	-15.98	-15.98	-15.95	-16.14	-16.27	-16.37	-16.40
Radius Boring (m)											

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	210.00	220.00	230.00	240.00	250.00	260.00	270.00	280.00	290.00	300.00	310.00
Werkelijk geboorde lengte (m)	211.98	221.98	231.98	241.98	251.98	261.98	271.98	281.98	291.98	301.98	311.98
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+2.65	+2.63	+2.64	+2.62	+2.63	+2.62	+2.66	+2.59	+2.53	+2.20	+2.05
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-16.65	-16.63	-16.64	-16.62	-16.63	-16.62	-16.66	-16.59	-16.53	-16.19	-16.05
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-16.38	-16.36	-16.37	-16.35	-16.36	-16.35	-16.39	-16.32	-16.26	-15.92	-15.78
Radius Boring (m)				Rv=∞/L⌒=300.14							

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	320.00	330.00	340.00	350.00	360.00	370.00	380.00	391.03	400.00	410.00	420.00	430.00
Werkelijk geboorde lengte (m)	321.98	331.98	341.98	351.98	361.98	371.98	381.98	393.01	401.98	412.00	422.08	432.23
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+1.95	+1.84	+1.72	+1.44	+1.44	+1.46	+1.39	+1.42	+1.45	+1.56	+1.62	+1.69
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-13.80	-13.10	-11.89	-10.17
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-15.95	-15.84	-15.71	-15.44	-15.44	-15.46	-15.39	-15.42	-15.25	-14.65	-13.51	-11.86
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.30	-17.10	-16.40	-15.19	-13.47
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-15.68	-15.57	-15.44	-15.17	-15.17	-15.19	-15.12	-15.15	-14.98	-14.38	-13.24	-11.58
Radius Boring (m)										Rv=200/L⌒=52.36		

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	442.79	450.00	460.00	470.00	481.92
Werkelijk geboorde lengte (m)	445.37	452.83	463.18	473.53	485.88
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+1.72	+3.30	+3.30	+3.30	+3.30
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	-7.19	-5.25	-2.57	+0.10	+3.30
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	-8.91	-8.55	-5.87	-3.20	0.00
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	-10.49	-8.55	-5.87	-3.20	0.00
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-8.63	-8.27	-5.60	-2.92	-
Radius Boring (m)			Rv=∞/L⌒=40.51		

PROFIEL ZEEWERING ZZ9 - ZZ10, STRING 3

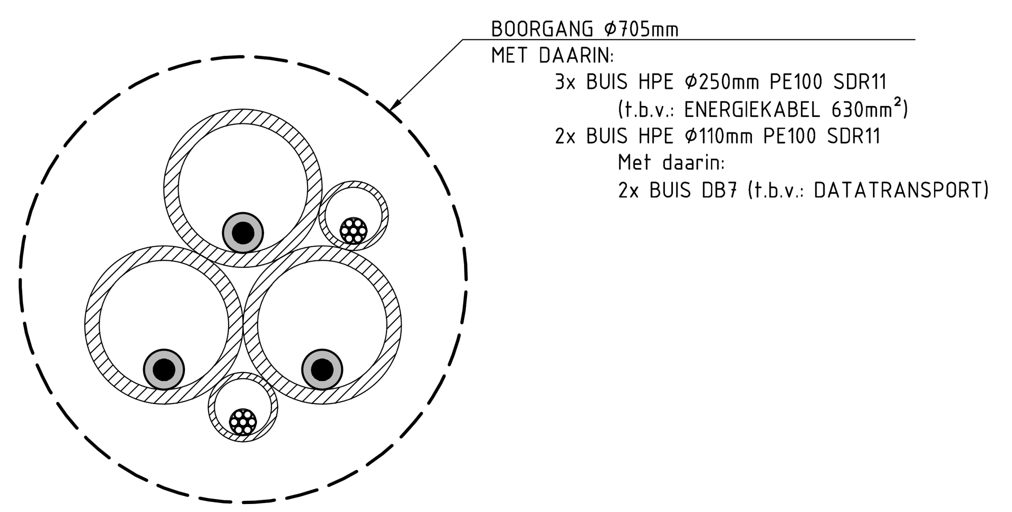
SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 12

	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57342.97	440962.68	3.30
Tv1	57356.63	440926.01	-7.18
Tv2	57374.70	440877.50	-14.00
Tv3	57479.49	440596.25	-14.00
Tv4	57497.56	440547.74	-7.18
Uittrede	57511.22	440511.07	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

Eneco

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

Royal HaskoningDHV — Enhancing Society Together — HaskoningDHV Nederland B.V. Water

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ9 - ZZ10 (STRING 3) HDD 12

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van	projectnummer / tekeningnummer
A1	1:1000/1:25000	VO	12	20	BG8375-103-100-VO01

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ10 - ZZ11, STRING 3

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
481.32	485.27	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
470.00	473.55	+3.30	+0.27	-3.03	-3.03	-2.75
460.00	463.20	+3.30	-2.41	-5.71	-5.71	-5.43
450.00	452.85	+3.30	-5.09	-8.39	-8.39	-8.11
442.19	444.76	+2.18	-7.19	-9.36	-10.49	-9.08
430.00	432.24	+2.24	-10.05	-12.28	-13.35	-12.01
420.00	422.09	+2.25	-11.80	-14.05	-15.10	-13.78
410.00	412.01	+2.23	-13.04	-15.27	-16.34	-15.00
400.00	401.98	+2.22	-13.77	-16.00	-17.07	-15.72
390.43	392.40	+2.17	-14.00	-16.17	-17.30	-15.90
380.00	381.98	+2.11	-14.00	-16.11	-17.30	-15.84
370.00	371.98	+2.05	-14.00	-16.05	-17.30	-15.78
360.00	361.98	+2.08	-14.00	-16.08	-17.30	-15.81
350.00	351.98	+2.03	-14.00	-16.03	-17.30	-15.76
340.00	341.98	+2.20	-14.00	-16.20	-17.30	-15.93
330.00	331.98	+2.20	-14.00	-16.20	-17.30	-15.93
320.00	321.98	+2.17	-14.00	-16.17	-17.30	-15.90
310.00	311.98	+2.13	-14.00	-16.13	-17.30	-15.86
300.00	301.98	+2.09	-14.00	-16.09	-17.30	-15.82
290.00	291.98	+2.03	-14.00	-16.03	-17.30	-15.76
280.00	281.98	+1.97	-14.00	-15.97	-17.30	-15.70
270.00	271.98	+1.93	-14.00	-15.93	-17.30	-15.66
260.00	261.98	+1.97	-14.00	-15.97	-17.30	-15.70
250.00	251.98	+1.99	-14.00	-15.99	-17.30	-15.72
240.00	241.98	+1.97	-14.00	-15.97	-17.30	-15.70
230.00	231.98	+1.92	-14.00	-15.92	-17.30	-15.65
220.00	221.98	+1.88	-14.00	-15.88	-17.30	-15.61
210.00	211.98	+1.82	-14.00	-15.82	-17.30	-15.55
200.00	201.98	+1.75	-14.00	-15.75	-17.30	-15.48
190.00	191.98	+1.64	-14.00	-15.64	-17.30	-15.37
180.00	181.98	+1.56	-14.00	-15.56	-17.30	-15.29
170.00	171.98	+1.44	-14.00	-15.44	-17.30	-15.17
160.00	161.98	+1.31	-14.00	-15.31	-17.30	-15.04
150.00	151.98	+1.19	-14.00	-15.19	-17.30	-14.92
140.00	141.98	+1.08	-14.00	-15.08	-17.30	-14.81
130.00	131.98	+1.01	-14.00	-15.01	-17.30	-14.74
120.00	121.98	+0.96	-14.00	-14.96	-17.30	-14.69
110.00	111.98	+0.92	-14.00	-14.92	-17.30	-14.65
100.00	101.98	+0.87	-14.00	-14.87	-17.30	-14.60
90.89	92.87	+0.80	-14.00	-14.80	-17.30	-14.53
80.00	81.97	+0.60	-13.70	-14.30	-17.00	-14.03
70.00	71.94	+0.08	-12.91	-12.98	-16.21	-12.71
60.00	61.85	-0.35	-11.60	-11.25	-14.90	-10.98
50.00	51.69	-0.29	-9.77	-9.48	-13.07	-9.21
39.13	40.51	-0.26	-7.19	-6.92	-10.49	-6.64
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.51 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=299.53 — Rv=200/L⌒=52.36 — Rv=∞/L⌒=40.51

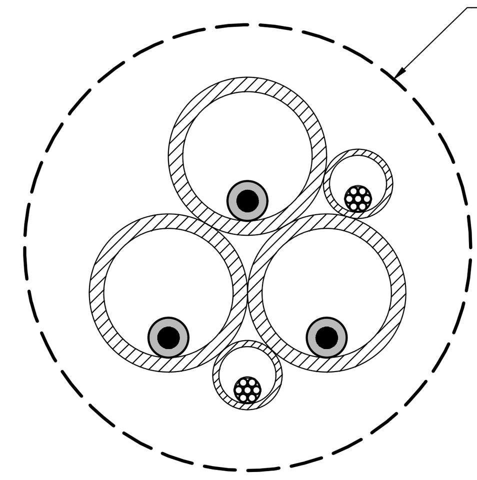
PROFIEL ZEEWERING ZZ10 - ZZ11, STRING 3

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 13			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57661.10	440082.03	3.30
Tv1	57647.91	440118.88	-7.18
Tv2	57630.48	440167.61	-14.00
Tv3	57529.56	440449.63	-14.00
Tv4	57512.12	440498.37	-7.18
Uittrede	57498.94	440535.22	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



BOORGANG Ø705mm
MET DAARIN:
3x BUIS HPE Ø250mm PE100 SDR11
(t.b.v.: ENERGIEKABEL 630mm²)
2x BUIS HPE Ø110mm PE100 SDR11
Met daarin:
2x BUIS DB7 (t.b.v.: DATATRANSPORT)

PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

Eneco

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ10 - ZZ11(STRING 3) HDD 13

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

documentstatus | documentversie

formaat: A1 | schaal: 1:1000/1:25000 | fase: VO | bladnr.: 13 | van: 20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

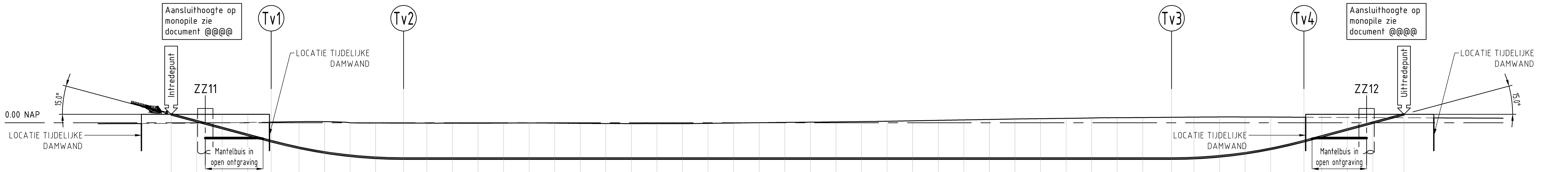
Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

BOVENAANZICHT ZEEWERING ZZ11 - ZZ12, STRING 3

SCHAAL 1:1000

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
0.00	0.00	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-
10.00	10.35	+3.30	+0.62	-2.68	-2.68	-2.40
20.00	20.71	+3.30	-2.06	-5.36	-5.36	-5.08
30.00	31.06	+3.30	-4.74	-8.04	-8.04	-7.76
39.13	40.51	+0.25	-7.19	-7.44	-10.49	-7.16
50.00	51.69	+0.42	-9.77	-10.19	-13.07	-9.92
60.00	61.85	+0.44	-11.60	-12.03	-14.90	-11.76
70.00	71.94	0.00	-12.91	-12.90	-16.21	-12.63
80.00	81.97	-0.10	-13.70	-13.60	-17.00	-13.33
90.89	92.87	-0.13	-14.00	-13.87	-17.30	-13.60
100.00	101.98	-0.15	-14.00	-13.85	-17.30	-13.58
110.00	111.98	-0.16	-14.00	-13.84	-17.30	-13.57
120.00	121.98	-0.17	-14.00	-13.83	-17.30	-13.56
130.00	131.98	-0.12	-14.00	-13.88	-17.30	-13.61
140.00	141.98	-0.10	-14.00	-13.90	-17.30	-13.63
150.00	151.98	-0.14	-14.00	-13.86	-17.30	-13.59
160.00	161.98	-0.24	-14.00	-13.76	-17.30	-13.49
170.00	171.98	-0.30	-14.00	-13.70	-17.30	-13.43
180.00	181.98	-0.34	-14.00	-13.66	-17.30	-13.39
190.00	191.98	-0.32	-14.00	-13.68	-17.30	-13.41
200.00	201.98	-0.33	-14.00	-13.67	-17.30	-13.40
210.00	211.98	-0.23	-14.00	-13.77	-17.30	-13.50
220.00	221.98	-0.10	-14.00	-13.90	-17.30	-13.63
230.00	231.98	+0.03	-14.00	-14.03	-17.30	-13.76
240.00	241.98	+0.14	-14.00	-14.14	-17.30	-13.87
250.00	251.98	+0.24	-14.00	-14.23	-17.30	-13.96
260.00	261.98	+0.35	-14.00	-14.35	-17.30	-14.08
270.00	271.98	+0.46	-14.00	-14.46	-17.30	-14.19
280.00	281.98	+0.60	-14.00	-14.60	-17.30	-14.33
290.00	291.98	+0.76	-14.00	-14.76	-17.30	-14.49
300.00	301.98	+0.95	-14.00	-14.95	-17.30	-14.68
310.00	311.98	+1.11	-14.00	-15.11	-17.30	-14.84
320.00	321.98	+1.29	-14.00	-15.29	-17.30	-15.02
330.00	331.98	+1.47	-14.00	-15.47	-17.30	-15.20
340.00	341.98	+1.59	-14.00	-15.59	-17.30	-15.32
350.00	351.98	+1.72	-14.00	-15.72	-17.30	-15.45
360.00	361.98	+1.87	-14.00	-15.87	-17.30	-15.60
370.00	371.98	+1.97	-14.00	-15.97	-17.30	-15.70
380.00	381.98	+2.04	-14.00	-16.04	-17.30	-15.77
391.26	393.23	+2.14	-14.00	-16.14	-17.30	-15.87
400.00	401.98	+2.21	-13.81	-16.02	-17.11	-15.75
410.00	412.00	+2.27	-13.12	-15.39	-16.42	-15.12
420.00	422.08	+2.26	-11.92	-14.18	-15.22	-13.91
430.00	432.22	+2.23	-10.21	-12.44	-13.51	-12.16
443.02	445.59	+2.15	-7.18	-9.33	-10.48	-9.05
450.00	452.82	+3.30	-5.31	-8.61	-8.61	-8.33
460.00	463.17	+3.30	-2.63	-5.93	-5.93	-5.66
470.00	473.52	+3.30	+0.04	-3.26	-3.26	-2.98
482.15	486.10	+3.30	+3.30	0.00	0.00	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=40.51 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=300.36 | Rv=200/L⌒=52.36 | Rv=∞/L⌒=40.51

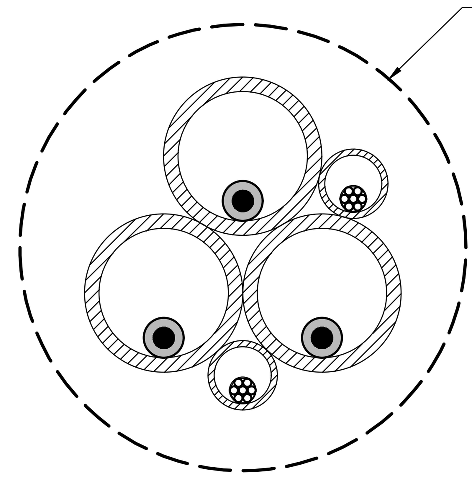
PROFIEL ZEEWERING ZZ11 - ZZ12, STRING 3

SCHAAL 1:1000

Tabel Tangentpunten Boring HDD 14			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57648.83	440106.18	3.30
Tv1	57663.27	440069.81	-7.18
Tv2	57682.39	440021.71	-14.00
Tv3	57793.29	439742.57	-14.00
Tv4	57812.40	439694.47	-7.18
Uittrede	57826.85	439658.10	3.30

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine
  WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine
  WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ11 - ZZ12 (STRING 3) HDD 14

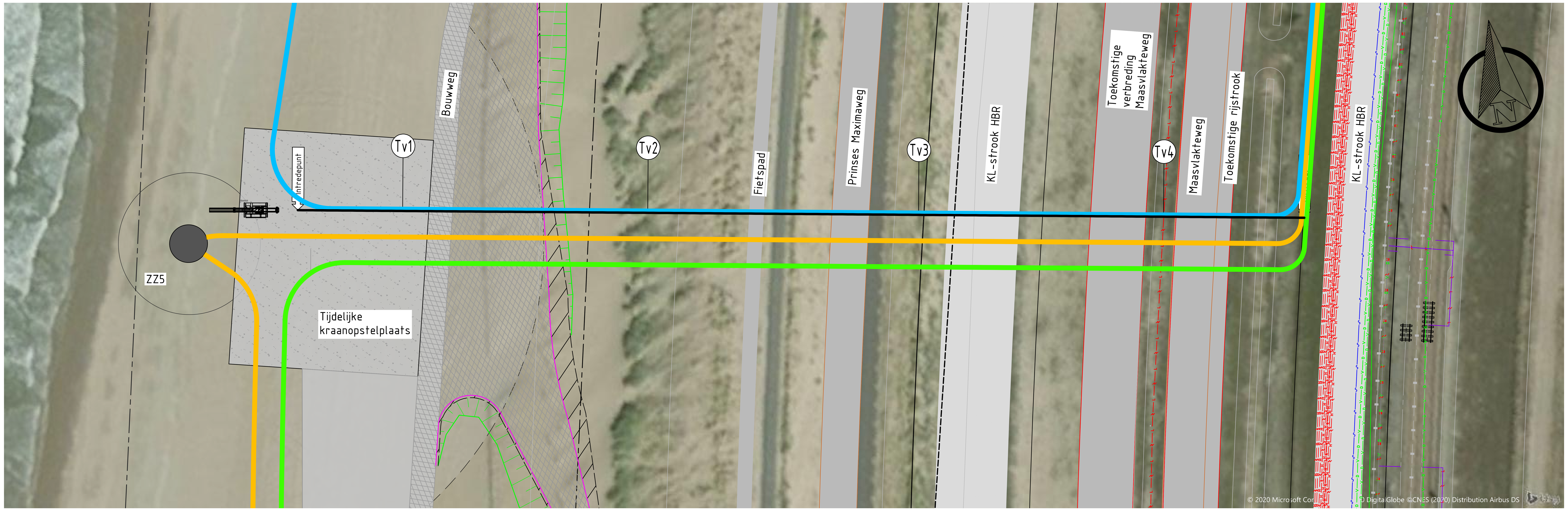
HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:1000/1:25000	VO	14	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Team\BG8375 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

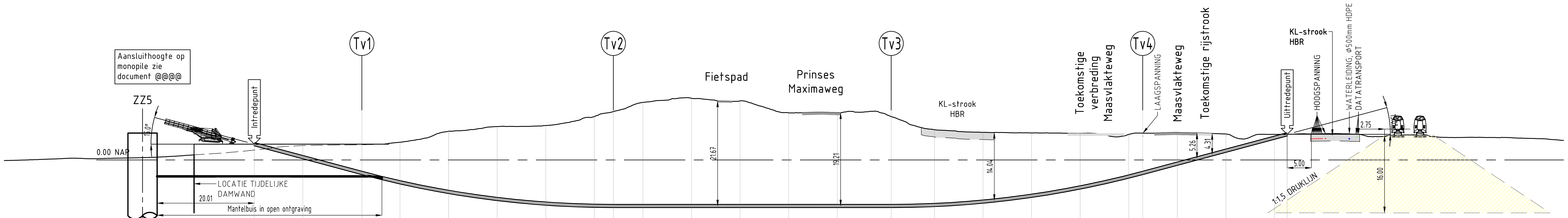


BOVENAANZICHT KRUISING ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG, STRING 4

SCHAAL 1:500

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	Werkelijk geboorde lengte (m)	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
0.00	0.00	+3.25	+3.25	0.00	0.00	-
10.00	10.35	+3.25	+0.57	-2.68	-2.68	-2.40
22.15	22.93	+3.25	-2.68	-5.93	-5.93	-5.65
30.00	31.02	+3.64	-4.62	-8.25	-7.87	-7.98
40.00	41.21	+5.91	-6.60	-12.52	-9.85	-12.24
50.00	51.32	+6.88	-8.06	-14.95	-11.31	-14.67
60.00	61.37	+7.10	-9.01	-16.11	-12.26	-15.84
70.00	71.38	+8.96	-9.46	-18.42	-12.71	-18.15
73.91		+9.97	-9.50	-19.47	-12.75	-19.20
80.00	81.38	+11.87	-9.50	-21.37	-12.75	-21.10
90.00	91.38	+12.72	-9.50	-22.22	-12.75	-21.95
100.00	101.38	+12.17	-9.50	-21.66	-12.75	-21.39
110.00	111.38	+9.72	-9.50	-19.22	-12.75	-18.95
120.00	121.38	+9.75	-9.50	-19.25	-12.75	-18.98
131.11	132.49	+8.95	-9.50	-18.45	-12.75	-18.18
140.00	141.38	+6.23	-9.30	-15.54	-12.55	-15.27
150.00	151.41	+5.69	-8.61	-14.30	-11.86	-14.03
160.00	161.48	+5.57	-7.40	-12.97	-10.65	-12.70
170.00	171.63	+5.47	-5.68	-11.16	-8.93	-10.88
180.00	181.88	+5.26	-3.43	-8.69	-6.68	-8.41
182.87	184.85	+5.51	-2.69	-8.20	-5.94	-7.92
190.00	192.22	+5.66	-0.78	-6.44	-4.03	-6.16
200.00	202.58	+5.34	+1.90	-3.44	-1.35	-3.16
210.00	212.93	+5.28	+4.58	-0.70	+1.33	-0.42
212.60	215.63	+5.28	+5.28	0.00	+2.03	-

Radius Boring (m): Rv=∞/L⌒=22.93 · Rv=200/L⌒=52.36 · Rv=∞/L⌒=57.20 · Rv=200/L⌒=52.36 · Rv=∞/L⌒=30.78

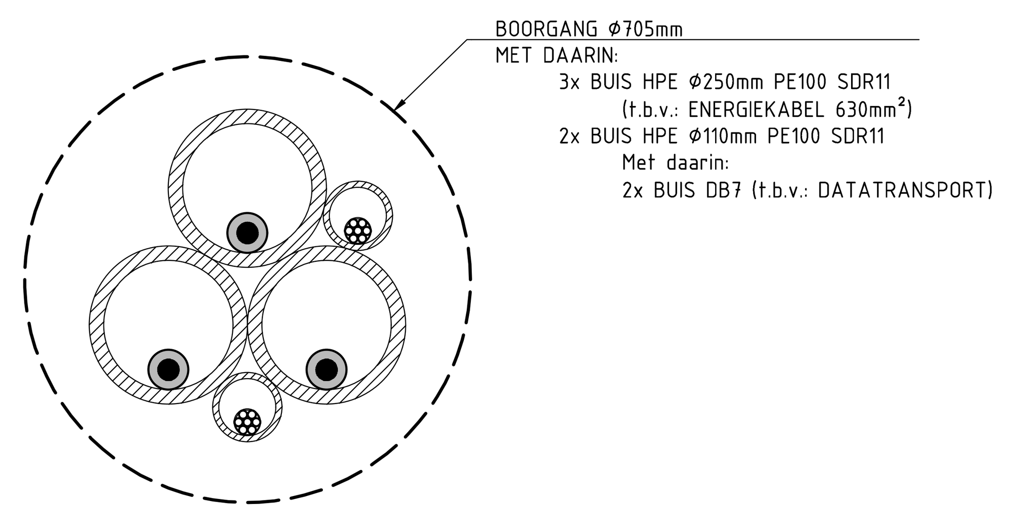
PROFIEL KRUISING ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG, STRING 4

SCHAAL 1:500

Tabel Tangentpunten Boring HDD 17			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57123.13	442717.50	3.25
Tv1	57144.85	442713.18	-2.68
Tv2	57195.62	442703.07	-9.50
Tv3	57251.71	442691.89	-9.50
Tv4	57302.48	442681.78	-2.68
Uittrede	57331.64	442675.98	5.28

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG (STRING 4) HDD 15

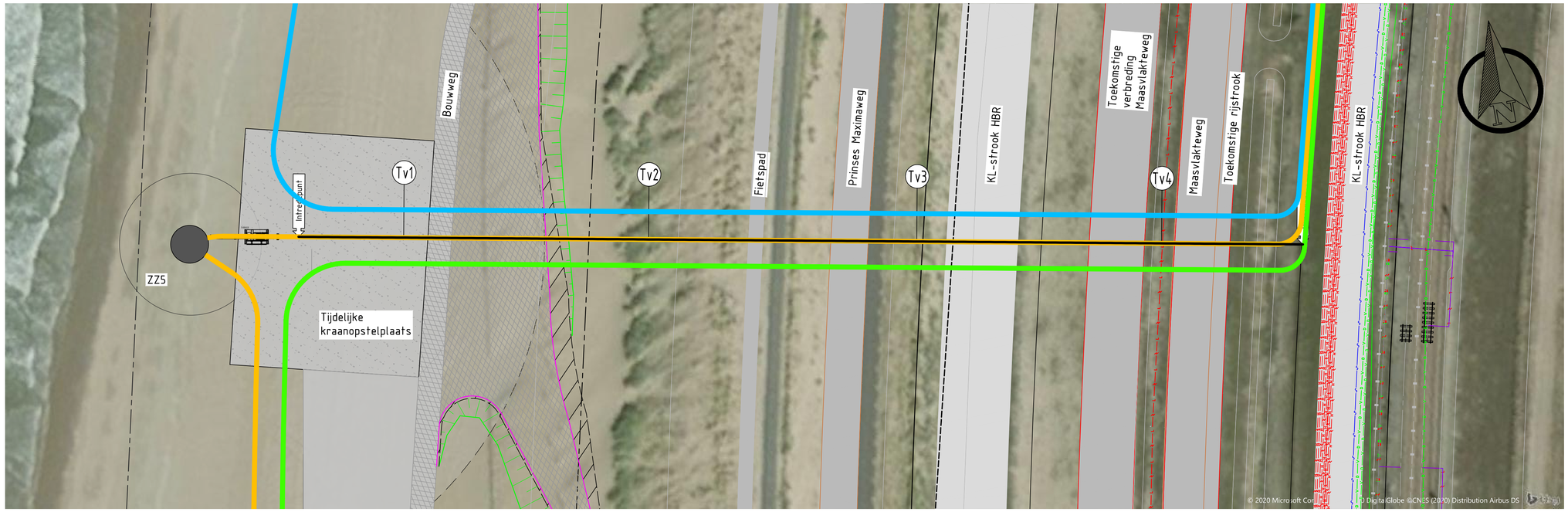
Royal HaskoningDHV Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V. Water

documentstatus | documentversie

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:500/1:25000	VO	15	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

Filename : C:\Users\HP\Box Sync\BG8375 WP MV2 Team\BG8375 Technical Data WP MV2\07_HDD\VO\HDD\BG8375-103-100-HDD00.dwg

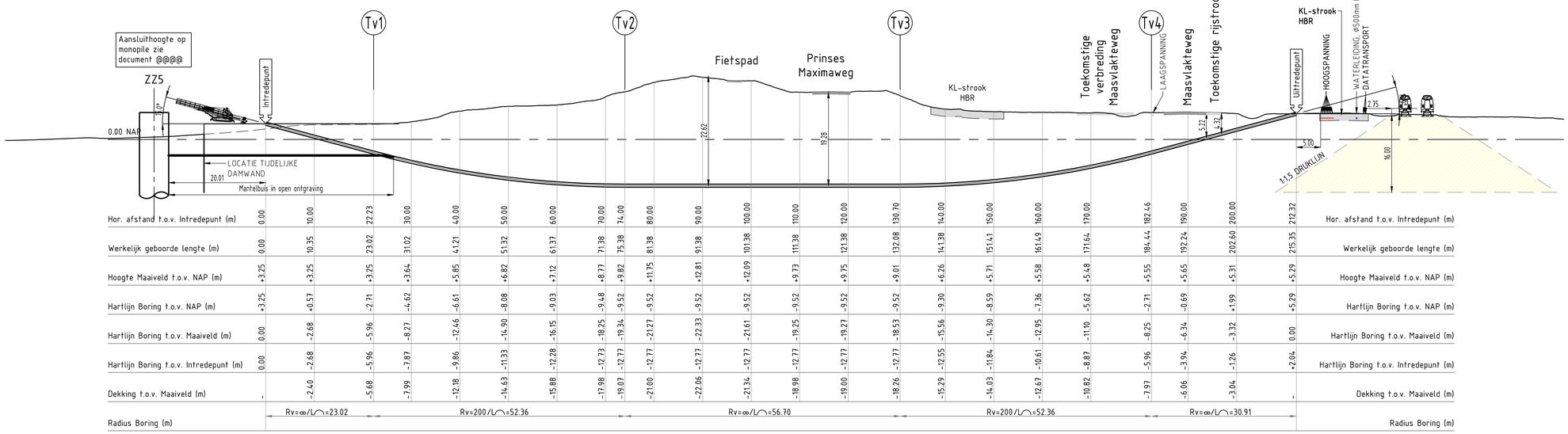


BOVENAANZICHT KRUISING ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG, STRING 5B

SCHAAL 1:500

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	10.00	22.23	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	74.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	130.70	140.00	150.00	160.00	170.00	182.46	190.00	200.00	212.32	Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)
Werkelijk geboorde lengte (m)	0.00	10.35	23.02	31.02	41.21	51.32	61.37	71.38	75.38	81.38	91.38	101.38	111.38	121.38	132.08	141.38	151.61	161.69	171.64	184.44	192.24	202.60	215.35	Werkelijk geboorde lengte (m)
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+3.25	+3.25	+3.25	+3.64	+5.85	+6.82	+7.12	+8.77	+9.82	+11.75	+12.81	+12.09	+9.73	+9.75	+9.01	+6.26	+5.71	+5.58	+5.48	+5.55	+5.65	+5.31	+5.29	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	+3.25	+0.57	-2.71	-4.62	-6.61	-8.08	-9.03	-9.48	-9.52	-9.52	-9.52	-9.52	-9.52	-9.52	-9.52	-9.30	-8.59	-7.36	-5.62	-2.71	-0.69	+1.99	+5.29	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	0.00	-2.68	-5.96	-8.27	-12.46	-14.90	-16.15	-18.25	-19.34	-21.27	-22.33	-21.61	-19.25	-19.27	-18.53	-15.56	-14.30	-12.95	-11.10	-8.25	-6.34	-3.32	0.00	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	-2.68	-5.96	-7.87	-9.86	-11.33	-12.28	-12.73	-12.77	-12.77	-12.77	-12.77	-12.77	-12.77	-12.77	-12.55	-11.84	-10.61	-8.87	-5.96	-3.94	-1.26	+2.04	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-	-2.40	-5.68	-7.99	-12.18	-14.63	-15.88	-17.98	-19.07	-21.00	-22.06	-21.34	-18.98	-19.00	-18.26	-15.29	-14.03	-12.67	-10.82	-7.97	-6.06	-3.04	-	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
Radius Boring (m)		Rv=∞/L⌒=23.02			Rv=200/L⌒=52.36							Rv=∞/L⌒=56.70						Rv=200/L⌒=52.36			Rv=∞/L⌒=30.91				Radius Boring (m)

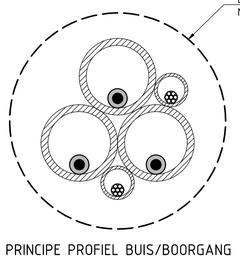
PROFIEL KRUISING ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG, STRING 5B

SCHAAL 1:500

Tabel Tangentpunten Boring HDD-dijk			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57122.05	442712.11	3.25
Tv1	57143.86	442707.76	-2.71
Tv2	57194.63	442697.65	-9.52
Tv3	57250.24	442686.58	-9.52
Tv4	57301.00	442676.47	-2.71
Uittrede	57330.28	442670.64	5.29

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

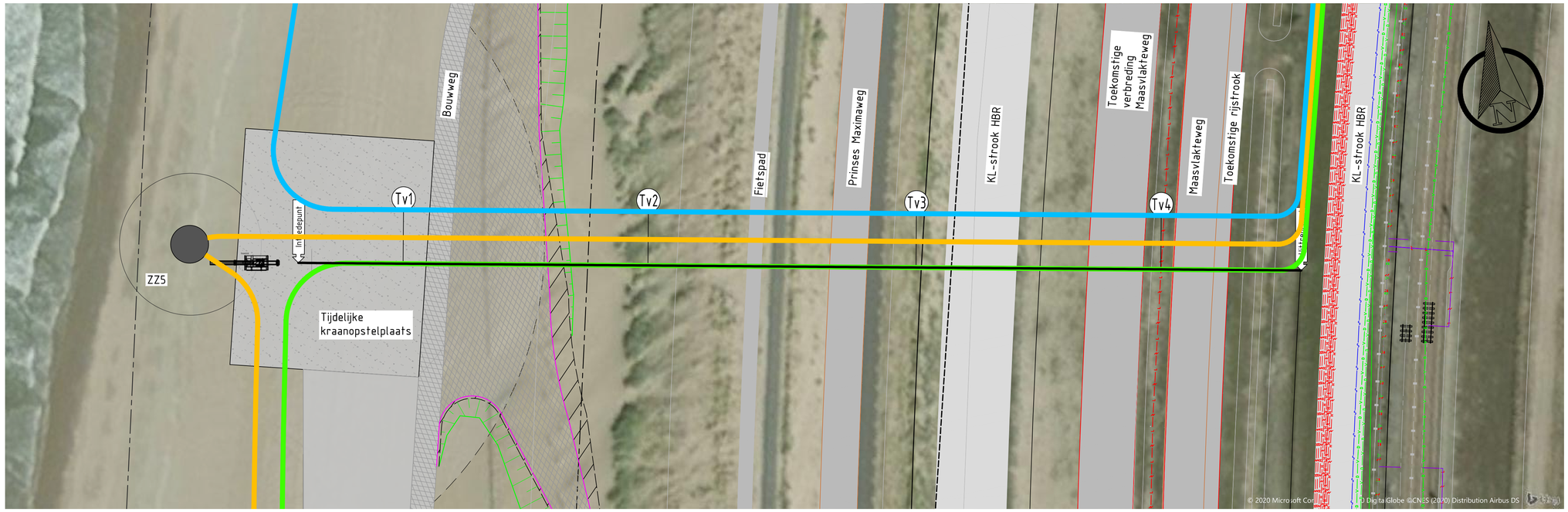
omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG (STRING 5B) HDD 16

HaskoningDHV Nederland B.V. Water

documentstatus | documentversie

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:500/1:25000	VO	16	20

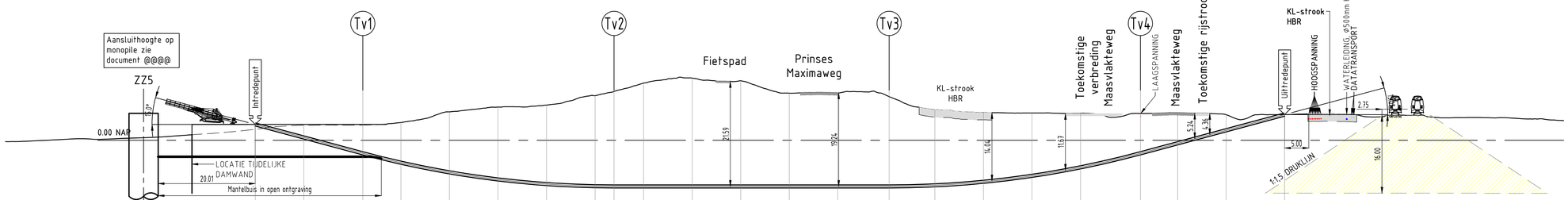


BOVENAANZICHT KRUISING ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG, STRING 3

SCHAAL 1:500

SITUATIE

SCHAAL 1:25000



Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	10.00	22.15	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	73.91	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	130.57	140.00	150.00	160.00	170.00	182.34	190.00	200.00	212.03	Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)
Werkelijk geboorde lengte (m)	0.00	10.35	22.93	31.02	41.21	51.32	61.37	71.38	75.29	81.38	91.38	101.38	111.38	121.38	131.95	141.38	151.41	161.48	171.64	184.31	192.24	202.60	215.05	Werkelijk geboorde lengte (m)
Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)	+3.25	+3.25	+3.25	+3.65	+5.84	+6.84	+7.24	+9.18	+10.04	+11.76	+12.78	+12.23	+9.67	+9.75	+8.97	+6.26	+5.69	+5.60	+5.53	+5.50	+5.65	+5.25	+5.27	Hoogte Maaiveld t.o.v. NAP (m)
Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)	+3.25	+0.57	-2.68	-4.62	-6.60	-8.06	-9.01	-9.46	-9.50	-9.50	-9.50	-9.50	-9.50	-9.50	-9.50	-9.28	-8.55	-7.32	-5.58	-2.69	-0.63	+2.05	+5.27	Hartlijn Boring t.o.v. NAP (m)
Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)	0.00	-2.68	-5.93	-8.27	-12.44	-14.90	-16.25	-18.64	-19.54	-21.26	-22.28	-21.73	-19.17	-19.25	-18.47	-15.54	-14.25	-12.92	-11.11	-8.19	-6.29	-3.21	0.00	Hartlijn Boring t.o.v. Maaiveld (m)
Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)	0.00	-2.68	-5.93	-7.87	-9.85	-11.31	-12.26	-12.71	-12.75	-12.75	-12.75	-12.75	-12.75	-12.75	-12.75	-12.53	-11.80	-10.57	-8.83	-5.94	-3.88	-1.20	+2.02	Hartlijn Boring t.o.v. Intredepunt (m)
Dekking t.o.v. Maaiveld (m)	-	-2.40	-5.65	-7.99	-12.17	-14.63	-15.98	-18.37	-19.27	-20.99	-22.01	-21.46	-18.90	-18.98	-18.20	-15.27	-13.97	-12.65	-10.83	-7.91	-6.01	-2.93	-	Dekking t.o.v. Maaiveld (m)
Radius Boring (m)		Rv=∞/L⌒=22.93			Rv=200/L⌒=52.36						Rv=∞/L⌒=56.66					Rv=200/L⌒=52.36					Rv=∞/L⌒=30.74				Radius Boring (m)

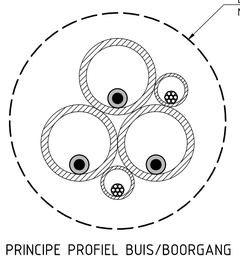
PROFIEL KRUISING ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG, STRING 3

SCHAAL 1:500

Tabel Tangentpunten Boring HDD 19			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	57120.98	442706.71	3.25
Tv1	57142.70	442702.39	-2.68
Tv2	57193.47	442692.28	-9.50
Tv3	57249.04	442681.21	-9.50
Tv4	57299.81	442671.10	-2.68
Uittrede	57328.93	442665.30	5.27

Legenda

- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4 (string 4)
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8 (string 5B)
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12 (string 3)
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ + nr. windturbine — WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 + nr. windturbine — WINDMOLEN HARDE ZEEWERING



PRINCIPE PROFIEL BUIS/BOORGANG

SCHAAL 1:10

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
1.0	Eerste uitgave	[redacted]			29-05-2020

opdrachtgever: ENECO N.V.

project: AANLEG HDD WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving: AANLEG HDD ZZ1 t/m ZZ12 incl. ZEEWERING ZZ5 - MAASVLAKTEWEG (STRING 3) HDD 17

HaskoningDHV Nederland B.V. Water

documentstatus: | documentversie:

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A1	1:500/1:25000	VO	17	20

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-100-VO01

BOVENAANZICHT WINDMOLEN ZZ1 t/m ZZ12 en HZ1 t/m HZ10

SCHAAL 1:5000

MECHANISCHE BORING				
boornummer	X	Y	diepte in m. t.o.v. NAP	OPMERKING
B-MB1	58400.39	444545.91	-12	1 peilbuis
B-MB2	58428.20	444527.85	-12	1 peilbuis Soortelijke warmte weerstand Soortelijke bodemweerstand
B-MB3	57124.42	442659.82	-20	2 peilbuis Soortelijke warmte weerstand Soortelijke bodemweerstand
B-MB4	57309.79	442650.94	-20	2 peilbuis Soortelijke warmte weerstand Soortelijke bodemweerstand

SONDERING				
sondeernummer	X	Y	diepte in m. t.o.v. NAP	OPMERKING
S-HZ1	61251.19	444883.93	-35	met waterspanning
S-HZ2	60955.19	444968.40	-35	met waterspanning
S-HZ3	60686.80	445075.47	-35	met waterspanning
S-HZ4	60421.51	445178.92	-35	met waterspanning
S-HZ5	60144.23	445237.32	-35	met waterspanning
S-HZ6	59845.92	445226.05	-35	met waterspanning
S-HZ7	59565.35	445155.02	-35	met waterspanning
S-HZ8	59286.43	445069.78	-35	met waterspanning
S-HZ9	58959.97	444958.42	-35	met waterspanning
S-HZ10	58428.17	444622.44	-35	met waterspanning
S-WK1	58390.03	444555.10	-15	
S-WK2	58408.86	444558.59	-15	
S-WK3	58422.33	444530.71	-15	
S-WK4	58440.62	444531.82	-15	
S-ZZ10	58007.29	444242.88	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ11	57929.76	444167.76	-20	
S-ZZ12	57887.72	444064.98	-20	
S-ZZ13	57798.36	443999.07	-20	
S-ZZ20	57744.49	443905.51	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ21	57692.02	443803.55	-20	
S-ZZ22	57602.58	443727.24	-20	
S-ZZ23	57562.44	443616.73	-20	
S-ZZ30	57485.32	443531.87	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ31	57439.67	443426.86	-20	
S-ZZ32	57355.45	443345.04	-20	
S-ZZ33	57322.65	443232.30	-20	
S-ZZ40	57251.29	443142.75	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ41	57228.88	443031.88	-20	
S-ZZ42	57163.93	442935.70	-20	
S-ZZ43	57155.69	442819.93	-20	
S-ZZ50	57099.31	442714.84	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ51	57103.20	442599.64	-20	
S-ZZ52	57052.66	442492.13	-20	
S-ZZ53	57071.37	442374.83	-20	
S-ZZ60	57035.71	442265.22	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ61	57062.54	442153.12	-20	
S-ZZ62	57034.54	442037.68	-20	
S-ZZ63	57076.30	441926.49	-20	
S-ZZ70	57063.31	441811.96	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ71	57111.86	441707.40	-20	
S-ZZ72	57107.30	441588.69	-20	
S-ZZ73	57170.31	441487.98	-20	
S-ZZ80	57180.28	441373.14	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ81	57236.13	441272.53	-20	
S-ZZ82	57244.92	441155.14	-20	
S-ZZ83	57310.42	441057.31	-20	
S-ZZ90	57333.38	440944.81	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ91	57385.78	440842.77	-20	
S-ZZ92	57395.80	440725.59	-20	
S-ZZ93	57462.32	440628.60	-20	
S-ZZ100	57486.47	440516.47	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ101	57538.87	440414.44	-20	
S-ZZ102	57548.89	440297.26	-20	
S-ZZ103	57615.41	440200.27	-20	
S-ZZ110	57639.56	440088.14	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-ZZ111	57695.00	439987.92	-20	
S-ZZ112	57708.54	439871.27	-20	
S-ZZ113	57777.94	439776.53	-20	
S-ZZ120	57805.45	439665.35	-45	waterspanning en schuifgolfsnelheid
S-DK1	57131.75	442679.78	-20	met waterspanning
S-DK2	57191.95	442721.85	-20	met waterspanning
S-DK3	57220.71	442663.07	-20	met waterspanning
S-DK4	57253.82	442710.66	-20	met waterspanning
S-DK5	57282.48	442650.44	-20	met waterspanning
S-DK6	57333.81	442692.18	-20	met waterspanning

Legenda

- Legtracé HZ1 t/m HZ5 tot Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- Legtracé HZ6 t/m HZ11 tot Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- HDD's en legtracé ZZ1 t/m ZZ4
- HDD's en legtracé ZZ5 t/m ZZ8
- HDD's en legtracé ZZ9 t/m ZZ12
- Inkoopstation (onderdeel Windpark)
- ZZ5 WINDMOLEN ZACHTE ZEEWERING
- HZ1 WINDMOLEN HARDE ZEEWERING
- B-MB1 -12 Te maken mechanische boring tot diepte in NAP
- S-DK2 -20 Te maken sondering tot diepte in NAP
- 1 -11.29 MOS Gemaakte sondering tot diepte in NAP en bedrijf

1.0	Eerste uitgave	[redacted]			11-03-2020
versie	omschrijving			akkoord	datum

opdrachtgever
ENECO N.V.

project
AANLEG LEGTRACÉ/HDD/PERSING
WINDMOLENPARK MAASVLAKTE 2

omschrijving
OVERZICHTSTEKENING FASE 1
t.b.v. UIT TE VOEREN SONDERINGEN

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

documentstatus | documentversie

formaat: A0.8 | schaal: 1:5000 | fase: VO | bladnr.: 1 | van: 3

projectnummer / tekeningnummer: BG8375-103-102-VO01

MOS GRONDMECHANICA

Betreft	:	Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte (opdrachtnummer 4300038842) te ROTTERDAM
Opdrachtgever	:	Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud [redacted]
Behandeld door	:	[redacted]
Kenmerk	:	R1902926-01
Datum	:	4 november 2019

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Correspondentieadres:	Albert Plesmanweg 47 3088 GB Rotterdam		Telefoonnummer: +31(0)88-5130200	
Hoofdkantoor Rotterdam	Albert Plesmanweg 47	3088 GB	Rotterdam	
Vestiging Helmond	Vossenbeemd 90B	5705 CL	Helmond	
Vestiging Almelo	Het Wendelgoor 13	7604 PJ	Almelo	
Vestiging Amsterdam	Pleimuiden 8B	1046 AG	Amsterdam	
Vestiging Suriname	Ds Martin Luther Kingweg 150	District Wanica	Suriname	Tel. +597-488188

1. ONDERZOEKSOPDRACHT

Ten behoeve van bovengenoemd project hebben wij in uw opdracht een grondonderzoek uitgevoerd. De opdracht omvatte de volgende werkzaamheden:

- Bureauwerkzaamheden waaronder klic-melding en interpretatie
- 11 locaties uitzetten en waterpassen t.o.v. RD en NAP
- 11 sonderingen tot een diepte van NAP – 45 m (circa maaiveld – 50 m) inclusief meting van de plaatselijke wrijving

2. UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

Landmeten

Voor de uitvoering van dit onderzoek heeft de opdrachtgever ons een tekening ter beschikking gesteld.

Aan de hand van de verstrekte tekening heeft Mos Grondmechanica een klic-melding gedaan. De onderzoekslocaties zijn met behulp van GPS-RTK apparatuur in het veld uitgezet en gewaterpast. De onderzoekslocaties zijn op tekening weergegeven en in dit rapport opgenomen.

Sonderen

In de periode van 28-10-2019 t/m 01-11-2019 zijn de sonderingen met de nummers 1 t/m 11 uitgevoerd. In de tabel hieronder staan de behaalde einddiepten tov NAP en de bijzonderheden per sondering vermeld.

Sondering	X-coord	Y-coord	Maaiveld tov NAP	Einddiepte tov NAP	Opmerking
1	61201,120	444883,410	5,43	-11,29	Einddiepte niet behaald ivm aantreffen obstructie
2	57914,470	444071,680	4,66	-45,28	Einddiepte behaald
3	57854,890	439658,580	2,90	-47,01	Einddiepte behaald
4	57395,160	443304,780	1,63	-40,52	Einddiepte niet behaald ivm behalen max. indrukweerstand
5	57516,120	440584,690	3,16	-46,81	Einddiepte behaald
6	57072,970	442326,080	2,71	-37,61	Einddiepte niet behaald ivm behalen max. indrukweerstand
7	58363,390	444527,550	5,35	-44,48	Einddiepte behaald
8	59014,070	444977,310	5,33	-44,27	Einddiepte behaald
9	59734,860	445202,590	5,19	-37,28	Einddiepte niet behaald ivm behalen max. indrukweerstand
10	60489,520	445152,670	5,38	-36,14	Einddiepte niet behaald ivm behalen max. indrukweerstand
11	57176,590	441462,910	2,52	-47,40	Einddiepte behaald

De sonderingen zijn met een sondeerunit met een drukcapaciteit van 200 kN uitgevoerd.

Bij elke sondering is per 20 mm de tijd, de diepte, de conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijving (f_s) en de helling (i) gemeten en als data opgeslagen. Tevens is het berekende wrijvingsgetal gepresenteerd.

Het wrijvingsgetal geeft nader inzicht in de aanwezige grondsoorten. Voor de in Nederland meest voorkomende, normaal geconsolideerde, grondsoorten kunnen indicatief de volgende wrijvingsgetallen worden aangehouden:

Zand: 0,5 % - 1,5 % Klei / Leem: 2% - 4% Veen: 8% - 10 %

De sonderingen zijn conform toepassingsklasse 2, type TE1 van de NEN-EN-ISO-22476-1 uitgevoerd.

Opgesteld door:

[redacted]

Mos Grondmechanica B.V.

Gecontroleerd door:

[redacted]

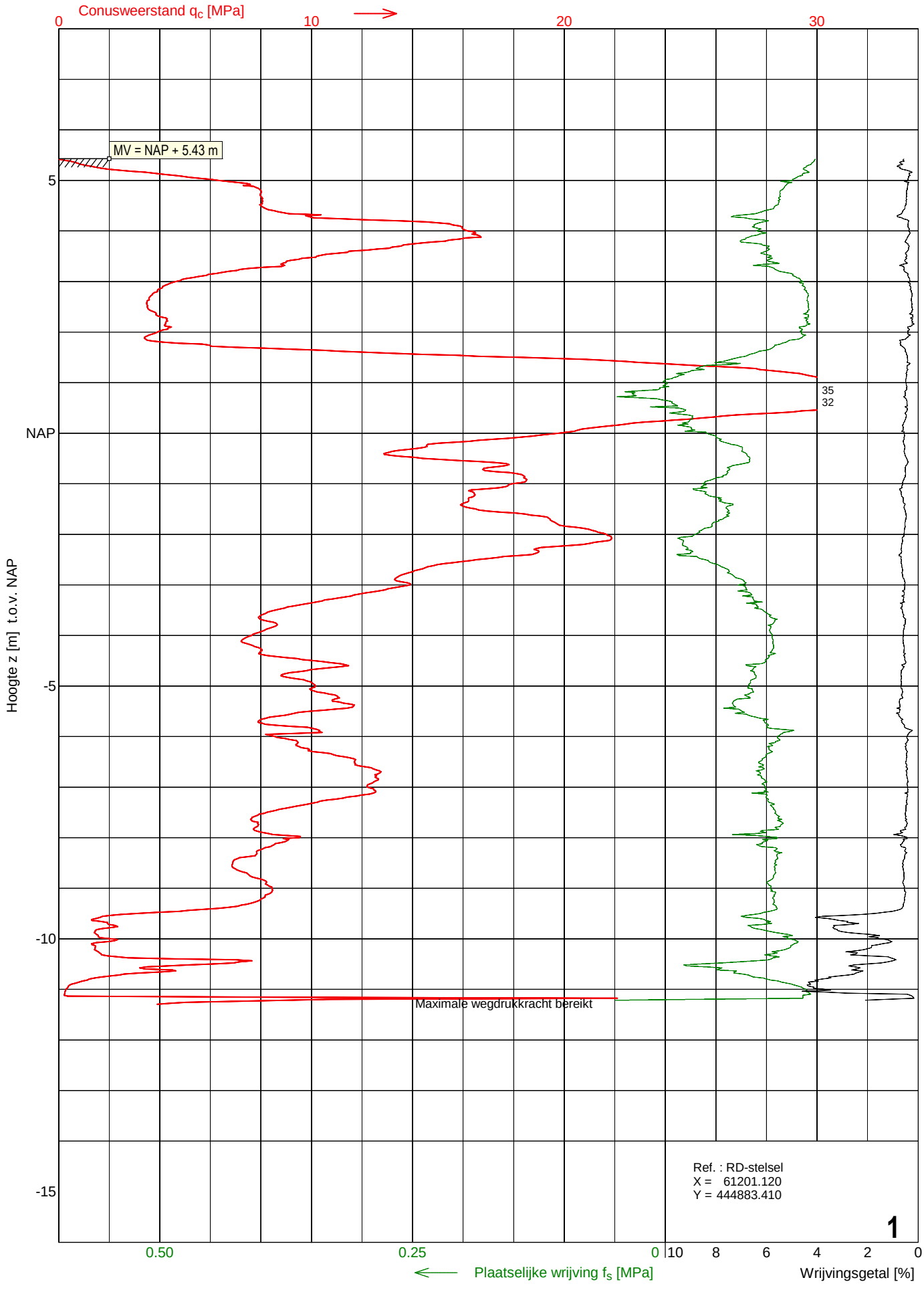
MOS GRONDMECHANICA

Inhoud:

- **Sonderingen**
- **Coördinatenlijst**
- **Situatietekening**

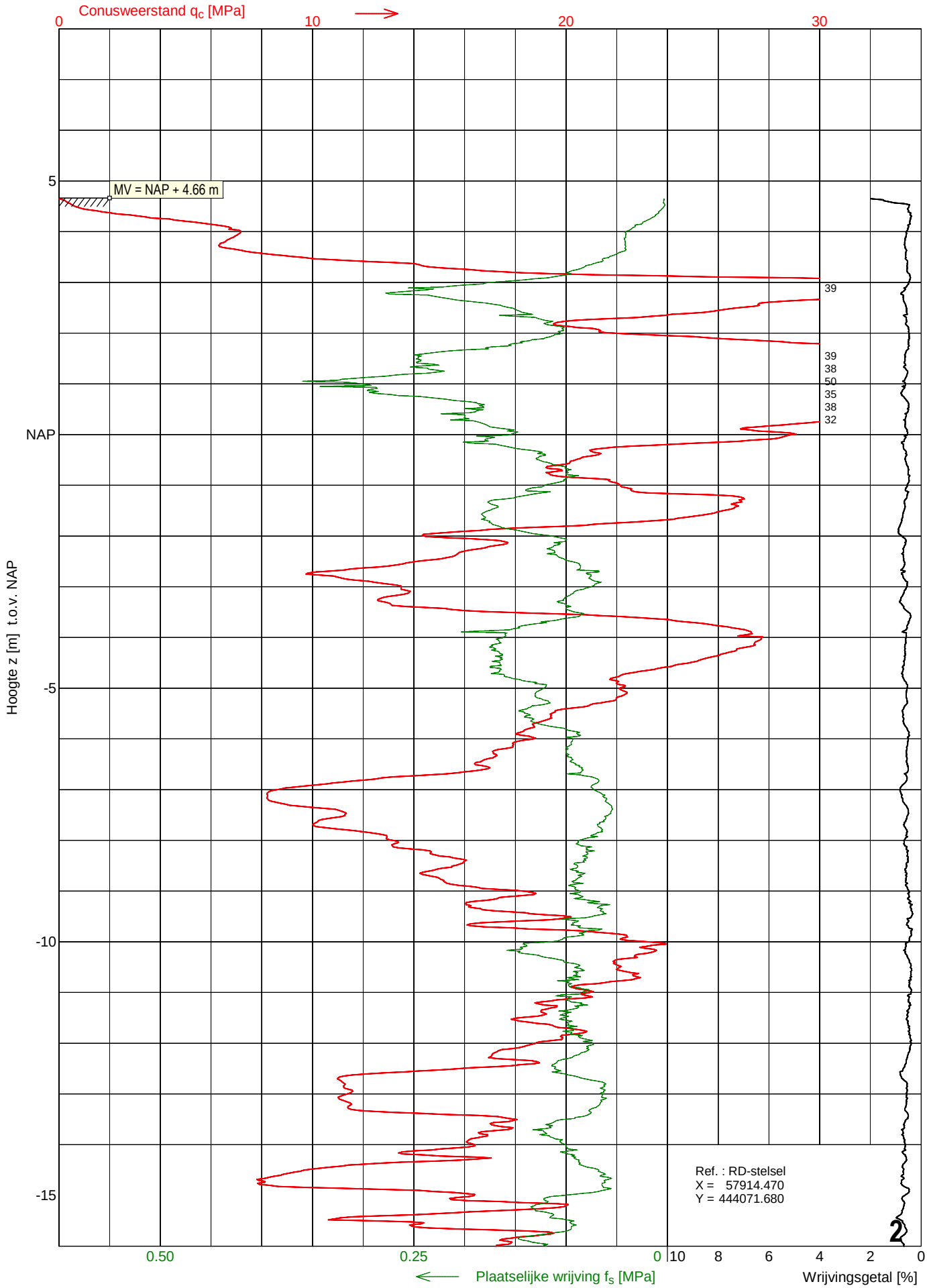
Sondering 1

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 1



Sondering 2

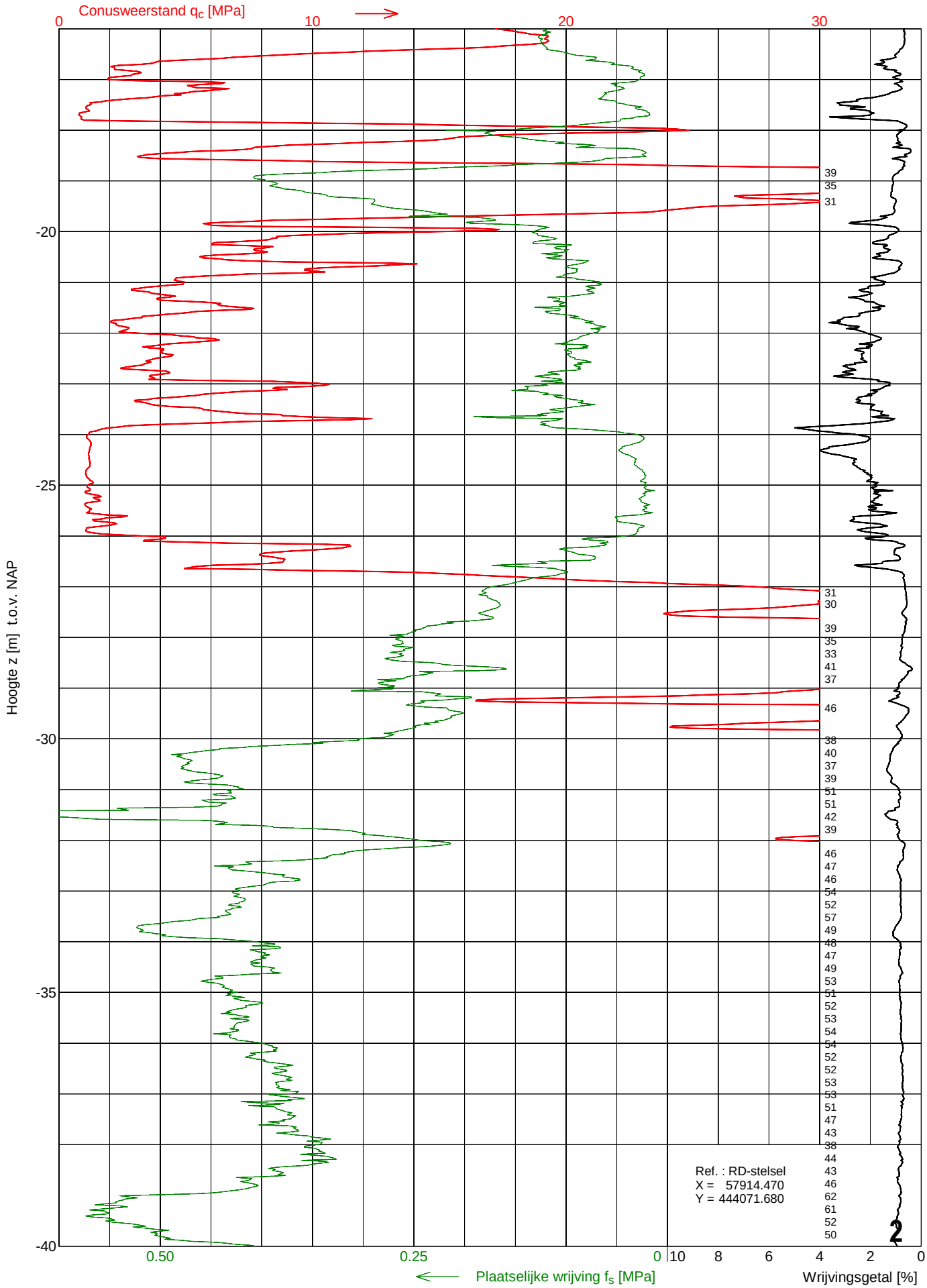
Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 3



MOS GRONDMECHANICA

Sondering 2

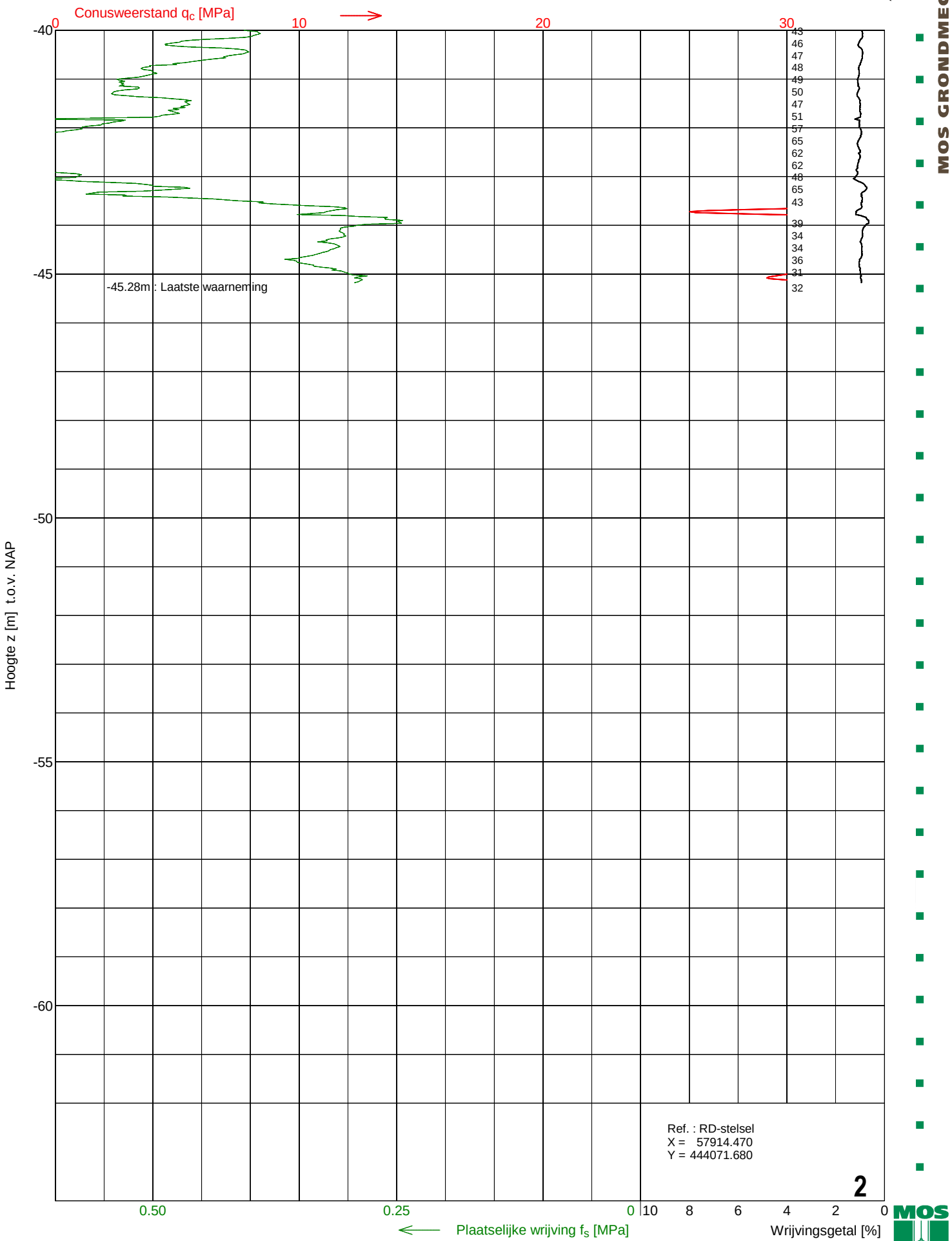
Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 3



MOS GRONDMECHANICA

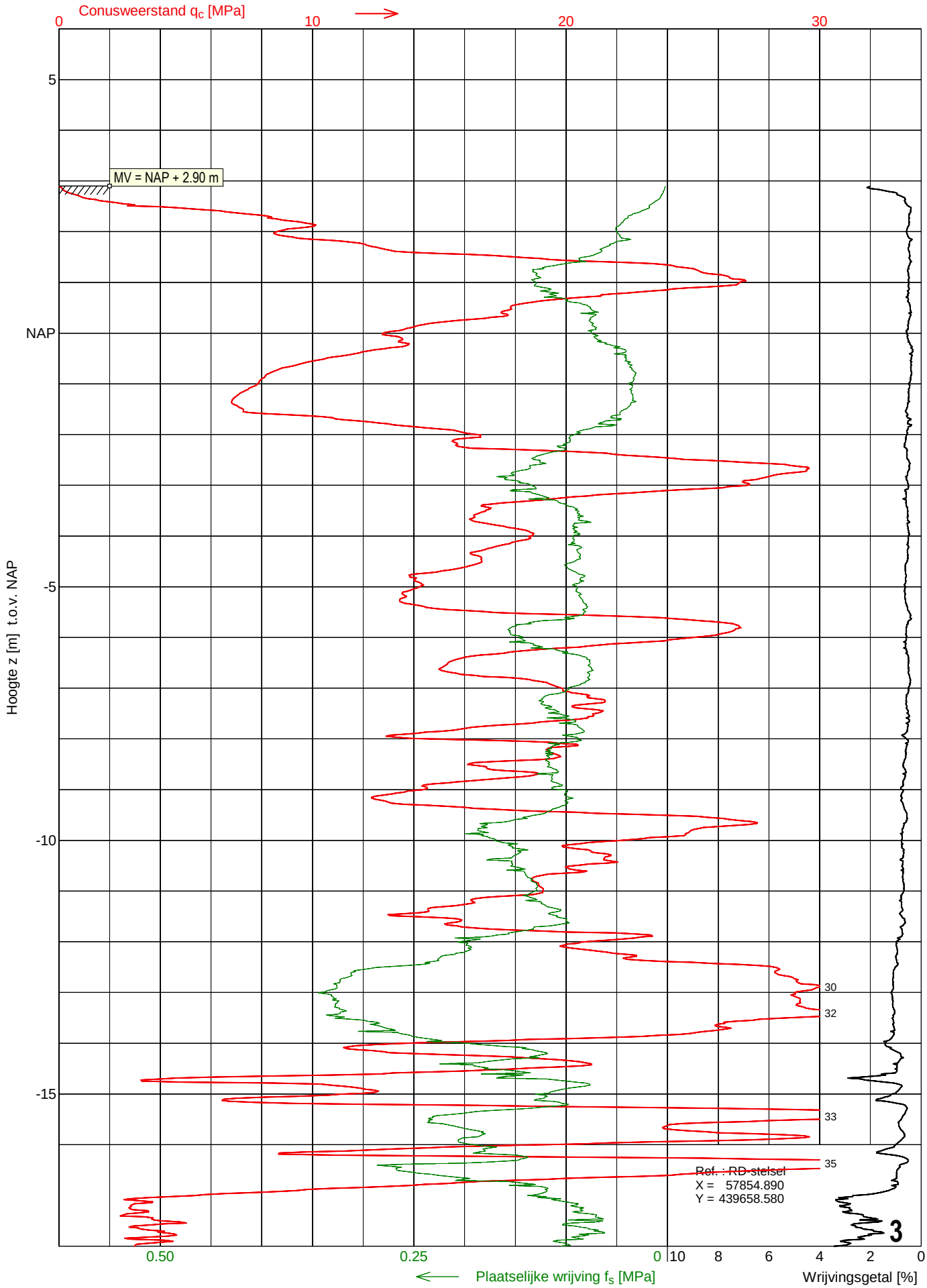
Sondering 2

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 3 van 3



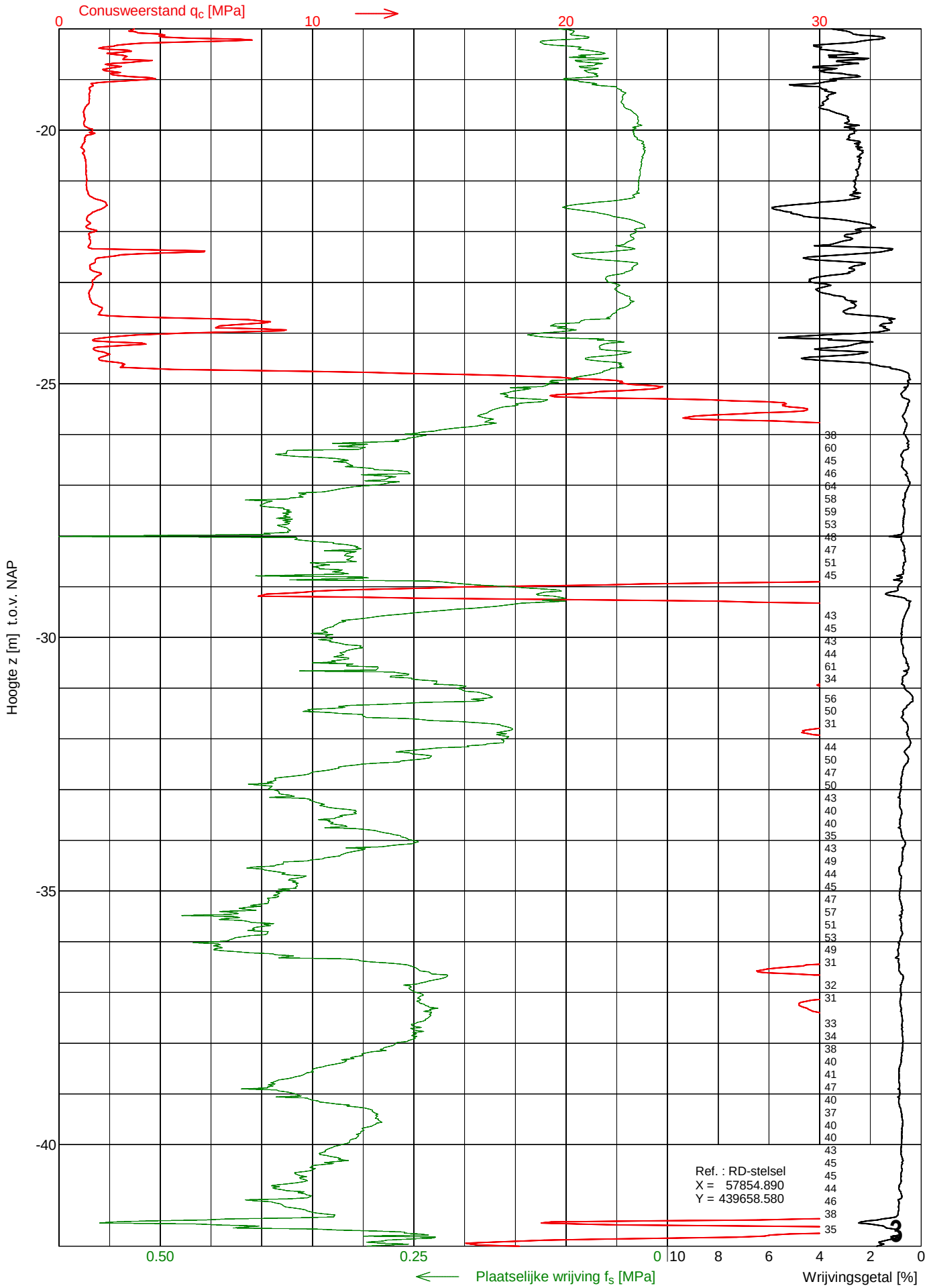
Sondering 3

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 31-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 3



Sondering 3

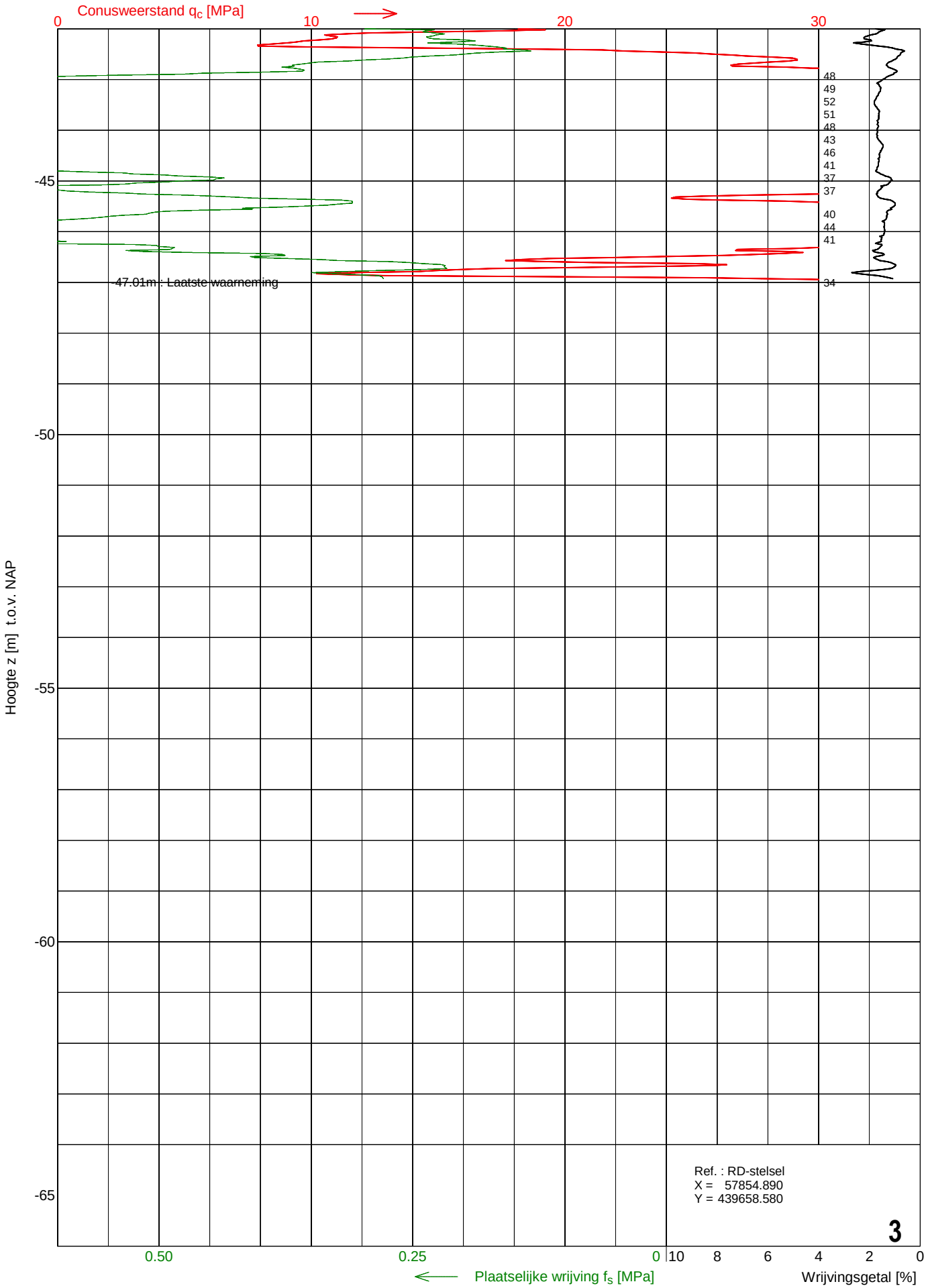
Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 31-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 3



MOS GRONDMECHANICA

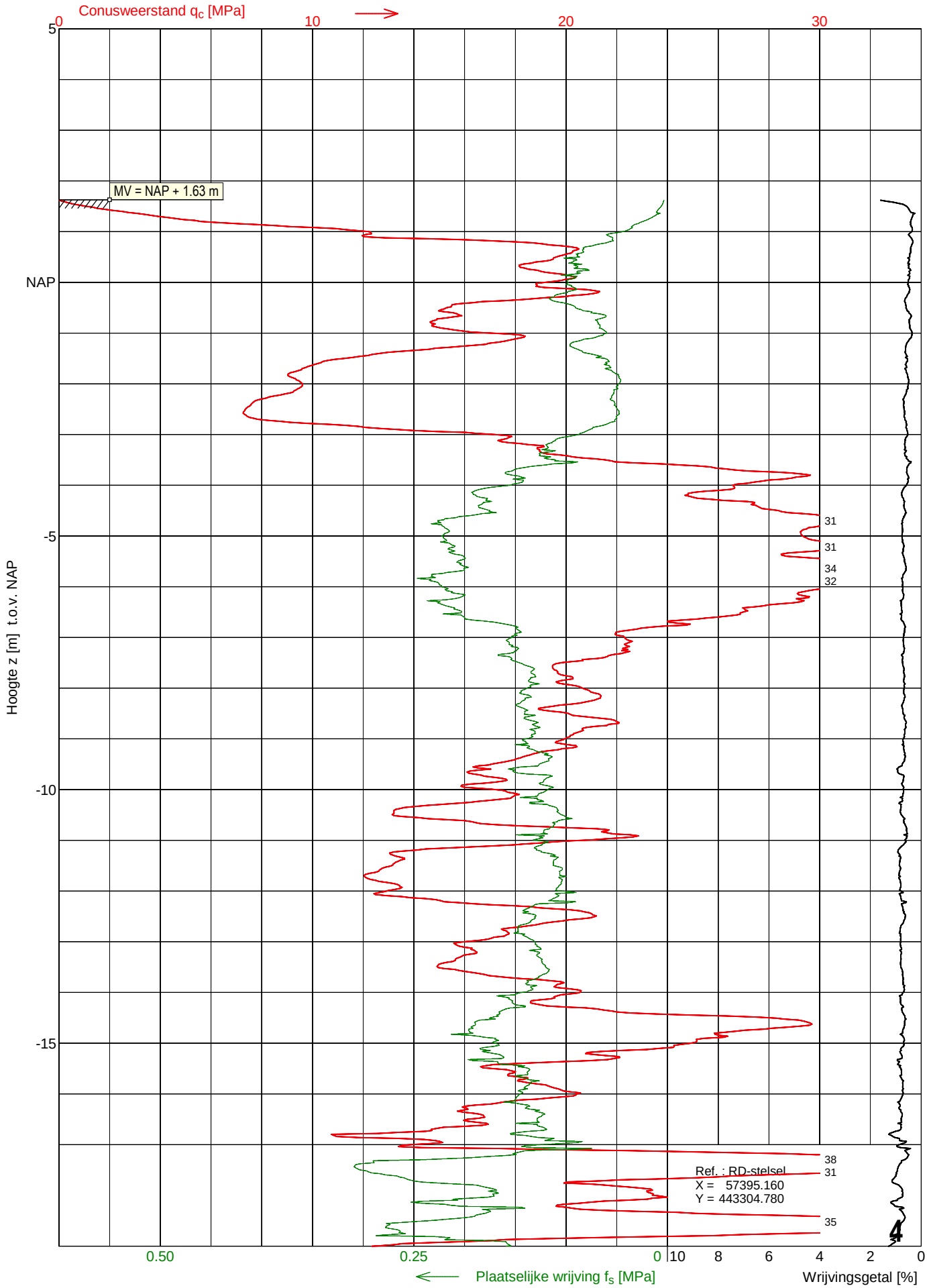
Sondering 3

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 31-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 3 van 3



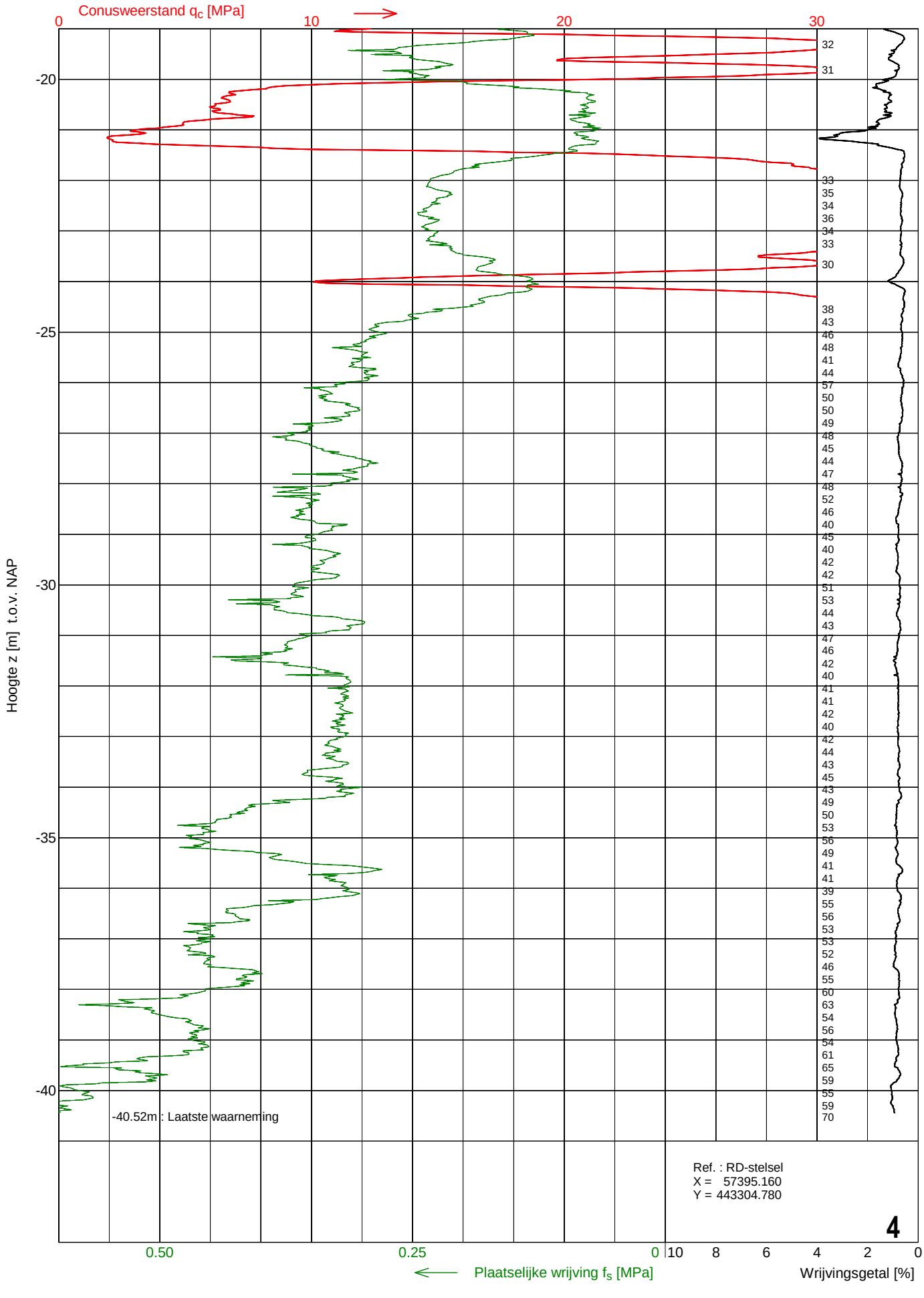
Sondering 4

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 2



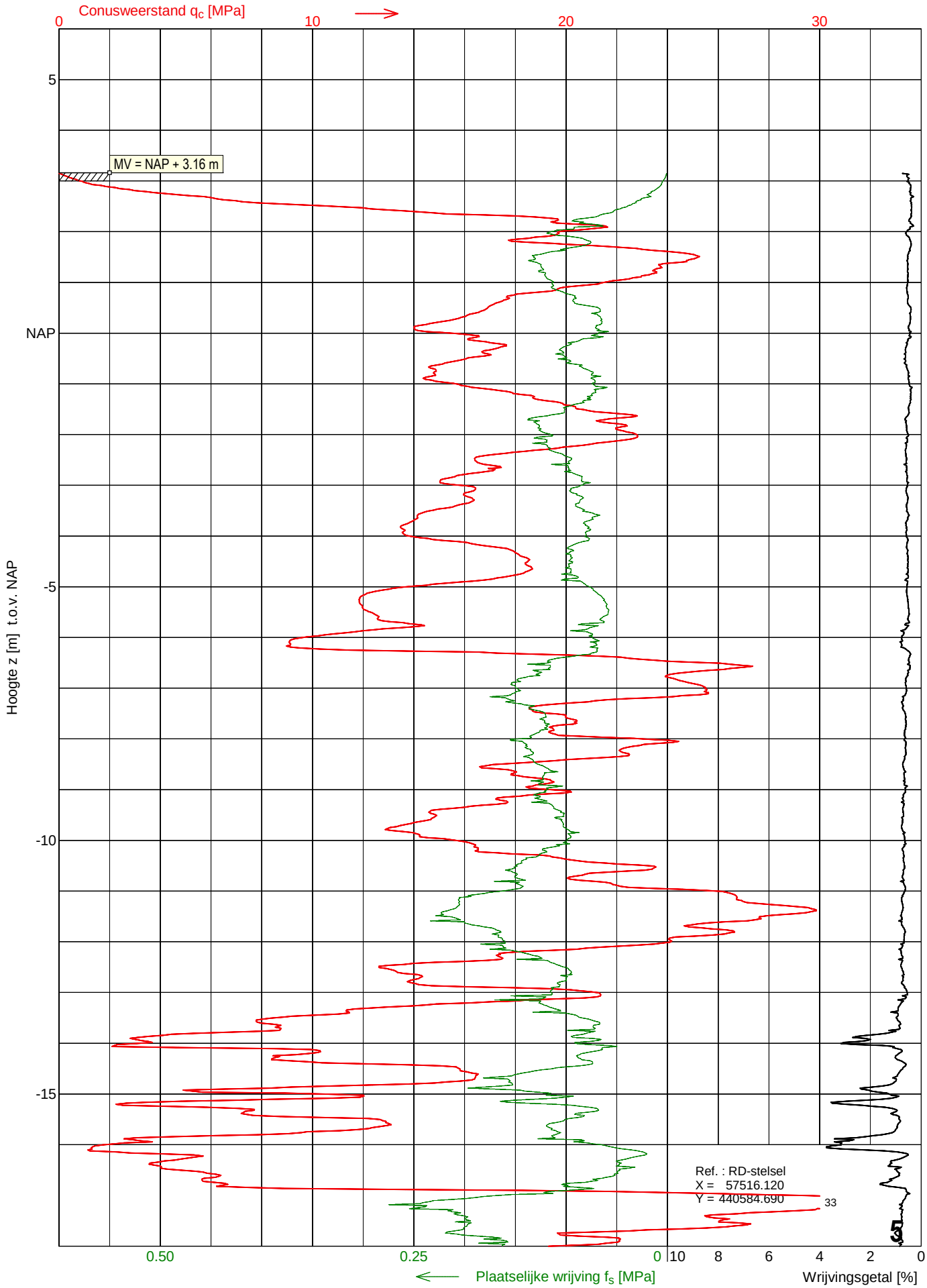
Sondering 4

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 2



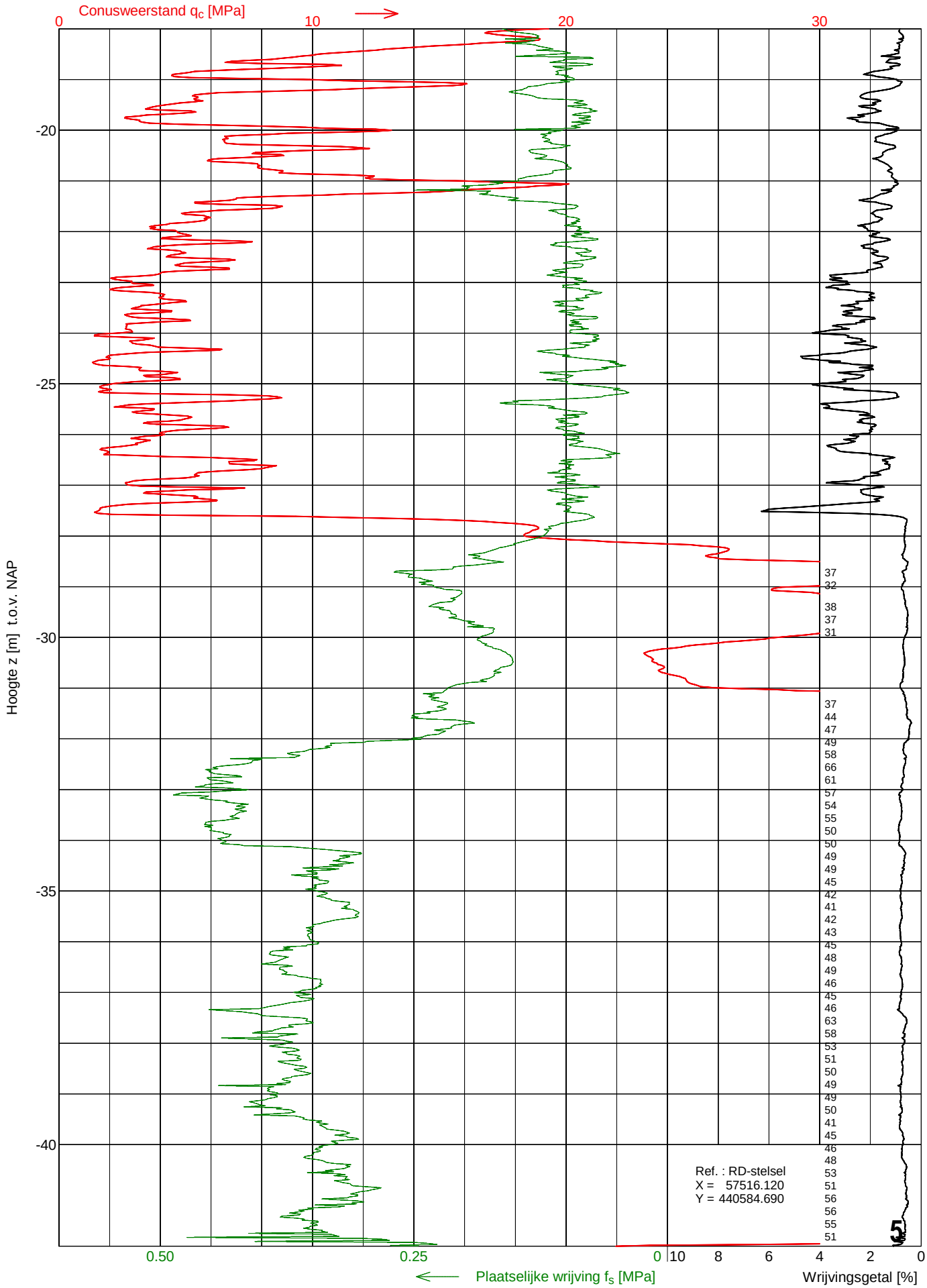
Sondering 5

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 01-11-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 3



Sondering 5

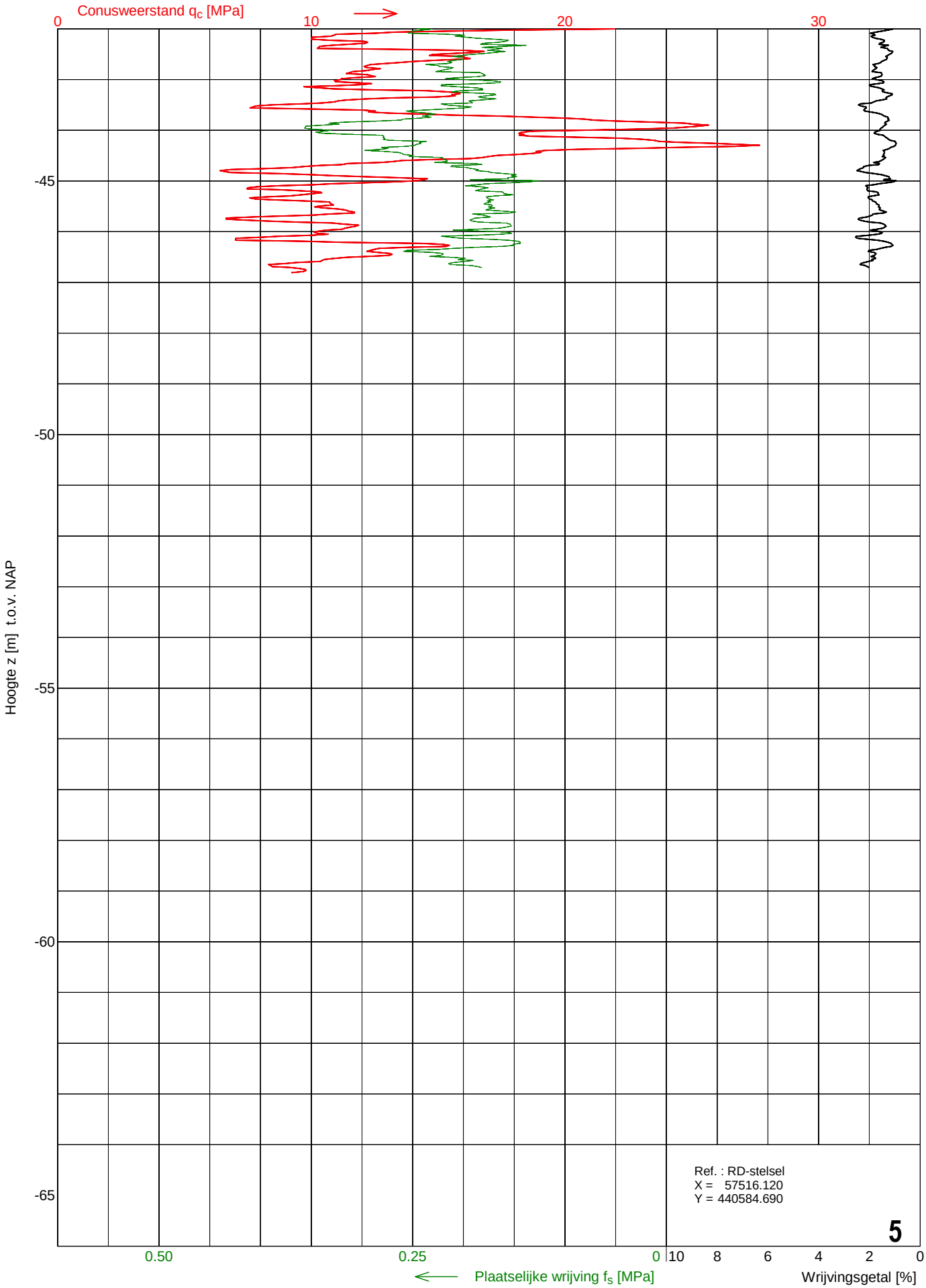
Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 01-11-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 3



MOS GRONDMECHANICA

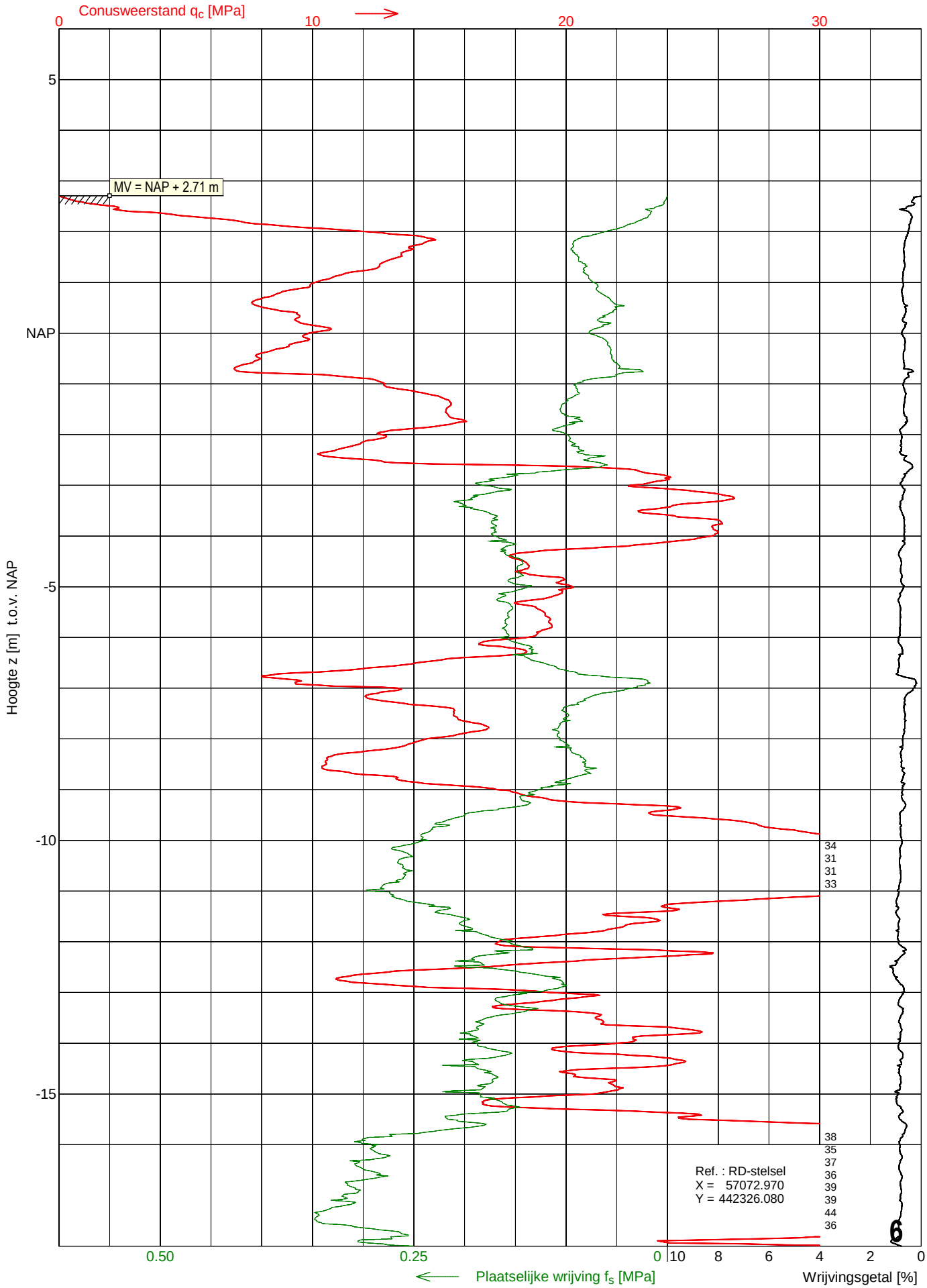
Sondering 5

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 01-11-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 3 van 3



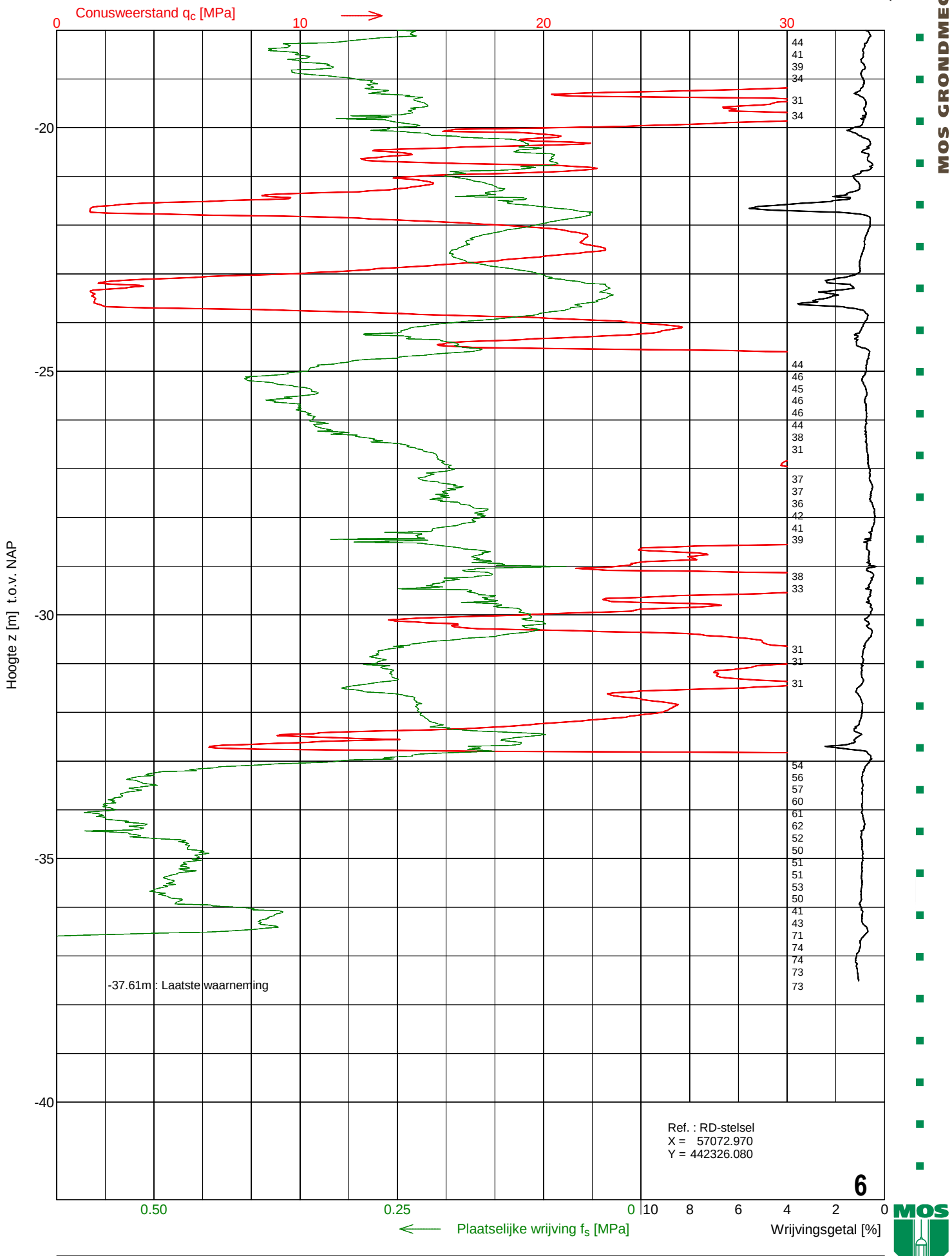
Sondering 6

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 29-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 2



Sondering 6

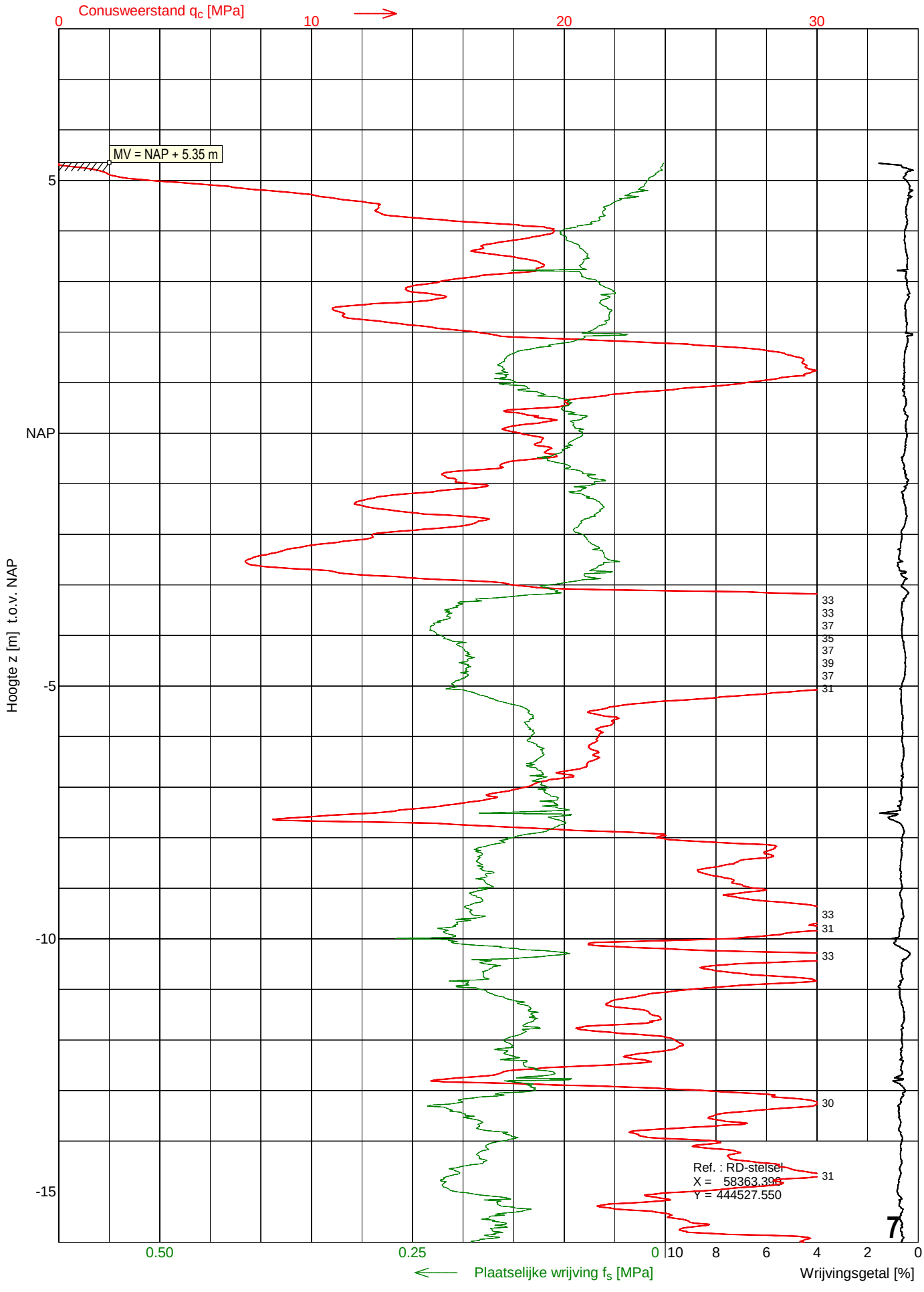
Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 29-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 2



MOS GRONDMECHANICA

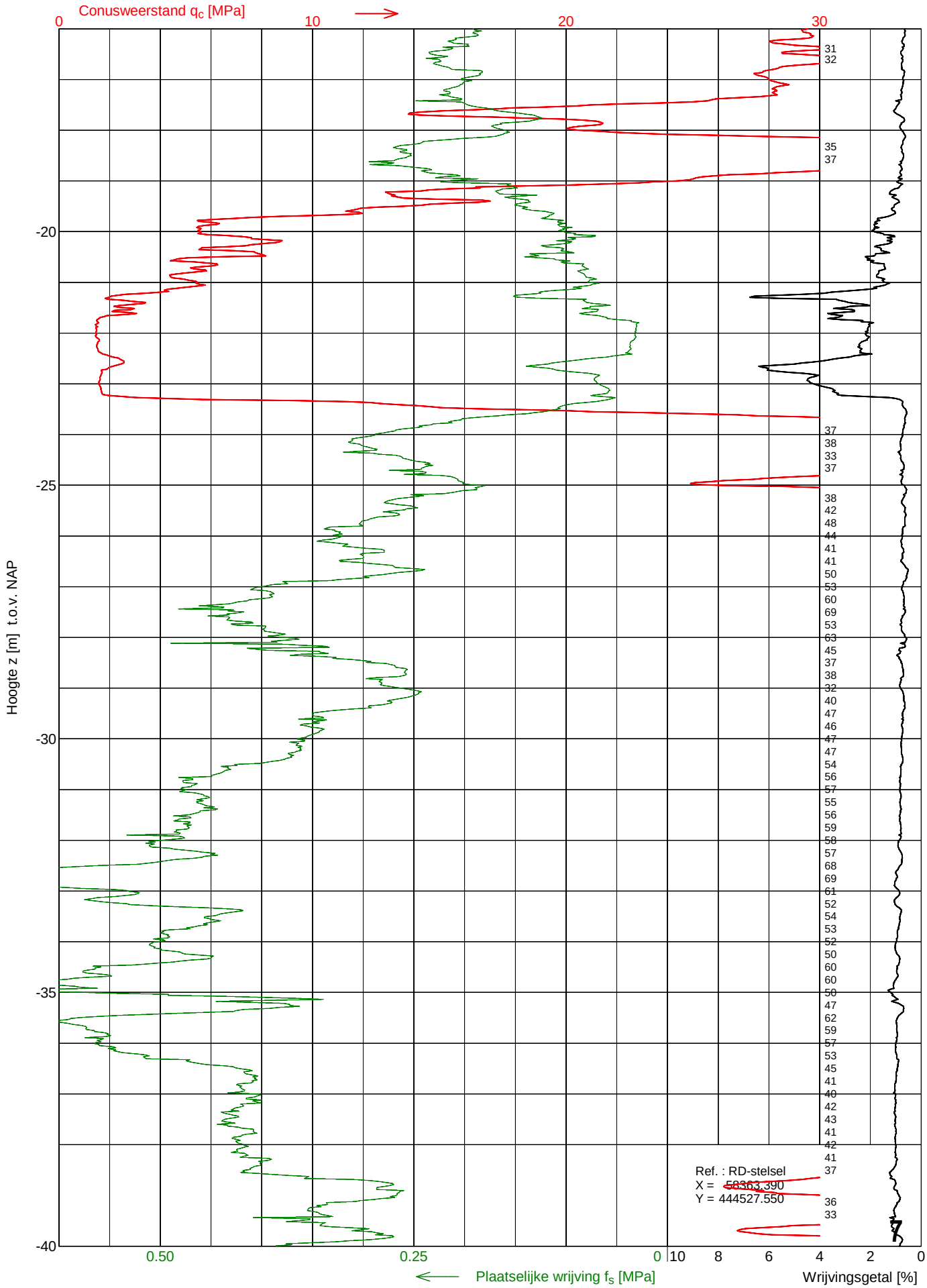
Sondering 7

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 3



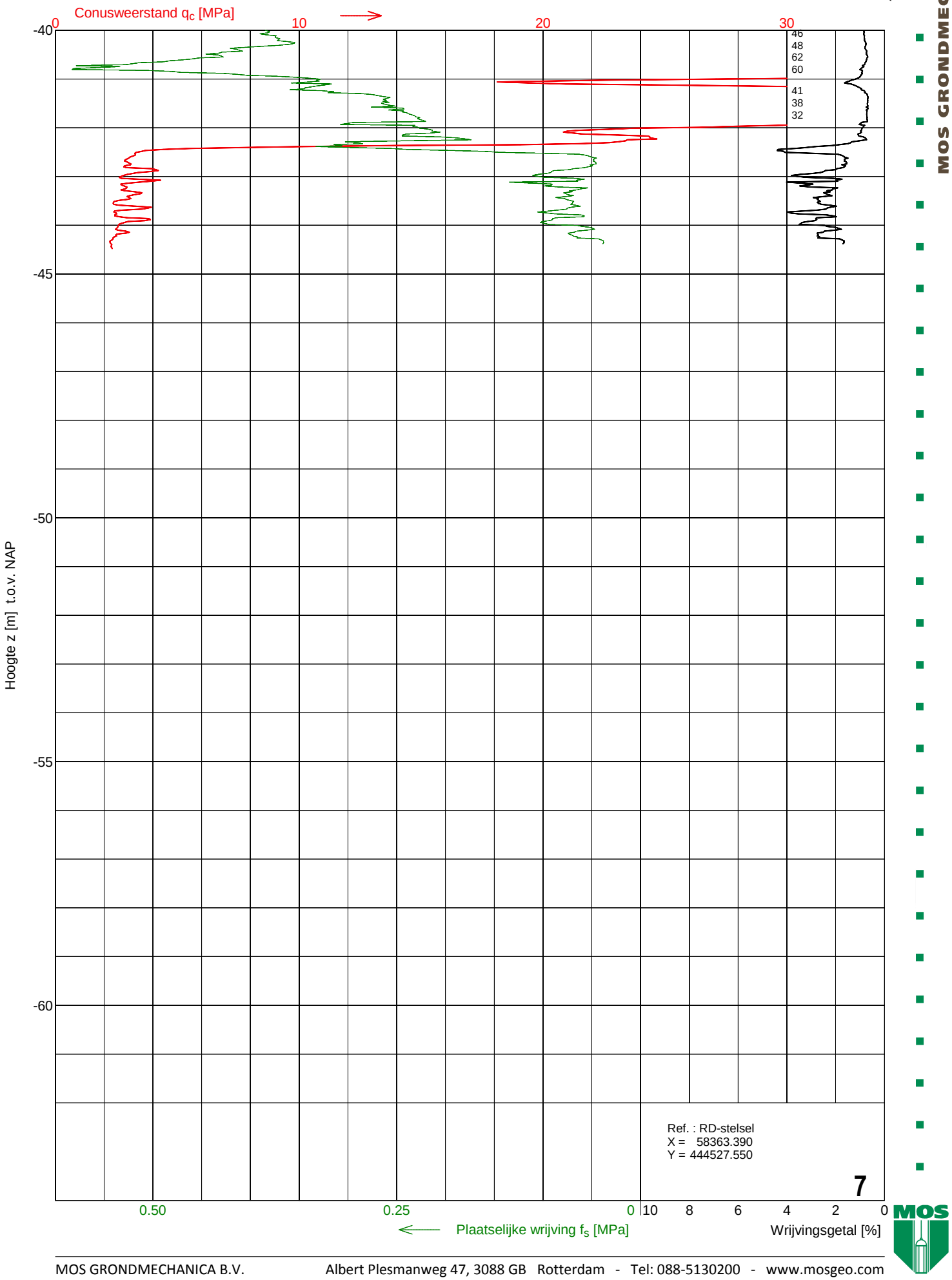
Sondering 7

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 3



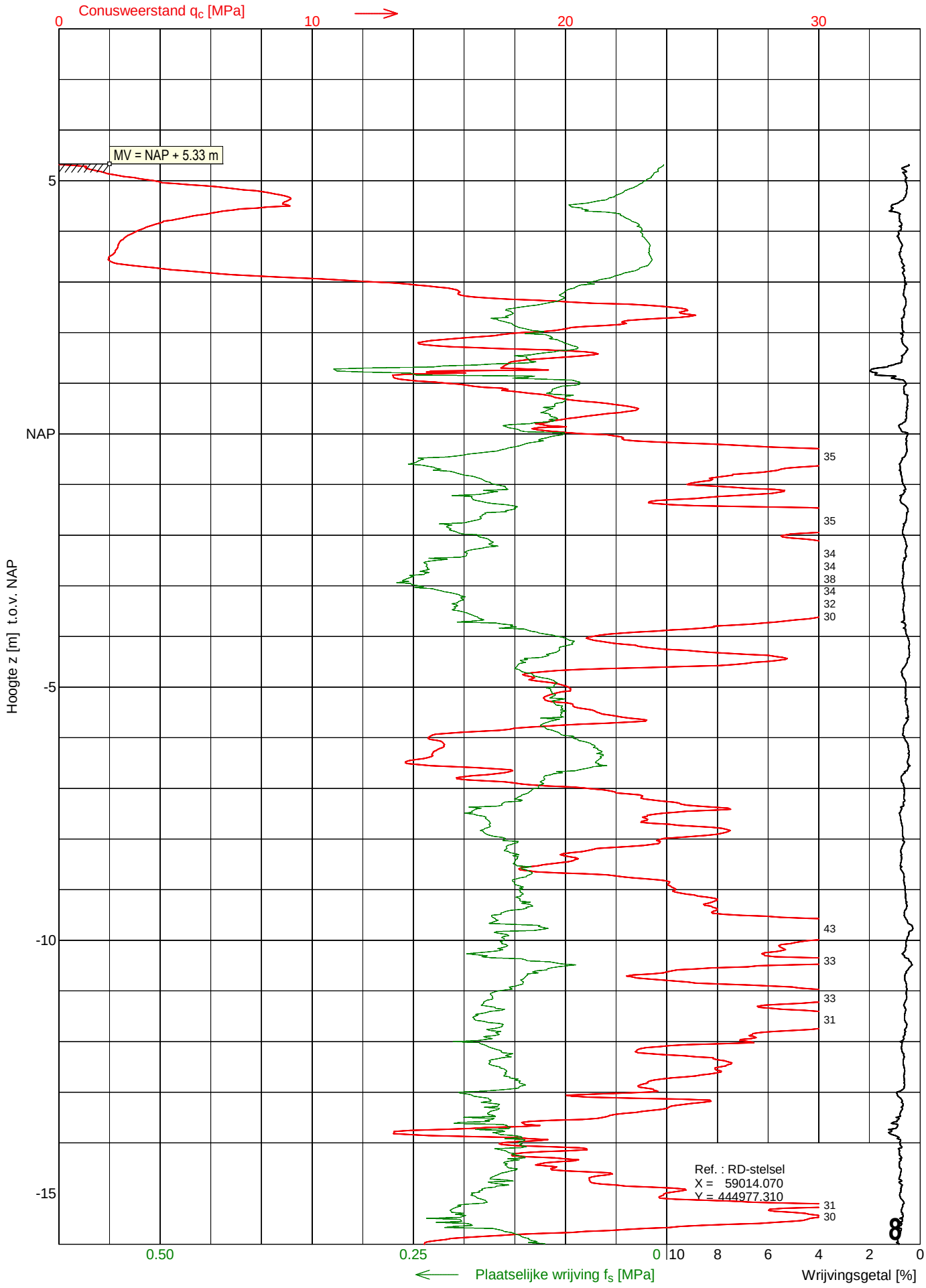
Sondering 7

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 30-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 3 van 3



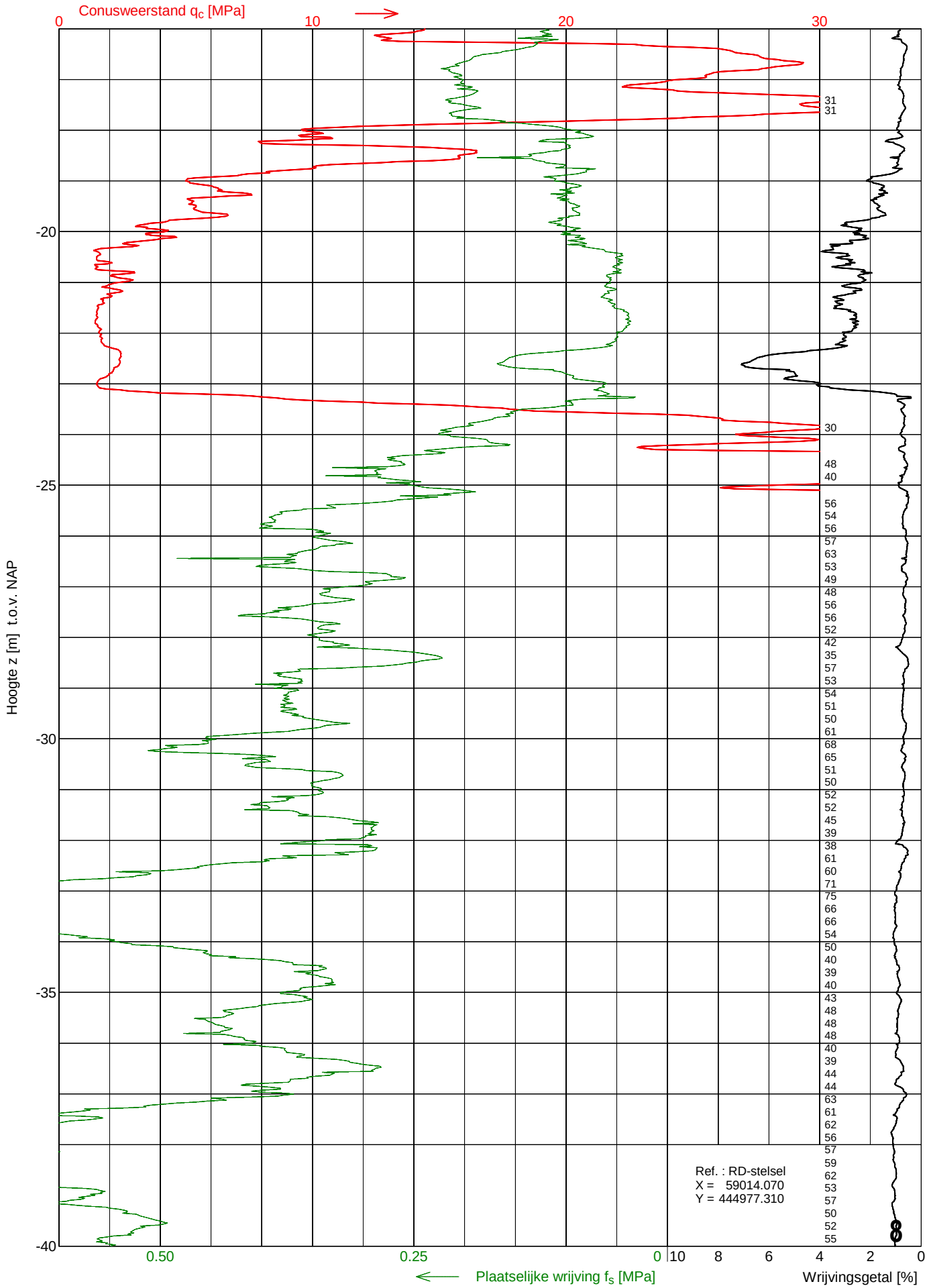
Sondering 8

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 3



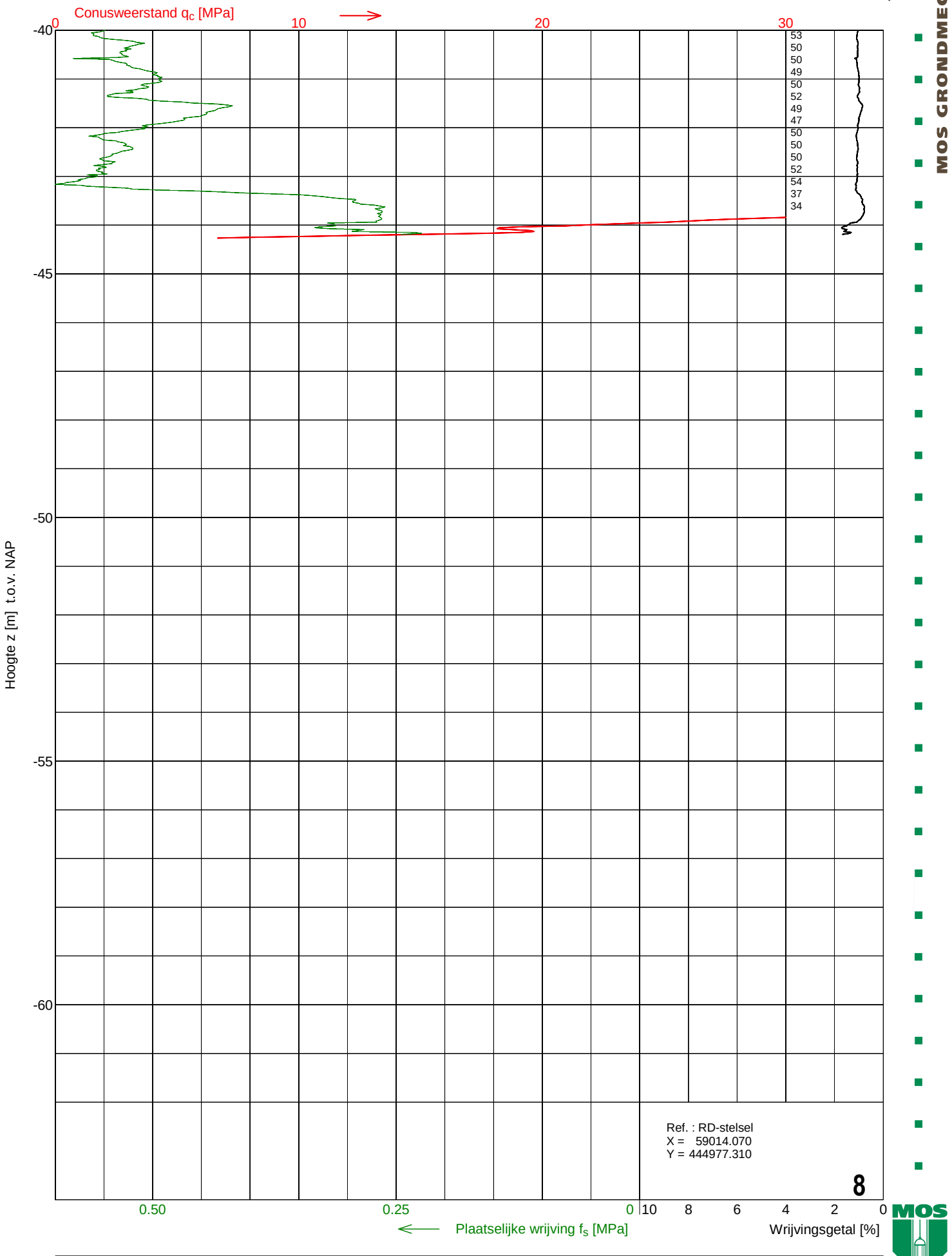
Sondering 8

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 3



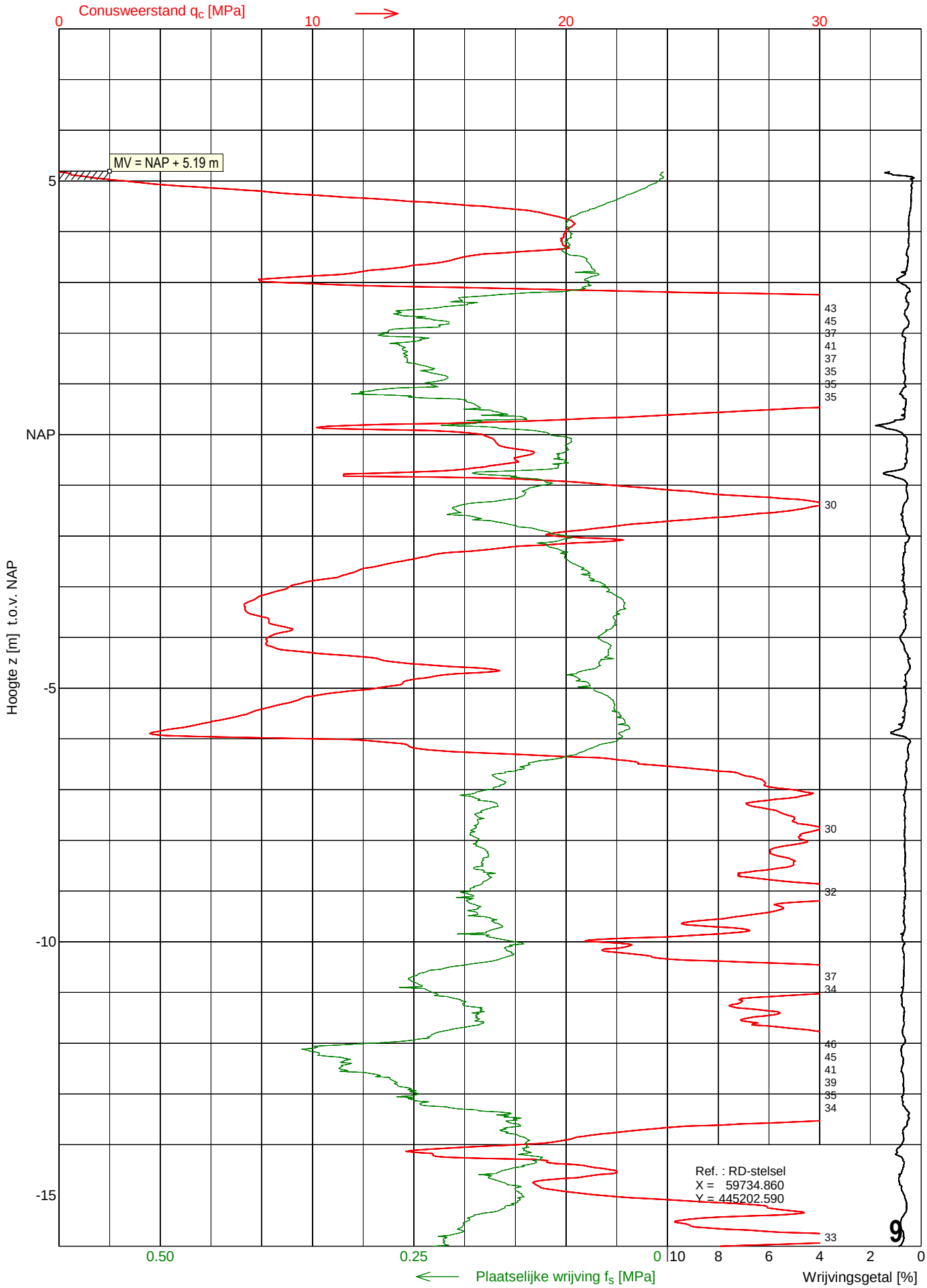
Sondering 8

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 3 van 3



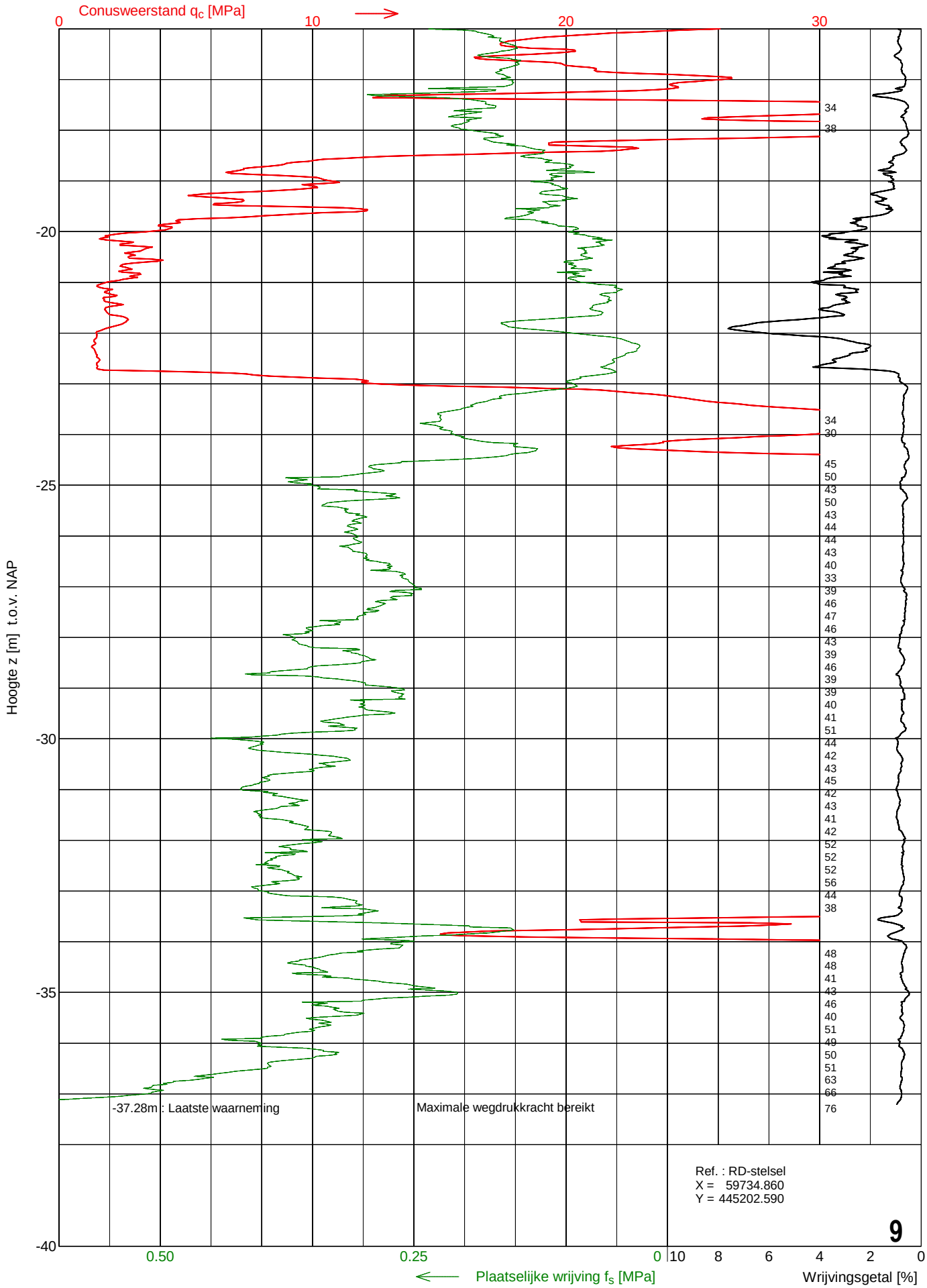
Sondering 9

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 2



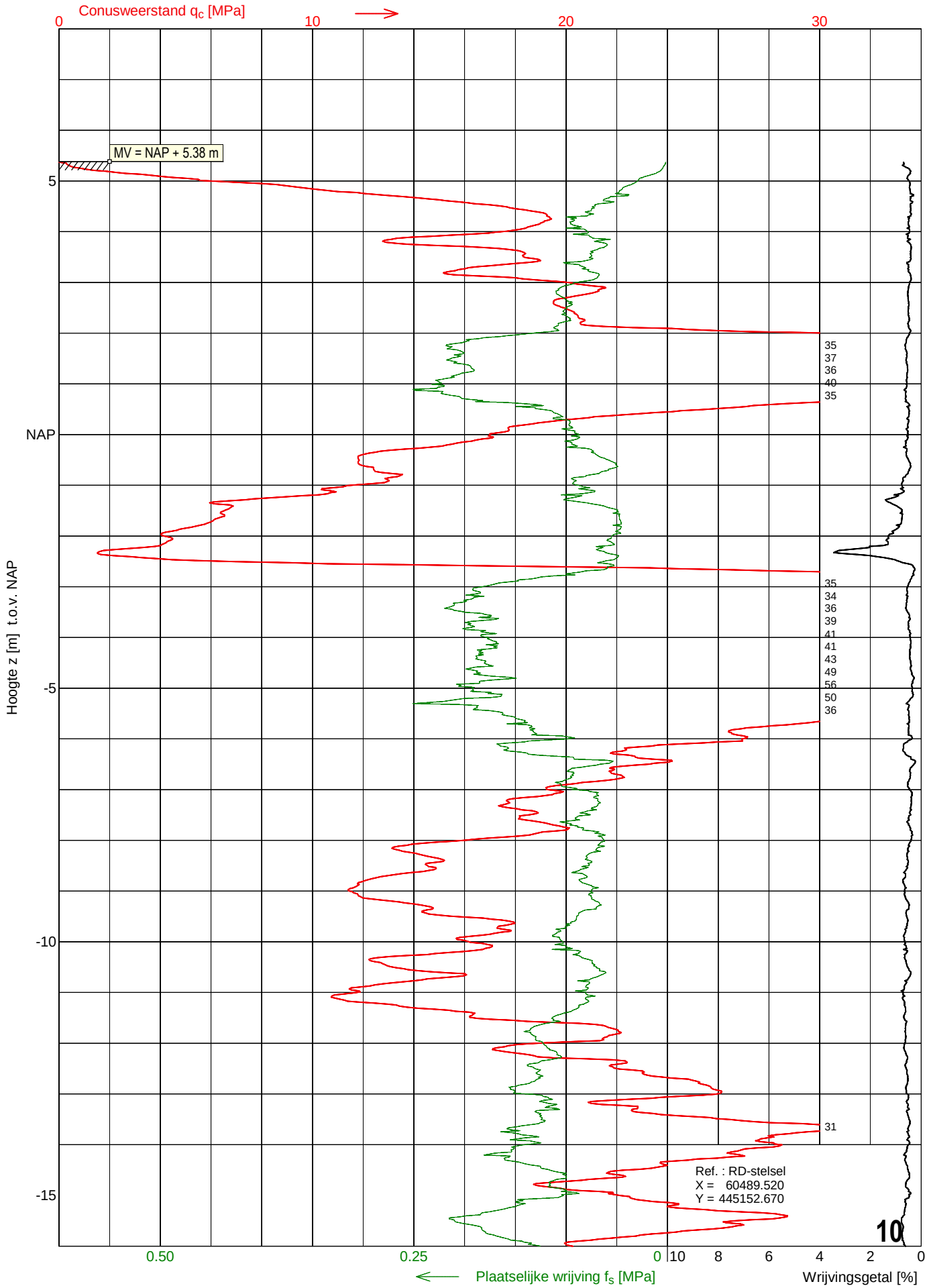
Sondering 9

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 2



Sondering 10

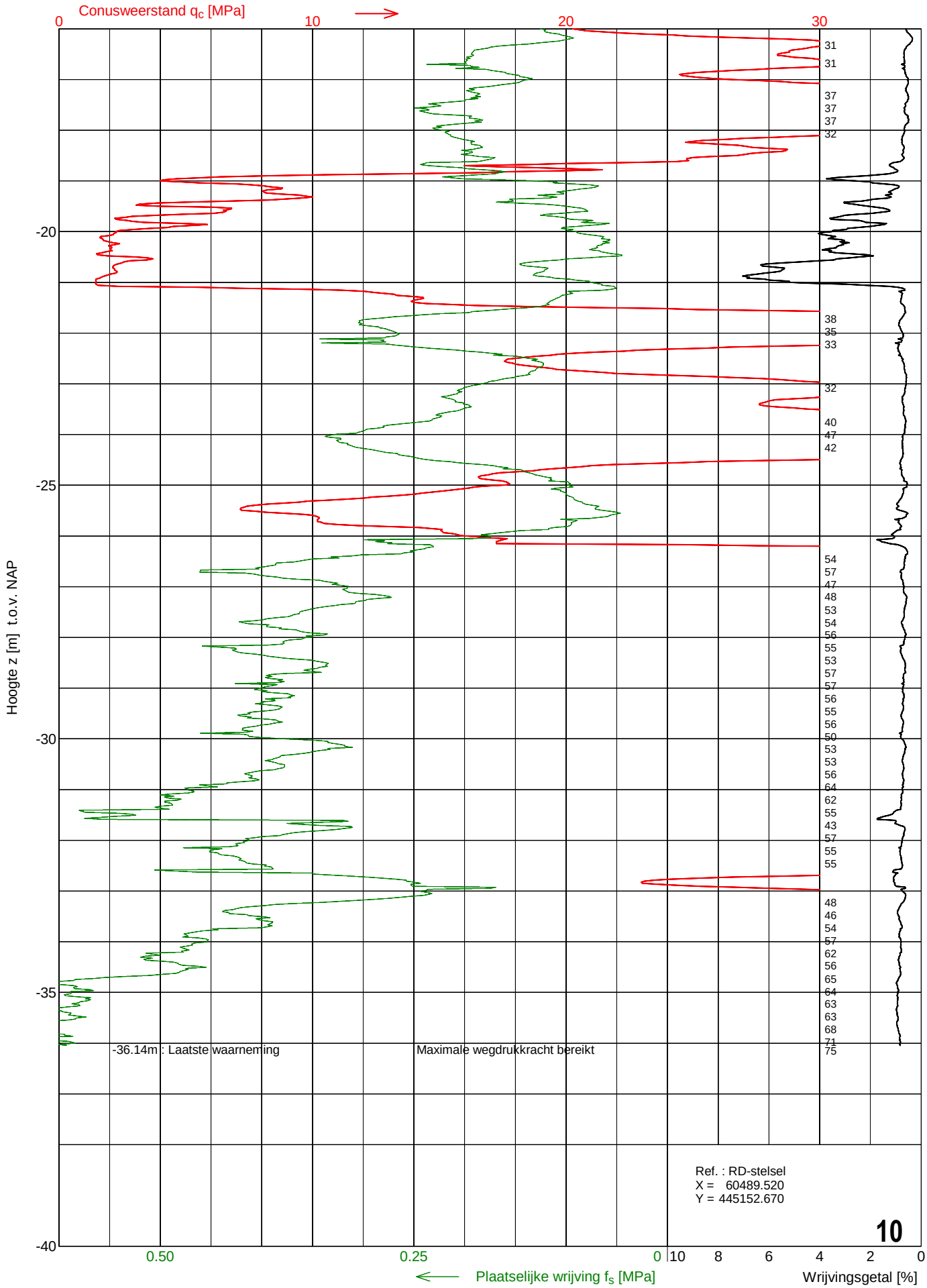
Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 2



MOS GRONDMECHANICA

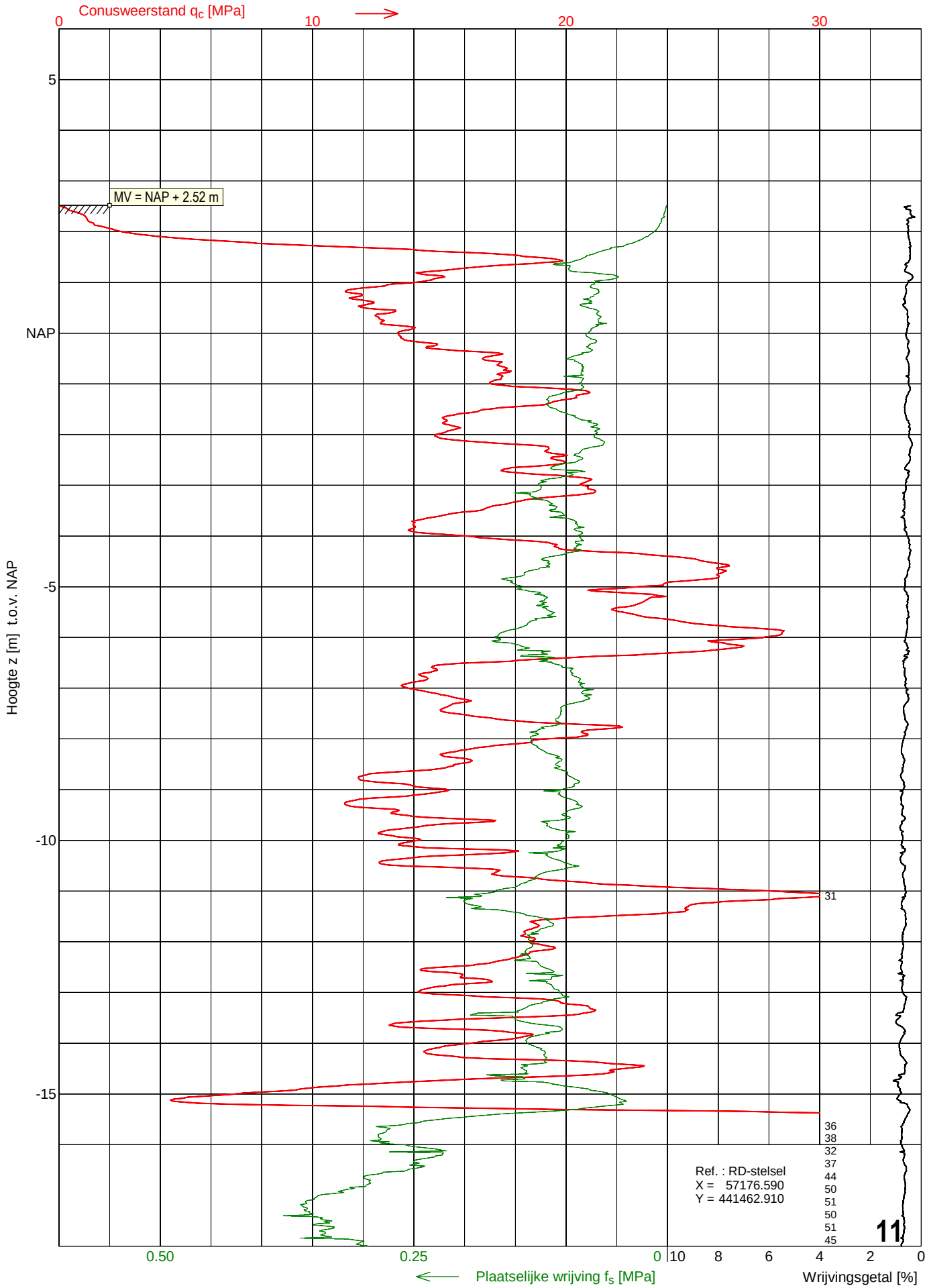
Sondering 10

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1516	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 28-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 2



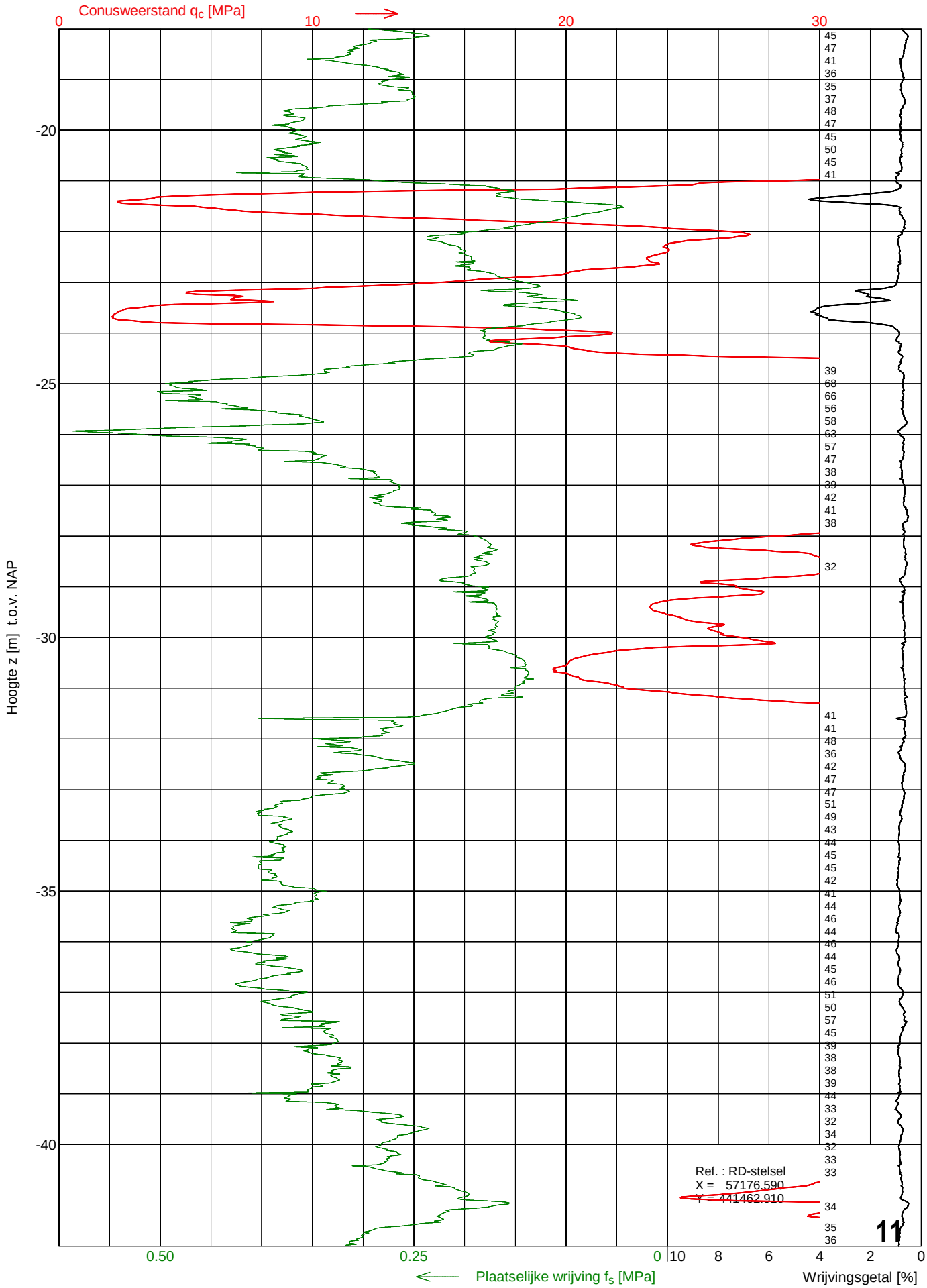
Sondering 11

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 31-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 1 van 3



Sondering 11

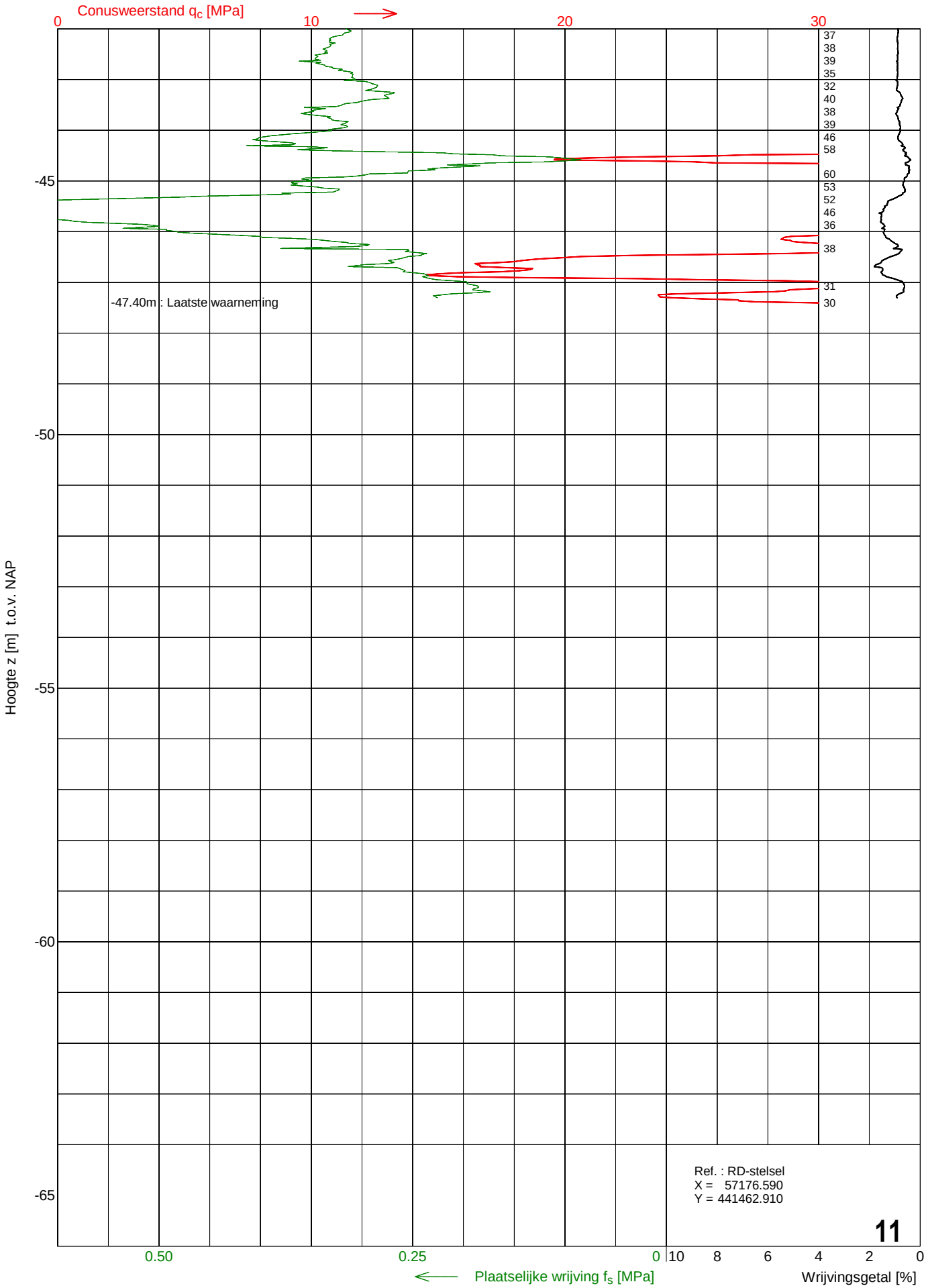
Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 31-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 2 van 3



MOS GRONDMECHANICA

Sondering 11

Opdracht	: 1902926	Conus nummer	: S15-CFII.1628	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	: Rotterdam	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 31-10-2019	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit	: SW11
Project	: Windpark 2e Maasvlakte			Blad	: 3 van 3



MOS GRONDMECHANICA

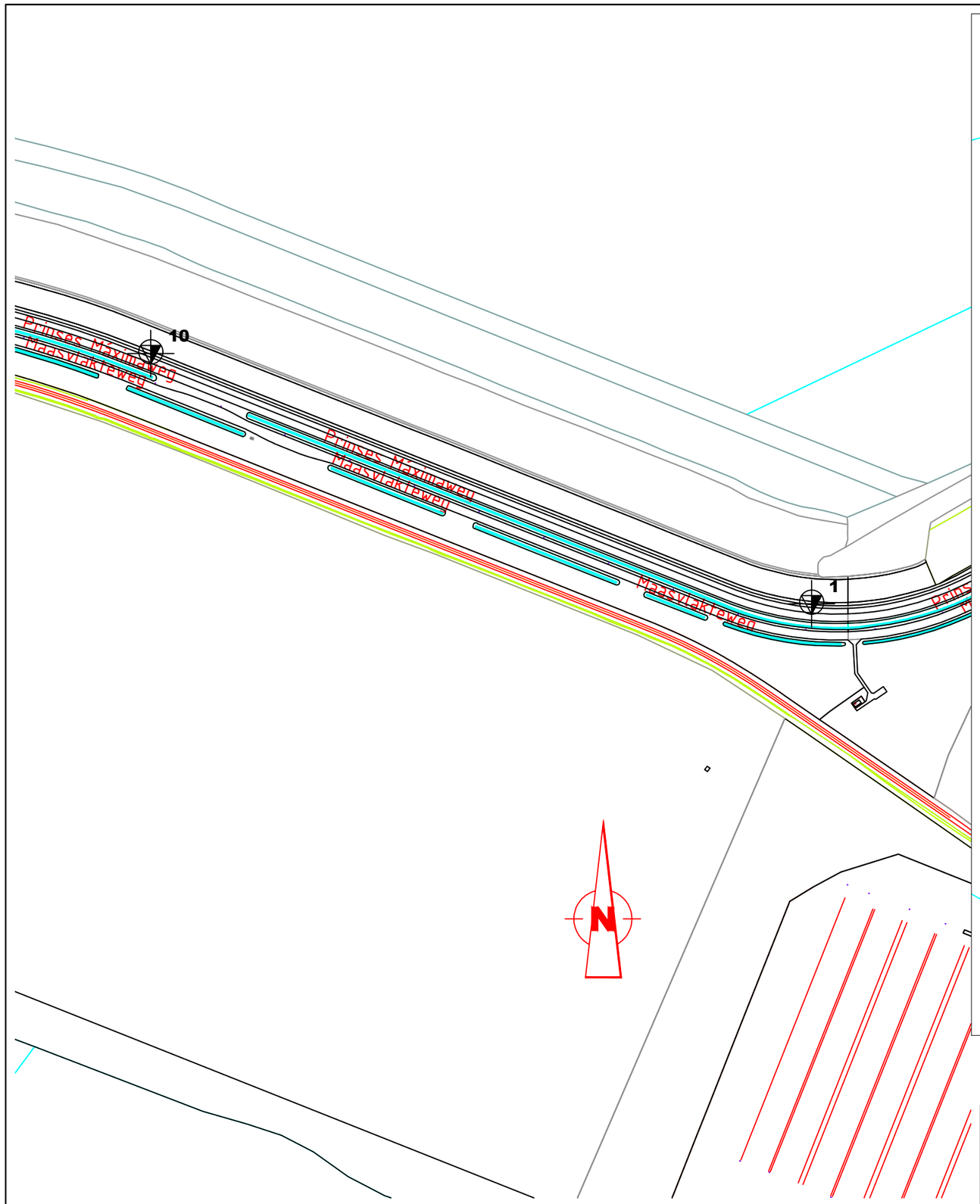
Opdr.nr. 1902926
Plaats Rotterdam
Datum 23-10-2019
Projekt Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte

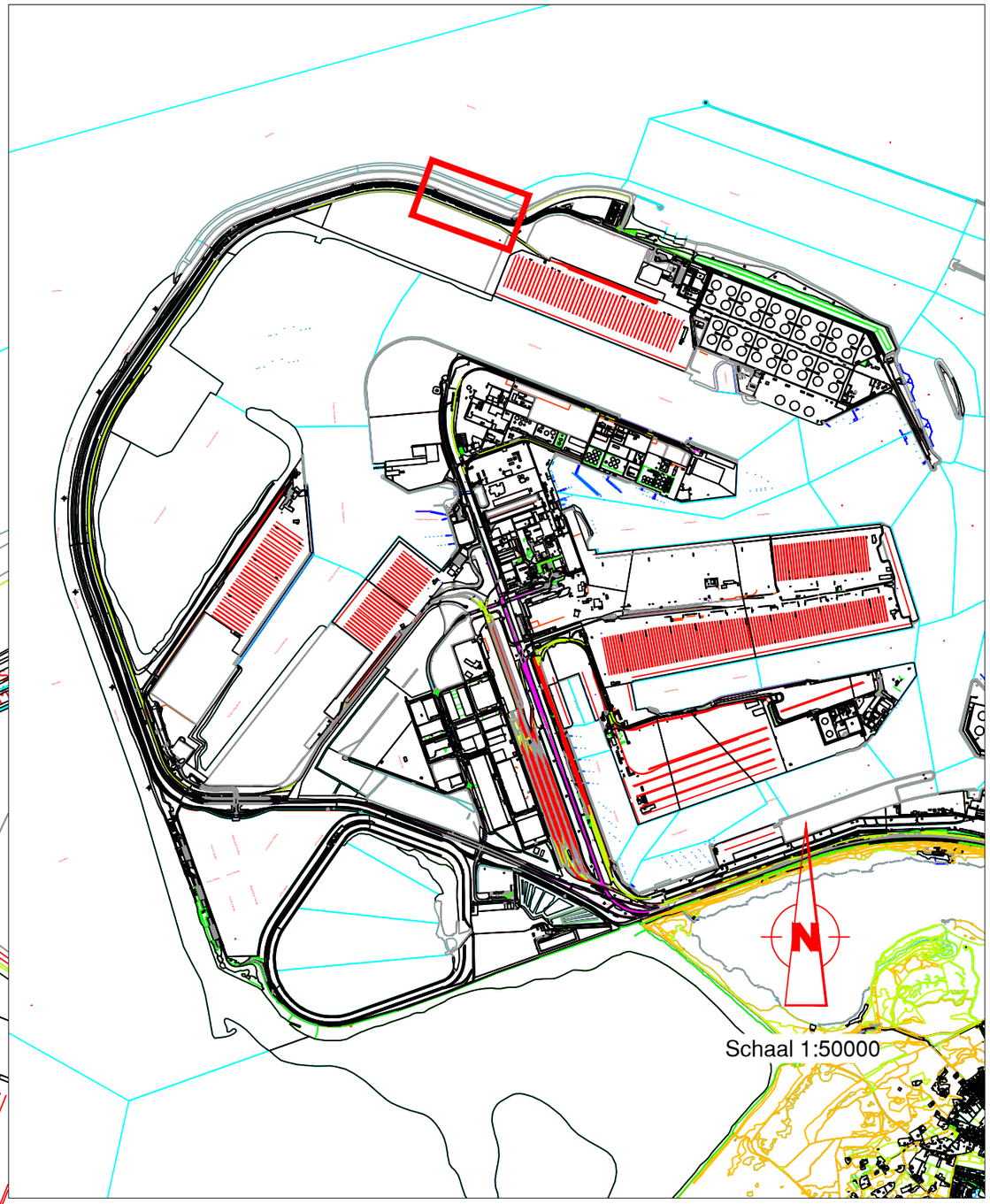
Meting uitgevoerd in RD stelsel

Sondeer nummer	X [m] Opgegeven	Y [m] Opgegeven	Sondeer nummer	X [m] Uitgezet	Y [m] Uitgezet	Z [m] TOV NAP	Verplaatsing sondering
1	61200,40	444885,00	1	61201,12	444883,41	5,43	1,74
2	57898,90	444102,00	2	57914,47	444071,68	4,66	**34,08**
3	57804,80	439659,00	3	57854,89	439658,58	2,90	**50,09**
4	57358,70	443305,00	4	57395,16	443304,78	1,63	**36,46**
5	57474,00	440586,00	5	57516,12	440584,69	3,16	**42,14**
6	57040,80	442328,00	6	57072,97	442326,08	2,71	**32,23**
7	58362,70	444528,00	7	58363,39	444527,55	5,35	0,82
8	59014,40	444979,00	8	59014,07	444977,31	5,33	1,73
9	59735,30	445203,00	9	59734,86	445202,59	5,19	0,60
10	60489,30	445154,00	10	60489,52	445152,67	5,38	1,35
11	57165,00	441443,00	11	57176,59	441462,91	2,52	**23,04**

Naam vast punt	-
Hoogte vast punt	-
Opgegeven door	Rijkswaterstaat
Gewaterpast door	[redacted]
Datum waterpassing	23-10-2019
Omschrijving vast punt	Meting uitgevoerd met Leica RTK GPS systeem

MOS GRONDMECHANICA





Sondering

Sondering met pl.wrijving

Boring

Peilbuis

0 4 8 12 16 1 : 200

0 10 20 30 40 1 : 500

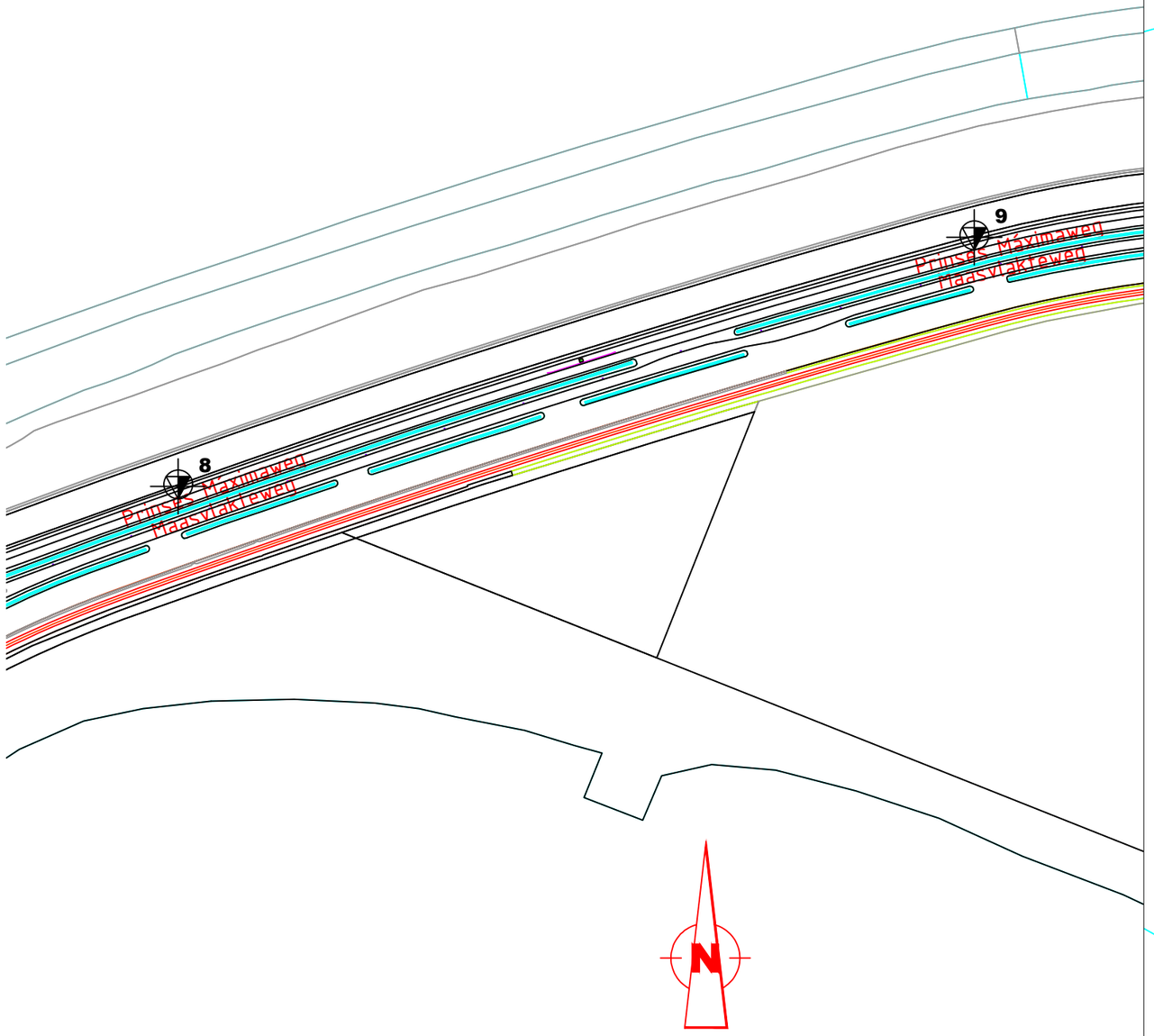
onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK		
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA		
schaal 1 : 5000	maten in meters	get. c.s.	
datum : 04-11-19	opdr.nr. : 1902969		
wijz.	Formaat : A3		

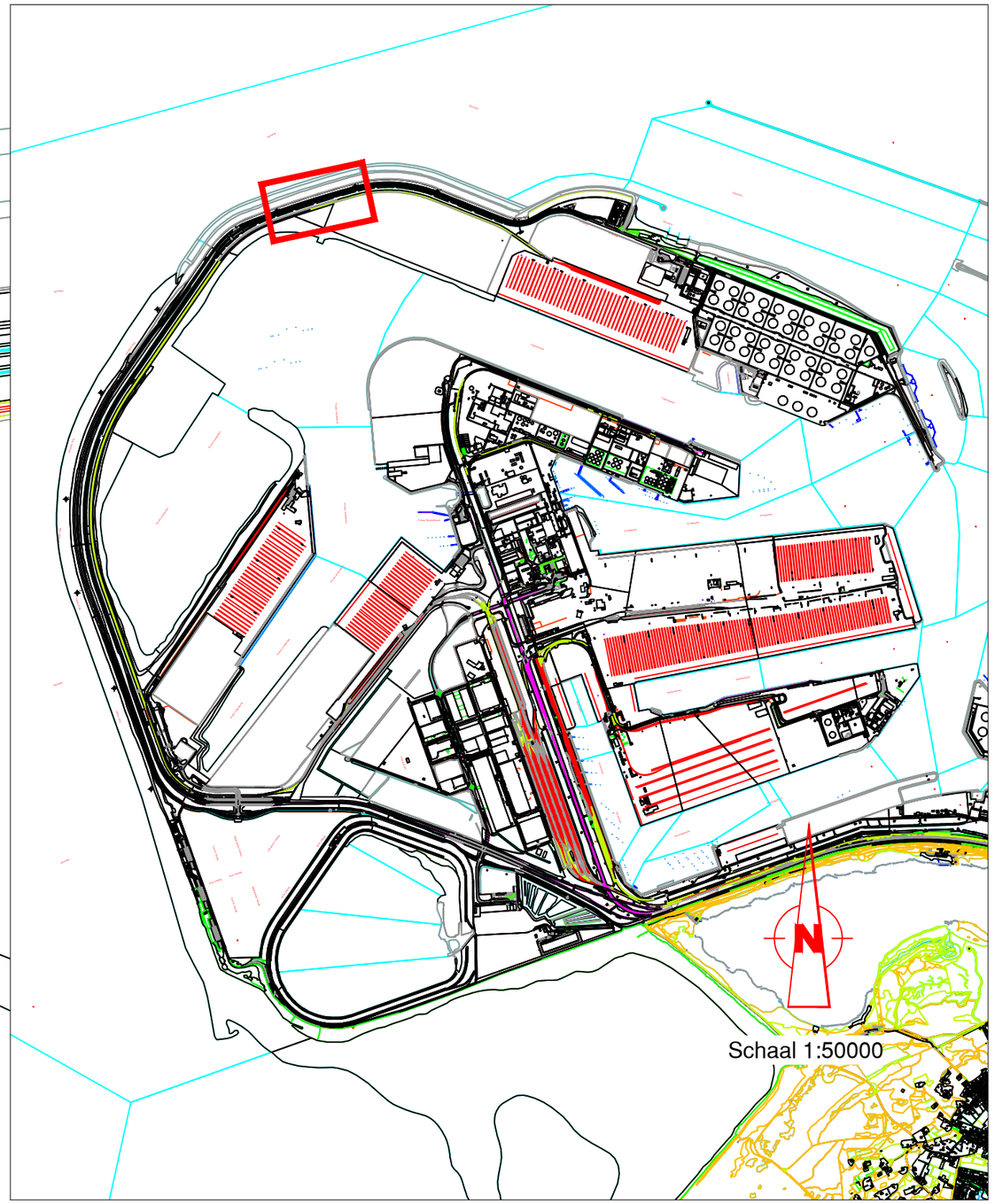
project : Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte, Rotterdam

Blad 01

MOS GRONDMECHANICA

Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam - Telefoon (088) 5130200





Sondering

Sondering met pl.wrijving

Boring

Peilbuis

0 4 8 12 16 1 : 200

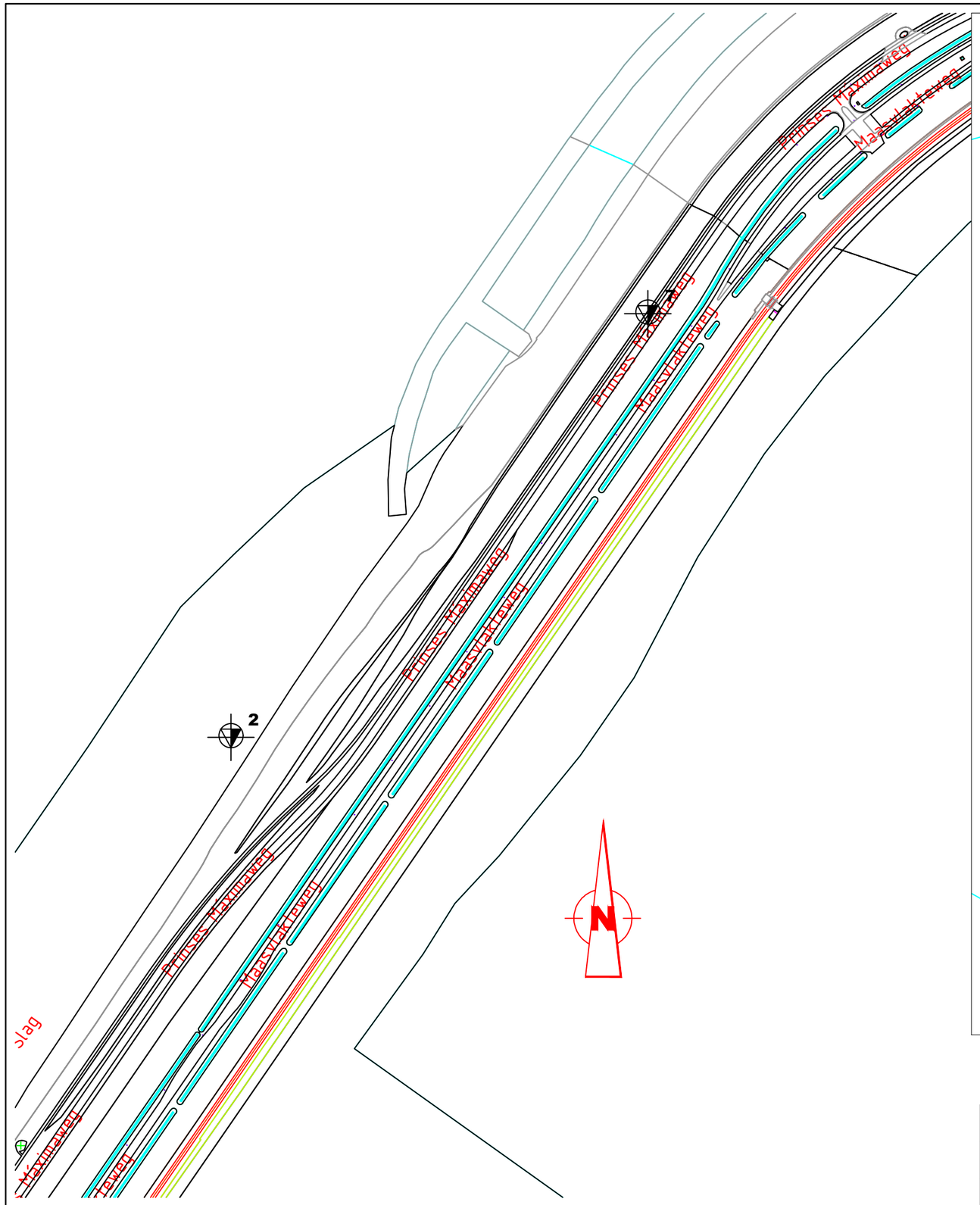
0 10 20 30 40 1 : 500

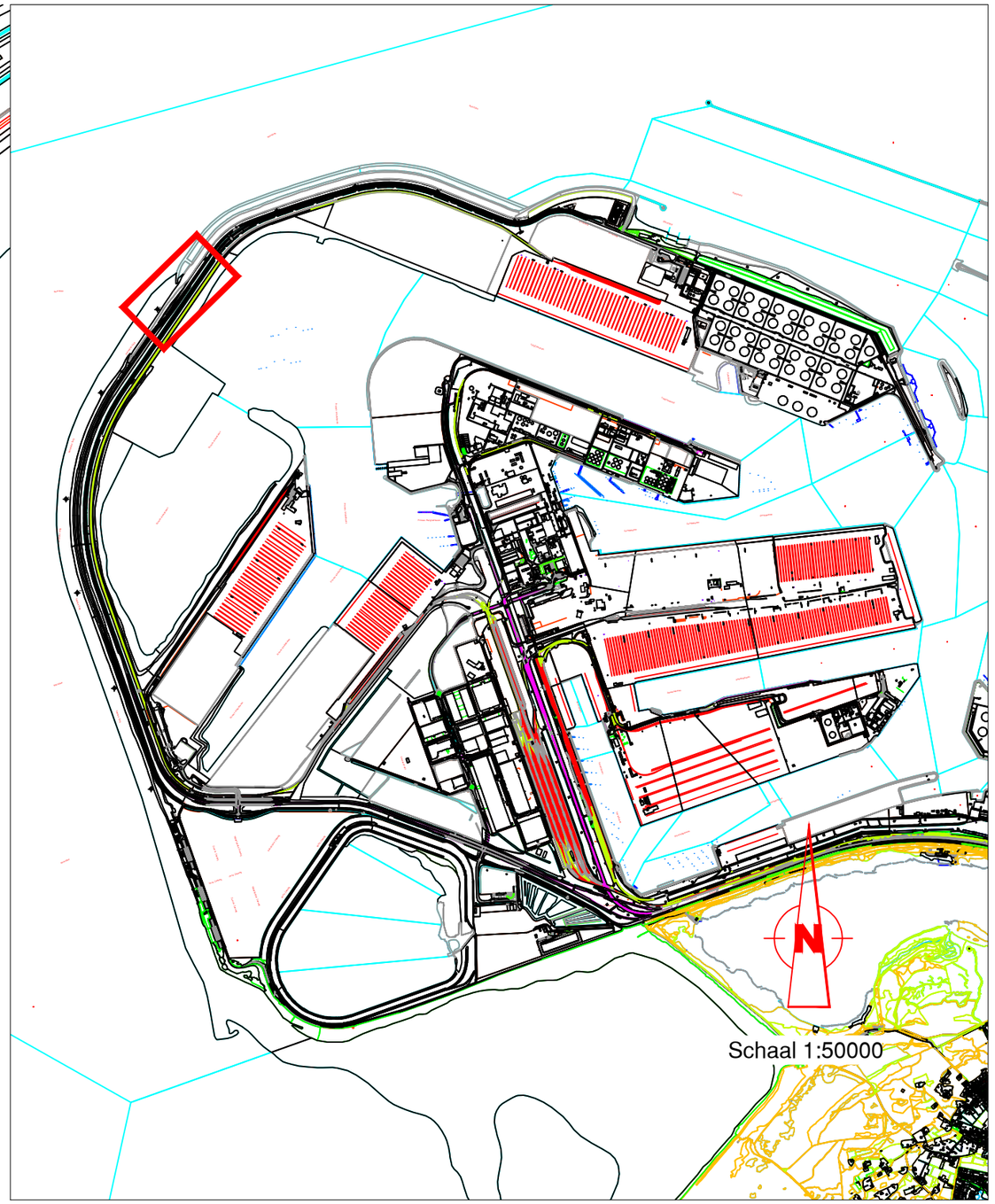
onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK		
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA		
schaal 1 : 5000	maten in meters	get. c.s.	
datum : 04-11-19	opdr.nr. : 1902969		
wijz.	Formaat : A3		

project : Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte, Rotterdam

Blad 02

MOS GRONDMECHANICA
Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam - Telefoon (088) 5130200





Sondering

Sondering met pl.wrijving

Boring

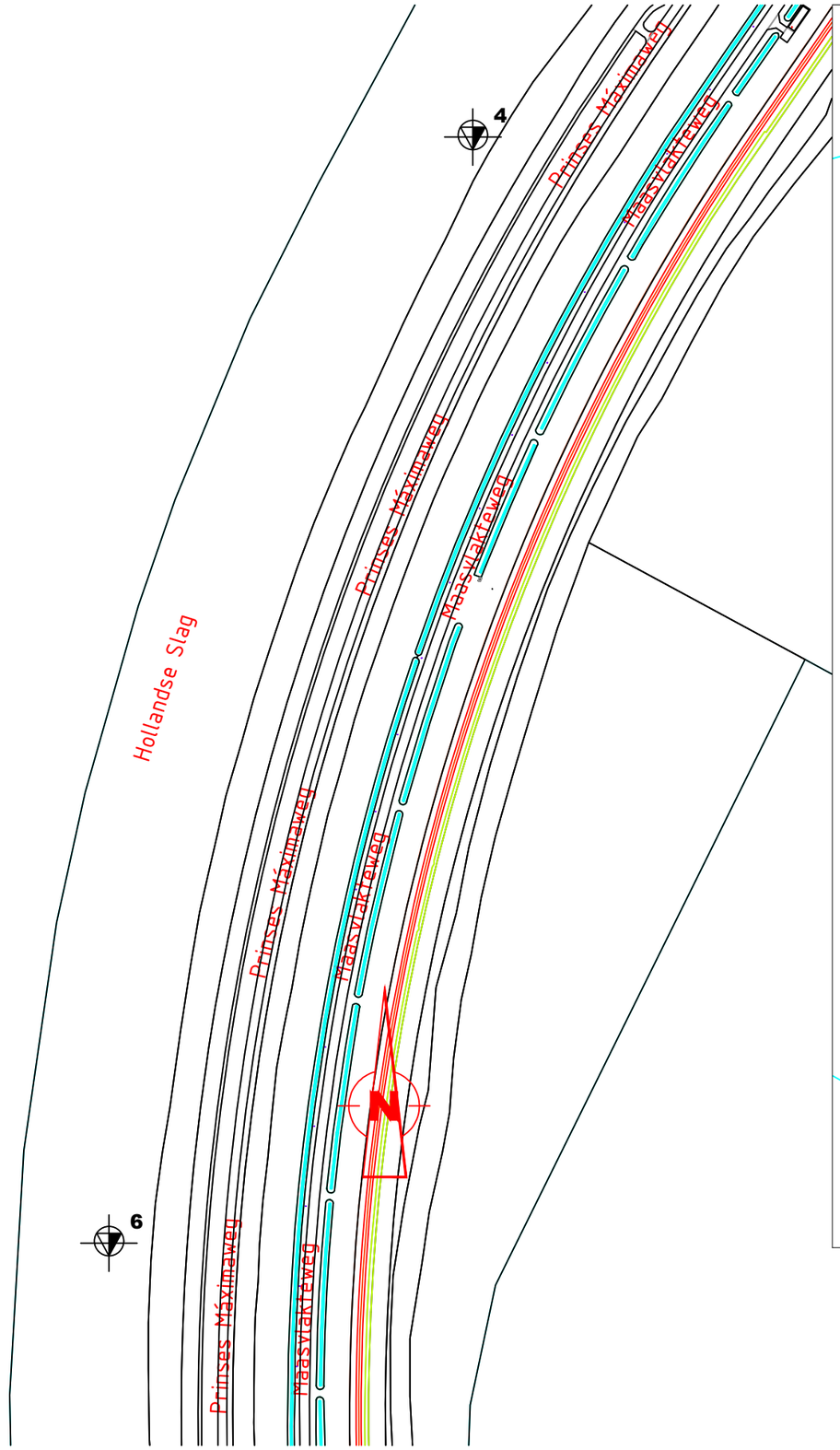
Peilbuis

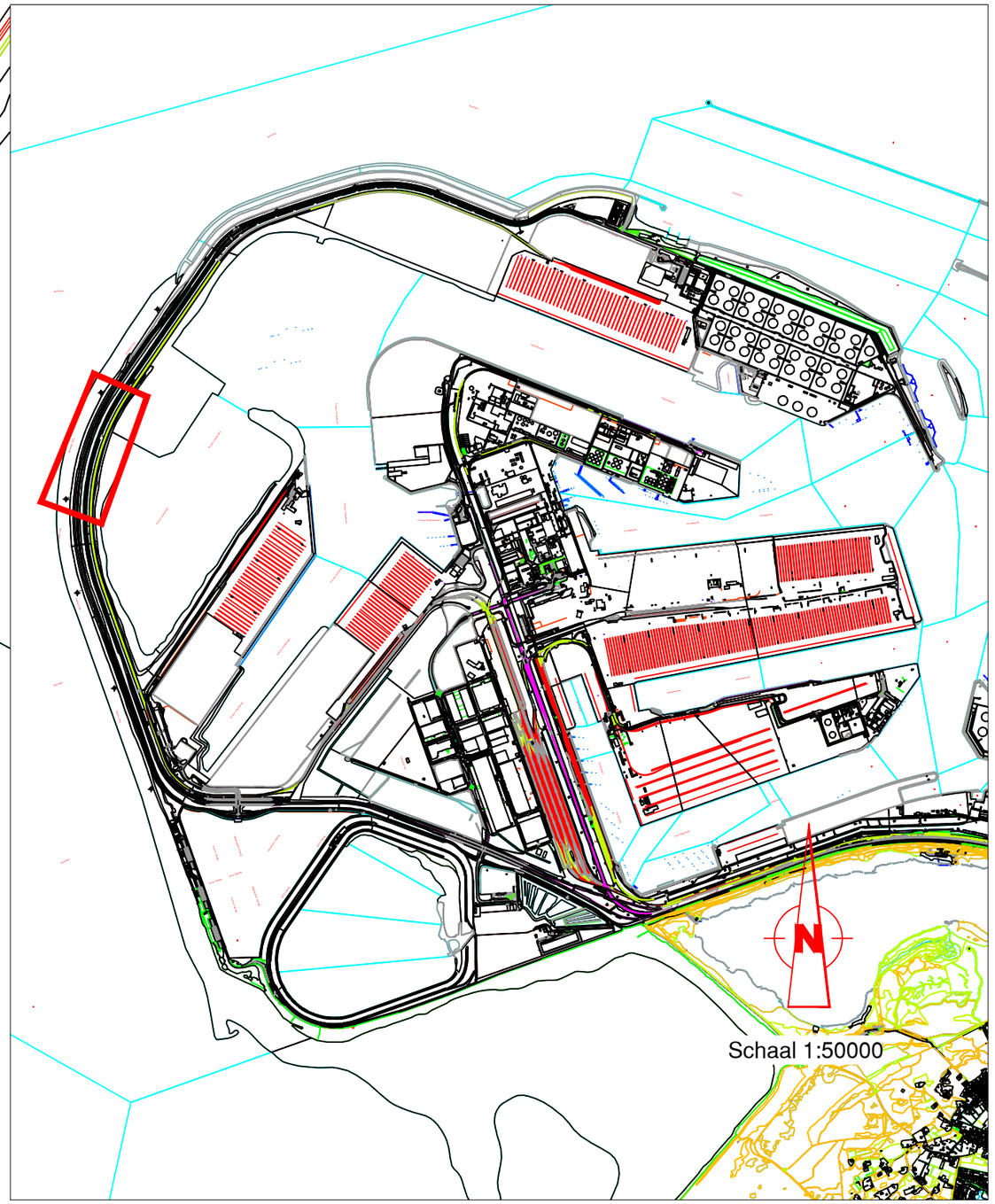
0 4 8 12 16 1 : 200

0 10 20 30 40 1 : 500

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK	project :	Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte, Rotterdam
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA		Blad 03
schaal 1 : 5000	maten in meters / get. c.s.		
datum : 04-11-19	opdr.nr. : 1902969		
wijz.	Formaat : A3		

MOS GRONDMECHANICA
Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam - Telefoon (088) 5130200





0 4 8 12 16 1 : 200
0 10 20 30 40 1 : 500

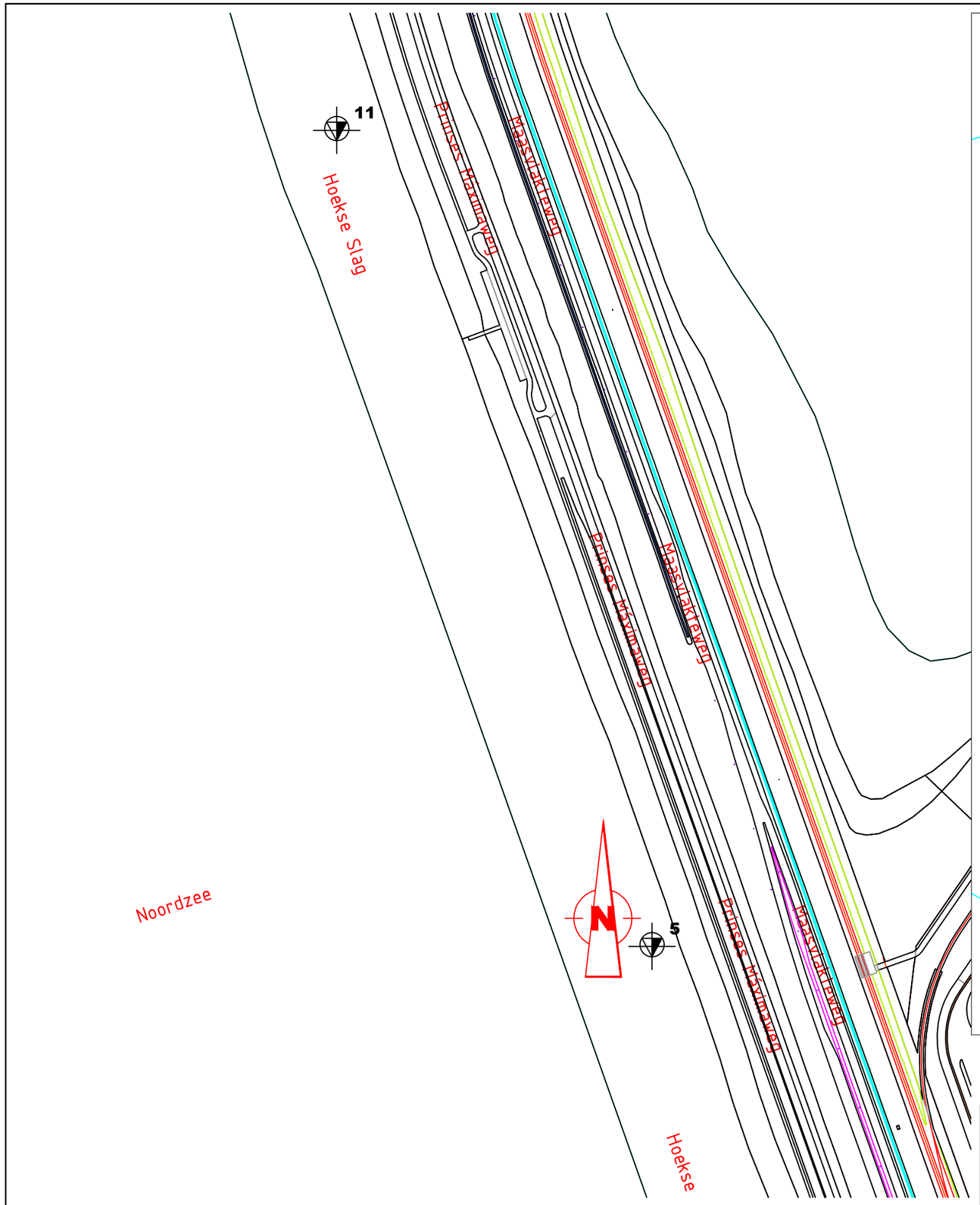
Sondering
Sondering met pl.wrijving
Boring
Peilbuis

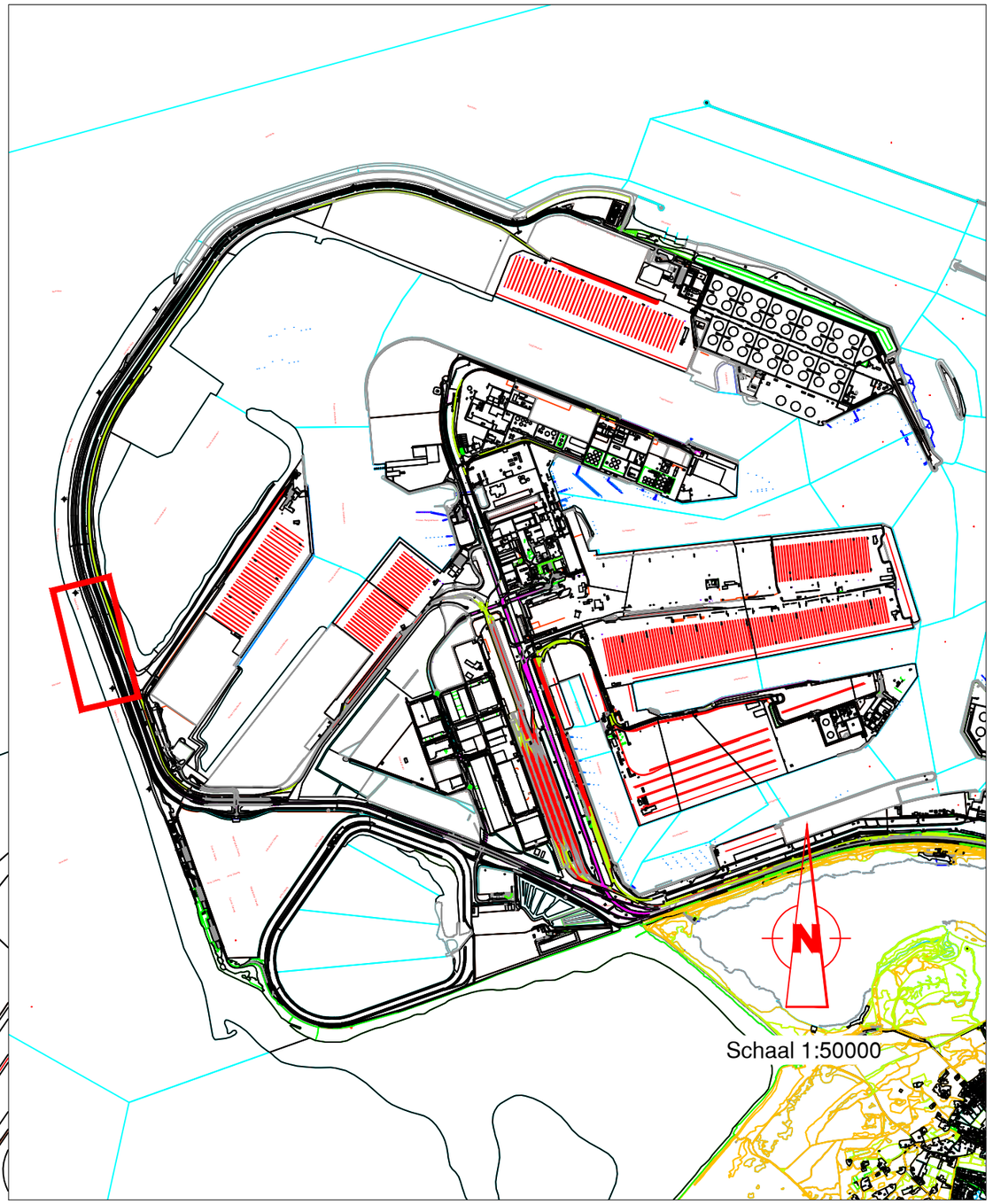
onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK		
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA		
schaal 1 : 5000	maten in meters	get. c.s.	
datum : 04-11-19	opdr.nr. : 1902969		
wijz.	Formaat : A3		

project : Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte, Rotterdam

Blad 04

MOS GRONDMECHANICA
Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam - Telefoon (088) 5130200





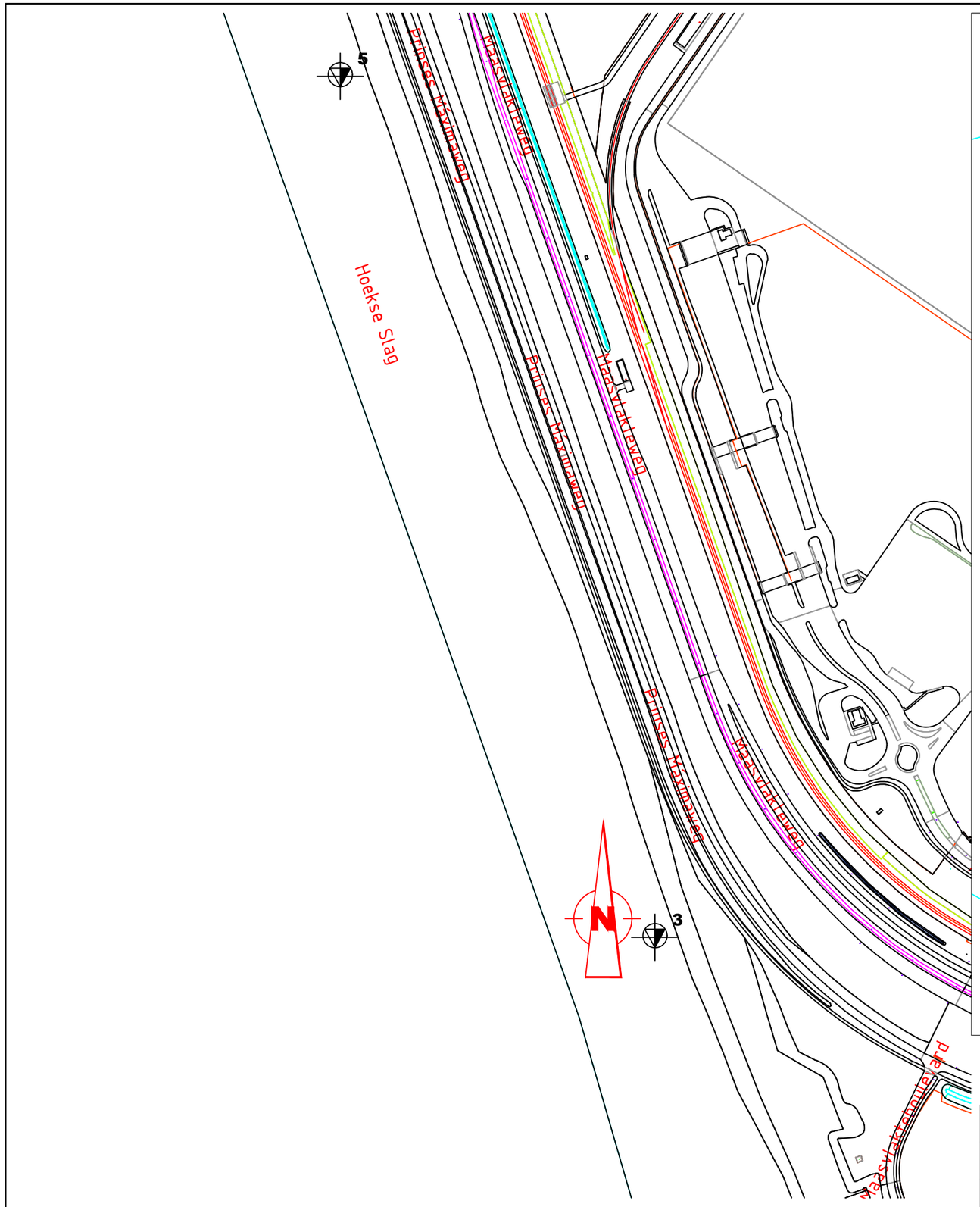
0 4 8 12 16 1 : 200
0 10 20 30 40 1 : 500

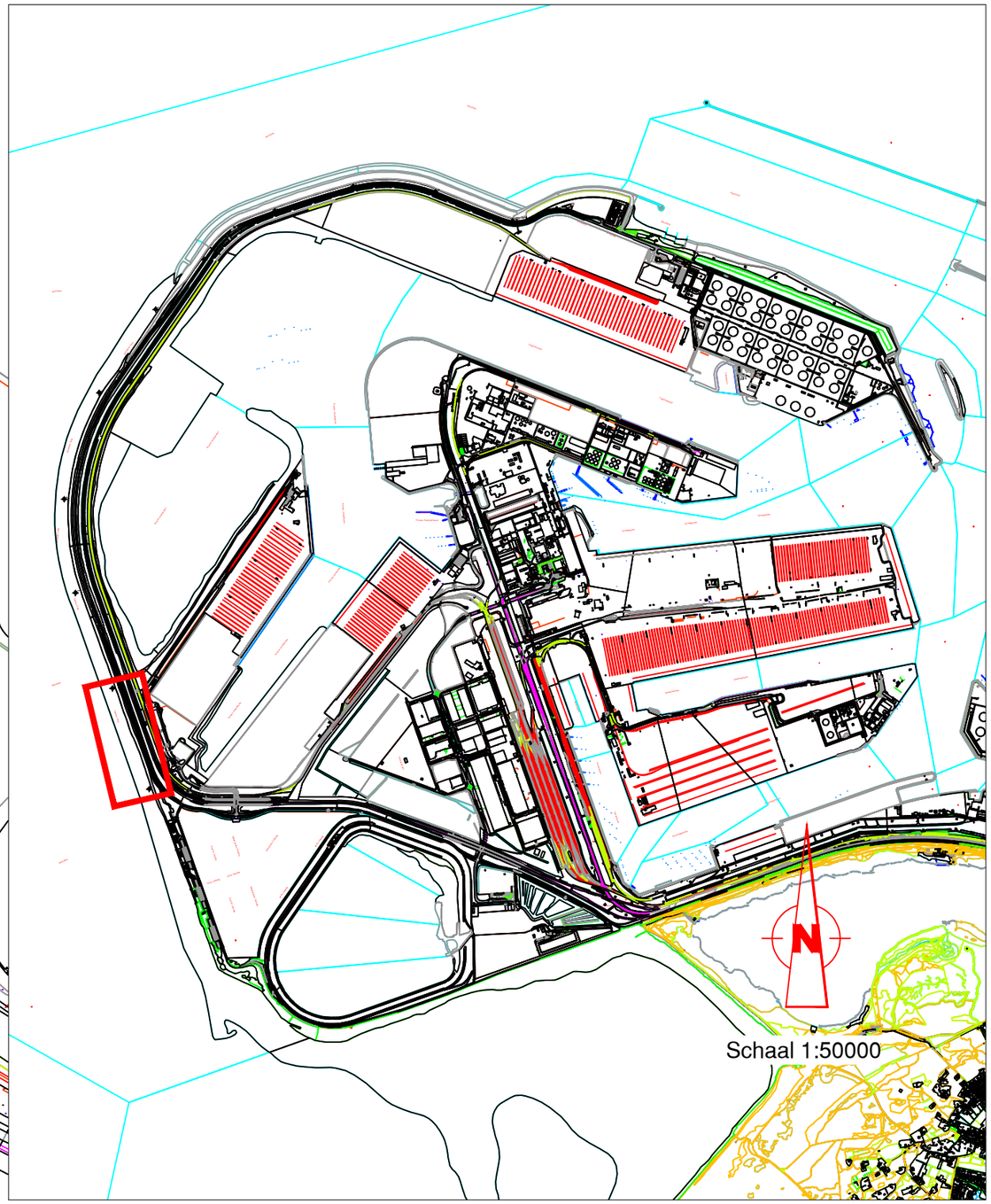
onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK		
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA		
schaal 1 : 5000	maten in meters	get. c.s.	
datum : 04-11-19	opdr.nr. : 1902969		
wijz.	Formaat : A3		

project : Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte, Rotterdam

Blad 05

MOS GRONDMECHANICA
Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam - Telefoon (088) 5130200





0 4 8 12 16 1 : 200
0 10 20 30 40 1 : 500

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK		
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA		
schaal 1 : 5000	maten in meters	get. c.s.	
datum : 04-11-19	opdr.nr. : 1902969		
wijz.	Formaat : A3		

project : Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte, Rotterdam

Blad 06

MOS GRONDMECHANICA
Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam - Telefoon (088) 5130200

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Hieronder treft u de dienstverlening van Mos Grondmechanica b.v. aan. Voor specifieke diensten die niet direct in het overzicht terug zijn te vinden kunt u uiteraard vrijblijvend contact met ons opnemen.

MANAGEMENTSYSTEEM CERTIFICATIE DNV·GL ISO 9001 = VCA**

MOS GRONDMECHANICA

VELDWERK

Sonderen op land, water en in beperkte ruimte, elektrisch, waterspanning, dissipatie, seismisch, magnetisch, geleidbaarheid, Bolconus, T-bar en slagsonderen
Geotechnisch boren en (on)geroerde monstername
Peilbuizen en waterspanningsmeters plaatsen
X, Y en Z metingen en Lintvoegmetingen
Plaatdruk-, CBR- en CPM proeven
In situ doorlatenheidsproeven

LABORATORIUM

Classificatie proeven (o.a. vol. gewicht, KVD, PI)
Samendrukkingsproeven (Oedometer en CRS)
Triaxiaalproeven
DS en DSS-proeven
Doorlatenheidsproeven
Dichtheidsbepaling (Proctor en CBR)
Cementbentoniet onderzoek

GEOMONITORING

Deformatiemeting (inclino- en extensometing)
(Grond)waterspanningsmeting
Zettingsmonitoring
Trillingsmonitoring (SBR)
Akoestisch doormeten van palen (CUR 109)
Online meetgegevens via portal

MILIEU (MOS MILIEU B.V.)

Verkennend-, nader- en saneringsonderzoek
Partijkeuringen besluit bodemkwaliteit (Bbk)
Saneringsbegeleiding. Waterbodem onderzoek.
Vergunning aanvragen.
2nd Opinion / Contra-Expertise Bodemonderzoeken.

GEOTECHNISCH ADVIES

Paalfundering
Fundering op staal
Grondkerende constructies
Bouwputontwerp
Omgevingsbeïnvloeding (Plaxis)
Zettingsanalyse (bouwrijp maken, opslagtanks)
Taludstabiliteit
Tankbouwadvies
Trillingsprognose
Schade expertise
Review en 2nd Opinion

GEOHYDROLOGISCH ADVIES

Bemalingen (incl. retourbemalingen)
Vergunningsaanvragen
Pompproeven
Omgekeerde Osmose
Barrièrewerking
Drainage
Infiltratie hemelwater

BEMALINGEN (MOS GRONDWATERTECHNIEK)

Bronbemaling
Ondergrondse energie-opslag
Pomp- en leidingsystemen
Brandputten

OVERIG

Uitvoeringsbegeleiding

Meer weten?	Bezoek onze website www.mosgeo.com
Vragen?	Mail ons op info@mosgeo.com
Offerte aanvragen?	Mail ons op offerte@mosgeo.com

Mos Grondmechanica opereert structureel vanuit 5 vestigingen in Nederland en in Suriname. Via het zusterbedrijf Mosgeo b.v. worden wereldwijd projecten uitgevoerd, daar waar onze specifieke kennis en ervaring wordt gevraagd.

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Correspondentieadres : Albert Plesmanweg 47, 3088 GB, Rotterdam Centraal telefoonnummer : +31(0)88-5130200

Hoofdkantoor	Albert Plesmanweg 47	3088 GB	Rotterdam	
Vestiging Helmond	Vossenbeemd 90B	5705 CL	Helmond	
Vestiging Almelo	Het Wendelgoor 13	7604 PJ	Almelo	
Vestiging Amsterdam	Pleimuiden 8B	1046 AG	Amsterdam	
Mosgeo B.V.	Albert Plesmanweg 47	3088 GB	Rotterdam	
Vestiging Suriname	Ds Martin Luther Kingweg 150	District Wanica	Suriname	Tel. +597-488188

MOS

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Maasvlakte 2 Zachte Zeewering
Projectonderdeel : Aansluiting monopile, max gronddekking
Importantiefactor S : 1

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **250,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **22,7**	mm
Wanddikte bocht	t	= 22,7	mm
Bochtstraal	R	= 12.500,00	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Aanleggegevens

Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk

Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 8,25	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f_v	= 15,0	mm
Zettingsverschil	f_z	= 0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,02	%
Marstonfactor	f_m	= 0,3	-

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Verheeld

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18,0	kN/m^3
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 30	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m^2
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m^2
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 5	MN/m^2
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,019	N/mm^3
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,049	N/mm^3
Rekenen met horizontale steundruk			
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek I: Fatique Load Model 3

Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,30	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,30	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,65	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 105.728.989,31	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 845.831,91	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 974,76	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 85,88	mm^3/mm^1

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.

3. Berekening van de veiligheidszone

Veiligheidszone = $4 \cdot H_{werk} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$ m

4. Berekening van de spanningen s_p en s_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:
$\sigma_p = 0,00$ N/mm²

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:
$f_{rr} = 1,00$

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$
$q_n = 1,1 \cdot 18,0 \cdot 8,25 = 163,35$ kN/m²
$Q_n = q_n \cdot D_o$
$Q_n = 163,35 \cdot 10^{-3} \cdot 250,0 = 40,84$ N/mm¹

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d$$

$$\sigma_{vert} = \frac{18,0}{1,1} \cdot 8,25 = 135,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_{hor} = 135,00 \cdot (1 - \sin(30)) = 67,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$\sigma_o' = \frac{135,00 + 67,50}{2} = 101,25 \text{ kN/m}^2$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$p'_f = 101,25 \cdot (1+\sin(30)) + 0 \cdot \cos(30) = 151,88 \text{ kN/m}^2$$

$$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$G = \frac{15}{2 \cdot (1 + 0,3)} = 5,77 \text{ MN/m}^2$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$Q = \frac{101,25 \cdot \sin(30) + 0 \cdot \cos(30)}{5,77 \cdot 10^3} = 0,009$$

$$p'_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot D_0}{0,5 \cdot D_0 + H}^2 + Q \right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi)$$

$$p'_{max} = (151,88 + 30 \cdot \cot(0)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 0,25}{0,5 \cdot 0,25 + 8,25}^2 + 0,01 \right)^{\frac{-\sin 30}{1+\sin 30}} - 0 \cdot \cot(30)$$

$$p'_{max} = \mathbf{730,20} \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = p'_{max} \cdot D_o$$

$$Q_p = 730,20 \cdot 10^{-3} \cdot 250,0 = 182,55 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{0,25}{5^{0,5} \cdot \sqrt{8,25/0,25}} = 0,0039 \text{ m}$$

$$q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{max} \cdot k_{v,min}}}$$

$$q_k = 163,35 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,25}{0,0039} \cdot (730,20 - 163,35)}{1 + \frac{730,20 - 163,35}{0,0039 \cdot 0,0190 \cdot 10^6}} = 247,39 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 247,39 \cdot 10^{-3} \cdot 250,0 = 61,85 \text{ N/mm}^1$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek I NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$q_v = 5{,}58$ kN/m^2

$Q_v = q_v \cdot D_o$

$Q_v = 5{,}58 \cdot 10^{-3} \cdot 250{,}0 = 1{,}39$ N/mm^1

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding I

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250{,}0 \cdot 0{,}049}{4 \cdot 975 \cdot 105.728.989{,}31}} = 0{,}0023 \text{ mm}^{-1}$$

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1e en 2e jaar)

Zettingslengte L = 40.000 mm

$\lambda \cdot L = 0{,}0023 \cdot 40.000 = 93{,}39$

i = 0,978 (= 97,8 % inklemming)

$B_z = 0{,}00000116$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}00000116 \cdot 15{,}0 \cdot 250{,}0 \cdot 0{,}049 = 0{,}00021$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}00021 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000 \cdot (0{,}978 + \frac{0{,}978 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}32 \text{ N/mm}^1$$

12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)

$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1{,}5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}00000116 \cdot (15{,}0 + 1{,}5 \cdot 0) \cdot 250{,}0 \cdot 0{,}049 = 0{,}00021$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}00021 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000 \cdot (0{,}978 + \frac{0{,}978 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}32 \text{ N/mm}^1$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen

Berekening evenwichtsdraagvermogen

$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45° + \varphi/2) = 18,40$

$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 15,07$

$B = D_o = 0,25$ m

$B/L = 0,1$

$Z = h + D_o / 2 = 8,25 + 0,25 / 2 = 8,38$ m

$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$

$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1-\sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,44$

$\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o/2)/ Z = 19,80$ kN/m^3

$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot Sy \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$

$P_{we} = 4.366,08$ kN/m^2 = 4,37 N/mm^2

$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 4,37 \cdot 250,00 = 1.091,52$ N/mm^1

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar			*Conclusie:*
Q_k =	61,85	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	1,39	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,32	N/mm^1 +	
Σ =	63,56	N/mm^1	

Situatie na 2 jaar			*Conclusie:*
Q_n =	40,84	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	1,39	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,32	N/mm^1 +	
Σ =	42,55	N/mm^1	

14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Moment t.g.v. Q_k en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$

$M_q = 0,178 \cdot (61,85+1,39) \cdot 113,65 - 0,143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (61,85+1,39) \cdot 113,65$

$M_q = 834,30$ Nmm/mm^1

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$

$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,32 \cdot 113,65$

$M_{qd} = 4,48$ Nmm/mm^1

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$

$\sigma_q = 1,00 \cdot (834,30 + 4,48) / 85,88 =$ **9,77** N/mm^2

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$
$M_q = 0{,}178 \cdot (40{,}84+1{,}39) \cdot 113{,}65 - 0{,}143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (40{,}84+1{,}39) \cdot 113{,}65$
$M_q = 557{,}14$ Nmm/mm[1]

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_{qd} = 0{,}122 \cdot 0{,}32 \cdot 113{,}65$
$M_{qd} = 4{,}48$ Nmm/mm[1]

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$
$\sigma_q = 1{,}00 \cdot (557{,}14 + 4{,}48) / 85{,}88 =$ **6,54** N/mm^2

16. Berekening van de spanning s_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0{,}00132 \cdot 15{,}0 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}049}{22{,}7}} =$$ **0,03** N/mm^2

17. Berekening van de spanning s_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1.5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0{,}00132 \cdot (15{,}0 + 1.5 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}049}{22{,}7}} =$$ **0,03** N/mm^2

18. Berekening van de spanning s_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos
$\sigma_{ax} =$ **0** N/mm^2

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

Berekening van de factoren i_x, i_{xp}, i_y en i_{yp} van de bocht:

$$r = \left(\frac{D_e}{2} + \frac{D_e - 2 \cdot t}{2}\right) / 2 = 113{,}65 \text{ mm}$$

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{22{,}7 \cdot 12500{,}0}{113{,}65^2} = 21{,}97$$

$$k = \frac{1{,}65}{h} = \frac{1{,}65}{21{,}97} = 0{,}075$$

$$i_x = \frac{0{,}9}{h^{(2/3)}} = \frac{0{,}9}{21{,}97^{(2/3)}} = 0{,}11$$

$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0{,}11 = 0{,}23$
$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1{,}00$

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{974,76}{227,3^3} = 0,0809 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{80,93} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m^2

21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 974,76}{227,30^3} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 974,76}{227,30^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,67** m grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n;h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (40,84 + 1,39) - 0,083 \cdot (1 - \sin(30°)) \cdot (40,84 + 1,39) + 0,048 \cdot 0,32) \cdot 113,65^3}{350 \cdot 974,76} = \mathbf{8,70} \text{ mm (= 3,83\%)}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · D_g = 0,08 · 1 · 227,30 = **18,18** mm

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot (9,77 + 0,23 \cdot 0,03) = \mathbf{6,35}$ N/mm^2

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,03 = \mathbf{0,02}$ N/mm^2

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = \mathbf{8,00}$ N/mm^2

24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot (6,54 + 0,23 \cdot 0,03) = \mathbf{4,25}$ N/mm^2

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,03 = \mathbf{0,02}$ N/mm^2

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = \mathbf{8,00}$ N/mm^2

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Maasvlakte 2 Zachte Zeewering
Projectonderdeel : Aansluiting monopile, min gronddekking
Importantiefactor S : 1

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **250,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **22,7**	mm
Wanddikte bocht	t	= 22,7	mm
Bochtstraal	R	= 12.500,00	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Aanleggegevens

Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk

Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 5,65	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f_v	= 15,0	mm
Zettingsverschil	f_z	= 0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,02	%
Marstonfactor	f_m	= 0,3	-

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Verheeld

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18,0	kN/m^3
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 30	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m^2
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m^2
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 5	MN/m^2
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,019	N/mm^3
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,049	N/mm^3
Rekenen met horizontale steundruk			
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek I: Fatique Load Model 3

Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,30	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,30	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,65	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 105.728.989,31	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 845.831,91	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 974,76	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 85,88	mm^3/mm^1

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.

3. Berekening van de veiligheidszone

Veiligheidszone = $4 \cdot H_{werk} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$ m

4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:
$\sigma_p = 0,00$ N/mm²

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:
$f_{rr} = 1,00$

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$
$q_n = 1,1 \cdot 18,0 \cdot 5,65 = 111,87$ kN/m²
$Q_n = q_n \cdot D_o$
$Q_n = 111,87 \cdot 10^{-3} \cdot 250,0 = 27,97$ N/mm¹

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d$$

$$\sigma_{vert} = \frac{18,0}{1,1} \cdot 5,65 = 92,45 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_{hor} = 92,45 \cdot (1 - \sin(30)) = 46,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$\sigma_o' = \frac{92,45 + 46,23}{2} = 69,34 \text{ kN/m}^2$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$p'_f = 69,34 \cdot (1+\sin(30)) + 0 \cdot \cos(30) = 104,01 \text{ kN/m}^2$$

$$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$G = \frac{15}{2 \cdot (1 + 0,3)} = 5,77 \text{ MN/m}^2$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$Q = \frac{69,34 \cdot \sin(30) + 0 \cdot \cos(30)}{5,77 \cdot 10^3} = 0,006$$

$$p'_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot D_0}{0,5 \cdot D_0 + H}^{2} + Q \right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi)$$

$$p'_{max} = (104,01 + 30 \cdot \cot(0)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 0,25}{0,5 \cdot 0,25 + 5,65}^{2} + 0,01 \right)^{\frac{-\sin 30}{1+\sin 30}} - 0 \cdot \cot(30)$$

$$p'_{max} = \mathbf{557,96} \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = p'_{max} \cdot D_o$$

$$Q_p = 557,96 \cdot 10^{-3} \cdot 250,0 = 139,49 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{0,25}{5^{0,5} \cdot \sqrt{5,65/0,25}} = 0,0047 \text{ m}$$

$$q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{max} \cdot k_{v,min}}}$$

$$q_k = 111,87 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,25}{0,0047} \cdot (557,96 - 111,87)}{1 + \frac{557,96 - 111,87}{0,0047 \cdot 0,0190 \cdot 10^6}} = 191,01 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 191,01 \cdot 10^{-3} \cdot 250,0 = 47,75 \text{ N/mm}^1$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek I NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$q_v = 8{,}92$ kN/m^2

$Q_v = q_v \cdot D_o$

$Q_v = 8{,}92 \cdot 10^{-3} \cdot 250{,}0 = 2{,}23$ N/mm^1

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250{,}0 \cdot 0{,}049}{4 \cdot 975 \cdot 105.728.989{,}31}} = 0{,}0023 \text{ mm}^{-1}$$

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1e en 2e jaar)

Zettingslengte L = 40.000 mm

$\lambda \cdot L = 0{,}0023 \cdot 40.000 = 93{,}39$

i = 0,978 (= 97,8 % inklemming)

$B_z = 0{,}00000116$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}00000116 \cdot 15{,}0 \cdot 250{,}0 \cdot 0{,}049 = 0{,}00021$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}00021 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000 \cdot (0{,}978 + \frac{0{,}978 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}32 \text{ N/mm}^1$$

12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)

$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1{,}5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}00000116 \cdot (15{,}0 + 1{,}5 \cdot 0) \cdot 250{,}0 \cdot 0{,}049 = 0{,}00021$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}00021 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000 \cdot (0{,}978 + \frac{0{,}978 \cdot 0{,}0023 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}32 \text{ N/mm}^1$$

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen

Berekening evenwichtsdraagvermogen

$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45° + \varphi/2) = 18,40$

$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 15,07$

$B = D_o = 0,25$ m

$B/L = 0,1$

$Z = h + D_o / 2 = 5,65 + 0,25 / 2 = 5,78$ m

$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$

$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1-\sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,44$

$\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o/2)/ Z = 19,80$ kN/m^3

$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot Sy \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$

$P_{we} = 2.992,87$ kN/m^2 = 2,99 N/mm^2

$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 2,99 \cdot 250,00 = 748,22$ N/mm^1

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar			*Conclusie:*
Q_k =	47,75	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	2,23	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,32	N/mm^1 +	
Σ =	50,31	N/mm^1	

Situatie na 2 jaar			*Conclusie:*
Q_n =	27,97	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	2,23	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,32	N/mm^1 +	
Σ =	30,52	N/mm^1	

14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Moment t.g.v. Q_k en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$

$M_q = 0,178 \cdot (47,75+2,23) \cdot 113,65 - 0,143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (47,75+2,23) \cdot 113,65$

$M_q = 659,39$ Nmm/mm^1

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$

$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,32 \cdot 113,65$

$M_{qd} = 4,48$ Nmm/mm^1

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$

$\sigma_q = 1,00 \cdot (659,39 + 4,48) / 85,88 =$ **7,73** N/mm^2

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$
$M_q = 0{,}178 \cdot (27{,}97+2{,}23) \cdot 113{,}65 - 0{,}143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (27{,}97+2{,}23) \cdot 113{,}65$
$M_q = 398{,}37$ Nmm/mm[1]

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_{qd} = 0{,}122 \cdot 0{,}32 \cdot 113{,}65$
$M_{qd} = 4{,}48$ Nmm/mm[1]

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$
$\sigma_q = 1{,}00 \cdot (398{,}37 + 4{,}48) / 85{,}88 =$ **4,69** N/mm^2

16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0{,}00132 \cdot 15{,}0 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}049}{22{,}7}} =$$ **0,03** N/mm^2

17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1.5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0{,}00132 \cdot (15{,}0 + 1.5 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}049}{22{,}7}} =$$ **0,03** N/mm^2

18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos
$\sigma_{ax} =$ **0** N/mm^2

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

Berekening van de factoren i_x, i_{xp}, i_y en i_{yp} van de bocht:

$$r = \left(\frac{D_e}{2} + \frac{D_e - 2 \cdot t}{2}\right) / 2 = 113{,}65 \text{ mm}$$

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{22{,}7 \cdot 12500{,}0}{113{,}65^2} = 21{,}97$$

$$k = \frac{1{,}65}{h} = \frac{1{,}65}{21{,}97} = 0{,}075$$

$$i_x = \frac{0{,}9}{h^{(2/3)}} = \frac{0{,}9}{21{,}97^{(2/3)}} = 0{,}11$$

$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0{,}11 = 0{,}23$
$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1{,}00$

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{974,76}{227,3^3} = 0,0809 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{80,93} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m^2

21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 974,76}{227,30^3} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 974,76}{227,30^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,67** m grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n;h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (27,97 + 2,23) - 0,083 \cdot (1 - \sin(30°)) \cdot (27,97 + 2,23) + 0,048 \cdot 0,32) \cdot 113,65^3}{350 \cdot 974,76} = \mathbf{6,24} \text{ mm (= 2,74\%)}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · D_g = 0,08 · 1 · 227,30 = **18,18** mm

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot (7,73 + 0,23 \cdot 0,03) = \mathbf{5,03}$ N/mm^2

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,03 = \mathbf{0,02}$ N/mm^2

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = \mathbf{8,00}$ N/mm^2

24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot (4,69 + 0,23 \cdot 0,03) = \mathbf{3,05}$ N/mm^2

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,03 = \mathbf{0,02}$ N/mm^2

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = \mathbf{8,00}$ N/mm^2

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Maasvlakte 2 Zachte Zeewering
Projectonderdeel : Aansluiting monopile, max gronddekking, PE 110
Importantiefactor S : 1

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm
Wanddikte bocht	t	= 10	mm
Bochtstraal	R	= 12.500,00	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Aanleggegevens

Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk

Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 8,25	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f_v	= 10	mm
Zettingsverschil	f_z	= 0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,02	%
Marstonfactor	f_m	= 0,3	-

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Verheeld

	26-05-2020 16:31:42

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18,0	kN/m^3
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 30	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m^2
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m^2
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 5	MN/m^2
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,04	N/mm^3
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,11	N/mm^3
Rekenen met horizontale steundruk			
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek I: Fatique Load Model 3

Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 3.966.260,73	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm^3/mm^1

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.

3. Berekening van de veiligheidszone

Veiligheidszone = $4 \cdot H_{werk} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$ m

4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:
$\sigma_p = 0,00$ N/mm^2

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:
$f_{rr} = 1,00$

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$
$q_n = 1,1 \cdot 18,0 \cdot 8,25 = 163,35$ kN/m^2
$Q_n = q_n \cdot D_o$
$Q_n = 163,35 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 17,97$ N/mm^1

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d$$

$$\sigma_{vert} = \frac{18,0}{1,1} \cdot 8,25 = 135,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_{hor} = 135,00 \cdot (1 - \sin(30)) = 67,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$\sigma_o' = \frac{135,00 + 67,50}{2} = 101,25 \text{ kN/m}^2$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$p'_f = 101,25 \cdot (1+\sin(30)) + 0 \cdot \cos(30) = 151,88 \text{ kN/m}^2$$

$$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$G = \frac{15}{2 \cdot (1 + 0,3)} = 5,77 \text{ MN/m}^2$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$Q = \frac{101,25 \cdot \sin(30) + 0 \cdot \cos(30)}{5,77 \cdot 10^3} = 0,009$$

$$p'_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot D_0}{0,5 \cdot D_0 + H}^2 + Q \right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi)$$

$$p'_{max} = (151,88 + 30 \cdot \cot(0)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 0,11}{0,5 \cdot 0,11 + 8,25}^2 + 0,01 \right)^{\frac{-\sin 30}{1+\sin 30}} - 0 \cdot \cot(30)$$

$$p'_{max} = \mathbf{735,10} \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = p'_{max} \cdot D_o$$

$$Q_p = 735,10 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 80,86 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{0,11}{5^{0,5} \cdot \sqrt{8,25/0,11}} = 0,0011 \text{ m}$$

$$q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{max} \cdot k_{v,min}}}$$

$$q_k = 163,35 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,11}{0,0011} \cdot (735,10 - 163,35)}{1 + \frac{735,10 - 163,35}{0,0011 \cdot 0,0400 \cdot 10^6}} = 244,87 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 244,87 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 26,94 \text{ N/mm}^1$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek I NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$q_v = 5{,}58$ kN/m^2

$Q_v = q_v \cdot D_o$

$Q_v = 5{,}58 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 0{,}61$ N/mm^1

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110 \cdot 0{,}11}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}} = 0{,}0053 \text{ mm}^{-1}$$

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1e en 2e jaar)

Zettingslengte L = 40.000 mm

$\lambda \cdot L = 0{,}0053 \cdot 40.000 = 211{,}54$

i = 0,991 (= 99,1 % inklemming)

$B_z = 0{,}0000000462$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}0000000462 \cdot 10 \cdot 110 \cdot 0{,}11 = 0{,}0000056$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}0000056 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000 \cdot (0{,}991 + \frac{0{,}991 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}04 \text{ N/mm}^1$$

12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)

$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1{,}5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}0000000462 \cdot (10 + 1{,}5 \cdot 0) \cdot 110 \cdot 0{,}11 = 0{,}0000056$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}0000056 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000 \cdot (0{,}991 + \frac{0{,}991 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}04 \text{ N/mm}^1$$

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen

Berekening evenwichtsdraagvermogen

$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45° + \varphi/2) = 18,40$

$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 15,07$

$B = D_o = 0,11$ m

$B/L = 0,1$

$Z = h + D_o / 2 = 8,25 + 0,11 / 2 = 8,31$ m

$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$

$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1-\sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,45$

$\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o/2)/ Z = 19,80$ kN/m^3

$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot Sy \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$

$P_{we} = 4.361,39$ kN/m^2 = 4,36 N/mm^2

$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 4,36 \cdot 110,00 = 479,75$ N/mm^1

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar			*Conclusie:*
Q_k =	26,94	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	0,61	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,04	N/mm^1 +	
Σ =	27,59	N/mm^1	

Situatie na 2 jaar			*Conclusie:*
Q_n =	17,97	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	0,61	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,04	N/mm^1 +	
Σ =	18,62	N/mm^1	

14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Moment t.g.v. Q_k en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$

$M_q = 0,178 \cdot (26,94+0,61) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (26,94+0,61) \cdot 50,00$

$M_q = 159,90$ Nmm/mm^1

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$

$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,04 \cdot 50,00$

$M_{qd} = 0,26$ Nmm/mm^1

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$

$\sigma_q = 1,00 \cdot (159,90 + 0,26) / 16,67 =$ **9,61** N/mm^2

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$
$M_q = 0{,}178 \cdot (17{,}97+0{,}61) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (17{,}97+0{,}61) \cdot 50{,}00$
$M_q = 107{,}85$ Nmm/mm^1

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_{qd} = 0{,}122 \cdot 0{,}04 \cdot 50{,}00$
$M_{qd} = 0{,}26$ Nmm/mm^1

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$
$\sigma_q = 1{,}00 \cdot (107{,}85 + 0{,}26) / 16{,}67 =$ **6,49** N/mm^2

16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$
$$\sigma_{bx} = 0{,}000272 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}11}{10}} =$$ **0,01** N/mm^2

17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1.5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$
$$\sigma_{bx} = 0{,}000272 \cdot (10 + 1.5 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}11}{10}} =$$ **0,01** N/mm^2

18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos
$\sigma_{ax} =$ **0** N/mm^2

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

Berekening van de factoren i_x, i_{xp}, i_y en i_{yp} van de bocht:

$$r = \left(\frac{D_e}{2} + \frac{D_e - 2 \cdot t}{2}\right) / 2 = 50{,}00 \text{ mm}$$
$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{10 \cdot 12500{,}0}{50^2} = 50{,}00$$
$$k = \frac{1{,}65}{h} = \frac{1{,}65}{50{,}00} = 0{,}033$$
$$i_x = \frac{0{,}9}{h^{(2/3)}} = \frac{0{,}9}{50{,}00^{(2/3)}} = 0{,}07$$
$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0{,}07 = 0{,}13$
$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1{,}00$

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83{,}33}{100^3} = 0{,}0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81{,}25} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 1{,}55 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78** m grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}083 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (17{,}97 + 0{,}61) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin(30°)) \cdot (17{,}97 + 0{,}61) + 0{,}048 \cdot 0{,}04) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33} = \mathbf{3{,}79} \text{ mm (= 3,79\%)}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · D_g = 0,08 · 1 · 100,00 = **8,00** mm

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0{,}65 \cdot (9{,}61 + 0{,}13 \cdot 0{,}01) = \mathbf{6{,}25}$ N/mm²

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0{,}65 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}01 = \mathbf{0{,}01}$ N/mm²

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8{,}00 \cdot 1{,}00 = \mathbf{8{,}00}$ N/mm²

24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0{,}65 \cdot (6{,}49 + 0{,}13 \cdot 0{,}01) = \mathbf{4{,}22}$ N/mm²

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0{,}65 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}01 = \mathbf{0{,}01}$ N/mm²

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8{,}00 \cdot 1{,}00 = \mathbf{8{,}00}$ N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Maasvlakte 2 Zachte Zeewering
Projectonderdeel : Aansluiting monopile, min gronddekking, PE 110
Importantiefactor S : 1

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm
Wanddikte bocht	t	= 10	mm
Bochtstraal	R	= 12.500,00	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Aanleggegevens

Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk

Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 5,65	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f_v	= 10	mm
Zettingsverschil	f_z	= 0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,02	%
Marstonfactor	f_m	= 0,3	-

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Verheeld

	26-05-2020 16:33:38

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18,0	kN/m^3
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 30	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m^2
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m^2
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 5	MN/m^2
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,04	N/mm^3
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,11	N/mm^3
Rekenen met horizontale steundruk			
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek I: Fatique Load Model 3

Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 3.966.260,73	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm^3/mm^1

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.

3. Berekening van de veiligheidszone

Veiligheidszone = $4 \cdot H_{werk} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$ m

4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:
$\sigma_p = 0,00$ N/mm^2

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:
$f_{rr} = 1,00$

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$
$q_n = 1,1 \cdot 18,0 \cdot 5,65 = 111,87$ kN/m^2
$Q_n = q_n \cdot D_o$
$Q_n = 111,87 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 12,31$ N/mm^1

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d$$

$$\sigma_{vert} = \frac{18,0}{1,1} \cdot 5,65 = 92,45 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_{hor} = 92,45 \cdot (1 - \sin(30)) = 46,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$\sigma_o' = \frac{92,45 + 46,23}{2} = 69,34 \text{ kN/m}^2$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$p'_f = 69,34 \cdot (1+\sin(30)) + 0 \cdot \cos(30) = 104,01 \text{ kN/m}^2$$

$$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$G = \frac{15}{2 \cdot (1 + 0,3)} = 5,77 \text{ MN/m}^2$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$Q = \frac{69,34 \cdot \sin(30) + 0 \cdot \cos(30)}{5,77 \cdot 10^3} = 0,006$$

$$p'_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot D_0}{0,5 \cdot D_0 + H}^2 + Q \right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi)$$

$$p'_{max} = (104,01 + 30 \cdot \cot(0)) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 0,11}{0,5 \cdot 0,11 + 5,65}^2 + 0,01 \right)^{\frac{-\sin 30}{1+\sin 30}} - 0 \cdot \cot(30)$$

$$p'_{max} = \mathbf{569,17} \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = p'_{max} \cdot D_o$$

$$Q_p = 569,17 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 62,61 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{0,11}{5^{0,5} \cdot \sqrt{5,65/0,11}} = 0,0014 \text{ m}$$

$$q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{max} \cdot k_{v,min}}}$$

$$q_k = 111,87 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,11}{0,0014} \cdot (569,17 - 111,87)}{1 + \frac{569,17 - 111,87}{0,0014 \cdot 0,0400 \cdot 10^6}} = 190,44 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 190,44 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 20,95 \text{ N/mm}^1$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek I NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$q_v = 8{,}92$ kN/m^2

$Q_v = q_v \cdot D_o$

$Q_v = 8{,}92 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 0{,}98$ N/mm^1

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110 \cdot 0{,}11}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}} = 0{,}0053 \text{ mm}^{-1}$$

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1e en 2e jaar)

Zettingslengte L = 40.000 mm

$\lambda \cdot L = 0{,}0053 \cdot 40.000 = 211{,}54$

i = 0,991 (= 99,1 % inklemming)

$B_z = 0{,}0000000462$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}0000000462 \cdot 10 \cdot 110 \cdot 0{,}11 = 0{,}0000056$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}0000056 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000 \cdot (0{,}991 + \frac{0{,}991 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}04 \text{ N/mm}^1$$

12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)

$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1{,}5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$

$Q_z = 0{,}0000000462 \cdot (10 + 1{,}5 \cdot 0) \cdot 110 \cdot 0{,}11 = 0{,}0000056$ N/mm^1

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot (i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6})$$

$$Q_d = 0{,}0000056 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000 \cdot (0{,}991 + \frac{0{,}991 \cdot 0{,}0053 \cdot 40.000}{6}) = 0{,}04 \text{ N/mm}^1$$

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen

Berekening evenwichtsdraagvermogen

$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45° + \varphi/2) = 18,40$

$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 15,07$

$B = D_o = 0,11$ m

$B/L = 0,1$

$Z = h + D_o / 2 = 5,65 + 0,11 / 2 = 5,71$ m

$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$

$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1-\sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,45$

$\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o/2)/ Z = 19,80$ kN/m^3

$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot Sy \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$

$P_{we} = 2.988,03$ kN/m^2 $= 2,99$ N/mm^2

$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 2,99 \cdot 110,00 = 328,68$ N/mm^1

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar			*Conclusie:*
Q_k =	20,95	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	0,98	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,04	N/mm^1 +	
Σ =	21,97	N/mm^1	

Situatie na 2 jaar			*Conclusie:*
Q_n =	12,31	N/mm^1	Geen aanpassing
Q_v =	0,98	N/mm^1	van Q_d nodig
Q_d =	0,04	N/mm^1 +	
Σ =	13,33	N/mm^1	

14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Moment t.g.v. Q_k en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$

$M_q = 0,178 \cdot (20,95+0,98) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (20,95+0,98) \cdot 50,00$

$M_q = 127,27$ Nmm/mm^1

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$

$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,04 \cdot 50,00$

$M_{qd} = 0,26$ Nmm/mm^1

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$

$\sigma_q = 1,00 \cdot (127,27 + 0,26) / 16,67 =$ **7,65** N/mm^2

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1-\sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$
$M_q = 0{,}178 \cdot (12{,}31+0{,}98) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1-\sin(30°)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120°) \cdot (12{,}31+0{,}98) \cdot 50{,}00$
$M_q = 77{,}12$ Nmm/mm^1

Moment t.g.v. Q_d

$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_{qd} = 0{,}122 \cdot 0{,}04 \cdot 50{,}00$
$M_{qd} = 0{,}26$ Nmm/mm^1

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$
$\sigma_q = 1{,}00 \cdot (77{,}12 + 0{,}26) / 16{,}67 =$ **4,64** N/mm^2

16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$
$$\sigma_{bx} = 0{,}000272 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}11}{10}} =$$ **0,01** N/mm^2

17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1.5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$
$$\sigma_{bx} = 0{,}000272 \cdot (10 + 1.5 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0{,}11}{10}} =$$ **0,01** N/mm^2

18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos
$\sigma_{ax} =$ **0** N/mm^2

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

Berekening van de factoren i_x, i_{xp}, i_y en i_{yp} van de bocht:

$$r = \left(\frac{D_e}{2} + \frac{D_e - 2 \cdot t}{2}\right) / 2 = 50{,}00 \text{ mm}$$
$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{10 \cdot 12500{,}0}{50^2} = 50{,}00$$
$$k = \frac{1{,}65}{h} = \frac{1{,}65}{50{,}00} = 0{,}033$$
$$i_x = \frac{0{,}9}{h^{(2/3)}} = \frac{0{,}9}{50{,}00^{(2/3)}} = 0{,}07$$
$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0{,}07 = 0{,}13$
$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1{,}00$

1.5.0.0/07-2018/10-10243308

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83{,}33}{100^3} = 0{,}0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81{,}25} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 1{,}55 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78** m grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}083 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (12{,}31 + 0{,}98) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin(30°)) \cdot (12{,}31 + 0{,}98) + 0{,}048 \cdot 0{,}04) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33} = \mathbf{2{,}71} \text{ mm (= 2,71\%)}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · D_g = 0,08 · 1 · 100,00 = **8,00** mm

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0{,}65 \cdot (7{,}65 + 0{,}13 \cdot 0{,}01) =$ **4,97** N/mm²

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0{,}65 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}01 =$ **0,01** N/mm²

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8{,}00 \cdot 1{,}00 =$ **8,00** N/mm²

24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$

$\sigma_{y2} = 0{,}65 \cdot (4{,}64 + 0{,}13 \cdot 0{,}01) =$ **3,02** N/mm²

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot i_x \cdot \sigma_{bx}$

$\sigma_x = 0{,}65 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}01 =$ **0,01** N/mm²

Toelaatbare spanning = $\overline{\sigma}_t \cdot S = 8{,}00 \cdot 1{,}00 =$ **8,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Report for D-Geo Pipeline 18.2

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Company:	Royal HaskoningDHV
Date of report:	3-6-2020
Time of report:	18:04:39
Report with version:	18.2.2.20951
Calculated with version:	18.2.2.20951
File name:	C:\..\07_HDD\berekeningen\strand\BG8375_MV2 HDD op strand_hoog mv_483m
Project identification:	Windpark MV2 Zachte Zeewering HDD's op het strand (max boorlengte)

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 Model Used 3
2.2 Layer Boundaries 3
2.3 Pl-lines 3
2.4 Phreatic Line 3
2.5 Soil Profiles 3
2.6 Selected Boundaries 3
2.7 Soil Material Data 4
2.8 Geometry 5
2.8.1 Geometry Section, Detailed 5
2.8.2 Geometry Top View 5
2.9 Calculation Verticals 6
2.10 Traffic Load 6
2.11 Configuration of the Pipeline 6
2.12 Product Pipe Material Data 6
2.13 Pipe Engineering Data 8
2.14 Drilling Fluid Data 8
2.15 Factors 8
3 Drilling Fluid Pressures 9
3.1 Drilling Fluid Data 9
3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure 10
3.3 Drilling Fluid Pressure Plots 10
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot 10
3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming 11
3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation 11
4 Soil Mechanical Data 12
4.1 Soil Mechanical Parameters 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 12
4.2 Soil Mechanical Parameters 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 13
4.3 Young's Modulus per Layer per Vertical 13
5 Data for Stress Analysis 15
5.1 General data 15
5.2 Buoyancy Control 15
5.3 Calculation Pulling Force 15
6 Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 17
6.1 Material Data of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 17
6.2 Results Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 17
6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 17
6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 18
6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 18
6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 18
6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 18
6.3 Check on Calculated Stresses of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 19
6.3.1 Check for Implosion of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 19
7 Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 20
7.1 Material Data of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 20
7.2 Results Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 20
7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 20
7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 21
7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 21
7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 21
7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 21
7.3 Check on Calculated Stresses of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 22
7.3.1 Check for Implosion of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 22

2 Input Data

2.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

2.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
10 - X -	0,000	75,000	75,100	507,900	508,000
10 - Y -	3,250	3,250	3,000	3,000	3,250
10 - X -	1000,000				
10 - Y -	3,250				
9 - X -	0,000	1000,000			
9 - Y -	-4,300	-4,300			
8 - X -	0,000	1000,000			
8 - Y -	-9,000	-9,000			
7 - X -	0,000	1000,000			
7 - Y -	-11,800	-11,800			
6 - X -	0,000	1000,000			
6 - Y -	-15,200	-15,200			
5 - X -	0,000	1000,000			
5 - Y -	-20,000	-20,000			
4 - X -	0,000	1000,000			
4 - Y -	-21,500	-21,500			
3 - X -	0,000	1000,000			
3 - Y -	-21,800	-21,800			
2 - X -	0,000	1000,000			
2 - Y -	-23,000	-23,000			
1 - X -	0,000	1000,000			
1 - Y -	-33,000	-33,000			
0 - X -	0,000	1000,000			
0 - Y -	-35,000	-35,000			

2.3 Pl-lines

Pl-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	1000,000			
1 - Y -	0,000	0,000			

2.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

2.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
10	1a zand, vast	1	1
9	1b zand, matig	1	1
8	1c zand, vast	1	1
7	1d zand, matig	1	1
6	1e zand, matig-vast	1	1
5	1f zand, los	1	1
4	2 veen matig	1	1
3	3 zand, los-matig	1	1
2	4 klei, vast	1	1
1	5 zand, matig	1	1

2.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlaying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 10: 1a zand, vast
The boundary between compressible top layers and underlaying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 10: 1a zand, vast

2.7 Soil Material Data

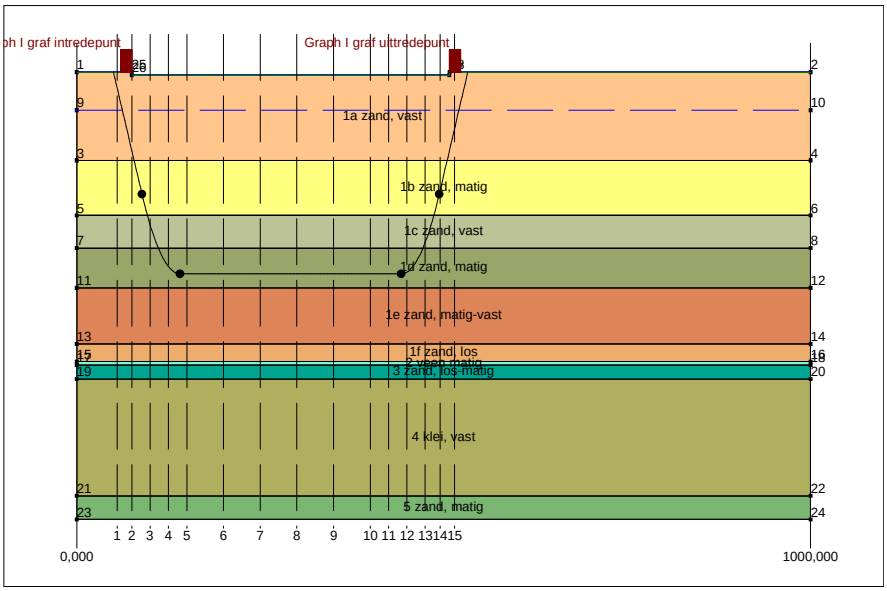
Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
1a zand, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
1b zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
1c zand, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
1d zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
1e zand, matig-vast	18,50	20,50	0,00	33,50	0,00	0,00
1f zand, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
2 veen matig	12,00	12,00	2,50	15,00	20,00	20,00
3 zand, los-matig	17,50	19,50	0,00	31,30	0,00	0,00
4 klei, vast	20,00	20,00	13,00	27,50	100,00	100,00
5 zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
1a zand, vast	Sand	75000,00	-	-
1b zand, matig	Sand	45000,00	-	-
1c zand, vast	Sand	75000,00	-	-
1d zand, matig	Sand	45000,00	-	-
1e zand, matig-vast	Sand	60000,00	-	-
1f zand, los	Sand	15000,00	-	-
2 veen matig	Peat	1000,00	-	-
3 zand, los-matig	Sand	30000,00	-	-
4 klei, vast	Clay	4000,00	-	-
5 zand, matig	Sand	45000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
1a zand, vast	-	-	0,30
1b zand, matig	-	-	0,30
1c zand, vast	-	-	0,30
1d zand, matig	-	-	0,30
1e zand, matig-vast	-	-	0,30
1f zand, los	-	-	0,30
2 veen matig	-	-	0,40
3 zand, los-matig	-	-	0,30
4 klei, vast	-	-	0,40
5 zand, matig	-	-	0,30

2.8 Geometry

2.8.1 Geometry Section, Detailed



2.8.2 Geometry Top View

2.9 Calculation Verticals

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
1	55,000	1,910	0,00
2	75,000	-3,450	0,00
3	100,000	-9,810	0,00
4	125,000	-13,380	0,00
5	150,000	-14,000	0,00
6	200,000	-14,000	0,00
7	250,000	-14,000	0,00
8	300,000	-14,000	0,00
9	350,000	-14,000	0,00
10	400,000	-14,000	0,00
11	425,000	-14,000	0,00
12	450,000	-13,850	0,00
13	475,000	-11,310	0,00
14	495,000	-6,930	0,00
15	515,000	-1,570	0,00

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

2.10 Traffic Load

graf intredepunt		
L start	60,00	[m]
L end	75,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
graf uittredepunt		
L start	508,00	[m]
L end	523,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

2.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	50,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	3,250	[m]
X co-ordinate right point	533,000	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	3,250	[m]
Angle left	15,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	200,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	200,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	200,000	[m]
Lowest level of pipe (centre bore hole)	-14,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from left to right

2.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]

Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 3

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 4

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	110,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	10,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 5

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	110,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	10,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

2.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	100	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for steel	0,0000117	[mm/mmK]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for PE	0,0001800	[mm/mmK]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,30	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]
Special Stress Analysis	not used	
Special Stress Data	not used	

2.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,343	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,114	[m]
Outer diameter preream hole	0,705	[m]
Outer diameter drillpipe	0,114	[m]
Outer diameter bore hole	0,705	[m]
Outer diameter product pipe	0,460	[m]
Annular back flow rate pilot	111,0	[liter/minute]
Annular back flow rate pre-reaming	249,0	[liter/minute]
Annular back flow rate ream and pull-back	169,2	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m²]

2.15 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on total unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	1,60	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,00	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3 Drilling Fluid Pressures

3.1 Drilling Fluid Data

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	69	69	16	137
2	482	751	81	192
3	715	1370	158	256
4	766	1406	204	289
5	782	1430	217	289
6	782	1430	230	277
7	782	1430	243	264
8	782	1430	256	251
9	782	1430	268	238
10	782	1430	281	226
11	782	1430	287	219
12	778	1424	292	211
13	805	1549	270	177
14	518	947	227	123
15	389	503	173	58

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	42	42	15	16
2	482	518	77	81
3	715	1133	150	158
4	766	1341	192	204
5	782	1381	201	217
6	782	1381	206	224
7	782	1381	211	219
8	782	1381	216	214
9	782	1381	221	209
10	782	1381	225	204
11	782	1381	219	202
12	778	1371	211	198
13	805	1329	177	167
14	518	759	123	117
15	327	327	58	55

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	42	42	16	15
2	482	518	80	77
3	715	1133	157	150
4	766	1341	203	192
5	782	1381	216	201
6	782	1381	224	206
7	782	1381	219	211
8	782	1381	214	216
9	782	1381	209	221
10	782	1381	204	223
11	782	1381	202	217
12	778	1371	198	210
13	805	1329	167	176
14	518	759	117	122
15	327	327	55	58

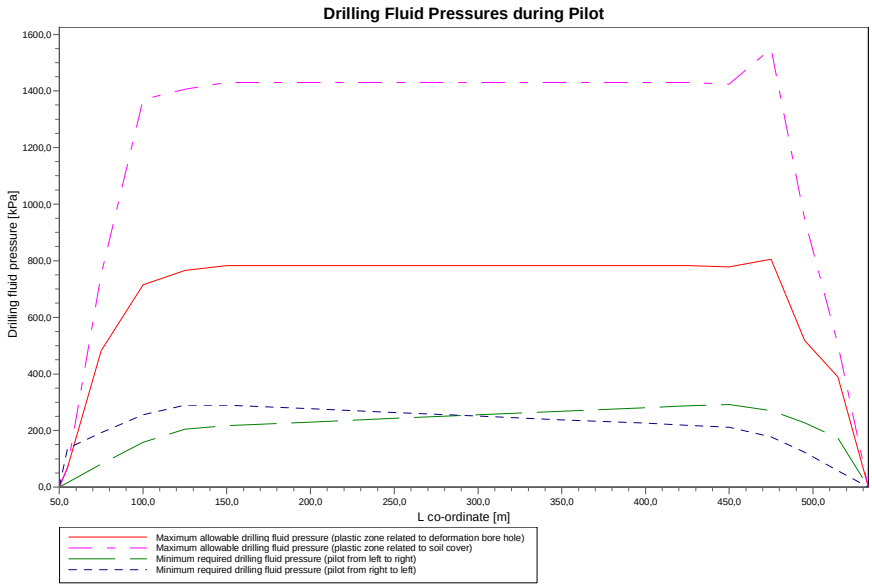
3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
1	15	0	-	sufficient
2	74	34	2,16	sufficient
3	145	98	1,48	sufficient
4	185	134	1,38	sufficient
5	191	140	1,37	sufficient
6	191	140	1,37	sufficient
7	191	140	1,37	sufficient
8	191	140	1,37	sufficient
9	191	140	1,37	sufficient
10	191	140	1,37	sufficient
11	191	140	1,37	sufficient
12	190	139	1,37	sufficient
13	162	113	1,43	sufficient
14	113	69	1,63	sufficient
15	54	16	3,40	sufficient

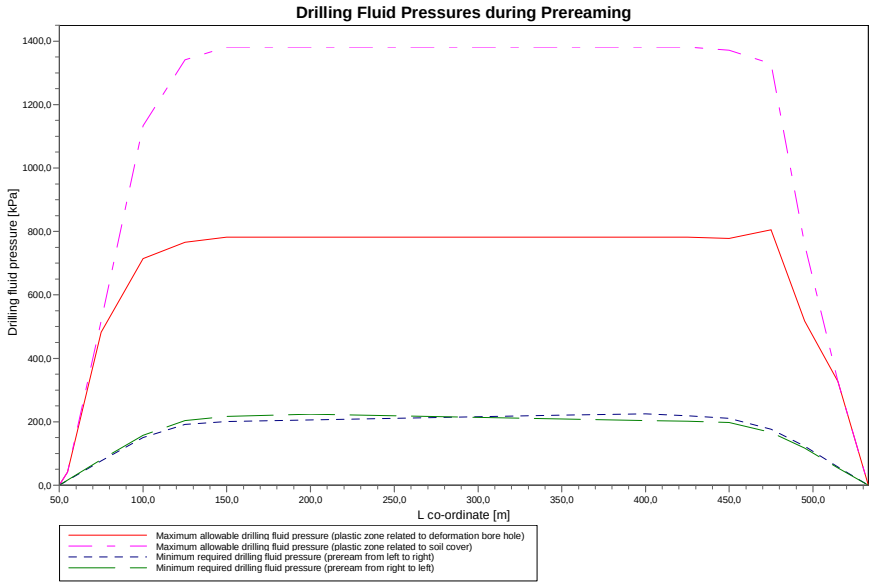
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safey factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

3.3 Drilling Fluid Pressure Plots

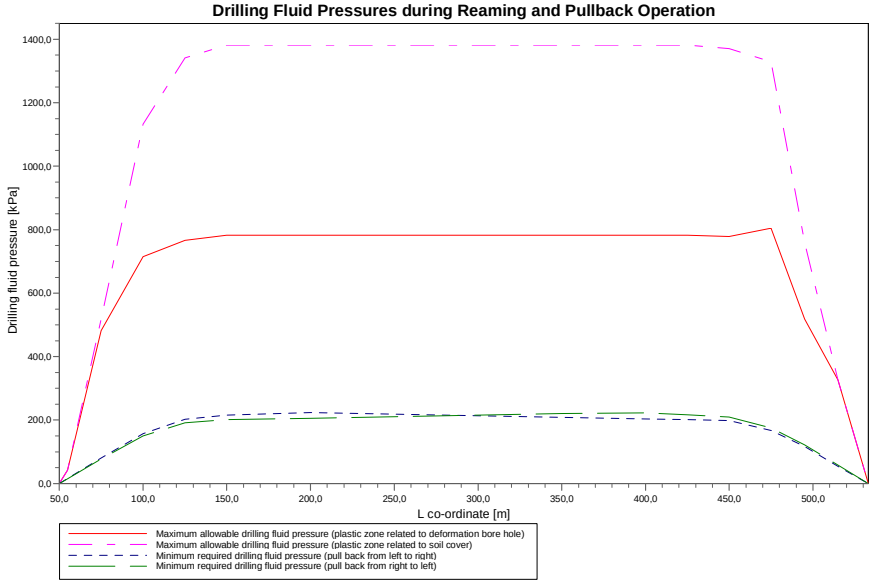
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



4 Soil Mechanical Data

4.1 Soil Mechanical Parameters 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
dv	Vertical displacement	mm
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	58	24	17	24	1138	372
2	876	99	13	17	4627	1128
3	1768	159	11	15	7468	1769
4	1648	197	11	14	6929	1648
5	1691	203	11	14	7146	1691
6	1691	203	11	14	7146	1691
7	1691	203	11	14	7146	1691
8	1691	203	11	14	7146	1691
9	1691	203	11	14	7146	1691
10	1691	203	11	14	7146	1691
11	1691	203	11	14	7146	1691
12	1681	202	11	14	7094	1681
13	1924	176	11	15	7426	1924
14	1153	130	12	16	4560	1153
15	517	78	14	19	3657	865

Vertical nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	106323	6393	74426	0,05	7,5
2	0	186120	208842	130284	0,05	7,5
3	0	293152	223074	205206	0,05	7,5
4	0	185834	178202	130084	0,05	7,5
5	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
6	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
7	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
8	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
9	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
10	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
11	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
12	0	189658	180618	132761	0,05	7,5
13	0	213088	293088	149161	0,05	7,5
14	0	149216	140031	104451	0,05	7,5
15	0	203552	181205	142486	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 203 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 24 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 293152 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 469042 kN/m³

4.2 Soil Mechanical Parameters 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
dv	Vertical displacement	mm
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	111	25	18	25	1167	257
2	1202	99	13	17	4649	1202
3	1795	160	11	15	7488	1795
4	1656	197	11	14	6945	1656
5	1699	204	11	14	7162	1699
6	1699	204	11	14	7162	1699
7	1699	204	11	14	7162	1699
8	1699	204	11	14	7162	1699
9	1699	204	11	14	7162	1699
10	1699	204	11	14	7162	1699
11	1699	204	11	14	7162	1699
12	1689	202	11	14	7110	1689
13	1946	176	11	15	8257	1946
14	1172	130	12	16	4578	1172
15	976	79	14	19	3682	976

Vertical nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	263721	198579	184605	0,05	7,5
2	0	508127	488036	355689	0,05	7,5
3	0	656122	639843	459285	0,05	7,5
4	0	417559	409931	292291	0,05	7,5
5	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
6	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
7	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
8	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
9	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
10	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
11	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
12	0	422915	415366	296041	0,05	7,5
13	0	629059	676243	440341	0,05	7,5
14	0	333439	324264	233408	0,05	7,5
15	0	449173	426899	314421	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 204 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 25 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 676243 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 1081988 kN/m³

4.3 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
10	1a zand, vast	Calculated with E100

Layer number	Material name	Type of determination
9	1b zand, matig	Calculated with E100
8	1c zand, vast	Calculated with E100
7	1d zand, matig	Calculated with E100
6	1e zand, matig-vast	Calculated with E100
5	1f zand, los	Calculated with E100
4	2 veen matig	Calculated with E100
3	3 zand, los-matig	Calculated with E100
2	4 klei, vast	Calculated with E100
1	5 zand, matig	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (X=55 m)		Vertical 2 (X=75 m)		Vertical 3 (X=100 m)		Vertical 4 (X=125 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	78,320	0,000	78,320	0,000	76,596	0,000	76,596
9	46,992	56,214	46,992	56,214	45,957	55,352	45,957	55,352
8	93,690	102,520	93,690	102,520	92,253	101,208	92,253	101,208
7	61,512	66,875	61,512	66,875	60,725	66,152	60,725	66,152
6	89,166	98,818	89,166	98,818	88,202	97,949	88,202	97,949
5	24,705	25,312	24,705	25,312	24,487	25,100	24,487	25,100
4	2,310	2,314	2,310	2,314	2,279	2,283	2,279	2,283
3	50,677	51,679	50,677	51,679	50,253	51,264	50,253	51,264
2	9,549	12,047	9,549	12,047	9,427	11,931	9,427	11,931
1	89,634	91,865	89,634	91,865	89,095	91,340	89,095	91,340

Layer number	Vertical 5 (X=150 m)		Vertical 6 (X=200 m)		Vertical 7 (X=250 m)		Vertical 8 (X=300 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596
9	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352
8	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208
7	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152
6	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949
5	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100
4	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283
3	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264
2	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931
1	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340

Layer number	Vertical 9 (X=350 m)		Vertical 10 (X=400 m)		Vertical 11 (X=425 m)		Vertical 12 (X=450 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596
9	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352
8	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208
7	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152
6	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949
5	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100
4	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283
3	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264
2	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931
1	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340

Layer number	Vertical 13 (X=475 m)		Vertical 14 (X=495 m)		Vertical 15 (X=515 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	78,320
9	45,957	55,352	45,957	55,352	46,992	56,214
8	92,253	101,208	92,253	101,208	93,690	102,520
7	60,725	66,152	60,725	66,152	61,512	66,875
6	88,202	97,949	88,202	97,949	89,166	98,818
5	24,487	25,100	24,487	25,100	24,705	25,312
4	2,279	2,283	2,279	2,283	2,310	2,314
3	50,253	51,264	50,253	51,264	50,677	51,679
2	9,427	11,931	9,427	11,931	9,549	12,047
1	89,095	91,340	89,095	91,340	89,634	91,865

5 Data for Stress Analysis

5.1 General data

Number of pipes in bundle	:	Npipes= 5 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Combined bending radius	:	Rmin = 200,000 m
Bending radius on rollers	:	Rrol = 200,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,30
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 134718 kN/m³

5.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 100%

Uplift forces	:	185	[kg/m]	
Weight of pipeline (including filling)	:	164	[kg/m]	

Result	:	21	[kg/m]	(Pipeline moves upwards)

5.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,30)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from left to right

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	77
T2	40	76
T3	93	81
T4	394	74
T5	447	79
T6	487	78

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (f) of at least 1.4 for the stress analysis. In the subsequent pipe stress analysis a factor of 1,80 for steel and 1,80 for PE is used and a load factor of 1,10 for steel and 1,00 for PE.

6 Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

6.1 Material Data of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,40 bar
Temperature variation	:	dt = 10,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 487 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Poisson ratio	:	nu = 0,40
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 24 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 6 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 293152 kN/m³
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,00
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,00
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,00
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 0,00018 mm/mmK

6.2 Results Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 22,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,85	[N/mm²]
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	2,51	[N/mm²]

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	3,06	[N/mm²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,85	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	2,57	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	3,13	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	4,1E-3	mm-1
qr	=	0,01231	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,73	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,73	N/mm²

6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²

6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,44	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,50	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,91	N/mm²

6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²

Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,63	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,83	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,44	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,50	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,91	N/mm²

6.3 Check on Calculated Stresses of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,20	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	3,06	3,13	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,83
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,73	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	1,91	1,91

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 3,5 mm (1,41% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 20,0 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 12,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

6.3.4 Check for Implosion of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 224 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1541 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 172 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1713 kN/m².

In operation the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 140 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 277 kN/m².

7 Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

7.1 Material Data of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,40 bar
Temperature variation	:	dt = 10,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 487 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Poisson ratio	:	nu = 0,40
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 25 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 5 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 676243 kN/m³
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,00
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,00
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,00
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 0,00018 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 10,0 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,38	[N/mm²]
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	2,51	[N/mm²]

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	2,75	[N/mm²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,38	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	2,57	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	2,82	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	9,4E-3	mm-1
qr	=	0,005461	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,32	N/mm²

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,13	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,09	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,19	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,48	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,73	N/mm²

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,13	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²

Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,63	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,72	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,19	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,48	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,73	N/mm²

7.3 Check on Calculated Stresses of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,20	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	2,75	2,82	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,09	0,72
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,32	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	1,73	1,73

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 1,4 mm (1,24% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 8,8 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 5,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.3.4 Check for Implosion of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 224 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1548 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 172 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1720 kN/m².

In operation the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 140 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 278 kN/m².

End of Report

Report for D-Geo Pipeline 18.2

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Company:	Royal HaskoningDHV
Date of report:	25-5-2020
Time of report:	21:32:35
Report with version:	18.2.2.20951
Calculated with version:	18.2.2.20951
File name:	C:\..\07_HDD\berekeningen\strand\BG8375_MV2 HDD op strand_hoog mv
Project identification:	Windpark MV2 Zachte Zeewering HDD's op het strand

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 Model Used 3
2.2 Layer Boundaries 3
2.3 Pl-lines 3
2.4 Phreatic Line 3
2.5 Soil Profiles 3
2.6 Selected Boundaries 3
2.7 Soil Material Data 4
2.8 Geometry 5
2.8.1 Geometry Section, Detailed 5
2.8.2 Geometry Top View 5
2.9 Calculation Verticals 6
2.10 Traffic Load 6
2.11 Configuration of the Pipeline 6
2.12 Product Pipe Material Data 6
2.13 Pipe Engineering Data 8
2.14 Drilling Fluid Data 8
2.15 Factors 8
3 Drilling Fluid Pressures 9
3.1 Drilling Fluid Data 9
3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure 9
3.3 Drilling Fluid Pressure Plots 10
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot 10
3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming 11
3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation 11
4 Soil Mechanical Data 12
4.1 Soil Mechanical Parameters 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 12
4.2 Soil Mechanical Parameters 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 12
4.3 Young's Modulus per Layer per Vertical 13
5 Data for Stress Analysis 15
5.1 General data 15
5.2 Buoyancy Control 15
5.3 Calculation Pulling Force 15
6 Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 17
6.1 Material Data of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 17
6.2 Results Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 17
6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 17
6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 18
6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 18
6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 18
6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 18
6.3 Check on Calculated Stresses of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 19
6.3.1 Check for Implosion of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 19
7 Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 20
7.1 Material Data of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 20
7.2 Results Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 20
7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 20
7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 21
7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 21
7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 21
7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 21
7.3 Check on Calculated Stresses of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 22
7.3.1 Check for Implosion of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 22

2 Input Data

2.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

2.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
10 - X -	0,000	75,000	75,100	474,900	475,000
10 - Y -	3,250	3,250	3,000	3,000	3,250
10 - X -	1000,000				
10 - Y -	3,250				
9 - X -	0,000	1000,000			
9 - Y -	-4,300	-4,300			
8 - X -	0,000	1000,000			
8 - Y -	-9,000	-9,000			
7 - X -	0,000	1000,000			
7 - Y -	-11,800	-11,800			
6 - X -	0,000	1000,000			
6 - Y -	-15,200	-15,200			
5 - X -	0,000	1000,000			
5 - Y -	-20,000	-20,000			
4 - X -	0,000	1000,000			
4 - Y -	-21,500	-21,500			
3 - X -	0,000	1000,000			
3 - Y -	-21,800	-21,800			
2 - X -	0,000	1000,000			
2 - Y -	-23,000	-23,000			
1 - X -	0,000	1000,000			
1 - Y -	-33,000	-33,000			
0 - X -	0,000	1000,000			
0 - Y -	-35,000	-35,000			

2.3 Pl-lines

Pl-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	1000,000			
1 - Y -	0,000	0,000			

2.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

2.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
10	1a zand, vast	1	1
9	1b zand, matig	1	1
8	1c zand, vast	1	1
7	1d zand, matig	1	1
6	1e zand, matig-vast	1	1
5	1f zand, los	1	1
4	2 veen matig	1	1
3	3 zand, los-matig	1	1
2	4 klei, vast	1	1
1	5 zand, matig	1	1

2.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlaying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 10: 1a zand, vast
The boundary between compressible top layers and underlaying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 10: 1a zand, vast

2.7 Soil Material Data

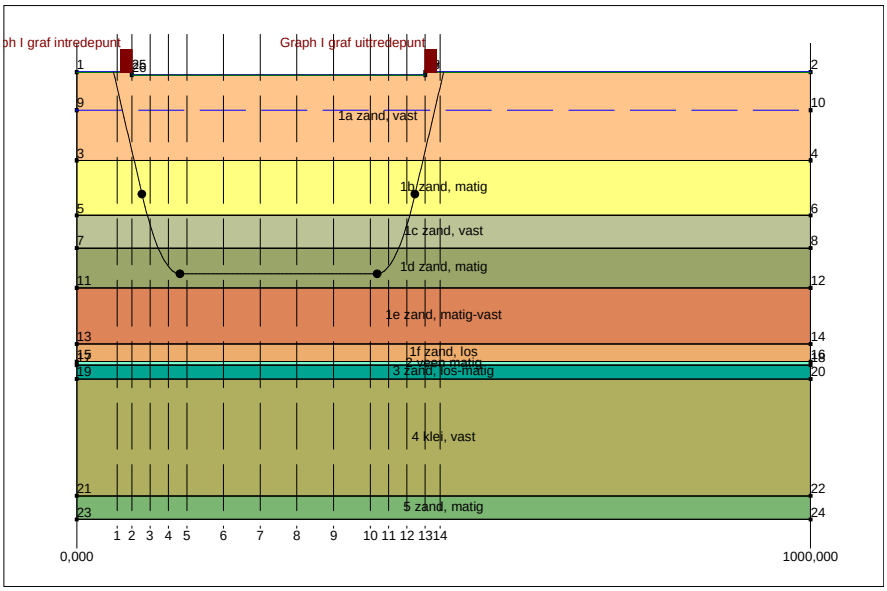
Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
1a zand, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
1b zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
1c zand, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
1d zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
1e zand, matig-vast	18,50	20,50	0,00	33,50	0,00	0,00
1f zand, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
2 veen matig	12,00	12,00	2,50	15,00	20,00	20,00
3 zand, los-matig	17,50	19,50	0,00	31,30	0,00	0,00
4 klei, vast	20,00	20,00	13,00	27,50	100,00	100,00
5 zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
1a zand, vast	Sand	75000,00	-	-
1b zand, matig	Sand	45000,00	-	-
1c zand, vast	Sand	75000,00	-	-
1d zand, matig	Sand	45000,00	-	-
1e zand, matig-vast	Sand	60000,00	-	-
1f zand, los	Sand	15000,00	-	-
2 veen matig	Peat	1000,00	-	-
3 zand, los-matig	Sand	30000,00	-	-
4 klei, vast	Clay	4000,00	-	-
5 zand, matig	Sand	45000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
1a zand, vast	-	-	0,30
1b zand, matig	-	-	0,30
1c zand, vast	-	-	0,30
1d zand, matig	-	-	0,30
1e zand, matig-vast	-	-	0,30
1f zand, los	-	-	0,30
2 veen matig	-	-	0,40
3 zand, los-matig	-	-	0,30
4 klei, vast	-	-	0,40
5 zand, matig	-	-	0,30

2.8 Geometry

2.8.1 Geometry Section, Detailed



2.8.2 Geometry Top View

2.9 Calculation Verticals

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
1	55,000	1,910	0,00
2	75,000	-3,450	0,00
3	100,000	-9,810	0,00
4	125,000	-13,380	0,00
5	150,000	-14,000	0,00
6	200,000	-14,000	0,00
7	250,000	-14,000	0,00
8	300,000	-14,000	0,00
9	350,000	-14,000	0,00
10	400,000	-14,000	0,00
11	425,000	-13,380	0,00
12	450,000	-9,810	0,00
13	475,000	-3,450	0,00
14	495,000	1,910	0,00

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

2.10 Traffic Load

graf intredepunt		
L start	60,00	[m]
L end	75,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
graf uittredepunt		
L start	475,00	[m]
L end	490,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

2.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	50,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	3,250	[m]
X co-ordinate right point	500,000	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	3,250	[m]
Angle left	15,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	200,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	200,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	200,000	[m]
Lowest level of pipe (centre bore hole)	-14,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from left to right

2.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]

Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 3

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 4

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	110,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	10,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

Input data pipe nr. 5

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	110,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	10,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

2.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	89	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for steel	0,0000117	[mm/mmK]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for PE	0,0001800	[mm/mmK]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,30	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]
Special Stress Analysis	not used	
Special Stress Data	not used	

2.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,343	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,114	[m]
Outer diameter preream hole	0,705	[m]
Outer diameter drillpipe	0,114	[m]
Outer diameter bore hole	0,705	[m]
Outer diameter product pipe	0,460	[m]
Annular back flow rate pilot	111,0	[liter/minute]
Annular back flow rate pre-reaming	249,0	[liter/minute]
Annular back flow rate ream and pull-back	169,2	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m²]

2.15 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on total unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	1,60	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,00	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3 Drilling Fluid Pressures

3.1 Drilling Fluid Data

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	69	69	16	129
2	482	751	81	183
3	715	1370	158	247
4	766	1406	204	280
5	782	1430	217	281
6	782	1430	230	268
7	782	1430	243	256
8	782	1430	256	243
9	782	1430	268	230
10	782	1430	281	217
11	766	1406	280	204
12	715	1370	247	158
13	482	751	183	81
14	69	69	129	16

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	42	42	15	16
2	482	518	77	81
3	715	1133	150	158
4	766	1341	192	204
5	782	1381	201	217
6	782	1381	206	221
7	782	1381	211	216
8	782	1381	216	211
9	782	1381	221	206
10	782	1381	217	201
11	766	1341	204	192
12	715	1133	158	150
13	482	518	81	77
14	42	42	16	15

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	42	42	16	15
2	482	518	80	77
3	715	1133	157	150
4	766	1341	203	192
5	782	1381	216	201
6	782	1381	221	206
7	782	1381	216	211
8	782	1381	211	216
9	782	1381	206	221
10	782	1381	201	216
11	766	1341	192	203
12	715	1133	150	157
13	482	518	77	80
14	42	42	15	16

3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

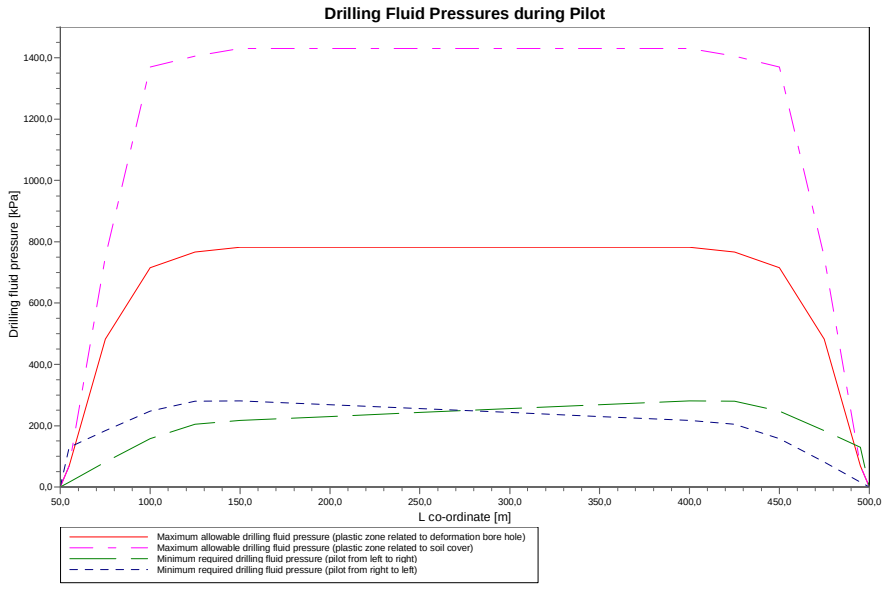
Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
1	15	0	-	sufficient

Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
2	74	34	2,16	sufficient
3	145	98	1,48	sufficient
4	185	134	1,38	sufficient
5	191	140	1,37	sufficient
6	191	140	1,37	sufficient
7	191	140	1,37	sufficient
8	191	140	1,37	sufficient
9	191	140	1,37	sufficient
10	191	140	1,37	sufficient
11	185	134	1,38	sufficient
12	145	98	1,48	sufficient
13	74	34	2,16	sufficient
14	15	0	-	sufficient

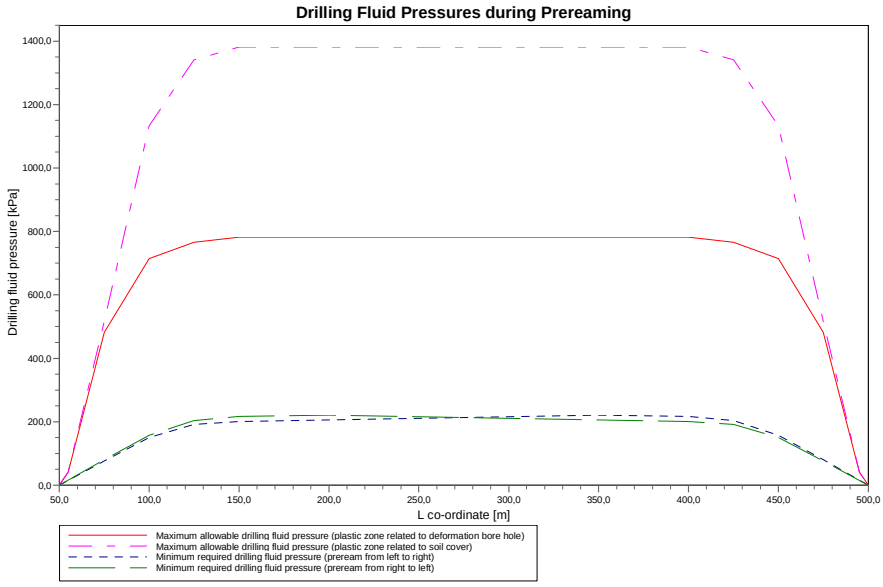
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safey factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

3.3 Drilling Fluid Pressure Plots

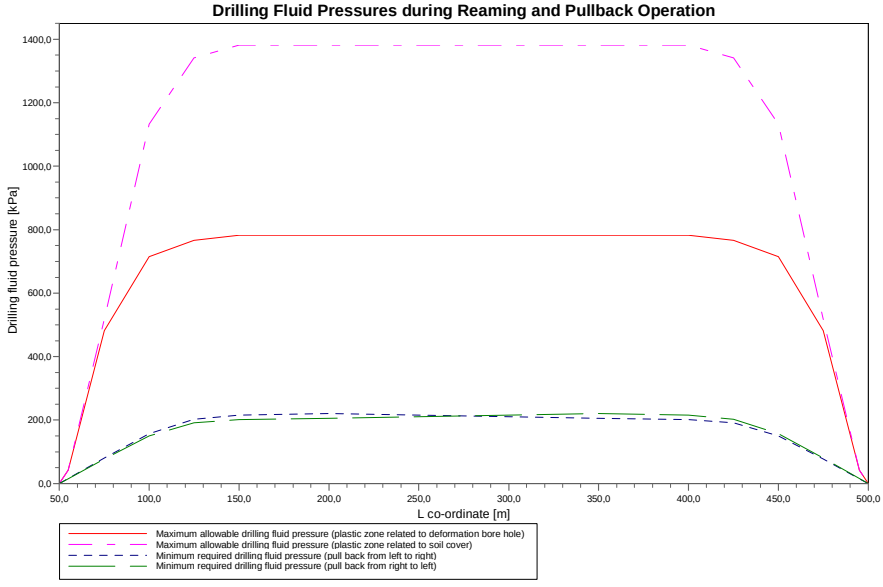
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



4 Soil Mechanical Data

4.1 Soil Mechanical Parameters 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
dv	Vertical displacement	mm
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	58	24	17	24	1138	372
2	876	99	13	17	4627	1128
3	1768	159	11	15	7468	1769
4	1648	197	11	14	6929	1648
5	1691	203	11	14	7146	1691
6	1691	203	11	14	7146	1691
7	1691	203	11	14	7146	1691
8	1691	203	11	14	7146	1691
9	1691	203	11	14	7146	1691
10	1691	203	11	14	7146	1691
11	1648	197	11	14	6929	1648
12	1768	159	11	15	7468	1769
13	876	99	13	17	4627	1128
14	58	24	17	24	1138	372

Vertical nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	106323	6393	74426	0,05	7,5
2	0	186120	208842	130284	0,05	7,5
3	0	293152	223074	205206	0,05	7,5
4	0	185834	178202	130084	0,05	7,5
5	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
6	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
7	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
8	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
9	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
10	0	198814	181377	139170	0,05	7,5
11	0	185834	178202	130084	0,05	7,5
12	0	293152	223074	205206	0,05	7,5
13	0	186120	208842	130284	0,05	7,5
14	0	106323	6393	74426	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 203 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 24 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 293152 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 469042 kN/m³

4.2 Soil Mechanical Parameters 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
dv	Vertical displacement	mm
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	111	25	18	25	1167	257
2	1202	99	13	17	4649	1202
3	1795	160	11	15	7488	1795
4	1656	197	11	14	6945	1656
5	1699	204	11	14	7162	1699
6	1699	204	11	14	7162	1699
7	1699	204	11	14	7162	1699
8	1699	204	11	14	7162	1699
9	1699	204	11	14	7162	1699
10	1699	204	11	14	7162	1699
11	1656	197	11	14	6945	1656
12	1795	160	11	15	7488	1795
13	1202	99	13	17	4649	1202
14	111	25	18	25	1167	257

Vertical nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	263721	198579	184605	0,05	7,5
2	0	508127	488036	355689	0,05	7,5
3	0	656122	639843	459285	0,05	7,5
4	0	417559	409931	292291	0,05	7,5
5	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
6	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
7	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
8	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
9	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
10	0	424600	417075	297220	0,05	7,5
11	0	417559	409931	292291	0,05	7,5
12	0	656122	639843	459285	0,05	7,5
13	0	508127	488036	355689	0,05	7,5
14	0	263721	198579	184605	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 204 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 25 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 656122 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 1049795 kN/m³

4.3 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
10	1a zand, vast	Calculated with E100
9	1b zand, matig	Calculated with E100
8	1c zand, vast	Calculated with E100
7	1d zand, matig	Calculated with E100
6	1e zand, matig-vast	Calculated with E100
5	1f zand, los	Calculated with E100

Layer number	Material name	Type of determination
4	2 veen matig	Calculated with E100
3	3 zand, los-matig	Calculated with E100
2	4 klei, vast	Calculated with E100
1	5 zand, matig	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (X=55 m)		Vertical 2 (X=75 m)		Vertical 3 (X=100 m)		Vertical 4 (X=125 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	78,320	0,000	78,320	0,000	76,596	0,000	76,596
9	46,992	56,214	46,992	56,214	45,957	55,352	45,957	55,352
8	93,690	102,520	93,690	102,520	92,253	101,208	92,253	101,208
7	61,512	66,875	61,512	66,875	60,725	66,152	60,725	66,152
6	89,166	98,818	89,166	98,818	88,202	97,949	88,202	97,949
5	24,705	25,312	24,705	25,312	24,487	25,100	24,487	25,100
4	2,310	2,314	2,310	2,314	2,279	2,283	2,279	2,283
3	50,677	51,679	50,677	51,679	50,253	51,264	50,253	51,264
2	9,549	12,047	9,549	12,047	9,427	11,931	9,427	11,931
1	89,634	91,865	89,634	91,865	89,095	91,340	89,095	91,340

Layer number	Vertical 5 (X=150 m)		Vertical 6 (X=200 m)		Vertical 7 (X=250 m)		Vertical 8 (X=300 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596
9	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352
8	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208
7	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152
6	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949
5	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100
4	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283
3	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264
2	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931
1	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340

Layer number	Vertical 9 (X=350 m)		Vertical 10 (X=400 m)		Vertical 11 (X=425 m)		Vertical 12 (X=450 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596	0,000	76,596
9	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352	45,957	55,352
8	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208	92,253	101,208
7	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152	60,725	66,152
6	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949	88,202	97,949
5	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100	24,487	25,100
4	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283	2,279	2,283
3	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264	50,253	51,264
2	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931	9,427	11,931
1	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340	89,095	91,340

Layer number	Vertical 13 (X=475 m)		Vertical 14 (X=495 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
10	0,000	78,320	0,000	78,320
9	46,992	56,214	46,992	56,214
8	93,690	102,520	93,690	102,520
7	61,512	66,875	61,512	66,875
6	89,166	98,818	89,166	98,818
5	24,705	25,312	24,705	25,312
4	2,310	2,314	2,310	2,314
3	50,677	51,679	50,677	51,679
2	9,549	12,047	9,549	12,047
1	89,634	91,865	89,634	91,865

5 Data for Stress Analysis

5.1 General data

Number of pipes in bundle	:	Npipes= 5 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Combined bending radius	:	Rmin = 200,000 m
Bending radius on rollers	:	Rrol = 200,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,30
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 134718 kN/m³

5.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 89%

Uplift forces	:	185	[kg/m]	
Weight of pipeline (including filling)	:	151	[kg/m]	

Result	:	33	[kg/m]	(Pipeline moves upwards)

5.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,30)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from left to right

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	71
T2	40	71
T3	93	78
T4	361	79
T5	414	85
T6	454	85

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (f) of at least 1.4 for the stress analysis. In the subsequent pipe stress analysis a factor of 1,80 for steel and 1,80 for PE is used and a load factor of 1,10 for steel and 1,00 for PE.

6 Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

6.1 Material Data of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,40 bar
Temperature variation	:	dt = 10,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 454 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Poisson ratio	:	nu = 0,40
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 24 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 1 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 293152 kN/m³
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,00
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,00
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,00
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 0,00018 mm/mmK

6.2 Results Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 22,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,85	[N/mm²]
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	2,34	[N/mm²]

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	2,89	[N/mm²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,85	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	2,79	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	3,35	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	4,1E-3	mm-1
qr	=	0,01231	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,73	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,73	N/mm²

6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²

6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,44	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,11	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,66	N/mm²

6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²

Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,63	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,83	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,44	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,11	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,66	N/mm²

6.3 Check on Calculated Stresses of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,20	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	2,89	3,35	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,83
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,73	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	1,66	1,66

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 2,8 mm (1,13% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 20,0 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 12,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

6.3.4 Check for Implosion of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 221 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1541 kN/m².

In operation the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 140 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 277 kN/m².

7 Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

7.1 Material Data of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,40 bar
Temperature variation	:	dt = 10,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 454 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Poisson ratio	:	nu = 0,40
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 25 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 656122 kN/m³
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,00
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,00
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,00
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 0,00018 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 10,0 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,38	[N/mm²]
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	2,34	[N/mm²]

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	2,58	[N/mm²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,38	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	2,79	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	3,04	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	9,3E-3	mm-1
qr	=	0,005379	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,32	N/mm²

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,13	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,09	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,19	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,10	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,49	N/mm²

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,13	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²

Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,63	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,72	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,19	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	2,10	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	1,49	N/mm²

7.3 Check on Calculated Stresses of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,20	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	2,58	3,04	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,09	0,72
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,32	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	1,49	1,49

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 1,1 mm (0,96% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 8,8 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 5,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.3.4 Check for Implosion of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 221 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1548 kN/m².

In operation the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 140 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 278 kN/m².

End of Report

Report for D-Geo Pipeline 18.2

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Company:	Royal HaskoningDHV
Date of report:	25-5-2020
Time of report:	22:00:54
Report with version:	18.2.2.20951
Calculated with version:	18.2.2.20951
File name:	C:\..\zeewering\BG8375_MV2 HDD zeewering 213m_hoog mv_hoge gws
Project identification:	Windpark MV2 Zachte Zeewering HDD kruising zeewering 213 m

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 Model Used 3
2.2 Layer Boundaries 3
2.3 Pl-lines 3
2.4 Phreatic Line 4
2.5 Soil Profiles 4
2.6 Selected Boundaries 4
2.7 Soil Material Data 4
2.8 Geometry 5
2.8.1 Geometry Section, Detailed 5
2.8.2 Geometry Top View 6
2.9 Calculation Verticals 6
2.10 Traffic Load 7
2.11 Configuration of the Pipeline 7
2.12 Product Pipe Material Data 8
2.13 Pipe Engineering Data 9
2.14 Drilling Fluid Data 9
2.15 Factors 9
3 Drilling Fluid Pressures 11
3.1 Drilling Fluid Data 11
3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure 13
3.3 Drilling Fluid Pressure Plots 14
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot 14
3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming 15
3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation 15
4 Soil Mechanical Data 16
4.1 Soil Mechanical Parameters 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 16
4.2 Soil Mechanical Parameters 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 17
4.3 Young's Modulus per Layer per Vertical 19
5 Data for Stress Analysis 23
5.1 General data 23
5.2 Buoyancy Control 23
5.3 Calculation Pulling Force 23
6 Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 25
6.1 Material Data of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 25
6.2 Results Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 25
6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 25
6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 26
6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 26
6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 26
6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 26
6.3 Check on Calculated Stresses of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 27
6.3.1 Check for Implosion of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1 27
7 Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 28
7.1 Material Data of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 28
7.2 Results Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 28
7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 28
7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 29
7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 29
7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 29
7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 29
7.3 Check on Calculated Stresses of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 30
7.3.1 Check for Implosion of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4 30

2 Input Data

2.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

2.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
11 - X -	-2,500	0,000	4,990	5,000	40,792
11 - Y -	0,850	0,850	1,196	3,250	3,250
11 - X -	50,000	60,000	65,030	70,000	80,000
11 - Y -	4,180	6,180	6,740	6,850	7,550
11 - X -	90,000	100,000	104,000	110,000	117,100
11 - Y -	9,650	12,360	13,100	12,460	12,460
11 - X -	120,000	124,400	130,000	140,000	145,000
11 - Y -	11,130	9,780	9,780	9,970	9,970
11 - X -	147,390	150,000	160,000	170,000	180,000
11 - Y -	8,870	7,840	6,130	5,650	5,590
11 - X -	190,000	199,160	210,000	219,000	220,000
11 - Y -	5,370	5,530	5,550	5,452	4,350
11 - X -	221,000	229,090	250,000		
11 - Y -	5,400	5,310	5,310		
10 - X -	-2,500	0,000	4,990	10,000	13,270
10 - Y -	0,850	0,850	1,196	1,560	1,850
10 - X -	20,100	30,000	40,000	40,792	50,000
10 - Y -	2,690	3,080	3,170	3,250	4,180
10 - X -	60,000	65,030	70,000	80,000	90,000
10 - Y -	6,180	6,740	6,850	7,550	9,650
10 - X -	100,000	104,000	110,000	117,100	120,000
10 - Y -	12,360	13,100	12,460	12,460	11,130
10 - X -	124,400	130,000	140,000	145,000	147,390
10 - Y -	9,780	9,780	9,970	9,970	8,870
10 - X -	150,000	160,000	170,000	180,000	190,000
10 - Y -	7,840	6,130	5,650	5,590	5,370
10 - X -	199,160	210,000	219,000	220,000	221,000
10 - Y -	5,530	5,550	5,452	4,350	5,400
10 - X -	229,090	250,000			
10 - Y -	5,310	5,310			
9 - X -	-2,500	250,000			
9 - Y -	-4,300	-4,300			
8 - X -	-2,500	250,000			
8 - Y -	-9,000	-9,000			
7 - X -	-2,500	250,000			
7 - Y -	-11,800	-11,800			
6 - X -	-2,500	250,000			
6 - Y -	-15,200	-15,200			
5 - X -	-2,500	250,000			
5 - Y -	-20,000	-20,000			
4 - X -	-2,500	250,000			
4 - Y -	-21,500	-21,500			
3 - X -	-2,500	250,000			
3 - Y -	-21,800	-21,800			
2 - X -	-2,500	250,000			
2 - Y -	-23,000	-23,000			
1 - X -	-2,500	250,000			
1 - Y -	-33,000	-33,000			
0 - X -	-2,500	250,000			
0 - Y -	-35,000	-35,000			

2.3 Pl-lines

Pl-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-2,500	150,000	250,000		

Pl-line number	Co-ordinates [m]				
1 - Y -	0,000	4,000	4,000		

2.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

2.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
11	aanvulzand, los	1	1
10	1a zand, vast	1	1
9	1b zand, matig	1	1
8	1c zand, vast	1	1
7	1d zand, matig	1	1
6	1e zand, matig-vast	1	1
5	1f zand, los	1	1
4	2 veen matig	1	1
3	3 zand, los-matig	1	1
2	4 klei, vast	1	1
1	5 zand, matig	1	1

2.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlaying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 11: aanvulzand, los
The boundary between compressible top layers and underlaying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 11: aanvulzand, los

2.7 Soil Material Data

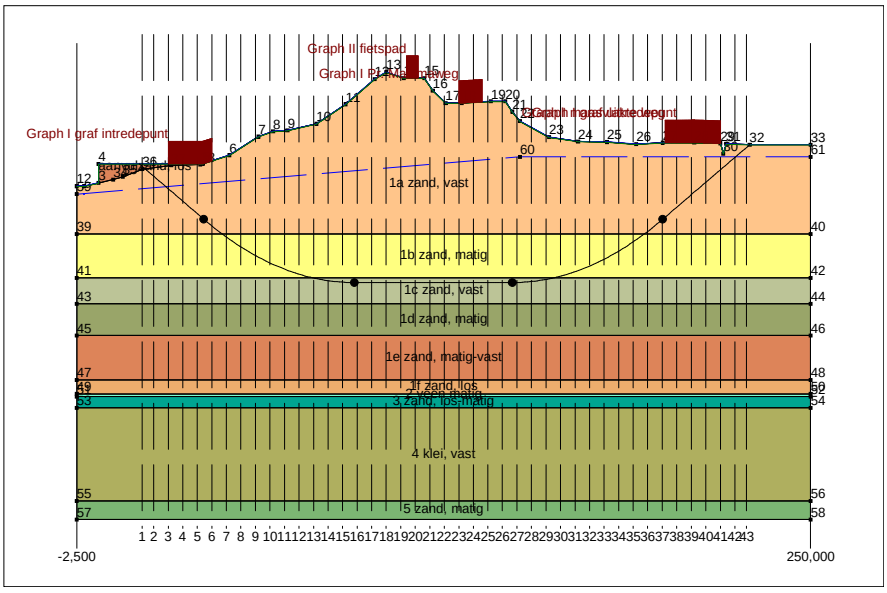
Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
1a zand, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
1b zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
1c zand, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
1d zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
1e zand, matig-vast	18,50	20,50	0,00	33,50	0,00	0,00
1f zand, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
2 veen matig	12,00	12,00	2,50	15,00	20,00	20,00
3 zand, los-matig	17,50	19,50	0,00	31,30	0,00	0,00
4 klei, vast	20,00	20,00	13,00	27,50	100,00	100,00
5 zand, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
aanvulzand, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
1a zand, vast	Sand	75000,00	-	-
1b zand, matig	Sand	45000,00	-	-
1c zand, vast	Sand	75000,00	-	-
1d zand, matig	Sand	45000,00	-	-
1e zand, matig-vast	Sand	60000,00	-	-
1f zand, los	Sand	15000,00	-	-
2 veen matig	Peat	1000,00	-	-
3 zand, los-matig	Sand	30000,00	-	-
4 klei, vast	Clay	4000,00	-	-
5 zand, matig	Sand	45000,00	-	-
aanvulzand, los	Sand	15000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
1a zand, vast	-	-	0,30
1b zand, matig	-	-	0,30
1c zand, vast	-	-	0,30
1d zand, matig	-	-	0,30
1e zand, matig-vast	-	-	0,30
1f zand, los	-	-	0,30
2 veen matig	-	-	0,40
3 zand, los-matig	-	-	0,30
4 klei, vast	-	-	0,40
5 zand, matig	-	-	0,30
aanvulzand, los	-	-	0,30

2.8 Geometry

2.8.1 Geometry Section, Detailed



2.8.2 Geometry Top View

2.9 Calculation Verticals

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
1	20,000	2,980	0,00
2	24,000	1,910	0,00
3	29,000	0,570	0,00
4	34,000	-0,770	0,00
5	39,000	-2,110	0,00
6	44,000	-3,430	0,00
7	49,000	-4,620	0,00
8	54,000	-5,680	0,00
9	59,000	-6,610	0,00
10	64,000	-7,410	0,00
11	69,000	-8,080	0,00
12	74,000	-8,620	0,00
13	79,000	-9,030	0,00
14	84,000	-9,320	0,00
15	89,000	-9,480	0,00
16	94,000	-9,520	0,00
17	99,000	-9,520	0,00
18	104,000	-9,520	0,00
19	109,000	-9,520	0,00
20	114,000	-9,520	0,00
21	119,000	-9,520	0,00
22	124,000	-9,520	0,00
23	129,000	-9,520	0,00
24	134,000	-9,520	0,00
25	139,000	-9,520	0,00
26	144,000	-9,520	0,00
27	149,000	-9,510	0,00
28	154,000	-9,410	0,00
29	159,000	-9,180	0,00
30	164,000	-8,830	0,00
31	169,000	-8,350	0,00

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
32	174,000	-7,740	0,00
33	179,000	-7,010	0,00
34	184,000	-6,150	0,00
35	189,000	-5,150	0,00
36	194,000	-4,020	0,00
37	199,000	-2,750	0,00
38	204,000	-1,410	0,00
39	209,000	-0,070	0,00
40	214,000	1,270	0,00
41	219,000	2,610	0,00
42	224,000	3,950	0,00
43	228,000	5,020	0,00

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

2.10 Traffic Load

graf intredepunt		
L start	29,00	[m]
L end	44,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
graf uittredepunt		
L start	204,00	[m]
L end	219,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
maasvlakte weg		
L start	200,00	[m]
L end	204,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Pr. Maximaweg		
L start	129,00	[m]
L end	137,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
fietspad		
L start	111,00	[m]
L end	115,00	[m]
Load model (graph type)	Graph II	

2.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	19,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	3,250	[m]
X co-ordinate right point	229,090	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	5,310	[m]
Angle left	15,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	200,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	200,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	200,000	[m]
Lowest level of pipe (centre bore hole)	-9,520	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from right to left

2.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]
Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]
Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	250,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	22,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]
Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	110,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	10,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]
Input data pipe nr. 5		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	

Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Outer diameter product pipe	110,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	10,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,40	[bar]
Temperature variation	10,00	[deg C]

2.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for steel	0,0000117	[mm/mmK]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for PE	0,0001800	[mm/mmK]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]
Special Stress Analysis	not used	
Special Stress Data	not used	

2.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,343	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,114	[m]
Outer diameter preream hole	0,705	[m]
Outer diameter drillpipe	0,114	[m]
Outer diameter bore hole	0,705	[m]
Outer diameter product pipe	0,460	[m]
Annular back flow rate pilot	111,0	[liter/minute]
Annular back flow rate pre-reaming	249,0	[liter/minute]
Annular back flow rate ream and pull-back	169,2	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m²]

2.15 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on total unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	1,60	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r (Polyethene)	1,00	[-]

Load factor on temperature (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,00	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3 Drilling Fluid Pressures

3.1 Drilling Fluid Data

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	4	4	3	80
2	66	66	16	91
3	212	212	32	104
4	323	364	49	118
5	390	528	65	131
6	479	751	81	145
7	541	940	95	157
8	569	1062	108	167
9	644	1212	120	176
10	700	1313	130	184
11	729	1364	139	190
12	760	1419	146	194
13	789	1472	152	198
14	893	1693	156	200
15	998	1918	159	200
16	1073	2073	161	199
17	1142	2213	162	198
18	1192	2315	164	197
19	1164	2254	165	196
20	1157	2239	166	194
21	1110	2141	168	193
22	1020	1955	169	192
23	1011	1937	170	190
24	1014	1941	171	189
25	1017	1946	173	188
26	1017	1943	174	187
27	920	1744	175	185
28	839	1572	175	183
29	716	1304	174	179
30	686	1248	171	174
31	658	1196	167	167
32	634	1154	162	159
33	608	1110	155	150
34	576	1057	147	139
35	551	995	137	127
36	581	1016	126	113
37	526	875	113	97
38	460	708	99	81
39	393	539	86	65
40	320	366	72	49
41	207	207	59	33
42	75	75	45	16
43	6	6	34	4

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	2	2	3	3
2	40	40	15	16
3	131	131	31	32
4	235	235	46	49
5	353	353	61	65
6	479	524	77	81
7	541	698	90	95
8	569	862	103	108
9	644	1060	113	120
10	700	1200	123	130

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
11	729	1274	131	139
12	760	1349	137	146
13	789	1419	142	152
14	893	1637	146	156
15	998	1866	148	159
16	1073	2050	149	161
17	1142	2213	150	162
18	1192	2315	150	164
19	1164	2254	151	165
20	1157	2239	151	166
21	1110	2137	152	168
22	1020	1910	152	169
23	1011	1889	152	170
24	1014	1894	153	171
25	1017	1901	153	173
26	1017	1899	154	173
27	920	1657	154	172
28	839	1470	154	171
29	716	1229	152	168
30	686	1157	148	163
31	658	1089	143	158
32	634	1030	137	150
33	608	966	129	142
34	576	885	120	132
35	551	799	110	120
36	581	762	98	107
37	526	635	84	92
38	460	495	70	77
39	364	364	55	62
40	240	240	41	46
41	133	133	27	31
42	46	46	12	16
43	3	3	1	3

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	2	2	3	3
2	40	40	16	15
3	131	131	32	31
4	235	235	48	46
5	353	353	64	61
6	479	524	80	77
7	541	698	95	90
8	569	862	108	103
9	644	1060	119	113
10	700	1200	129	123
11	729	1274	138	131
12	760	1349	145	137
13	789	1419	151	142
14	893	1637	155	146
15	998	1866	158	148
16	1073	2050	160	149
17	1142	2213	161	150
18	1192	2315	162	150
19	1164	2254	163	151
20	1157	2239	164	151
21	1110	2137	166	152
22	1020	1910	167	152
23	1011	1889	168	152
24	1014	1894	169	153
25	1017	1901	170	153
26	1017	1899	172	154
27	920	1657	172	154

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
28	839	1470	171	154
29	716	1229	168	152
30	686	1157	163	148
31	658	1089	158	143
32	634	1030	150	137
33	608	966	142	129
34	576	885	132	120
35	551	799	120	110
36	581	762	107	98
37	526	635	92	84
38	460	495	77	70
39	364	364	62	55
40	240	240	46	41
41	133	133	31	27
42	46	46	16	12
43	3	3	3	1

3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

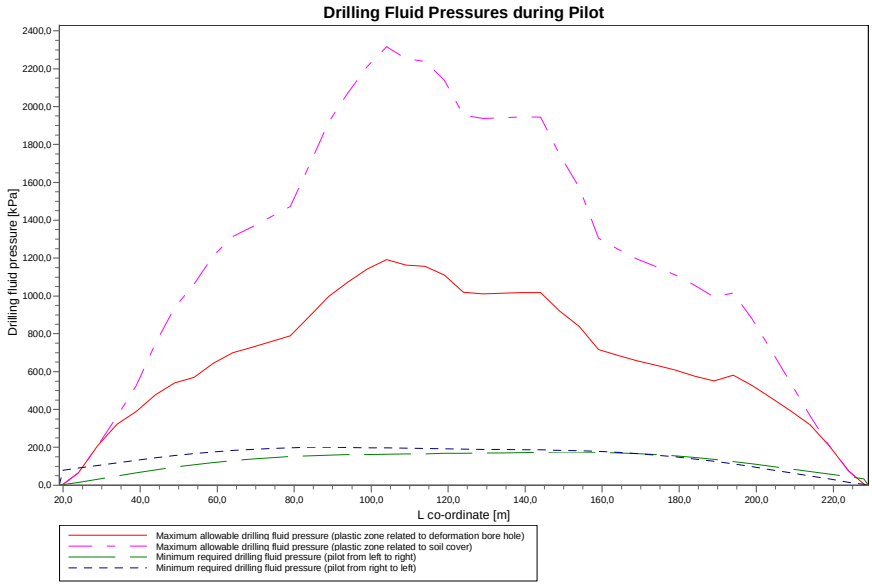
Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
1	3	0	-	sufficient
2	15	0	-	sufficient
3	30	3	11,63	sufficient
4	45	17	2,58	sufficient
5	59	32	1,86	sufficient
6	75	46	1,60	sufficient
7	89	60	1,48	sufficient
8	101	72	1,41	sufficient
9	112	82	1,36	sufficient
10	122	92	1,33	sufficient
11	130	100	1,30	sufficient
12	136	106	1,28	sufficient
13	142	112	1,27	sufficient
14	146	116	1,26	sufficient
15	148	119	1,25	sufficient
16	149	121	1,24	sufficient
17	150	122	1,23	sufficient
18	151	123	1,22	sufficient
19	152	124	1,22	sufficient
20	152	126	1,21	sufficient
21	153	127	1,20	sufficient
22	154	128	1,20	sufficient
23	154	130	1,19	sufficient
24	155	131	1,18	sufficient
25	156	132	1,18	sufficient
26	157	134	1,17	sufficient
27	157	135	1,17	sufficient
28	157	134	1,17	sufficient
29	155	132	1,18	sufficient
30	152	128	1,18	sufficient
31	147	124	1,19	sufficient
32	141	117	1,20	sufficient
33	134	110	1,22	sufficient
34	125	101	1,23	sufficient
35	115	91	1,25	sufficient
36	103	80	1,28	sufficient
37	89	68	1,32	sufficient
38	75	54	1,38	sufficient
39	60	41	1,47	sufficient
40	45	27	1,64	sufficient
41	30	14	2,15	sufficient
42	15	1	28,11	sufficient

Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
43	3	0	-	sufficient

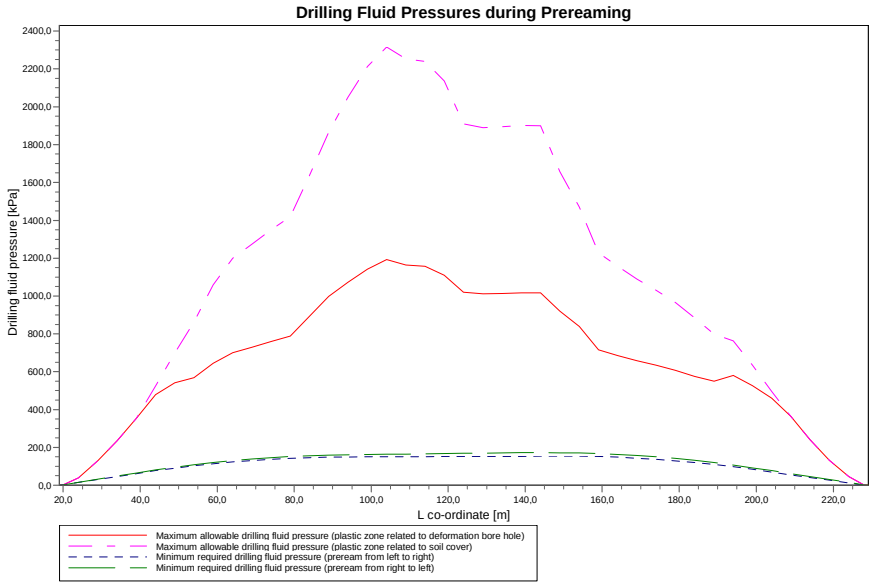
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safey factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

3.3 Drilling Fluid Pressure Plots

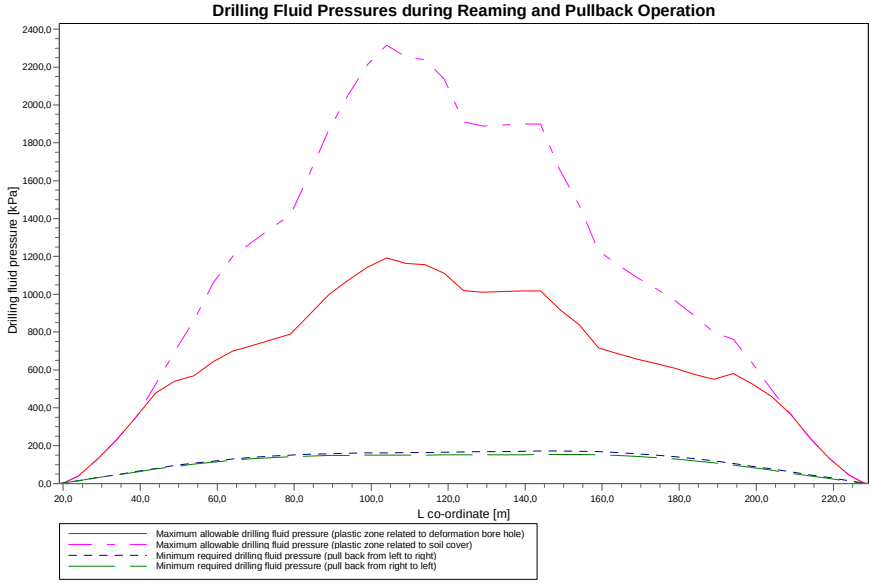
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



4 Soil Mechanical Data

4.1 Soil Mechanical Parameters 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
dv	Vertical displacement	mm
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	3	3	2	3	150	28
2	56	23	17	23	1101	361
3	192	47	35	47	2221	443
4	347	61	13	17	2874	663
5	545	75	12	17	3522	858
6	876	95	12	16	4450	1098
7	1046	116	12	16	4089	1046
8	1253	143	12	16	5027	1253
9	1454	170	12	16	5984	1454
10	1591	189	12	16	6658	1591
11	1658	199	12	16	6992	1658
12	1729	209	12	16	8608	1729
13	2309	219	12	16	10252	2309
14	2479	238	12	16	11157	2479
15	2657	259	12	16	12125	2657
16	2859	283	12	17	13247	2859
17	3063	307	13	17	14403	3063
18	3212	325	13	17	15253	3212
19	3121	314	13	17	14729	3121
20	3096	311	12	17	14586	3096
21	2951	294	12	17	13762	2951
22	2673	261	12	16	12214	2673
23	2645	257	12	16	12056	2645
24	2648	258	12	16	12074	2648
25	2655	258	12	16	12110	2655
26	2649	258	12	16	12078	2649
27	2355	224	11	15	10483	2355
28	2163	202	11	14	9461	2163
29	1994	183	10	14	8584	1994
30	1475	172	10	14	7922	1475
31	1407	163	10	14	5740	1407
32	1353	156	10	14	5478	1353
33	1294	148	10	14	5199	1294
34	1215	137	10	14	4832	1215
35	1123	125	10	14	4408	1123
36	1326	114	11	14	4356	1326
37	1102	102	11	15	4801	1193
38	805	88	11	15	4120	1027
39	555	73	11	15	3438	848
40	342	58	12	16	2709	640
41	178	42	31	42	1969	407
42	64	25	19	25	1179	397
43	5	4	3	4	231	53

Vertical nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	8476	8	5933	0,05	7,5
2	0	101031	6338	70722	0,05	7,5
3	0	160149	122567	112104	0,05	7,5
4	0	180822	155920	126575	0,05	7,5
5	0	199651	176912	139756	0,05	7,5
6	0	184073	203935	128851	0,05	7,5
7	0	141033	214087	98723	0,05	7,5
8	0	156978	148181	109885	0,05	7,5
9	0	172009	163866	120406	0,05	7,5
10	0	181992	174225	127394	0,05	7,5
11	0	237663	179166	166364	0,05	7,5
12	0	307530	184309	215271	0,05	7,5
13	0	346649	189162	242654	0,05	7,5
14	0	362740	221400	253918	0,05	7,5
15	0	379290	252459	265503	0,05	7,5
16	0	397779	270727	278446	0,05	7,5
17	0	416136	283873	291295	0,05	7,5
18	0	429233	293238	300463	0,05	7,5
19	0	421207	287500	294845	0,05	7,5
20	0	418977	285906	293284	0,05	7,5
21	0	406031	276640	284222	0,05	7,5
22	0	380770	258520	266539	0,05	7,5
23	0	378113	256611	264679	0,05	7,5
24	0	378424	256835	264897	0,05	7,5
25	0	379019	257262	265313	0,05	7,5
26	0	378477	256873	264934	0,05	7,5
27	0	350824	236233	245577	0,05	7,5
28	0	332168	211663	232518	0,05	7,5
29	0	315452	176864	220816	0,05	7,5
30	0	300836	165141	210585	0,05	7,5
31	0	242473	159928	169731	0,05	7,5
32	0	176014	155685	123209	0,05	7,5
33	0	159727	151059	111809	0,05	7,5
34	0	153739	144785	107617	0,05	7,5
35	0	146578	179638	102604	0,05	7,5
36	0	152854	228239	106998	0,05	7,5
37	0	233191	213376	163234	0,05	7,5
38	0	215838	194630	151087	0,05	7,5
39	0	197216	174223	138051	0,05	7,5
40	0	175642	150053	122949	0,05	7,5
41	0	151256	121653	105879	0,05	7,5
42	0	103795	8307	72657	0,05	7,5
43	0	14293	36	10005	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 325 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 47 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 429233 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 686773 kN/m³

4.2 Soil Mechanical Parameters 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
dv	Vertical displacement	mm
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³

k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	6	4	3	4	106	34
2	107	24	18	24	1130	250
3	391	48	36	48	2247	595
4	730	62	13	17	2898	786
5	951	76	12	17	3544	951
6	1165	95	12	16	4471	1165
7	1070	117	12	16	4107	1070
8	1270	143	12	16	5045	1270
9	1467	171	12	16	6002	1467
10	1603	190	12	16	6676	1603
11	1669	199	12	16	7010	1669
12	1738	209	12	16	7365	1738
13	2328	219	12	16	10269	2328
14	2495	239	12	16	11177	2495
15	2671	259	12	16	12146	2671
16	2872	283	12	17	13268	2872
17	3075	308	13	17	14424	3075
18	3223	326	13	17	15274	3223
19	3132	315	13	17	14751	3132
20	3107	312	12	17	14607	3107
21	2963	294	12	17	13783	2963
22	2687	261	12	16	12234	2687
23	2659	258	12	16	12076	2659
24	2662	258	12	16	12095	2662
25	2669	259	12	16	12130	2669
26	2663	258	12	16	12098	2663
27	2371	224	11	15	10502	2371
28	2180	202	11	14	9480	2180
29	2013	184	10	14	8603	2013
30	1485	173	10	14	7125	1485
31	1418	164	10	14	5756	1418
32	1364	156	10	14	5494	1364
33	1307	148	10	14	5216	1307
34	1230	138	10	14	4849	1230
35	1140	126	10	14	4425	1140
36	1368	115	11	14	5395	1368
37	1245	103	11	15	4821	1245
38	1093	88	11	15	4141	1093
39	934	74	11	15	3459	934
40	722	58	12	16	2731	752
41	365	42	31	42	1991	543
42	123	26	19	26	1222	276
43	8	5	4	5	249	67

Vertical nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	7876	165	5513	0,05	7,5
2	0	259923	193716	181946	0,05	7,5
3	0	347799	314282	243459	0,05	7,5
4	0	396226	371455	277358	0,05	7,5
5	0	440105	417446	308074	0,05	7,5
6	0	497594	477149	348316	0,05	7,5
7	0	314584	421318	220209	0,05	7,5
8	0	351302	342513	245911	0,05	7,5
9	0	385840	377702	270088	0,05	7,5
10	0	408748	400986	286123	0,05	7,5
11	0	419695	412099	293787	0,05	7,5
12	0	561532	423674	393072	0,05	7,5
13	0	778939	434603	545257	0,05	7,5
14	0	815817	619305	571072	0,05	7,5

Vertical nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
15	0	853721	756739	597605	0,05	7,5
16	0	896040	823251	627228	0,05	7,5
17	0	938032	862769	656622	0,05	7,5
18	0	967980	890933	677586	0,05	7,5
19	0	949627	873676	664739	0,05	7,5
20	0	944530	868881	661171	0,05	7,5
21	0	914920	841023	640444	0,05	7,5
22	0	857109	786579	599976	0,05	7,5
23	0	851025	780845	595718	0,05	7,5
24	0	851738	781516	596216	0,05	7,5
25	0	853100	782800	597170	0,05	7,5
26	0	851859	781631	596302	0,05	7,5
27	0	788511	717982	551958	0,05	7,5
28	0	745731	618498	522011	0,05	7,5
29	0	707364	462309	495155	0,05	7,5
30	0	622348	380566	435644	0,05	7,5
31	0	377149	368859	264005	0,05	7,5
32	0	367800	359336	257460	0,05	7,5
33	0	357624	348963	250337	0,05	7,5
34	0	343850	334905	240695	0,05	7,5
35	0	327364	318048	229154	0,05	7,5
36	0	407889	531172	285522	0,05	7,5
37	0	517880	498103	362516	0,05	7,5
38	0	477694	456542	334386	0,05	7,5
39	0	434441	411534	304109	0,05	7,5
40	0	384120	358683	268884	0,05	7,5
41	0	326866	297599	228806	0,05	7,5
42	0	257215	207482	180051	0,05	7,5
43	0	28682	650	20077	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 326 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 48 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 967980 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 1548768 kN/m³

4.3 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
11	aanvulzand, los	Calculated with E100
10	1a zand, vast	Calculated with E100
9	1b zand, matig	Calculated with E100
8	1c zand, vast	Calculated with E100
7	1d zand, matig	Calculated with E100
6	1e zand, matig-vast	Calculated with E100
5	1f zand, los	Calculated with E100
4	2 veen matig	Calculated with E100
3	3 zand, los-matig	Calculated with E100
2	4 klei, vast	Calculated with E100
1	5 zand, matig	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (X=20 m)		Vertical 2 (X=24 m)		Vertical 3 (X=29 m)		Vertical 4 (X=34 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	0,000	4,679	0,000	3,943	0,000	2,830	0,000	2,264
10	23,394	76,185	19,713	75,997	14,150	75,754	11,320	75,420
9	45,711	55,147	45,598	55,054	45,453	54,933	45,252	54,768
8	91,912	100,898	91,757	100,756	91,556	100,573	91,279	100,322
7	60,539	65,981	60,454	65,903	60,344	65,802	60,193	65,663
6	87,974	97,744	87,870	97,650	87,736	97,529	87,551	97,363
5	24,436	25,050	24,413	25,027	24,382	24,997	24,341	24,957
4	2,272	2,276	2,268	2,272	2,264	2,268	2,258	2,262
3	50,153	51,166	50,108	51,121	50,049	51,064	49,968	50,984

Layer number	Vertical 1 (X=20 m)		Vertical 2 (X=24 m)		Vertical 3 (X=29 m)		Vertical 4 (X=34 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
2	9,398	11,904	9,385	11,892	9,368	11,876	9,345	11,854
1	88,969	91,216	88,911	91,160	88,836	91,087	88,734	90,987

Layer number	Vertical 5 (X=39 m)		Vertical 6 (X=44 m)		Vertical 7 (X=49 m)		Vertical 8 (X=54 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	0,000	1,845	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	9,225	75,061	0,000	77,016	0,000	80,076	0,000	85,534
9	45,037	54,590	46,210	55,562	48,046	57,098	51,321	59,879
8	90,983	100,052	92,603	101,527	95,163	103,867	99,799	108,131
7	60,031	65,515	60,916	66,327	62,320	67,619	64,879	69,984
6	87,354	97,186	88,436	98,160	90,159	99,715	93,312	102,574
5	24,296	24,914	24,540	25,151	24,929	25,531	25,644	26,229
4	2,252	2,256	2,286	2,290	2,342	2,346	2,445	2,449
3	49,882	50,900	50,356	51,365	51,114	52,108	52,510	53,478
2	9,320	11,831	9,456	11,959	9,676	12,167	10,087	12,555
1	88,624	90,880	89,226	91,467	90,190	92,408	91,977	94,153

Layer number	Vertical 9 (X=59 m)		Vertical 10 (X=64 m)		Vertical 11 (X=69 m)		Vertical 12 (X=74 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	91,246	0,000	94,639	0,000	95,467	0,000	96,839
9	54,748	62,842	56,783	64,623	57,280	65,060	58,104	65,786
8	104,736	112,704	107,705	115,468	108,433	116,147	109,643	117,278
7	67,622	72,535	69,281	74,083	69,688	74,465	70,367	75,100
6	96,713	105,678	98,777	107,570	99,286	108,038	100,133	108,817
5	26,419	26,988	26,893	27,452	27,009	27,566	27,204	27,757
4	2,559	2,563	2,630	2,634	2,648	2,651	2,677	2,681
3	54,026	54,968	54,952	55,878	55,181	56,103	55,562	56,478
2	10,540	12,984	10,821	13,251	10,890	13,317	11,007	13,428
1	93,932	96,064	95,133	97,238	95,430	97,529	95,927	98,015

Layer number	Vertical 13 (X=79 m)		Vertical 14 (X=84 m)		Vertical 15 (X=89 m)		Vertical 16 (X=94 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	98,453	0,000	102,988	0,000	108,026	0,000	113,989
9	59,072	66,642	61,793	69,066	64,816	71,783	68,394	75,030
8	111,071	118,613	115,110	122,404	119,639	126,672	125,049	131,795
7	71,168	75,851	73,442	77,989	76,003	80,405	79,077	83,316
6	101,135	109,739	103,985	112,371	107,207	115,359	111,089	118,975
5	27,435	27,983	28,093	28,628	28,840	29,362	29,744	30,250
4	2,712	2,716	2,813	2,816	2,929	2,933	3,072	3,076
3	56,014	56,922	57,304	58,192	58,769	59,636	60,545	61,386
2	11,146	13,561	11,546	13,942	12,008	14,383	12,577	14,928
1	96,516	98,592	98,205	100,246	100,135	102,137	102,487	104,444

Layer number	Vertical 17 (X=99 m)		Vertical 18 (X=104 m)		Vertical 19 (X=109 m)		Vertical 20 (X=114 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	119,928	0,000	124,114	0,000	121,553	0,000	120,839
9	71,957	78,291	74,468	80,606	72,932	79,188	72,504	78,794
8	130,485	136,963	134,343	140,643	131,981	138,389	131,324	137,762
7	82,178	86,265	84,386	88,371	83,033	87,081	82,657	86,722
6	115,021	122,655	117,828	125,291	116,107	123,674	115,630	123,226
5	30,664	31,155	31,323	31,804	30,919	31,406	30,806	31,296
4	3,220	3,224	3,328	3,332	3,262	3,265	3,244	3,247
3	62,353	63,171	63,650	64,451	62,855	63,666	62,634	63,448
2	13,167	15,494	13,597	15,906	13,333	15,653	13,260	15,582
1	104,899	106,812	106,637	108,519	105,570	107,471	105,274	107,181

Layer number	Vertical 21 (X=119 m)		Vertical 22 (X=124 m)		Vertical 23 (X=129 m)		Vertical 24 (X=134 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	116,670	0,000	108,402	0,000	107,521	0,000	107,625
9	70,002	76,499	65,041	71,987	64,513	71,510	64,575	71,566
8	127,498	134,120	119,978	126,993	119,183	126,242	119,276	126,330
7	80,472	84,642	76,196	80,587	75,745	80,161	75,798	80,211
6	112,856	120,627	107,450	115,585	106,882	115,057	106,948	115,119
5	30,157	30,656	28,896	29,417	28,764	29,288	28,780	29,303
4	3,138	3,142	2,938	2,941	2,917	2,921	2,919	2,923
3	61,356	62,187	58,880	59,745	58,621	59,490	58,651	59,520
2	12,841	15,180	12,043	14,417	11,961	14,338	11,971	14,347
1	103,567	105,504	100,281	102,281	99,939	101,945	99,979	101,984

Layer number	Vertical 25 (X=139 m)		Vertical 26 (X=144 m)		Vertical 27 (X=149 m)		Vertical 28 (X=154 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	107,822	0,000	107,642	0,000	98,352	0,000	92,242
9	64,693	71,673	64,585	71,575	59,011	66,589	55,345	63,363
8	119,454	126,498	119,292	126,345	110,982	118,530	105,605	113,511
7	75,899	80,307	75,807	80,220	71,118	75,804	68,107	72,987
6	107,076	115,237	106,960	115,130	101,072	109,682	97,315	106,229
5	28,809	29,332	28,782	29,305	27,420	27,969	26,557	27,123
4	2,924	2,928	2,920	2,924	2,710	2,714	2,580	2,584
3	58,709	59,577	58,657	59,525	55,986	56,895	54,296	55,233
2	11,989	14,365	11,972	14,349	11,137	13,552	10,621	13,062
1	100,056	102,059	99,986	101,991	96,479	98,556	94,282	96,406

Layer number	Vertical 29 (X=159 m)		Vertical 30 (X=164 m)		Vertical 31 (X=169 m)		Vertical 32 (X=174 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	87,148	0,000	84,893	0,000	83,369	0,000	82,906
9	52,289	60,711	50,936	59,550	50,021	58,770	49,744	58,534
8	101,186	109,412	99,250	107,625	97,950	106,427	97,556	106,064
7	65,647	70,697	64,575	69,702	63,856	69,037	63,639	68,836
6	94,263	103,440	92,936	102,233	92,049	101,427	91,781	101,184
5	25,860	26,441	25,558	26,146	25,357	25,949	25,296	25,889
4	2,477	2,481	2,433	2,437	2,403	2,407	2,395	2,399
3	52,933	53,893	52,343	53,314	51,950	52,928	51,831	52,811
2	10,212	12,674	10,037	12,508	9,921	12,398	9,886	12,365
1	92,521	94,684	91,763	93,944	91,258	93,451	91,106	93,302

Layer number	Vertical 33 (X=179 m)		Vertical 34 (X=184 m)		Vertical 35 (X=189 m)		Vertical 36 (X=194 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	82,712	0,000	82,103	0,000	81,384	0,000	81,698
9	49,627	58,435	49,262	58,125	48,830	57,759	49,019	57,919
8	97,391	105,913	96,874	105,438	96,266	104,879	96,531	105,122
7	63,548	68,752	63,263	68,488	62,927	68,179	63,073	68,314
6	91,669	101,082	91,318	100,764	90,905	100,390	91,085	100,553
5	25,271	25,865	25,191	25,787	25,097	25,695	25,138	25,735
4	2,391	2,395	2,380	2,383	2,366	2,370	2,372	2,376
3	51,781	52,763	51,626	52,610	51,443	52,431	51,523	52,509
2	9,872	12,351	9,826	12,308	9,773	12,258	9,796	12,280
1	91,043	93,241	90,844	93,046	90,611	92,819	90,712	92,918

Layer number	Vertical 37 (X=199 m)		Vertical 38 (X=204 m)		Vertical 39 (X=209 m)		Vertical 40 (X=214 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	82,267	0,000	82,343	0,000	82,403	0,000	82,132
9	49,360	58,208	49,406	58,247	49,442	58,277	49,279	58,139

Layer number	Vertical 37 (X=199 m)		Vertical 38 (X=204 m)		Vertical 39 (X=209 m)		Vertical 40 (X=214 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	97,013	105,566	97,078	105,625	97,129	105,671	96,899	105,460
7	63,339	68,559	63,375	68,592	63,403	68,618	63,276	68,501
6	91,412	100,849	91,456	100,889	91,491	100,920	91,335	100,779
5	25,212	25,808	25,222	25,817	25,230	25,825	25,195	25,791
4	2,383	2,386	2,384	2,388	2,385	2,389	2,380	2,384
3	51,668	52,651	51,687	52,670	51,702	52,685	51,633	52,618
2	9,838	12,320	9,844	12,325	9,848	12,329	9,828	12,310
1	90,897	93,099	90,922	93,123	90,942	93,142	90,853	93,056

Layer number	Vertical 41 (X=219 m)		Vertical 42 (X=224 m)		Vertical 43 (X=228 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	0,000	81,777	0,000	81,217	0,000	80,924
9	49,066	57,959	48,730	57,675	48,554	57,526
8	96,598	105,184	96,125	104,749	95,877	104,522
7	63,110	68,348	62,850	68,107	62,713	67,981
6	91,131	100,594	90,810	100,303	90,642	100,152
5	25,149	25,745	25,076	25,674	25,038	25,637
4	2,373	2,377	2,363	2,367	2,357	2,361
3	51,543	52,529	51,401	52,390	51,327	52,317
2	9,802	12,285	9,760	12,246	9,739	12,226
1	90,738	92,943	90,557	92,766	90,462	92,674

5 Data for Stress Analysis

5.1 General data

Number of pipes in bundle	:	Npipes= 5 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Combined bending radius	:	Rmin = 200,000 m
Bending radius on rollers	:	Rrol = 200,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 204836 kN/m³

5.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	185	[kg/m]	
Weight of pipeline (including filling)	:	52	[kg/m]	

Result	:	132	[kg/m]	(Pipeline moves upwards)

5.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from right to left

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	11
T2	31	21
T3	83	41
T4	138	58
T5	190	80
T6	213	87

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (f) of at least 1.4 for the stress analysis. In the subsequent pipe stress analysis a factor of 1,80 for steel and 1,80 for PE is used and a load factor of 1,10 for steel and 1,00 for PE.

6 Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

6.1 Material Data of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 250,00 mm
Wall thickness	:	t = 22,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,40 bar
Temperature variation	:	dt = 10,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 213 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Poisson ratio	:	nu = 0,40
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 47 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 20 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 429233 kN/m³
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,00
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,00
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,00
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 0,00018 mm/mmK

6.2 Results Stress Analysis of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 22,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,85	[N/mm²]
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	0,37	[N/mm²]

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,92	[N/mm²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,85	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	2,86	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	3,42	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	4,5E-3	mm-1
qr	=	0,0149	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,88	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,88	N/mm²

6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²

6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,53	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5,71	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	4,05	N/mm²

6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²

Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,63	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,83	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,53	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5,71	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	4,05	N/mm²

6.3 Check on Calculated Stresses of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,20	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	0,92	3,42	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,83
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,88	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	4,05	4,05

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,9 mm (3,15% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 20,0 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 12,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

6.3.4 Check for Implosion of 1 PE250 SDR11: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 154 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1541 kN/m².

In operation the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 135 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 277 kN/m².

7 Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

7.1 Material Data of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 110,00 mm
Wall thickness	:	t = 10,00 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,40 bar
Temperature variation	:	dt = 10,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 213 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Poisson ratio	:	nu = 0,40
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 48 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 19 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 967980 kN/m³
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,00
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,00
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,00
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 0,00018 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 10,0 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,38	[N/mm²]
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	0,37	[N/mm²]

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,61	[N/mm²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,38	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	2,86	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	3,11	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	1,0E-2	mm-1
qr	=	0,006534	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,39	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,39	N/mm²

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,13	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,09	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,23	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5,71	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,86	N/mm²

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,13	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²

Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,20	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,63	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,72	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,23	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5,71	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,86	N/mm²

7.3 Check on Calculated Stresses of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,20	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	0,61	3,11	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,09	0,72
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,39	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,86	3,86

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 3,3 mm (2,98% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 8,8 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 5,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.3.4 Check for Implosion of 4 PE110 SDR11: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 154 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1548 kN/m².

In operation the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 135 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 278 kN/m².

End of Report