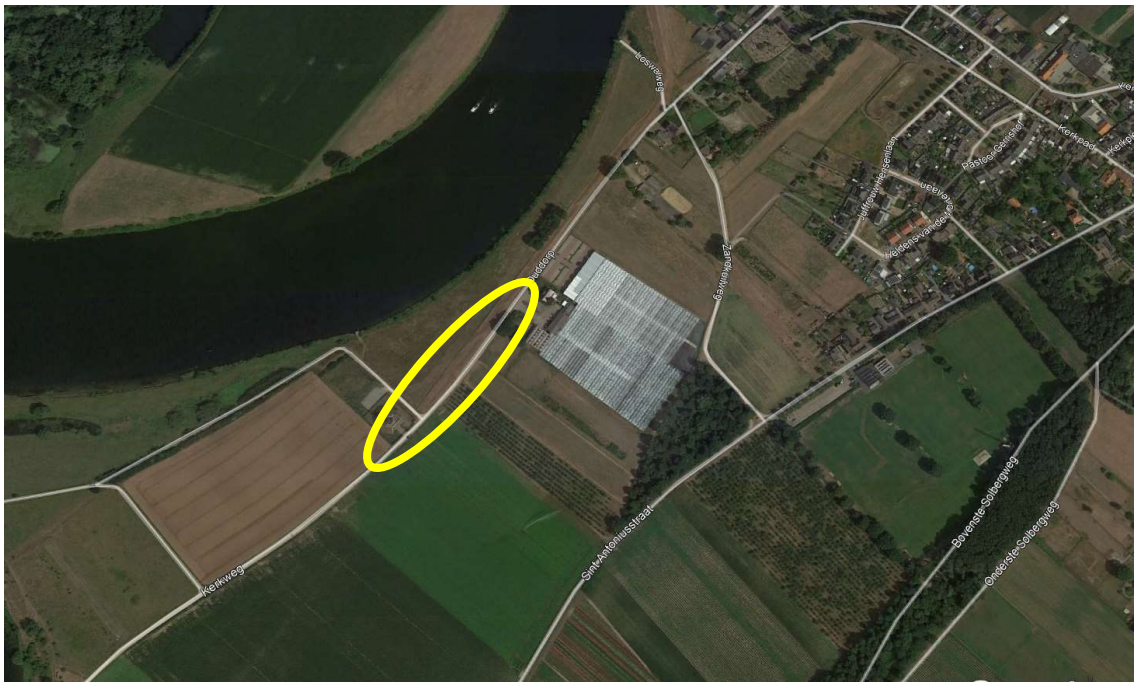
Aanpassing gasnetwerk Enexis

Boorplan HDD Kerkeveldweg te Beesel
Ontwerpfase



Opgesteld door: **VHW Engineering BV**
Victorialaan 15
5213 JG 's-Hertogenbosch

Datum	09-10-2020
Opdrachtgever	Enexis Netbeheer De heer J. Beeren
Projectnummer	2020-003-001
Documentnummer	2020-003-001-RAP-HDD-01
Status	Definitief
Versie	1.0
Auteur	M. Tubee
Verificatie	J.A.W.M. Coolen
Autorisatie	H.J.D. van Wijlen

Inhoudsopgave

1. INLEIDING 3

2. WERKOMSCHRIJVING 4

2.1 Algemeen 4
2.2 Locatie, omvang en indeling werkterrein 6
2.3 Geotechnisch onderzoek 7
2.4 Stappenplan uitvoering 7
2.5 Bestaande kabels en leidingen 7
2.6 Tijdschema 8
2.7 Personeelsbezetting 8
2.8 In te zetten boormaterieel 8
2.9 Kwaliteit en keuring bouwmaterialen 9

3. BOORTECHNISCHE WIJZE VAN UITVOEREN 9

3.1 Werkwijze van uitvoeren 9
3.2 Kwaliteitsregistratie van de boring 10

4. CONCLUSIE OP BEREKENINGEN 11

4.1 Samenvatting sterkte- en muddrukberekeningen 11

BIJLAGE 1A: BOORTEKENING ENEXIS 12

BIJLAGE 1B: BOORTEKENING WML 13

BIJLAGE 1C: BOORTEKENING GEMEENTE BEESEL 14

BIJLAGE 2: LUCHTFOTO'S 15

BIJLAGE 3: GRONDMECHANISCH ONDERZOEK 16

BIJLAGE 4: ORIËNTATIEMELDING WION 17

BIJLAGE 5: VOORBEELD TYPE BOORRIG 18

BIJLAGE 6: DRILL-SHEET 19

BIJLAGE 7A: V&G-GEVAREN VOORTVLOEIEND UIT DE OMGEVING VAN DE BOUWLOCATIE 20

BIJLAGE 7B: V&G-GEVAREN VOORTVLOEIEND UIT HET ONTWERP 21

BIJLAGE 8: STERKTE- EN MUDDRUKBEREKENINGEN 22

1. Inleiding

In verband met een toekomstige dijkversterking in Beesel dienen diverse kabels en leidingen aangepast te worden. Daar waar conventionele aanlegmethoden niet mogelijk zijn door omgevingsfactoren kan ervoor gekozen worden de leiding aan te leggen door middel van een gestuurde boring (HDD).

Dit boorplan omschrijft een gestuurde boring onder de huidige en toekomstige primaire waterkering. De huidige en toekomstige zoneringen zijn weergegeven op de boortekening.

Het boorplan is gebaseerd op de volgende informatie:

- Concept boorontwerp Siers: S19586-HDD-1, versie C, d.d. 15-05-2020

- CB.25.004 Rapportage verdiepend geotechnisch onderzoek Beesel

- Boortekening 2020-003-001-TEK-HDD1a-v01, d.d. 08-10-2020;
- Boortekening 2020-003-001-TEK-HDD1b-v01, d.d. 08-10-2020;
- Boortekening 2020-003-001-TEK-HDD1c-v01, d.d. 08-10-2020;

- Oriëntatie graafmelding WION met nummer 20O066581_1, 22-07-2020;

- Voor de berekening is gebruik gemaakt van de volgende normeringen en richtlijnen:
    - NEN 3650-1 2020 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1 Algemene eisen
    - NEN-3650-3 2020 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3 Aanvullende eisen voor leidingen van kunststof
    - NEN3651_2020_Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken
    - NEN 6740; Geotechniek: Basiseisen en belastingen

2. Werkomschrijving

2.1 Algemeen

Bij het aanleggen van ondergrondse netwerken, die bestaan uit kabels en leidingen, kunnen horizontaal gestuurde boringen worden toegepast om onder andere wegen, watergangen en andere bovengrondse- en ondergrondse infrastructurele constructies te kruisen. Door het toepassen van deze sleufloze techniek wordt de overlast voor de omgeving tot een minimum beperkt.

Een gestuurde boring bestaat uit 3 fasen, te weten:

- Fase 1, pilotboring;
- Fase 2, ruimen;
- Fase 3, intrekken mantelbuizen.

Tijdens fase 1 en 2 wordt er gebruik gemaakt van 'normale' boorspoeling (OCMA). De boorspoeling is een water bentonietmengsel waar eventueel toeslagstoffen / additieven aan toegevoegd kunnen worden om gewenste eigenschappen te verkrijgen. De samenstelling van de boorspoeling is met name afhankelijk van het in te zetten materieel, de grondsoort en de kwaliteit van het grondwater. Fase 3, het intrekken van de mantelbuis dient te uitgevoerd te worden met een uithardende boorvloeistof die de annulaire ruimte opvult.

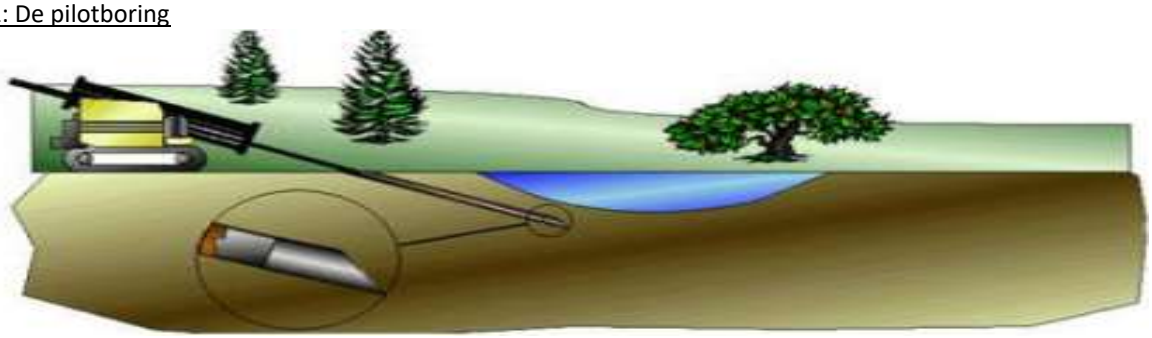
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- Medium voor losspuiten van grond via nozzles in de boorkop of ruimer;
- Afvoeren / transporteren losgespoten grond;
- In stand houden boorgat;
- Afpleisteren van de tunnelwand (filtercake);
- Smering van de boorstreng en de in te trekken mantelbuizen;
- Koeling van de boorkop / boorbit en aandrijven mudmotor.

De boorspoeling wordt door middel van een hogedrukpomp door de boorstangen naar de boorkop of ruimer gepompt. Vervolgens zal de boorspoeling onder hoge druk via diverse nozzles in de boorkop of ruimer de grond of tunnel in worden gepompt.

Bij een gestuurde boring worden de werkzaamheden vanaf het maaiveld uitgevoerd. Een gestuurde boring bestaat doorgaans uit twee werkterreinen. Een rig-site, (intredepunt) waar onder andere de boorrig opgesteld is, en een pipe-site (uittredepunt) waar de in te trekken mantelbuizen samengesteld en klaargelegd worden.

Fase 1: De pilotboring



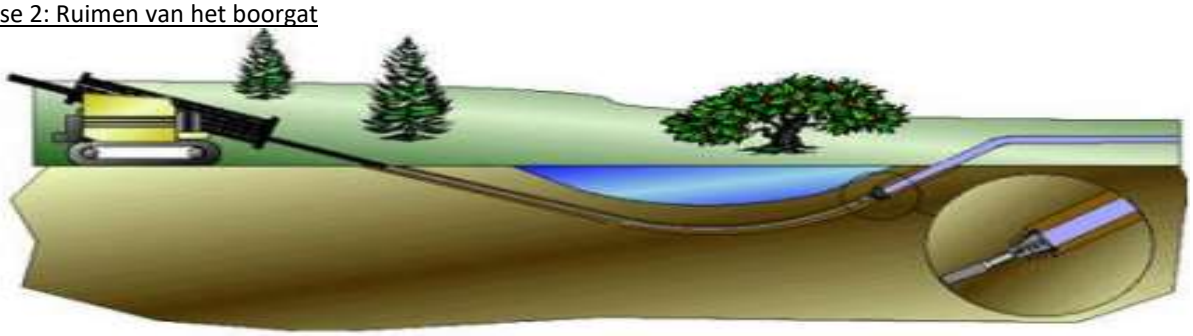
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing / beschermbuis worden aangebracht in de volgende gevallen:

- indien de boorgatstabiliteit in gevaar komt;
- indien gevaar bestaat voor een blow-out op een kwetsbare plek;
- indien gevaar bestaat voor knikken van de boorstang.

Het eerste deel van een gestuurde boring bestaat uit een rechtstand onder een vooraf bepaalde intredehoek. Deze rechtstand gaat over in een neergaande verticale of gecombineerde bocht. Gevolgd door een horizontale rechtstand (eventueel met een horizontale bocht) hierna volgt er een opgaande verticale of gecombineerde bocht met aan het einde een rechtstand tot het uittredepunt, eveneens onder een vooraf bepaalde uittredehoek.

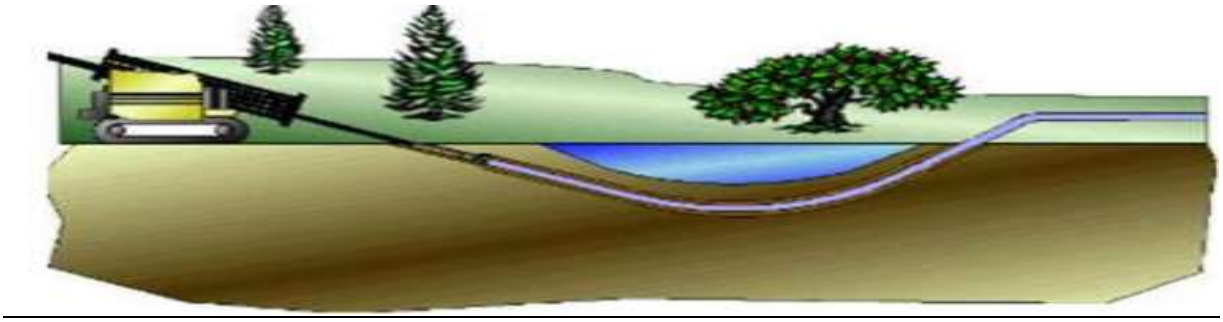
De driedimensionale plaatsbepaling van de boring wordt tijdens deze eerste fase verkregen door de geregistreerde coördinaten tijdens de pilotboring. De locatie van de boring, de eisen van de opdrachtgever, de eisen en wensen van de vergunningverlener, het te kruisen obstakel, storende externe invloeden en de diepte zijn bepalend voor het toe te passen meetsysteem.

Fase 2: Ruimen van het boorgat



Nadat de boorstreng bij het uittredepunt boven de grond is gekomen, wordt de boorkop verwijderd en wordt op het uiteinde van de boorstreng een ruimer gemonteerd. Vervolgens wordt de boorstreng met ruimer teruggetrokken richting intredepunt. De ruimer wordt met een draaiende beweging door het voorgeboorde pilotboorgat teruggetrokken. Op de ruimer zijn behalve nozzles, waardoor de boorspoeling naar buiten gespoten wordt, soms ook messen, kammen of tanden aangebracht (afhankelijk van de grondslag waarin geboord word). De losgewoelde grond wordt langs de buitenzijde van de boorstreng door het geruimde boorgat in de retourstroom van de boorspoeling afgevoerd naar het maaiveld. Achter de ruimer worden opnieuw boorstangen gekoppeld, zodat de verbinding tussen in- en uittredepunt behouden blijft. Afhankelijk van de grondslag, het pompvermogen en de vereiste boorgatdiameter kunnen meerdere ruimeroperaties achter elkaar worden uitgevoerd.

Fase 3: Intrekken mantelbuis:



Tijdens de laatste fase van het boorproces wordt de productleiding of mantelbuis (eventueel meerdere productleidingen of mantelbuizen in een bundel) samen met een trekkop achter een ruimer gekoppeld en in het geruimde boorgat getrokken. Het boorgat blijft tijdens de intrekoperatie geheel gevuld met de boorspoeling. De boorgatdiameter dient tussen de 30% en 50% groter te zijn dan de diameter van de productleiding of mantelbuis (eventueel gebundeld). Ten behoeve van het inbrengen van de productleiding of mantelbuis wordt tussen de ruimer en de productleiding een swivel (wartellager) gemonteerd zodat geen rotatie van de productleiding of mantelbuis kan optreden. Nadat de productleiding(en) of mantelbuis /-buizen in zijn geheel door de boortunnel is getrokken en, indien nodig succesvol is beproefd / getest, is de boring voltooid.

Tijdens de verschillende fasen worden de boorspoeldrukken gecontroleerd en geregistreerd. Bij alle fasen dient de gehele boortunnel gevuld te blijven met boorspoeling zodat er continu druk in de boortunnel blijft staan, dit is belangrijk om achterblijvende holle ruimten in de grond en instorten van de boortunnel te voorkomen.

2.2 Locatie, omvang en indeling werkterrein

De aannemer die de boring uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven wat de minimaal benodigde omvang is van het werkterrein. Onderstaand wordt de informatie verstrekt om te komen tot een juiste en acceptabele indeling van het werkterrein (rig-site en pipe-site):

- De locatie van de boring is weergegeven in boortekeningen 2020-003-001-TEK-HDD1a-v01, 2020-003-001-TEK-HDD1b-v01 en 2020-003-001-TEK-HDD1c-v01 d.d. 08-10-2020, zie hiervoor bijlage 1 en de luchtfoto's in bijlage 2;
- De aannemer kan eventueel samen met de opdrachtgever of andere belanghebbenden een bezoek brengen aan de locatie;
- In overleg met de opdrachtgever wordt bepaald of een nul-situatie onderzoek van de locatie wenselijk is;
- De omvang van het werkterrein hangt nauw samen met de lokaal beschikbare ruimte, de grootte van de uit te voeren boring en het in te zetten materieel;
- De indeling van het werkterrein zal worden aangepast aan de plaatselijke omstandigheden;
- Afhankelijk van eventueel gestelde eisen en het in te zetten materieel, de staat en functie van het maaiveld dient een werkweg aangelegd te worden voor transport van het boorequipement en de benodigde materialen.

2.3 Geotechnisch onderzoek

Voorafgaand aan de uitvoering van de gestuurde boring dient er lokale geotechnische informatie te worden verzameld. Uit het aangeleverde geotechnisch (zie bijlage 3) onderzoek blijkt dat er grindige grond en grindlagen aanwezig zijn. Geadviseerd wordt om extra grondonderzoek uit te laten voeren om de lokale bodemopbouw nauwkeuriger in kaart te brengen. Het boorontwerp en of de uitvoeringsmethode dient hier mogelijk op aangepast te worden.

De geotechnische informatie wordt als input gebruikt in de sterkte- en/of muddrukberekeningen. Zonder goedkeuring van deze berekeningen, door opdrachtgever en/of vergunningverlenende instantie, mag niet gestart worden met de werkzaamheden.

2.4 Stappenplan uitvoering

Onderstaand worden de handelingen aangegeven om te komen tot een goede uitvoering:

- De aannemer bestudeert voor aanvang van de werkzaamheden het boorplan, inclusief het ontwerp, de reeds aanwezige informatie over bestaande kabels en leidingen, de bodemgesteldheid en de eventuele vergunningen / toestemmingen;
  Let op! De aannemer die de boringen uit zal voeren is verplicht een graafmelding te doen en deze te analyseren (zie ook § 2.5);
- De aannemer overlegt aan de hand van de hiervoor genoemde informatie met betrokken instanties en/of kabel en leidingeigenaren over zijn plan van aanpak / werkplan;
- De werkzaamheden worden uitgevoerd conform het afgestemde plan van aanpak / werkplan;
- Tijdens en na de werkzaamheden worden de bevindingen en/of wijzigingen schriftelijk vastgelegd door de aannemer;
- De aannemer verwerkt de bevindingen en/of wijzigingen op tekening aan de hand van revisiegegevens afkomstig van de surveyor;
- De opdrachtgever en de betrokken instanties worden door de aannemer op de hoogte gehouden van eventuele bevindingen en/of wijzigingen;

2.5 Bestaande kabels en leidingen

Voor het opstellen van het boorontwerp is een oriëntatiemelding gedaan (zie bijlage 4). Voor uitvoering wordt door de aannemer een graafmelding gedaan om de ligging van de ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Ook zal er voor aanvang van de werkzaamheden met de belanghebbende kabel en leidingeigenaren contact worden opgenomen. Indien noodzakelijk kunnen voor aanvang van de gestuurde boring proefsleuven gegraven worden.

De graafmelding moet tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

2.6 Tijdschema

De tijdsduur van de werkzaamheden is sterk afhankelijk van het in te zetten boormaterieel. De aannemer die de boorwerkzaamheden uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven hoe zijn tijdschema eruit ziet.

De startdatum wordt bepaald in overleg met de opdrachtgever. Hierbij dient rekening gehouden te worden met eventuele vergunningen en toestemmingen. De boorwerkzaamheden mogen pas aanvangen na het verkrijgen van alle goedkeuringen / toestemmingen op het boorplan.

De werktijden worden aangepast aan de werkzaamheden die technisch achtereenvolgens uitgevoerd dienen te worden. Werktijden dienen vooraf door de aannemer aangegeven te worden in zijn plan van aanpak / werkplan. Bepaling van werktijden zal altijd in goed overleg met alle betrokkenen plaatsvinden.

2.7 Personeelsbezetting

Het boormaterieel zal bediend worden door gekwalificeerd personeel dat tenminste bestaat uit een boormeester, een serveyor en een boorassistent. Afhankelijk van de omvang van de boring kan het noodzakelijk zijn meer medewerkers in te zetten. De aannemer die de boorwerkzaamheden uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven hoe zijn personeelsbezetting eruit ziet.

2.8 In te zetten boormaterieel

In bijlage 5 is een representatief boorstelling en de daarbij behorende technische specificaties opgenomen. De aannemer die de boringen uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven van welk type machine hij gebruik zal maken met de daarbij behorende specificaties. De berekeningen en het boorontwerp dienen door de aannemer gecontroleerd te worden. Indien nodig wordt het in te zetten materieel aangepast op de berekeningen en het boorontwerp of worden de berekeningen en het boorontwerp aangepast op het in te zetten materieel.

De aannemer die de boringen uit zal voeren dient gebruik te maken van een Gyroscope. De aannemer dient tevens de boring na te meten met een gyroscope of vergelijkbaar meetsysteem. De aangebrachte drinkwaterleiding mag hier niet voor gebruikt worden.

- <u>Gyro steeringtool</u>
  De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en zéér nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. De gyroscoop is een zéér accuraat optisch meetsysteem dat volledig storingsvrij werkt en volgt perfect een vooropgesteld traject (ACAD).

2.9 Kwaliteit en keuring bouwmaterialen

Buizen
De in te trekken (mantel)buizen HDPE ø110 PE100-RCM SDR11, HDPE ø63 PE100 SDR11, HDPE ø110 PE100 SDR11, HDPE ø90 PE100 SDR11 en HDPE ø125 PE100-SLA SDR11 worden door de opdrachtgever of opdrachtnemer besteld en op het werk geleverd.

De buis wordt in lengtes en/of op haspel geleverd, indien noodzakelijk dienen er enkele lengtes aan vast gelast te worden door middel van spiegellassen. Het aan elkaar verbinden van de buizen dient te gebeuren met gekwalificeerd personeel en gecertificeerd materiaal. De inwendige rillen dienen verwijderd te worden.

Boorvloeistof
De boorvloeistof zal samengesteld worden uit met water vermengde bentoniet. Indien noodzakelijk kan de samenstelling hiervan verder aangepast worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt hierbij is dat er een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke grond. Indien toeslagstoffen toegepast worden dient dit tijdig aan de opdrachtgever gemeld te worden.

Intrekken van de mantelbuizen dient te geschiedden met drillgrout of vergelijkbaar product. Deze dient vanaf 01-09-2020 voorzien te zijn van een milieuhygiënische verklaring.

3. Boortechnische wijze van uitvoeren

3.1 Werkwijze van uitvoeren

Onderstaand is een opsomming van activiteiten die zullen plaatsvinden, deze zijn:

- Bestuderen projectgegevens zoals: tekeningen, berekeningen, V&G-plan, vergunningen en voorschriften;
- Indien noodzakelijk of vereist wordt er verkeersmaatregelen geplaatst volgens de CROW richtlijnen;
- Aanvoer materieel;
- Kick-off meeting (bespreken van o.a. de veiligheidsaspecten en risico's);
- Inrichten werkterrein (rig-site en pipe-site) en mobilisatie boorequipement;
- Eventueel lokaliseren bestaande kabels en leidingen en ontgraven intrede- en uittredepunt;
- Graafwerkzaamheden uitvoeren conform CROW-500;
- Eventueel aanbrengen/toepassen van beschermende maatregelen (ter beoordeling uitvoerende partij);
- Uitvoeren pilotboring;
- Gereed leggen/ opstellen van de in te trekken mantelbuis. De werkzaamheden voor het samenstellen van de buizen worden tijdens of voorafgaand aan de boorwerkzaamheden uitgevoerd;
- Intrekken mantelbuis van de vanaf maaiveld en/of haspel. Bij intrekken mantelbuizen dient gebruik gemaakt te worden van Drillgrout of een vergelijkbaar product; **Let op!! Vanaf 01-09-2020 dient deze voorzien te zijn van een milieuhygiënische verklaring.**
- Aanbrengen kleikist en kwelscherm conform NEN3650/3651.
- Indien noodzakelijk aanbrengen trekkoord;
- Nameten van één van de ingetrokken mantelbuizen;
- Demobilisatie boorequipement en afvoer van materieel, op gelijke wijze als de aanvoer;
- Opruimen werkterrein.

Gedurende de boorwerkzaamheden worden onderstaande handelingen voortdurend verricht, te weten:

- Aflezing van de boorparameters zoals, trekkracht en torque door de analoge meters op de rig;
- Registratie van de meetgegevens op een drillsheet (of vergelijkbaar document, zie bijlage 6);
- Mixen van de boorspoeling met water van voldoende kwaliteit;
- Opvang uitkomende boorspoeling bij intrede- en uittredepunt in de in- en uittredegaten, eventueel kunnen vloeistofdichte bakken geplaatst worden voor opvang en / of buffering van de boorspoeling. De aannemer die de werkzaamheden uit zal voeren dient dit aan te geven in zijn werkplan / plan van aanpak;
- Leegzuigen van de boorgaten en / of vloeistofdichte bakken met vloeistofdichte zuigwagens;
- Afvoeren overgebleven / overtollige boorspoeling naar een erkend verwerker.

V&G plan

De werkzaamheden met betrekking tot het uitvoeren van de horizontaal gestuurde boring zullen worden uitgevoerd volgens de richtlijnen van de aannemer. De veiligheids- en gezondheidsgevaren voortvloeiend uit de omgeving van de bouwlocatie en de veiligheids- en gezondheidsgevaren voortvloeiend uit het ontwerp zijn opgenomen in bijlage 7. De uiteindelijke project specifieke risico's , maatregelen en voorzieningen dienen door de uitvoerende partij aangegeven te worden.

De V&G coördinator is verantwoordelijk voor de naleving van de regels vastgesteld in het kwaliteits-, arbo- en milieu (KAM) zorgsysteem. De V&G coördinator binnen het project is verantwoordelijk voor het vaststellen van de specifieke KAM maatregelen voor dit project en het beschikbaar stellen van de vereiste beschermingsmiddelen.

De aannemer die de boorwerkzaamheden uit zal voeren is verantwoordelijk voor een juiste uitvoering en toezicht op de voorgeschreven V&G maatregelen op de werklocatie. Tevens is hij verplicht afwijkingen en gevaarlijke situaties te melden bij de V&G coördinator en in overleg passende maatregelen te nemen en deze te registreren.

3.2 Kwaliteitsregistratie van de boring

Tijdens het ruimen van het boorgat en het intrekken van de mantelbuis worden de volgende gegevens geregistreerd:

- trekkracht aan de boorinstallatie (ton);
- druk boorvloeistof aan de pomp (bar);
- debiet vloeistof (ltr/min);
- eventueel vindt registratie van de locatie en de hoogteligging (RD coördinaten t.o.v NAP) plaats.

Deze meetgegevens worden opgenomen in een "drill-sheet" (of vergelijkbaar document) en door het boorbedrijf gearchiveerd. Een voorbeeld van een drill-sheet is opgenomen in bijlage 6. De meetgegevens van de survey (overzicht van meetinformatie) worden samen met de veldmetingen verwerkt tot de vereiste revisie gegevens.

Na voltooiing van de boring dient een van de aangebrachte buizen gyroscopisch (of vergelijkbaar) nagemeten te worden.

4. Conclusie op berekeningen

De bijgevoegde sterkte- en muddrukberekeningen zijn uitgevoerd op basis van de NEN3650 en de NEN3651 m.b.v. programmatuur Sigma versie 2020 – 1.0. De resultaten van de berekeningen voor de sterkte- en muddrukberekeningen zijn opgenomen in bijlage 8.
De HDD boring is berekend in overeenstemming met de NEN 3650 en NEN 3651. De resultaten van de sterkte- en muddrukberekeningen alsmede de hiervoor gebruikte grondgegevens dienen door de uitvoerende partij gecontroleerd te worden. De keuze voor het in te zetten materieel is ter beoordeling van- en de verantwoordelijkheid van de uitvoerende partij.

HDD-BORING (HDPE ø125 PE100-SLA SDR11, HDPE ø110 PE100-RCM SDR11, HDPE ø110 PE100 SDR11, HDPE ø90 PE100 SDR11 en HDPE ø63 PE100 SDR11)

4.1 Samenvatting sterkte- en muddrukberekeningen

Spanningen in omtreksrichting van de leiding

	Toegestane spanning	Maximaal optredende spanning
HDPE100 SLA Ø125 sdr11	8,00 N/mm²	5,44 N/mm²
HDPE100 (RCM) Ø110 sdr11	8,00 N/mm²	4,58 N/mm²
HDPE100 Ø110 sdr11	8,00 N/mm²	6,16 N/mm²
HDPE100 Ø90 sdr11	8,00 N/mm²	5,63 N/mm²
HDPE100 Ø63 sdr11	8,00 N/mm²	5,96 N/mm²

Spanningen in langsrichting van de leiding

	Toegestane spanning	Maximaal optredende spanning
HDPE100 SLA Ø125 sdr11	8,00 N/mm²	2,78 N/mm²
HDPE100 (RCM) Ø110 sdr11	8,00 N/mm²	3,72 N/mm²
HDPE100 Ø110 sdr11	8,00 N/mm²	0,54 N/mm²
HDPE100 Ø90 sdr11	8,00 N/mm²	2,41 N/mm²
HDPE100 Ø63 sdr11	8,00 N/mm²	0,31 N/mm²

Totalisatie spanningen in boorgat tijdens trekoperatie

	Toegestane spanning	Maximaal optredende spanning
HDPE100 SLA Ø125 sdr11	10,00 N/mm²	4,13 N/mm²
HDPE100 (RCM) Ø110 sdr11	10,00 N/mm²	4,28 N/mm²
HDPE100 Ø110 sdr11	10,00 N/mm²	4,28 N/mm²
HDPE100 Ø90 sdr11	10,00 N/mm²	4,57 N/mm²
HDPE100 Ø63 sdr11	10,00 N/mm²	5,39 N/mm²

Deflectie

	Toegestane deflectie	Maximaal optredende deflectie
HDPE100 SLA Ø125 sdr11	9,09 mm	3,95 mm
HDPE100 (RCM) Ø110 sdr11	8,00 mm	3,51 mm
HDPE100 Ø110 sdr11	8,00 mm	3,51 mm
HDPE100 Ø90 sdr11	6,54 mm	2,85 mm
HDPE100 Ø63 sdr11	4,58 mm	1,93 mm

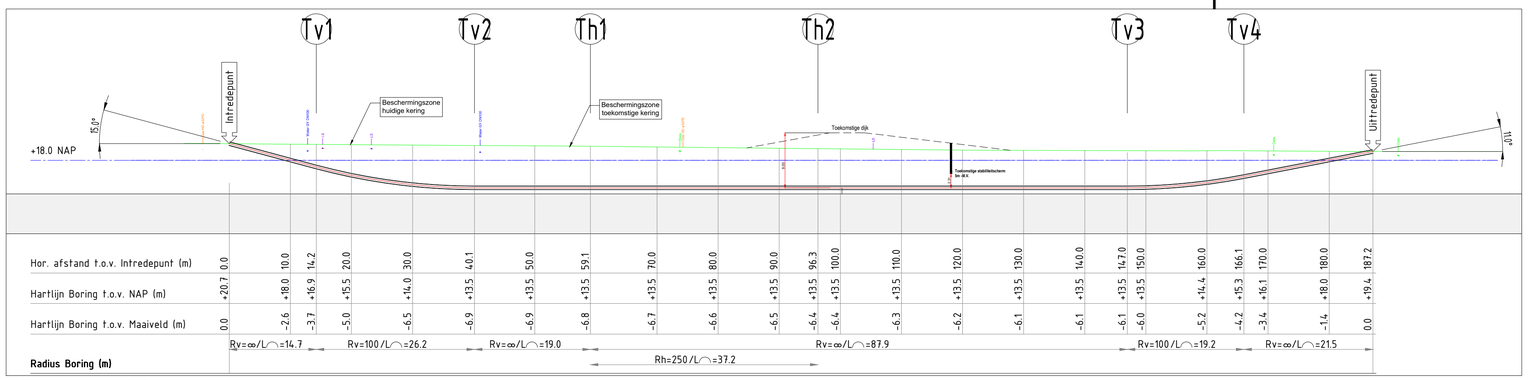
Benodigde trekkracht op de mantelbuis

	Toegestane trekkracht*	Maximale berekende trekkracht
HDPE100 SLA Ø125 sdr11	40,68 kN	15,26 kN
HDPE100 (RCM) Ø110 sdr11	31,41 kN	12,54 kN
HDPE100 Ø110 sdr11	31,41 kN	12,54 kN
HDPE100 Ø90 sdr11	21,08 kN	9,30 kN
HDPE100 Ø63 sdr11	10,43 kN	5,62 kN

*Toegestane trekkrachten volgens technische documentatie PipeLife.

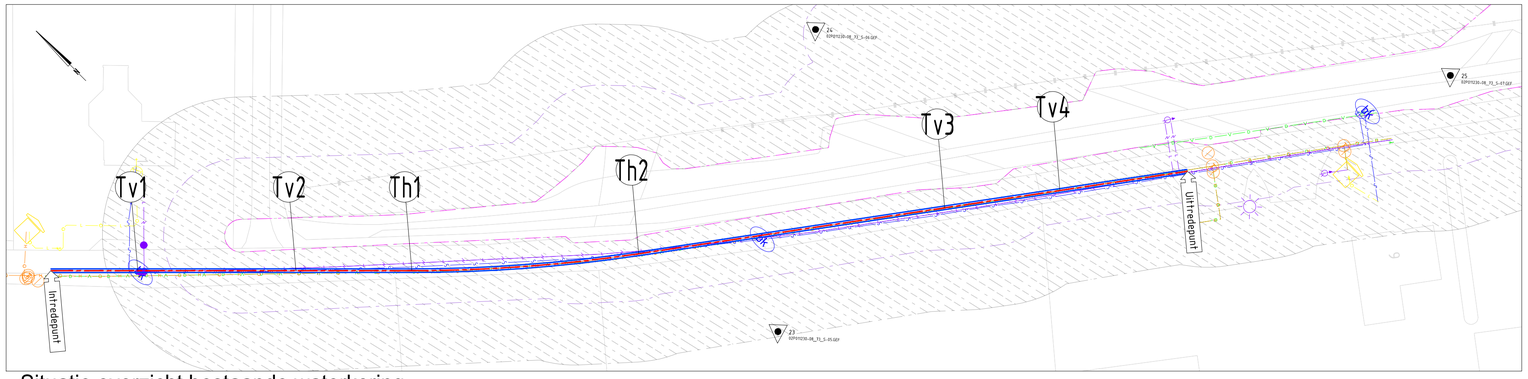
Bijlage 1a: Boortekening Enexis

Boortekening 2020-003-001-TEK-HDD1a-v01, d.d. 08-10-2020



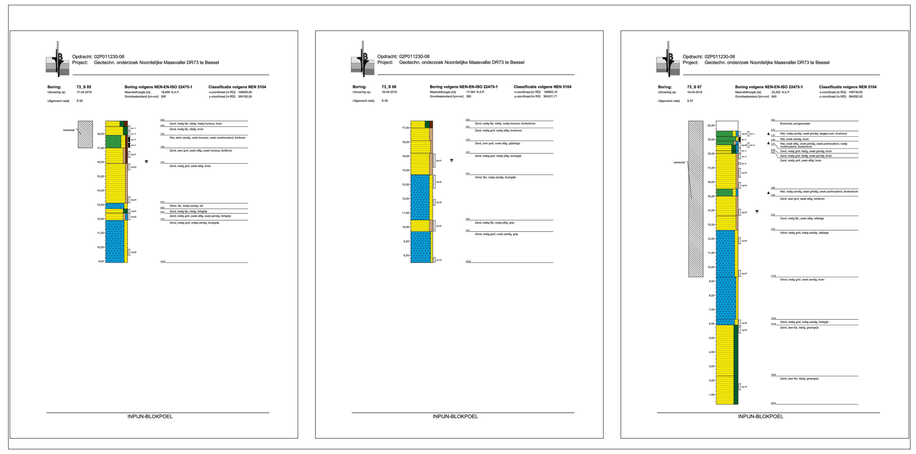
Bovenaanzicht

Schaal 1:500

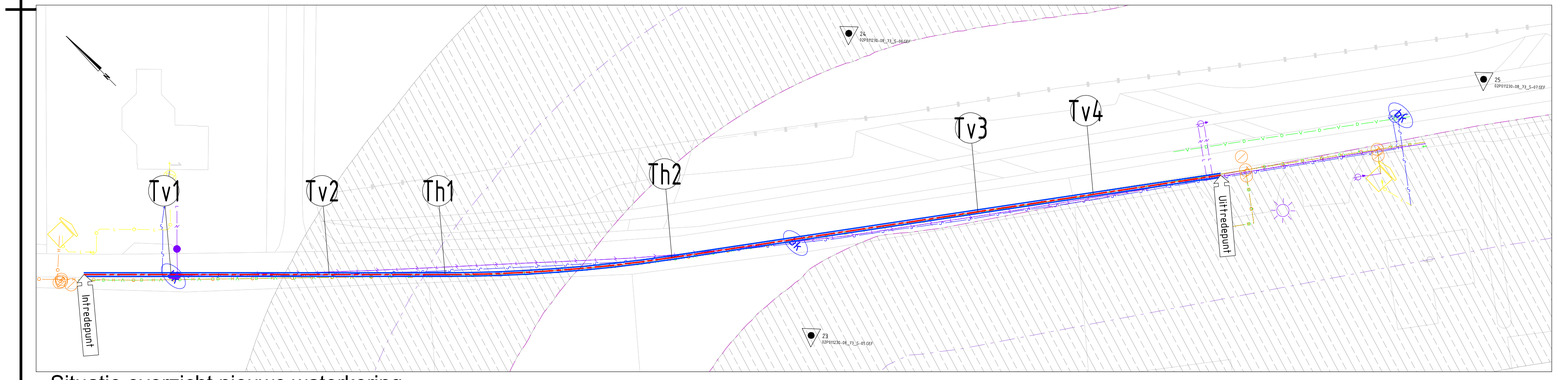


Situatie overzicht bestaande waterkering

Schaal 1:500



Boorstaten

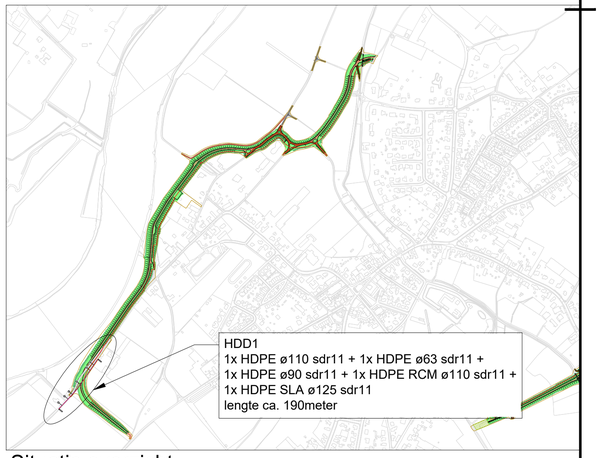


Situatie overzicht nieuwe waterkering

Schaal 1:500

Tabel Tangentpunten Boring HDD1

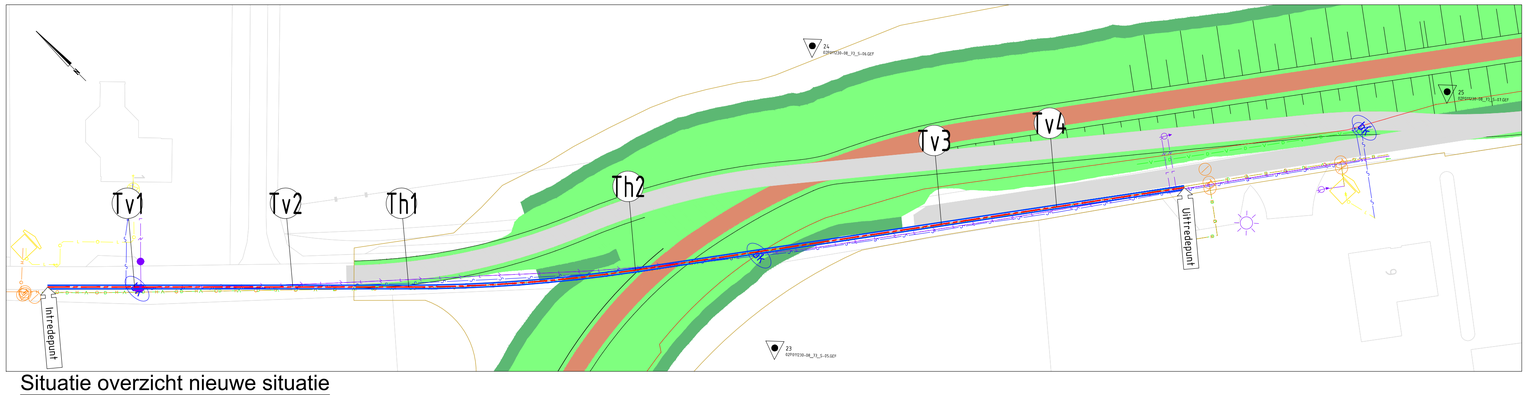
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	199606.43	364103.35	20.73
Tv1	199616.16	364113.76	16.91
Tv2	199633.83	364132.67	13.50
Th1	199646.78	364146.53	13.50
Th2	199670.08	364175.52	13.50
Tv3	199698.78	364217.24	13.50
Tv4	199709.60	364232.96	15.34
Uittrede	199721.56	364250.35	19.44



Situatie overzicht

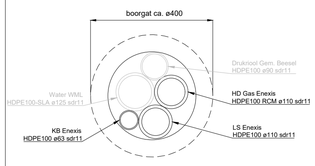
Schaal 1:5000

- Maaiveldhoogtes gebaseerd op AHN2
- Boren met Gyroscope
- Digitaal nameten
- Aanbrengen kleiskist en kwelscherm (NEN3650/3651)
- Bodemopbouw dient gecontroleerd te worden door uitvoerende partij



Situatie overzicht nieuwe situatie

Schaal 1:500



LEGENDA BESTAANDE KABELS & LEIDINGEN (NLCS)

- Datatransport
- Laagspanning
- Middenspanning
- Hoogspanning
- Gasunie
- Drukriolering
- Vrijvervalriolering
- Water
- Gas Hogedruk
- Gas Lagedruk
- HDD
- Sondeerlocatie

Versie	Datum	Wijziging	Get.	Gez.
001	08-10-2020	Definitief t.b.v. vergunningaanvraag	MaTu	HvH

In opdracht van:

Enexis
Heierkerkwegweg 3
5928RM, Venlo

Vervaardigd door:

VHW Engineering BV
Focus op ondergrondse kabels en leidingen
VHW Engineering BV
Helftheuvelweg 11
5222 AV 's-Hertogenbosch
www.vhwengineering.nl
info@vhwengineering.nl

Project:
Dijkversterking DR73
HDD1 Kerkeveldweg te Beesel

Omschrijving:
1x PE100 ø63 sdr11 (Enexis) + 1x PE100 RCM ø110 sdr11 (Enexis) +
1x PE100 ø110 sdr11 (Enexis) + PE100 ø90 sdr11 (Gem. Beesel) +
1x PE100 SLA ø125 sdr11 (WML)

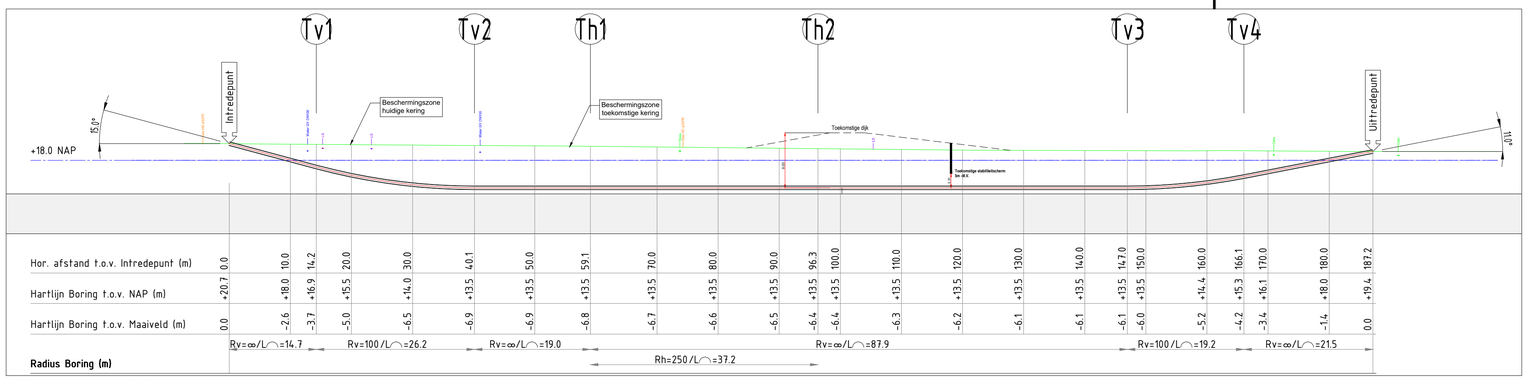
Schaal:	divers
Formaat:	A1
Datum:	23-07-2020
Projectnr:	2020-003-001
Status:	Definitief
Tekeningnr:	2020-003-001-TEK-HDD1a-v1.0

Bestandsnaam: 2020-003-001-TEK-HDD1-01.dwg Layout: Model Plotdatum: 08/10/2020

Deze tekening is eigendom van VHW engineering BV. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gekopieerd of aan derden ter inzage worden gegeven.

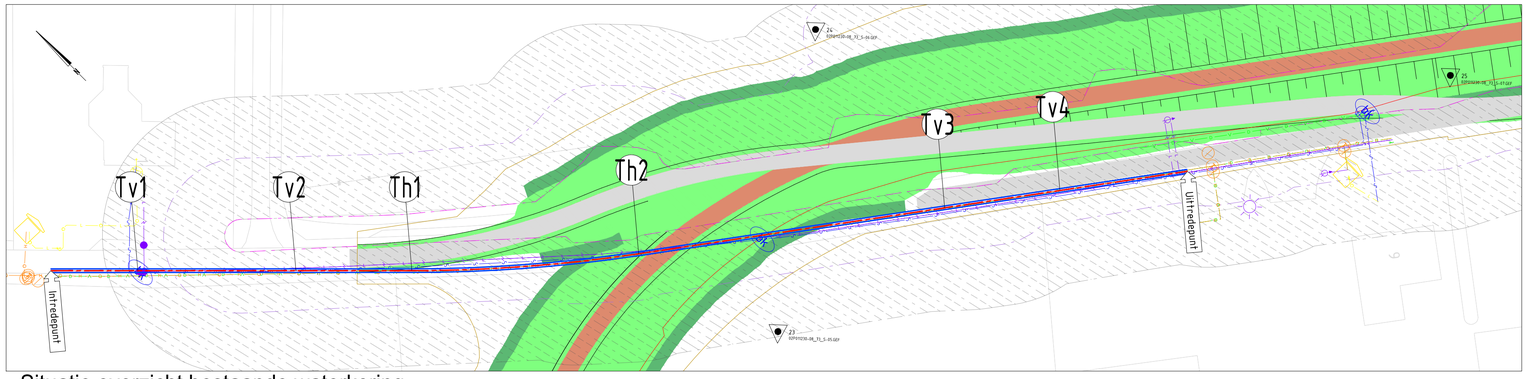
Bijlage 1b: Boortekening WML

Boortekening 2020-003-001-TEK-HDD1b-v01, d.d. 08-10-2020



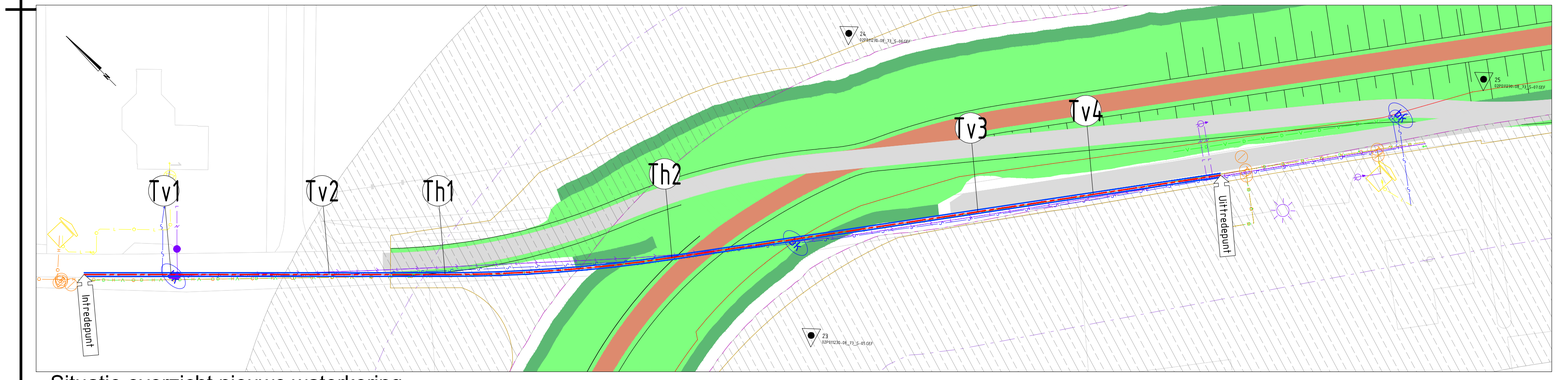
Bovenaanzicht

Schaal 1:500



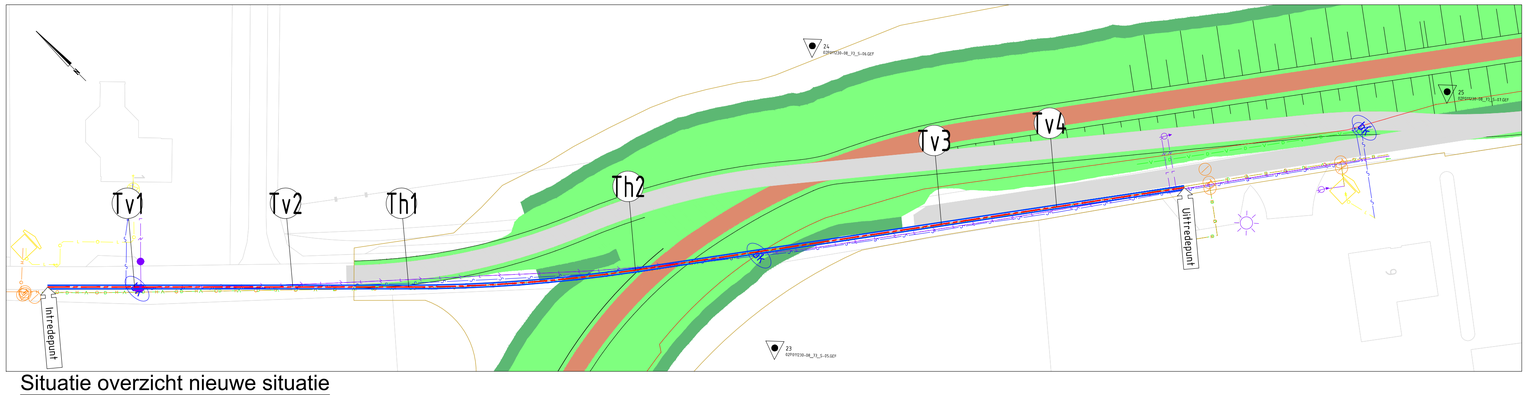
Situatie overzicht bestaande waterkering

Schaal 1:500



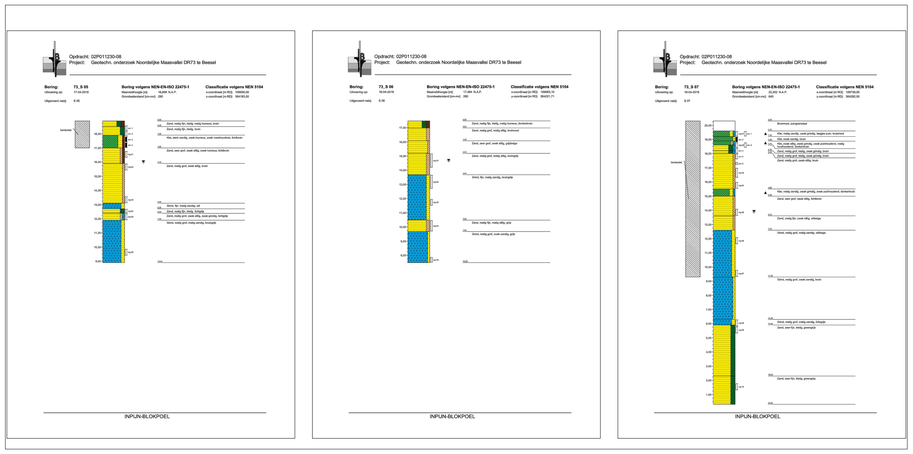
Situatie overzicht nieuwe waterkering

Schaal 1:500



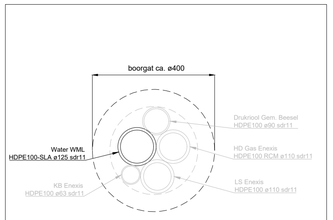
Situatie overzicht nieuwe situatie

Schaal 1:500



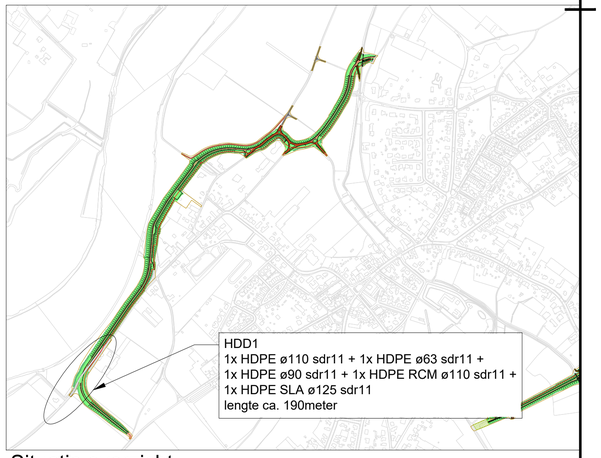
Boorstaten

Tabel Tangentpunten Boring HDD1			
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	199606.43	364103.35	20.73
Tv1	199616.16	364113.76	16.91
Tv2	199633.83	364132.67	13.50
Th1	199646.78	364146.53	13.50
Th2	199670.08	364175.52	13.50
Tv3	199698.78	364217.24	13.50
Tv4	199709.60	364232.96	15.34
Uittrede	199721.56	364250.35	19.44



LEGENDA BESTAANDE KABELS & LEIDINGEN (NLCS)

- Datatransport
- Laagspanning
- Middenspanning
- Hoogspanning
- Gasunie
- Drukriolering
- Vrijvervalriolering
- Water
- Gas Hogedruk
- Gas Lagedruk
- HDD
- Sondeerlocatie



Situatie overzicht

Schaal 1:5000

- Maaiveldhoogtes gebaseerd op AHN2
- Boren met Gyroscope
- Digitaal nameten
- Aanbrengen kleiskist en kwelscherm (NEN3650/3651)
- Bodemopbouw dient gecontroleerd te worden door uitvoerende partij

Versie	Datum	Wijziging	Get.	Gez.
001	08-10-2020	Definitief t.b.v. vergunningaanvraag	MaTu	HvH

In opdracht van:

NV Waterleiding Maatschappij Limburg

wml Limburgs drinkwater

Vervaardigd door:

VHW Engineering BV
Focus op ondergrondse kabels en leidingen

VHW Engineering BV
Helftheuvelweg 11
5222 AV 's-Hertogenbosch

www.vhwengineering.nl
info@vhwengineering.nl

Project:

Dijkversterking DR73
HDD1 Kerkeveldweg te Beesel

Omschrijving:

1x PE100 ø63 sdr11 (Enexis) + 1x PE100 RCM ø110 sdr11 (Enexis) +

1x PE100 ø110 sdr11 (Enexis) + PE100 ø90 sdr11 (Gem. Beesel) +

1x PE100 SLA ø125 sdr11 (WML)

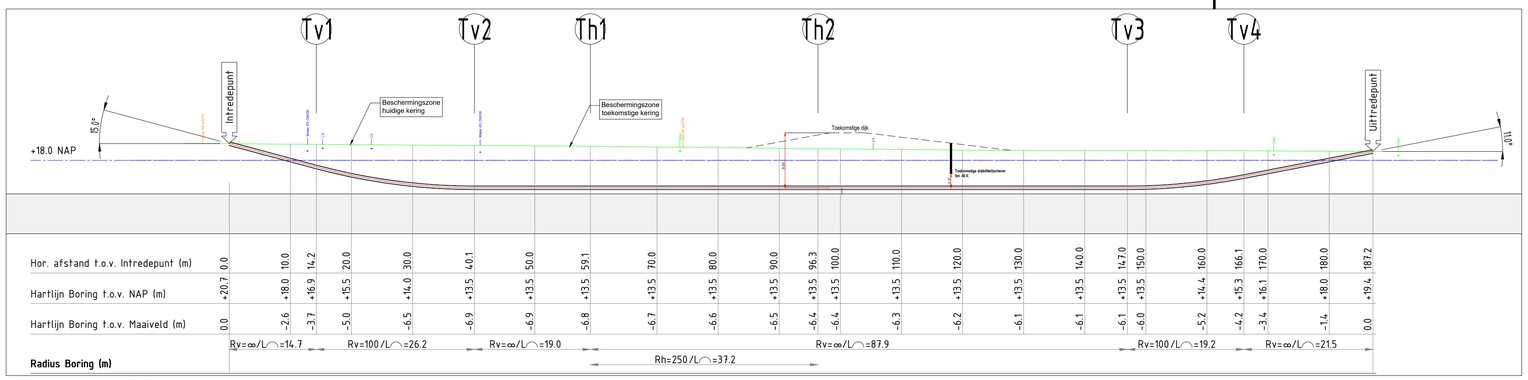
Schaal:	divers
Formaat:	A1
Datum:	23-07-2020
Projectnr:	2020-003-001
Status:	Definitief
Tekeningnr:	2020-003-001-TEK-HDD1b-v1.0

Bestandsnaam: 2020-003-001-TEK-HDD1-01.dwg Layout: Model Plotdatum: 08/10/2020

Deze tekening is eigendom van VHW engineering BV. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gekopieerd of aan derden ter inzage worden gegeven.

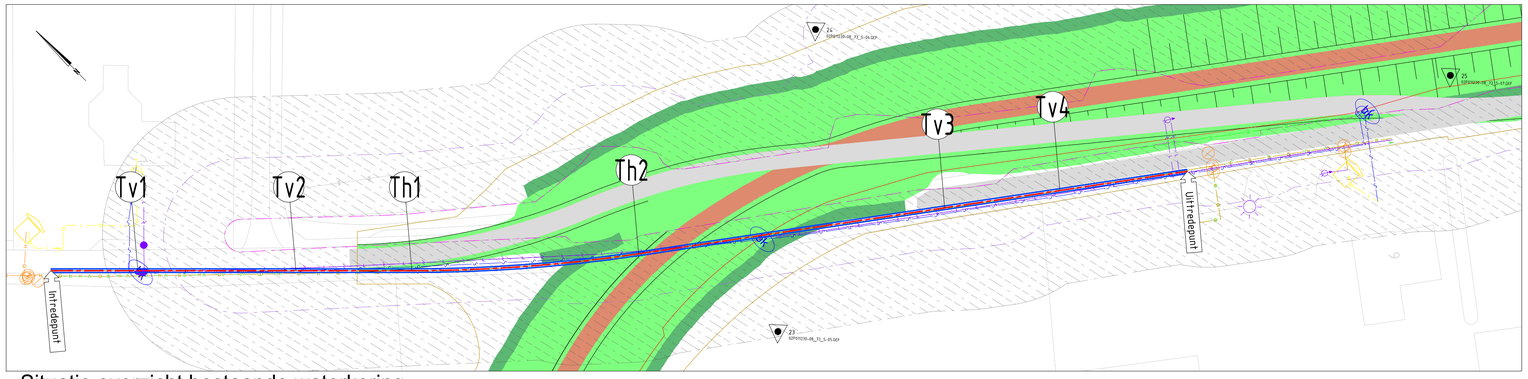
Bijlage 1c: Boortekening Gemeente Beesel

Boortekening 2020-003-001-TEK-HDD1c-v01, d.d. 08-10-2020



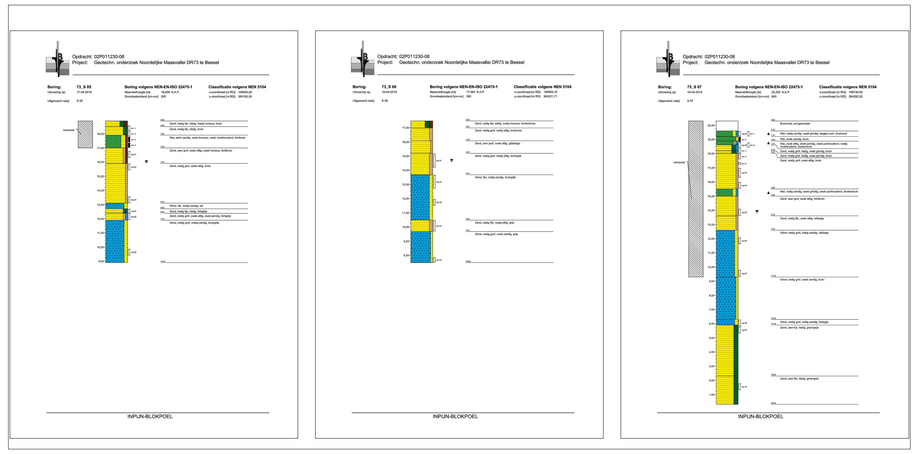
Bovenaanzicht

Schaal 1:500

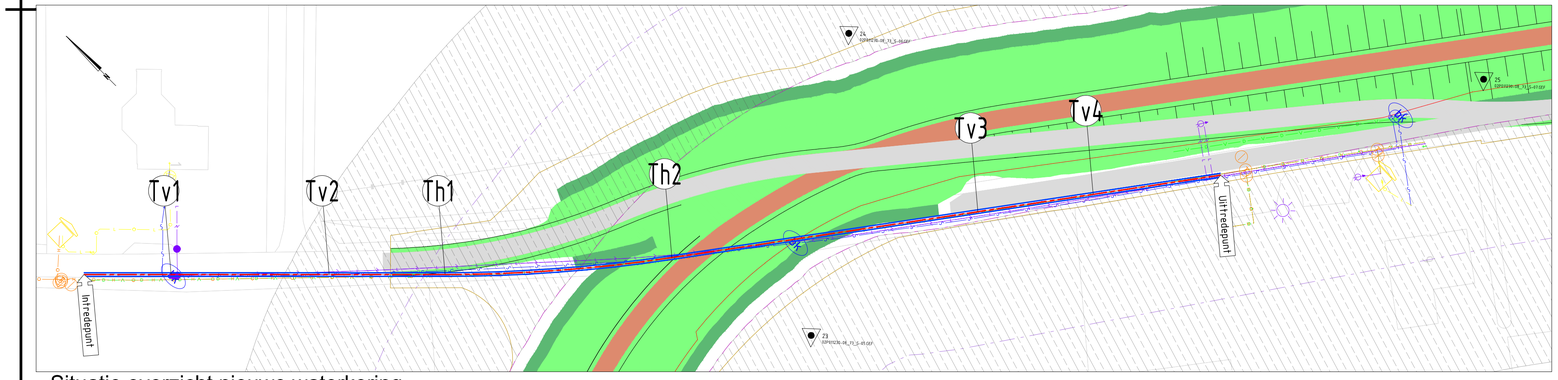


Situatie overzicht bestaande waterkering

Schaal 1:500



Boorstaten

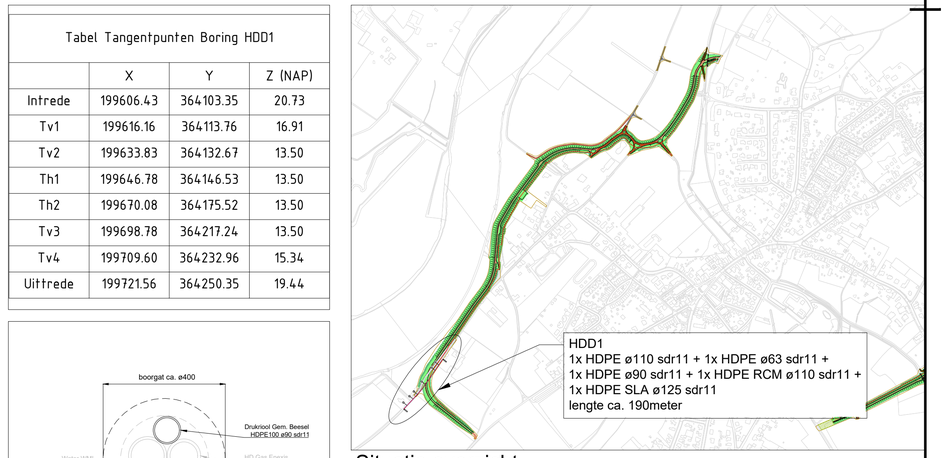


Situatie overzicht nieuwe waterkering

Schaal 1:500

Tabel Tangentpunten Boring HDD1

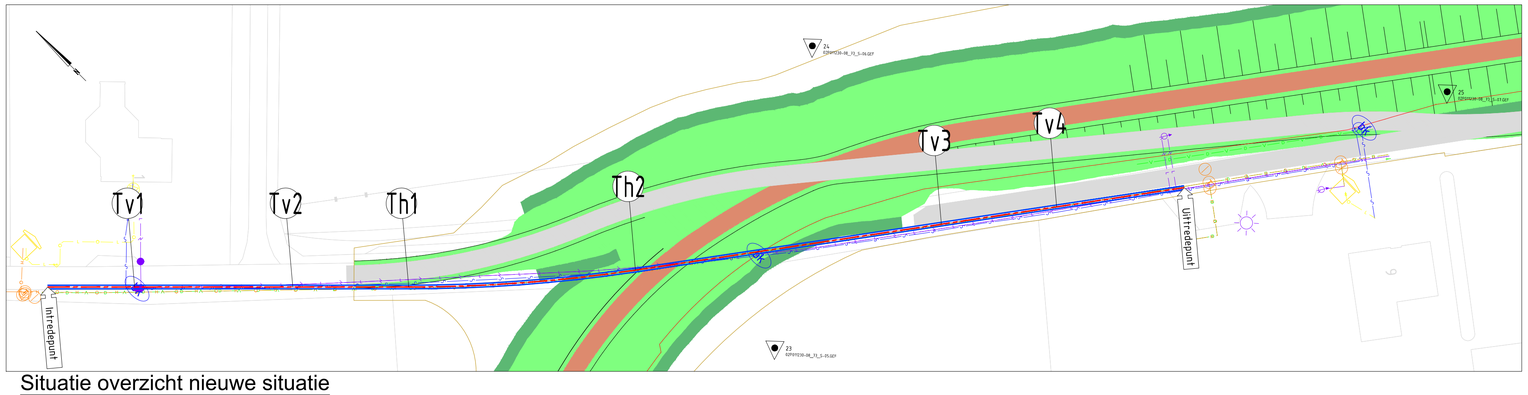
	X	Y	Z (NAP)
Intrede	199606.43	364103.35	20.73
Tv1	199616.16	364113.76	16.91
Tv2	199633.83	364132.67	13.50
Th1	199646.78	364146.53	13.50
Th2	199670.08	364175.52	13.50
Tv3	199698.78	364217.24	13.50
Tv4	199709.60	364232.96	15.34
Uittrede	199721.56	364250.35	19.44



Situatie overzicht

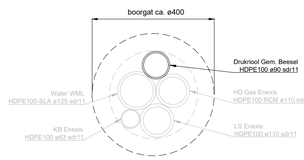
Schaal 1:5000

- Maaiveldhoogtes gebaseerd op AHN2
- Boren met Gyroscope
- Digitaal nameten
- Aanbrengen kleikist en kwelscherm (NEN3650/3651)
- Bodemopbouw dient gecontroleerd te worden door uitvoerende partij



Situatie overzicht nieuwe situatie

Schaal 1:500



LEGENDA BESTAANDE KABELS & LEIDINGEN (NLCS)

- Datatransport
- Laagspanning
- Middenspanning
- Hoogspanning
- Gasunie
- Drukriolering
- Vrijvervalriolering
- Water
- Gas Hogedruk
- Gas Lagedruk
- HDD
- Sondeerlocatie

Versie	Datum	Wijziging	Get.	Gez.
001	08-10-2020	Definitief t.b.v. vergunningaanvraag	MaTu	HvH

In opdracht van:

Gemeente Beesel

Vervaardigd door:

VHW Engineering BV
Focus op ondergrondse kabels en leidingen

VHW Engineering BV
Helftheuvelweg 11
5222 AV 's-Hertogenbosch

www.vhwengineering.nl
info@vhwengineering.nl

Project:

Dijkversterking DR73
HDD1 Kerkeveldweg te Beesel

Omschrijving:

1x PE100 ø63 sdr11 (Enexis) + 1x PE100 RCM ø110 sdr11 (Enexis) +

1x PE100 ø110 sdr11 (Enexis) + PE100 ø110 sdr11 (Gem. Beesel) +

1x PE100 SLA ø125 sdr11 (WML)

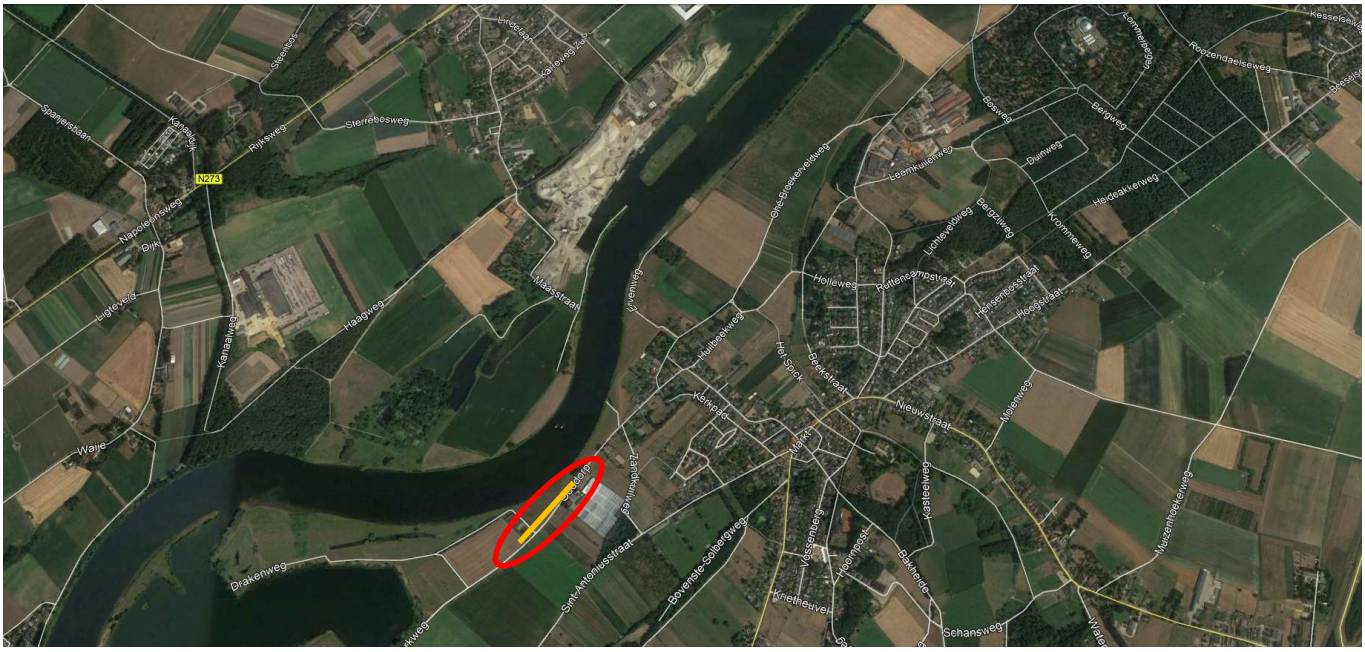
Schaal:	divers
Formaat:	A1
Datum:	23-07-2020
Projectnr:	2020-001-001
Status:	Definitief
Tekeningnr:	2020-003-001-TEK-HDD1c-v1.0

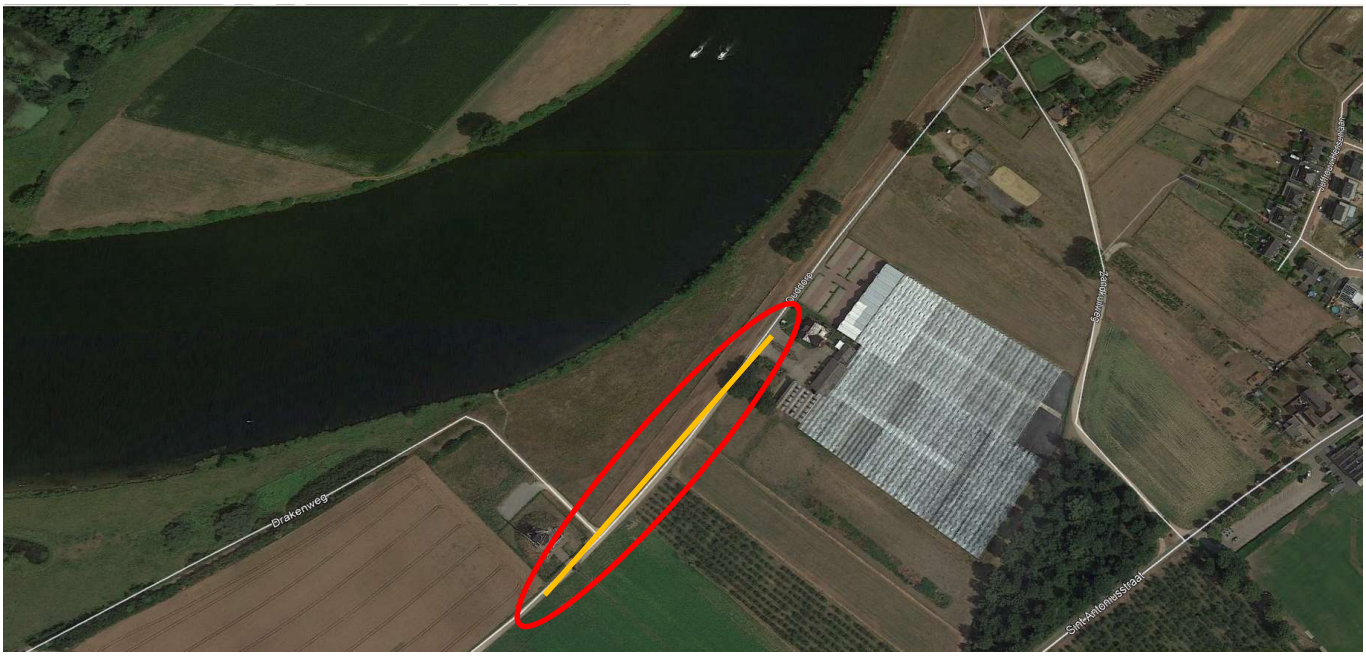
Bestandsnaam: 2020-003-001-TEK-HDD1-01.dwg Layout: Model Plotdatum: 08/10/2020

Deze tekening is eigendom van VHW engineering BV. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gekopieerd of aan derden ter inzage worden gegeven.

Bijlage 2: Luchtfoto's

Luchtfoto boorlocatie HDD1





Bijlage 3: Grondmechanisch onderzoek

- Selectie gebruikte sonderingen en grondboringen

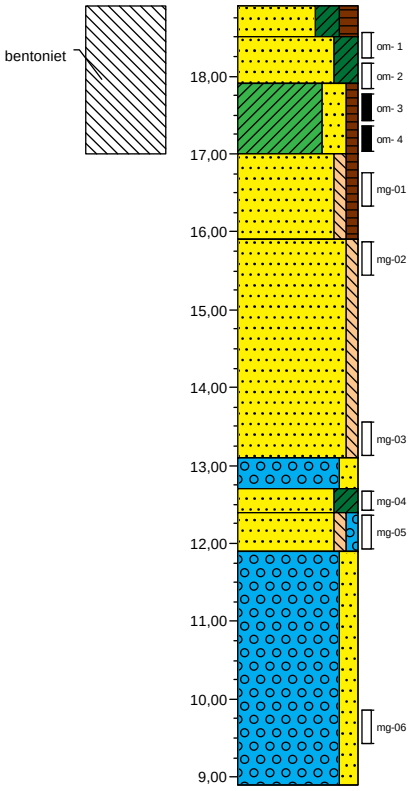
Opdracht: 02P011230-08
Project: Geotechn. onderzoek Noordelijke Maasvallei DR73 te Beesel

Boring: **73_S 05**
Uitvoering op: 17-04-2018

Uitgevoerd nabij: S 05

Boring volgens NEN-EN-ISO 22475-1
Maaiveldhoogte [m]: 18,899 N.A.P.
Grondwaterstand [cm-mv]: 290

Classificatie volgens NEN 5104
x-coordinaat [m RD]: 199695,00
y-coordinaat [m RD]: 364183,50



0,00	
0,40	Zand, matig fijn, kleiïg, matig humeus, bruin
1,00	Zand, matig fijn, kleiïg, bruin
1,90	Klei, sterk zandig, zwak humeus, zwak roesthoudend, lichtbruin
3,00	Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak humeus, lichtbruin
5,80	Zand, matig grof, zwak siltig, bruin
6,20	Grind, fijn, matig zandig, wit
6,50	Zand, matig fijn, kleiïg, lichtgrijs
7,00	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtgrijs
10,00	Grind, matig grof, matig zandig, bruingrijs

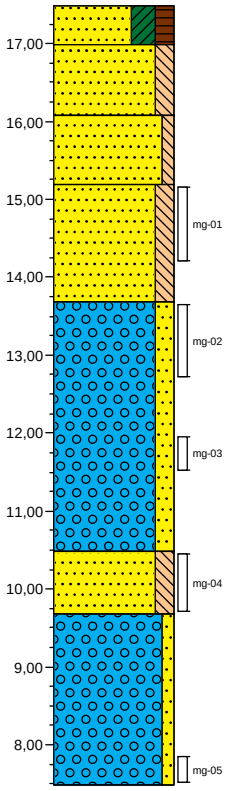
Opdracht: 02P011230-08
Project: Geotechn. onderzoek Noordelijke Maasvallei DR73 te Beesel

Boring: **73_S 06**
Uitvoering op: 16-04-2018

Uitgevoerd nabij: S 06

Boring volgens NEN-EN-ISO 22475-1
Maaiveldhoogte [m]: 17,484 N.A.P.
Grondwaterstand [cm-mv]: 280

Classificatie volgens NEN 5104
x-coordinaat [m RD]: 199663,10
y-coordinaat [m RD]: 364221,71



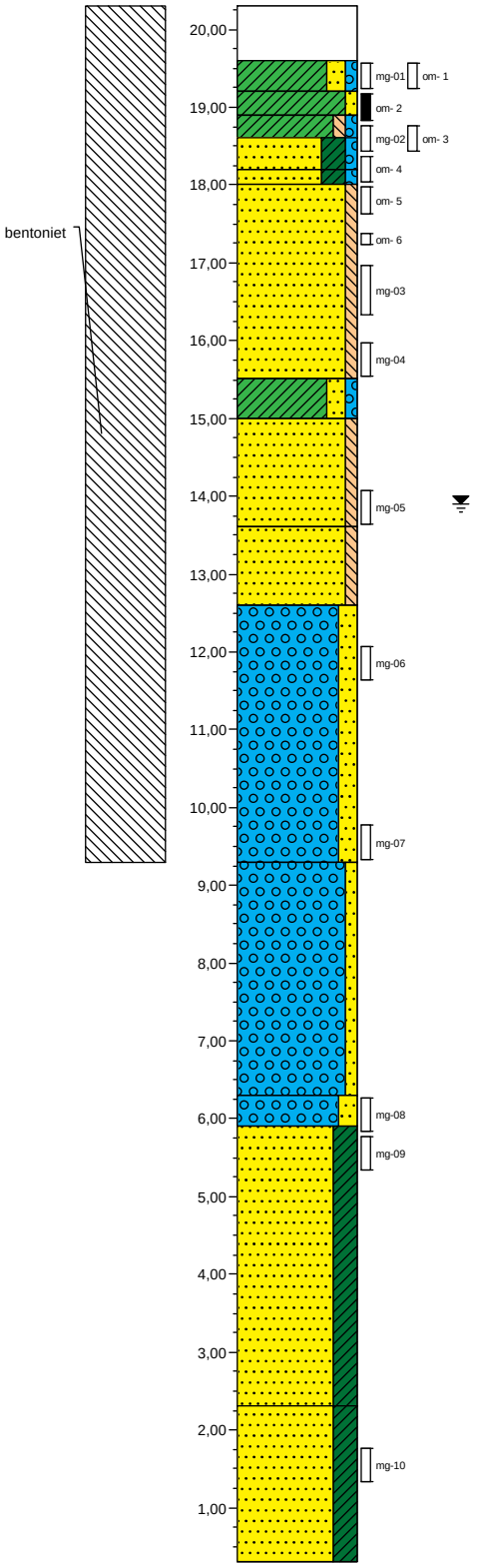
0,00 Zand, matig fijn, kleiïg, matig humeus, donkerbruin
0,50 Zand, matig grof, matig siltig, bruinrood
1,40 Zand, zeer grof, zwak siltig, grijsbeige
2,30 Zand, matig grof, matig siltig, bruingrijs
3,80 Grind, fijn, matig zandig, bruingrijs
7,00 Zand, matig fijn, matig siltig, grijs
7,80 Grind, matig grof, zwak zandig, grijs
10,00

Opdracht: 02P011230-08
Project: Geotechn. onderzoek Noordelijke Maasvallei DR73 te Beesel

Boring: **73_S 07**
Uitvoering op: 18-04-2018
Uitgevoerd nabij: S 07

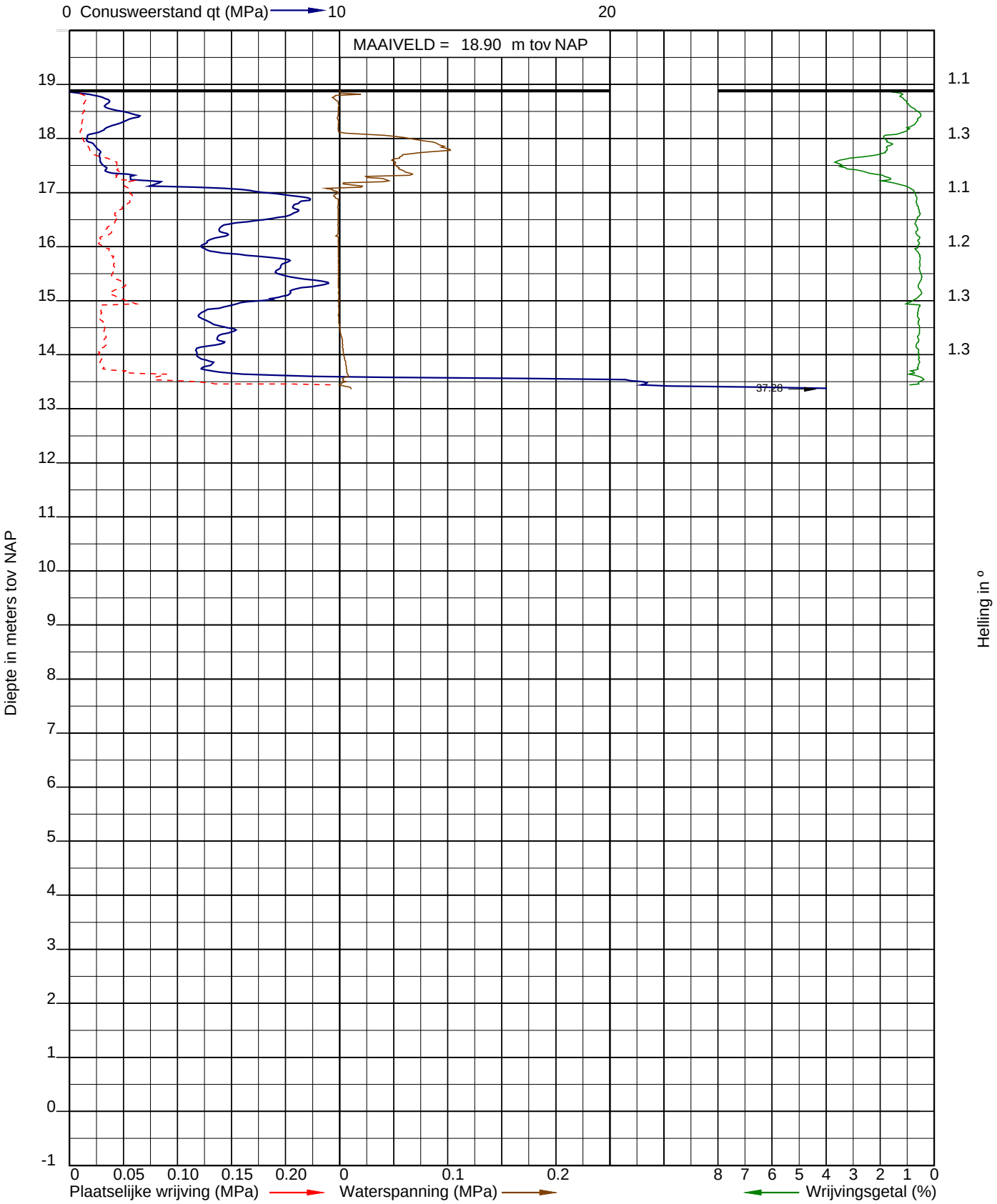
Boring volgens NEN-EN-ISO 22475-1
Maaiveldhoogte [m]: 20,302 N.A.P.
Grondwaterstand [cm-mv]: 640

Classificatie volgens NEN 5104
x-coordinaat [m RD]: 199739,50
y-coordinaat [m RD]: 364292,50



0,00	Bruinrood, puingranulaat
0,70	Klei, matig zandig, zwak grindig, laagjes puin, bruinrood
1,10	Klei, zwak zandig, bruin
1,40	Klei, zwak siltig, zwak grindig, zwak puinhoudend, matig houthoudend, donkerbruin
1,70	Zand, matig grof, kleïig, zwak grindig, bruin
2,10	Zand, matig grof, kleïig, zwak grindig, bruin
2,30	Zand, matig grof, zwak siltig, bruin
4,80	Klei, matig zandig, zwak grindig, zwak puinhoudend, donkerbruin
5,30	Zand, zeer grof, zwak siltig, lichtbruin
6,70	Zand, matig fijn, zwak siltig, witbeige
7,70	Grind, matig grof, matig zandig, witbeige
11,00	Grind, matig grof, zwak zandig, bruin
14,00	Grind, matig grof, matig zandig, lichtgrijs
14,40	Zand, zeer fijn, kleïig, groengrijs
18,00	Zand, zeer fijn, kleïig, groengrijs
20,00	

Opdracht: 02P011230-08
Project: Geotechnisch onderzoek Noordelijke Maasvallei dijkring 73 te Beesel



Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse 2
Conusnummer 060021

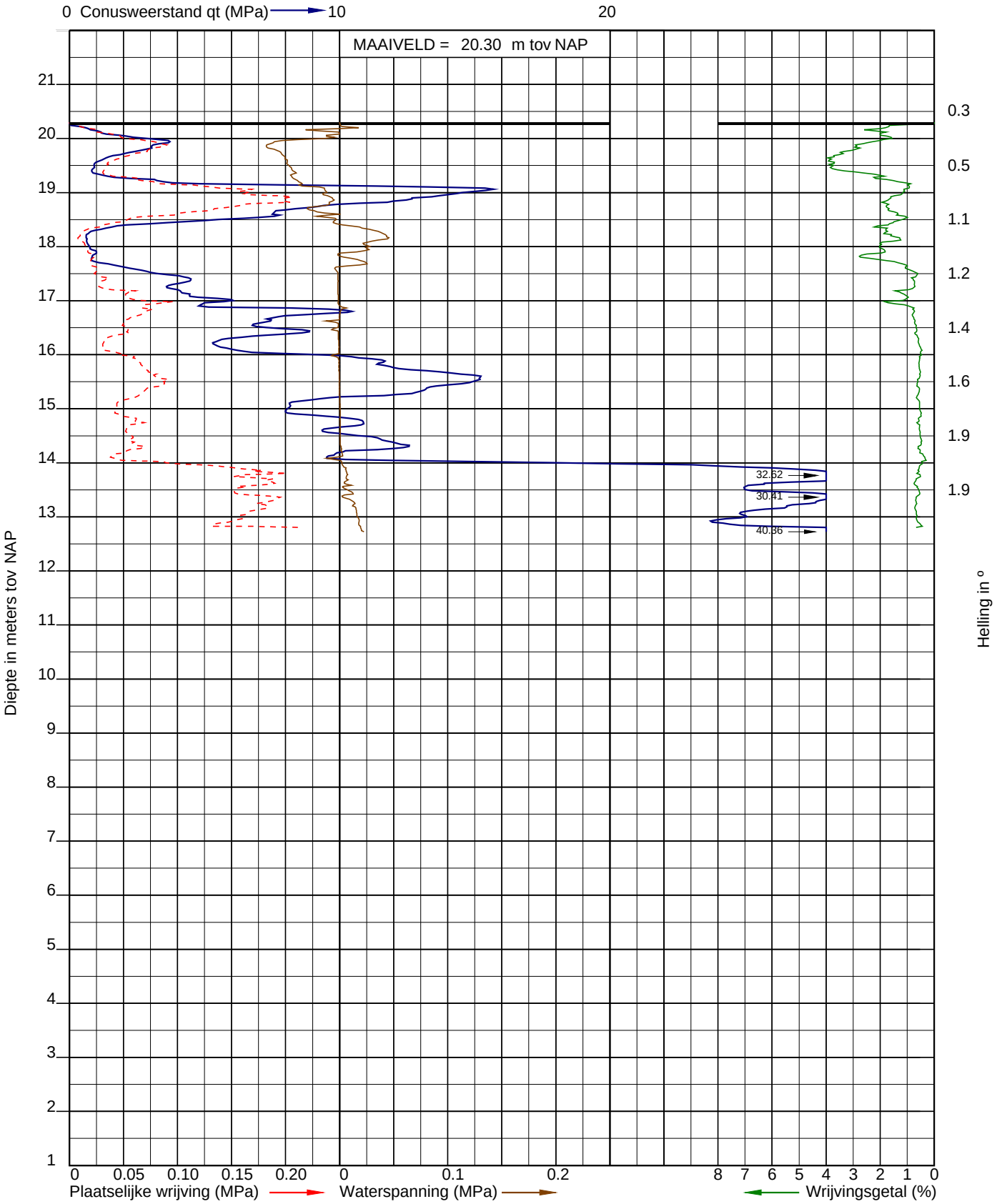
Uitvoerder: MARK VOS
Datum: 5-4-2018

X: 199694,964
Y: 364183,487

Sondering: 73_S-05

INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

Opdracht: 02P011230-08
Project: Geotechnisch onderzoek Noordelijke Maasvallei dijkring 73 te Beesel



Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse 2
Conusnummer 060077

Uitvoerder: MARK VOS
Datum: 5-4-2018

X: 199739,472
Y: 364292,509

Sondering: 73_S-07

INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

Bijlage 4: Oriëntatiemelding WION

Geachte heer, mevrouw,

Het Kadaster heeft een Oriëntatieverzoek ontvangen.

Het meldnummer van de KLIC-melding is: **20O066581**
Het ordernummer van de KLIC-melding is: **9812299831/10**
De referentie van de KLIC-melding is: **2020-003-001**

Hieronder treft u de gegevens aan van de melding en het overzicht, per thema, van beheerders met een belang in het opgegeven gebied. Het is mogelijk dat netbeheerders meerdere thema's in beheer hebben.
Uit de brief die u ontvangt bij de levering, kunt u opmaken voor welke thema's deze netbeheerders informatie hebben geleverd en of er een Eis Voorzorgsmaatregel van toepassing is waarvoor u contact met de netbeheerder dient op te nemen.

Let op: met een Oriëntatieverzoek kunt u in een vroeg stadium inzicht krijgen in de ligging van kabels en leidingen. Met een Oriëntatieverzoek mag u echter geen graafwerkzaamheden verrichten.

Gegevens aanvrager

Naam	Tubee
E-mailadres	mtubee@vhwengineering.nl
Relatienummer	605534
Bedrijf	VHW Engineering B.V.
KvK-nummer	17242946
Adres	Victorialaan 15-Locatie C
Postcode / Plaats	5213JG, 'S-HERTOGENBOSCH
Land	Nederland
Telefoon	(06) 30 77 26 00
Datum aanvraag	22-07-2020 15:41

Aard graafwerkzaamheden	Kabels/leidingen leggen Persing/boring

Oriëntatiegebied

RD-coördinaten	[(199556,364098), (199587,364065), (199639,364120), (199751,364276), (199712,364285), (199635,364171), (199577,364110), (199556,364098)]
Dichtstbijzijnd adres	Kerkeveldweg 1, 5954NG Beesel

Overzicht van beheerders met een belang in het opgegeven gebied:

Beheerder	Contactpersoon	E-mail	Tel	Fax	Thema
Enexis Netbeheer B.V.	KLICINFO	**klicinfo@enexis.nl**	0888577271		gas hoge druk gas lage druk laagspanning middenspanning
Gemeente Beesel	Vaessen	**jan.vaessen@beesel.nl**	(077) 474 92 92		riool onder druk riool vrijverval laagspanning wees overig
Cif p/a NKM Network Services B.V.	Kappers	**klic.algemeen@nkm.nl**	0318531594		datatransport laagspanning warmte
KPN B.V.	Klic	**orderintakeplan@kpn.com**	(030) 255 33 34		datatransport
NV Waterleidingmaatschappij Limburg	Orientatie	**KLICWIBON@WML.nl**	0438808671		datatransport laagspanning water
Reggefiber Operator B.V.	Reggefiber ttH B.V.	**klic-reggefiber@kpn.com**	088-0063767		datatransport
Waterschap Limburg	servicedesk	**servicedesk@waterschaplimburg.nl**	+31888890555		datatransport laagspanning
Ziggo B.V.	Network Inventory Management	**klic@vodafoneziggo.com**	088-7174401		datatransport

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

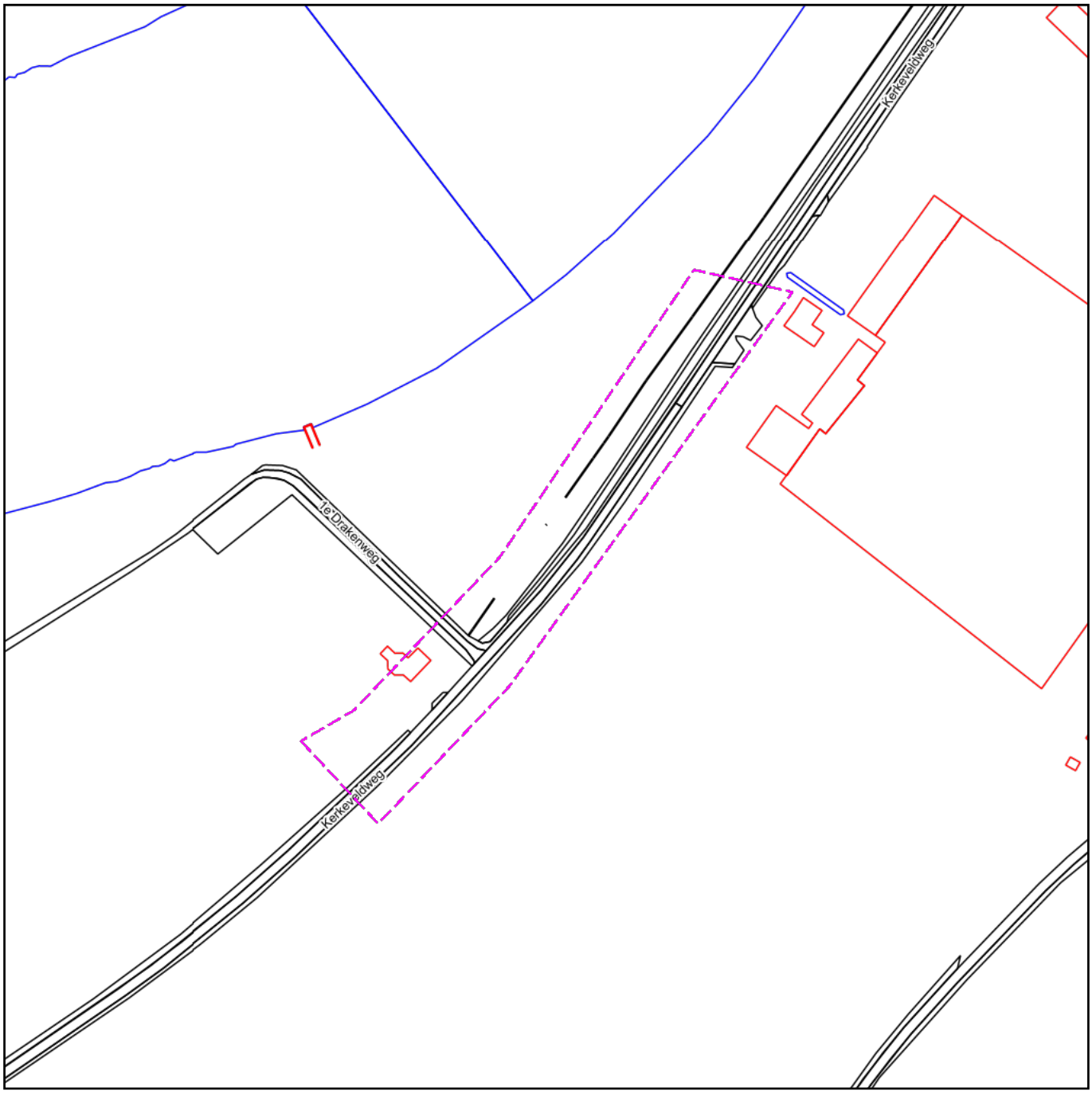
Kadaster Klantcontactcenter
klic@kadaster.nl
(0800) 00 80

Datum
22-07-2020 15:41

Onderwerp
Ontvangstbevestiging Oriëntatieverzoek

20O066581

Grafische weergave van het gebied:



50 m

Bijlage 5: Voorbeeld type boorrig

JT100 DIRECTIONAL DRILL

OPERATION	U.S.	METRIC
Spindle speed, max	210 rpm	
Spindle torque, max	12,000 ft·lb	16300 N·m
Carriage thrust travel speed	150 fpm	46 m/min
Carriage pullback travel speed	150 fpm	46 m/min
Thrust force	70,000 lb	311 kn
Pullback force	100,000 lb	445 kn
Bore diameter	6 in	152 mm
Backream diameter	Soil dependent	
Ground travel speed		
Forward/reverse	3.6 mph	5.8 km/h

POWER	U.S.	METRIC
Engine	Cummins QSB6.7	
Fuel	Diesel	
Cooling medium	Liquid	
Injection	Direct	
Aspiration	Turbocharged & charge air cooled	
Number of cylinders	6	
Displacement	409 in^3	6.7 L
Bore	4.21 in	107 mm
Stroke	4.88 in	124 mm
Manufacturer's gross power rating	260 hp	194 kW
Rated speed	2,200 rpm	
Emissions compliance	EPA Tier 4	EU Stage IV

DIMENSIONS	U.S.	METRIC
Length	368 in	9.35 m
Width	101 in	2.57 m
Height	110 in	2.79 m
Weight	47,470 lb	21,532 kg
Entry angle	10-15°	
Angle of approach	13°	
Angle of departure	17°	

DRILLING FLUID SYSTEM (ON BOARD)	U.S.	METRIC
Drilling fluid pressure, max	1,000 psi	69 bar
Drilling fluid flow, max	230 gpm	870 l/min

FLUID CAPACITIES	U.S.	METRIC
Hydraulic reservoir	47 gal	180 L
Fuel tank	97 gal	370 L

DRILL PIPE	U.S.	METRIC
Length of drill pipe, nominal	177 in	4.5 m
Diameter of drill pipe, tool joint end	4 in	102 mm
Diameter of drill pipe	3.63 in	92 mm
Bend radius, min	205 ft	63 m
Weight of drill pipe	229 lb	104 kg
Weight of drill pipe & box (12 pipe)	3,760 lb	1710 kg

BATTERY (2 USED)	
SAE reserve capacity rating	450 min
SAE cold crank rating @ 0ºF (-18ºC)	1,400 amps

Specifications are general and subject to change without notice. If exact measurements are required, equipment should be weighed and measured. Due to selected options, delivered equipment may not necessarily match that shown.

Bijlage 6: Drill-Sheet

Drill-Sheet

Rig nummer		Fase		Project nr.	
Datum		O.D. Pilot		Projectlocatie	
Blad		O.D. Ruimer		Mudpomp type	

VHW Engineering BV
Focus op ondergrondse kabels en leidingen
Victorialaan 15, 5213 JG 's-Hertogenbosch
www.vhwengineering.nl

Stang (nr)	Afstand (m)	Start/stop (tijd)	Push kN	Pull (cm/min of kN	Torque (Nm)	Muddruk (bar)	Mudflow (l/min)	Inclination (mm/m)	Azimut (graden)	Commentaar

Bijlage 7a: V&G-gevaren voortvloeiend uit de omgeving van de bouwlocatie

Veiligheids- en gezondheidsgevaren voortvloeiend uit de omgeving van de bouwlocatie

Omgevingsfactor	**Activiteit**	**Arbo-Risico**	**Risico-oorzaak**	**Suggesties**
Verkeerswegen	Alle	Lichamelijk letsel door aanrijding of botsing	Aanrijding, aanwezigheid van obstakels	Weg afsluiten voor doorgaand verkeer. Omleidingroutes en waarschuwingtekens aanbrengen voor verkeer. Lokaal gebonden verkeersmaatregelen treffen. Veiligheidsvesten.
Omwonenden, bezoekers, passanten en onbevoegden (inclusief (brom)fietsers)	Alle	Lichamelijk letsel door aanrijding, val, botsing, obstakels o.i.d.	Aanrijding, bouwverkeer, obstakels, sleuven, gaten, vallende voorwerpen	Alternatieve wandel- en fietsroutes. Afzetten of beschermen werklocaties / -stroken. Beveiliging inzetten. Verkeersmaatregelen treffen. (Brom)fietsers af laten stappen.
Kabels en leidingen van derden	Werkzaamheden nabij bestaande kabels en leidingen	Verstikking/ bedwelming, verdrinking, letsel door explosie, brand en elektrocutie	Beschadiging en/of breken van bestaande kabels en leidingen	Vrij laten schakelen kabels. Drukloos maken leidingen. Bestaande kabels en leidingen uit laten zetten. Proefsleuven maken. Kick-off meeting met betrokken kabel- en leidingeigenaren. Houden aan regels en voorschriften van betrokken kabel- en leidingeigenaren.
Sleuven / gaten	Graven en aanvullen sleuven en gaten Werken in de sleuf	Bedelving / verstikking	Inzakken sleuf of gat na graven	Opvolgen voorschriften van ISZW en “veilig werken in en om putten en sleuven” uitgegeven door de Veiligheids Informatiegroep “Bouw”.
Bodemverontreinigingen	Graafwerkzaamheden en bemalingen	Vergiftiging / bedwelming	Blootstelling aan toxische stoffen	Stoppen werkzaamheden. Saneren. Ander tracé. Zuiveren bemalingswater. PBM’s beschikbaar stellen.
Werken in de nabijheid van olieopslagtanks	Hot-work	Lichamelijk letsel door brand of explosie	Hot-work	Vergunning van het betreffende bedrijf. V&G overleg.
Kruisen watergang	Werkzaamheden nabij water	Verdrinking	Opkomend water, kwelwater, doorbreken dam / waterkering	Aanvullende maatregelen beheerder (HHRS / WS) opvolgen. Weersverwachting. Pompen water. Zo nodig PBM’s.
Grondwaterbeschermings -gebied	Werken met verontreinigende stoffen	Vergiftiging drinkwatervoorziening	Morsen	Volgen provinciale milieuverordening.
Overige				

Risico’s en beheersmaatregelen door aannemer in te vullen

Bijlage 7b: V&G-gevaren voortvloeiend uit het ontwerp

Veiligheids- en gezondheidsgevaren voortvloeiend uit het ontwerp

Bouwfase	**Activiteit**	**Arbo-Risico**	**Risico-oorzaak**	**Suggesties**
Grondwerk	Graven en aanvullen sleuven en gaten	Bedelving	Inzakken sleuf of gat na graven	Opvolgen “Veilig werken in en om putten en sleuven” uitgegeven door veiligheids Informatiegroep “Bouw”. Werkinstructie Ladders. Persoonlijke beschermingsmiddelen.
Boorwerk	HDD boorwerkzaamheden	Lichamelijk letsel, elektrocutie	Draaiende delen Beschadiging kabels en leidingen machines en apparatuur Bezwijken boorstangen	Keuring materieel en apparatuur. Voorlichting en instructie V&G. Persoonlijke beschermingsmiddelen. Gekwalificeerd personeel.
Hijswerk	Werken met kranen en andere hijswerktuigen	Vallende voorwerpen	Geraakt worden door vallende voorwerpen	Opvolgen voorschriften in publicatie AI 17. Dragen van veiligheidshelm en veiligheidsschoenen.
Overig				

Risico’s en beheersmaatregelen door aannemer in te vullen

Bijlage 8: Sterkte- en muddrukberekeningen

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2020 1.0 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : HDD boring Kerkeveldweg
Projectonderdeel : HDPE100 SLA ø125sdr11 Waterleiding

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	= $16{,}0 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **125,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **11,4**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p_d	= 0,3	N/mm^2
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m^3
Temperatuurverschil	Δ_t	= 10	°

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter boorkop/ruimer ivm boorspoeldruk	D_g	= 400	mm
Diameter boorstang	D_b	= 73	mm
Totale lengte	L	= 188,48	m
Lengte 1e rechte deel	L_1	= 14,75	m
Lengte neergaande bocht	L_2	= 26,18	m
Lengte 2e rechte deel	L_3	= 106,85	m
Lengte opgaande bocht	L_4	= 19,20	m
Lengte 3e rechte deel	L_5	= 21,50	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R_1	= 100,00	m
Straal opgaande bocht	R_2	= 100,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 11,00 / 19,44	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	14,75	3,70	-	Zand	17,82	-	30,00
Neergaande bocht	40,93	6,90	6,41	Zand	18,78	21,00	35,00
2e rechte deel	94,355	6,40	5,91	Zand	18,83	21,00	35,00
Opgaande bocht	147,78	6,10	5,58	Zand	19,00	21,00	35,00
3e rechte deel	166,98	4,20	-	Zand	18,67	-	35,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	15,00	Geen
Neergaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
2e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen
Opgaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
3e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 102,20	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 113,60	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 125,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 62,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 51,10	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 56,80	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 6.629.052,19	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 106.064,84	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 123,46	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 21,66	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 4.068,49	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0389	N/mm^1

2. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0389	N/mm^1	g	=	0,0389	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0389	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0389	N/mm^1

3. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

3.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	188,48	**1.318**
Na 1e deel intrekken	166,98	**1.168**
Na 2e deel intrekken	147,78	**1.034**
Na 3e deel intrekken	40,93	**286**
Na 4e deel intrekken	14,75	**103**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1{,}8 \cdot L \cdot 0{,}0389 \cdot 0{,}1$

3.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N]	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.318	**0,32**
Na 1e deel intrekken	1.168	**0,29**
Na 2e deel intrekken	1.034	**0,25**
Na 3e deel intrekken	286	**0,07**
Na 4e deel intrekken	103	**0,03**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{4.068{,}49}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

3.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052}{50.000} = 142.193{,}17 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{142.193{,}17}{106.065} = \mathbf{1{,}34} \text{ N/mm}^2$$

3.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	σ_t [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	0,32	**1,20**
Na 1e deel intrekken	0,29	**1,16**
Na 2e deel intrekken	0,25	**1,13**
Na 3e deel intrekken	0,07	**0,94**
Na 4e deel intrekken	0,03	**0,90**

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 1{,}34 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

4.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.
100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek}$ = 392,70 mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat g_{gat} = 0,0389 N/mm[1]
Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11{,}5 \cdot 125{,}00^2 \cdot \pi/4 = 0{,}141$ N/mm[1]
Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0{,}102$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1e deel intrekken	21,50	**1.551**	-
2e deel intrekken	40,70	-	**2.937**
3e deel intrekken	147,55	**10.647**	-
4e deel intrekken	173,73	-	**12.537**
Geheel ingetrokken	188,48	**13.601**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (392{,}70 \cdot 0{,}00005 + 0{,}102 \cdot 0{,}2)$
Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (392{,}70 \cdot 0{,}00005 + 0{,}102 \cdot 0{,}2)$

4.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

4.3.1 Neergaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{125{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 6.629.052{,}19}} = 0{,}0035 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0035^2 \cdot 975 \cdot 6.629.052{,}19}{125{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0023 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0023}{2} \cdot 125{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0035} \cdot 0{,}2 = \mathbf{184{,}48} \text{ N}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{125{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 6.629.052{,}19}} = 0{,}0035\ mm^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0035^2 \cdot 975 \cdot 6.629.052{,}19}{125{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0023\ N/mm^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0023}{2} \cdot 125{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0035} \cdot 0{,}2 = \mathbf{184{,}48}\ N$$

4.4 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	1.034	2.937	184	-	**4.155**
Opgaande bocht	103	12.537	184	184	**13.009**

Neergaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max}$
Opgaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max} + T_{3a,op} + T_{3b,op,max}$

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	4.155	**390**
Opgaande bocht	5,50	13.009	**1.223**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1{,}8 \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

4.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1e deel intrekken	1.168	1.551	-	-	-	-	**2.719**
2e deel intrekken	1.034	2.937	184	390	-	-	**4.545**
3e deel intrekken	286	10.647	184	390	-	-	**11.509**
4e deel intrekken	103	12.537	184	390	184	1.223	**14.297**
Geheel intrekken	0	13.601	184	390	184	1.223	**15.258**

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,neer,max} + T_{3c,neer} + T_{3b,op,max} + T_{3c,op}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.6 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
1e deel intrekken	2.719	**0,67**
2e deel intrekken	4.545	**1,12**
3e deel intrekken	11.509	**2,83**
4e deel intrekken	14.297	**3,51**
Geheel intrekken	15.258	**3,75**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{4.068,49}$$

4.7 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

4.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052,19}{0,9 \cdot 100.000} = 100.540,62 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{100.540,62}{106.064,84} = \mathbf{0,95} \text{ N/mm}^2$$

4.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052,19}{0,9 \cdot 100.000} = 100.540,62 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{100.540,62}{106.064,84} = \mathbf{0,95} \text{ N/mm}^2$$

4.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	2.719	0,67	-	**0,67**
Na 1e deel intrekken	4.545	1,12	0,95	**1,73**
Na 2e deel intrekken	11.509	2,83	-	**2,83**
Na 3e deel intrekken	14.297	3,51	0,95	**4,13**
Na 4e deel intrekken	15.258	3,75	-	**3,75**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{4.068,49} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

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

$D_g/d_n = 113{,}60/11{,}40 = 9{,}96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow$ Dikwandige leiding

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{62{,}50^2 + 51{,}10^2}{62{,}50^2 - 51{,}10^2} \cdot 0{,}3 = 1{,}51 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{y1} = \sigma_p = 1{,}51$ N/mm^2

$\sigma_{pl} = \upsilon \cdot \sigma_p = 0{,}4 \cdot 1{,}51 = 0{,}60$ N/mm^2

Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm^2

5.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w}\right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0{,}3 \cdot 56{,}8^3 \cdot 0{,}143}{975 \cdot 123{,}46}\right) = 0{,}88$$

5.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_{totaal} [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
1e rechte deel	3,70	-	Zand	-	-	72,53	9,07
Neergaande bocht	6,90	6,41	Zand	132,42	11,32	143,74	17,35
2e rechte deel	6,40	5,91	Zand	122,41	11,32	133,73	16,10
Opgaande bocht	6,10	5,58	Zand	116,62	12,01	128,63	15,43
3e rechte deel	4,20	-	Zand	-	-	86,26	10,78

$$Q_n = (\gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o$$

5.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
1e rechte deel	3,70	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	6,90	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	6,40	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	6,10	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	4,20	Geen	0,00	0,00

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 125$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steun-druk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
1e rechte deel	✓	9,07	0,00	9,07	100,45(1)	**4,10**
Neergaande bocht	✓	17,35	0,00	17,35	201,28(1)	**8,22**
2e rechte deel	✓	16,10	0,00	16,10	186,78(1)	**7,63**
Opgaande bocht	✓	15,43	0,00	15,43	178,95(1)	**7,31**
3e rechte deel	✓	10,78	0,00	10,78	125,05(1)	**5,11**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 56{,}80 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 56{,}80$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 0{,}88 \cdot \frac{M_q}{21{,}66}$$

5.6 Optredende spanning s_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

5.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0023 \cdot 125{,}00 \cdot \frac{62{,}50}{21{,}66} = \mathbf{0{,}15}\ \text{N/mm}^2$$

5.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0023 \cdot 125{,}00 \cdot \frac{62{,}50}{21{,}66} = \mathbf{0{,}15}\ \text{N/mm}^2$$

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

$\sigma_{ax} = \Delta_t \cdot \alpha_g \cdot E$

$\sigma_{ax} = 10 \cdot 0{,}00016 \cdot 975 = \mathbf{1{,}56}$ N/mm^2

6. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{123{,}46}{113{,}6^3} = 0{,}0821\ \text{N/mm}^2 = \mathbf{82{,}11}\ \text{kN/m}^2$$

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

7. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 123{,}46}{113{,}60^3} = 1{,}56\ \text{N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 123{,}46}{113{,}60^3} = 0{,}28\ \text{N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,07** m grondwater boven de leiding

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

8. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

8.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
1e rechte deel	4,10	-	0,65	**2,67**
Neergaande bocht	8,22	0,15	0,65	**5,44**
2e rechte deel	7,63	-	0,65	**4,96**
Opgaande bocht	7,31	0,15	0,65	**4,85**
3e rechte deel	5,11	-	0,65	**3,32**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

8.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
1e rechte deel	0,60	1,56	-	-	**2,16**
Neergaande bocht	0,60	1,56	0,95	0,65	**2,78**
2e rechte deel	0,60	1,56	-	-	**2,16**
Opgaande bocht	0,60	1,56	0,95	0,65	**2,78**
3e rechte deel	0,60	1,56	-	-	**2,16**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot \sigma_b + \sigma_{ax}$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

9. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^2]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	9,07	0,00	-	**1,83**	1,61
Neergaande bocht	17,35	0,00	0,0023	**3,95**	3,47
2e rechte deel	16,10	0,00	-	**3,66**	3,22
Opgaande bocht	15,43	0,00	0,0023	**3,51**	3,09
3e rechte deel	10,78	0,00	-	**2,45**	2,16

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

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 56{,}80^3}{350 \cdot 123{,}46}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 113,60 = **9,09** mm

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

10. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	G [MN/m²]
1e rechte deel	3,70	59,94	29,97	44,96	67,43	5,63
Neergaande bocht	6,90	113,89	48,57	81,23	127,82	28,87
2e rechte deel	6,40	105,62	45,04	75,33	118,54	28,87
Opgaande bocht	6,10	101,11	43,12	72,11	113,47	28,87
3e rechte deel	4,20	71,29	30,40	50,84	80,00	28,87

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm²]	p_{st} [N/mm²]	Δp [N/mm²]	p_{lim} [N/mm²]
1e rechte deel	0,0040	1,00	0,0000	0,0000	0,00	0,42
Neergaande bocht	0,0016	1,57	0,0049	0,005528	0,01	1,34
2e rechte deel	0,0015	1,63	0,0049	0,005528	0,02	1,27
Opgaande bocht	0,0014	1,67	0,0052	0,005866	0,03	1,24
3e rechte deel	0,0010	1,99	0,0000	0,0000	0,03	0,99

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

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

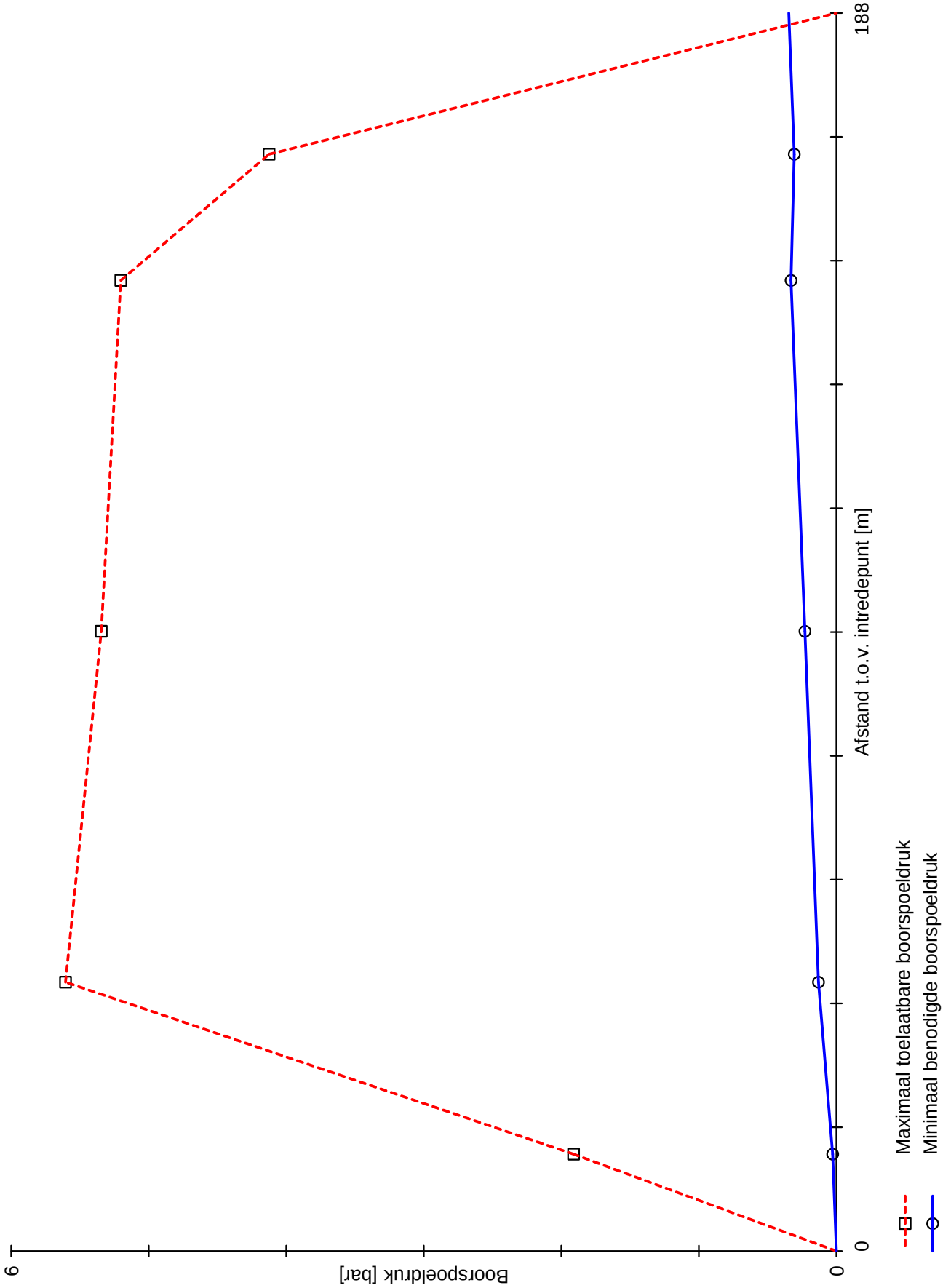
Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	**191,07**	382,45	**2,71**	**1,91**	3,82	**0,03**
Neergaande bocht	**560,49**	1.202,77	**13,04**	**5,60**	12,03	**0,13**
2e rechte deel	**534,50**	1.146,73	**22,84**	**5,35**	11,47	**0,23**
Opgaande bocht	**520,31**	1.115,73	**32,98**	**5,20**	11,16	**0,33**
3e rechte deel	**412,51**	889,76	**30,64**	**4,13**	8,90	**0,31**

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o}{R_{p,max}}^{2} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$p_{min} = p_{st} + \Delta p$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 | Sigma 2020 1.0 ©



Gestuurde boring | 12-10-2020 16:35:59

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2020 1.0 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : HDD boring Kerkeveldweg
Projectonderdeel : HDPE100 RCM ø110sdr11 Gasleiding

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	= $16{,}0 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Gas	
Ontwerpdruk	p_d	= 0,8	N/mm^2
Volumieke massa medium	ρ_{omg}	= 0,833	kg/m^3
Temperatuurverschil	Δ_t	= 10	°

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter boorkop/ruimer ivm boorspoeldruk	D_g	= 400	mm
Diameter boorstang	D_b	= 73	mm
Totale lengte	L	= 188,48	m
Lengte 1e rechte deel	L_1	= 14,75	m
Lengte neergaande bocht	L_2	= 26,18	m
Lengte 2e rechte deel	L_3	= 106,85	m
Lengte opgaande bocht	L_4	= 19,20	m
Lengte 3e rechte deel	L_5	= 21,50	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R_1	= 100,00	m
Straal opgaande bocht	R_2	= 100,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 11,00 / 19,44	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	14,75	3,70	-	Zand	17,82	-	30,00
Neergaande bocht	40,93	6,90	6,41	Zand	18,78	21,00	35,00
2e rechte deel	94,355	6,40	5,91	Zand	18,83	21,00	35,00
Opgaande bocht	147,78	6,10	5,58	Zand	19,00	21,00	35,00
3e rechte deel	166,98	4,20	-	Zand	18,67	-	35,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	15,00	Geen
Neergaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
2e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen
Opgaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
3e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen

© 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
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm^1

2. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0300	N/mm^1	g	=	0,0300	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0300	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0300	N/mm^1

3. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

3.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	188,48	**1.018**
Na 1e deel intrekken	166,98	**902**
Na 2e deel intrekken	147,78	**798**
Na 3e deel intrekken	40,93	**221**
Na 4e deel intrekken	14,75	**80**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1{,}8 \cdot L \cdot 0{,}0300 \cdot 0{,}1$

3.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N]	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.018	**0,32**
Na 1e deel intrekken	902	**0,29**
Na 2e deel intrekken	798	**0,25**
Na 3e deel intrekken	221	**0,07**
Na 4e deel intrekken	80	**0,03**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

3.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{50.000} = 85.076{,}29 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{85.076{,}29}{72.114} = \mathbf{1{,}18} \text{ N/mm}^2$$

3.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	σ_t [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	0,32	**1,09**
Na 1e deel intrekken	0,29	**1,05**
Na 2e deel intrekken	0,25	**1,02**
Na 3e deel intrekken	0,07	**0,84**
Na 4e deel intrekken	0,03	**0,79**

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 1{,}18 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

4.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.
100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek}$ = 345,58 mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat g_{gat} = 0,0300 N/mm[1]
Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11{,}5 \cdot 110{,}00^2 \cdot \pi/4 = 0{,}109$ N/mm[1]
Gelet hierop is $g_{eff} = |\, g_{gat} - g_{opw} \,| = 0{,}0793$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1e deel intrekken	21,50	**1.282**	-
2e deel intrekken	40,70	-	**2.428**
3e deel intrekken	147,55	**8.801**	-
4e deel intrekken	173,73	-	**10.362**
Geheel ingetrokken	188,48	**11.242**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (345{,}58 \cdot 0{,}00005 + 0{,}0793 \cdot 0{,}2)$
Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (345{,}58 \cdot 0{,}00005 + 0{,}0793 \cdot 0{,}2)$

4.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

4.3.1 Neergaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}} = 0{,}0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0019 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0019}{2} \cdot 110{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0039} \cdot 0{,}2 = \mathbf{121{,}55} \text{ N}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}} = 0{,}0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0019 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0019}{2} \cdot 110{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0039} \cdot 0{,}2 = \mathbf{121{,}55} \text{ N}$$

4.4 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	798	2.428	122	-	**3.347**
Opgaande bocht	80	10.362	122	122	**10.685**

Neergaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max}$
Opgaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max} + T_{3a,op} + T_{3b,op,max}$

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	3.347	**315**
Opgaande bocht	5,50	10.685	**1.004**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1{,}8 \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

4.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1e deel intrekken	902	1.282	-	-	-	-	**2.184**
2e deel intrekken	798	2.428	122	315	-	-	**3.662**
3e deel intrekken	221	8.801	122	315	-	-	**9.458**
4e deel intrekken	80	10.362	122	315	122	1.004	**11.737**
Geheel intrekken	0	11.242	122	315	122	1.004	**12.537**

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,neer,max} + T_{3c,neer} + T_{3b,op,max} + T_{3c,op}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.6 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
1e deel intrekken	2.184	**0,70**
2e deel intrekken	3.662	**1,17**
3e deel intrekken	9.458	**3,01**
4e deel intrekken	11.737	**3,74**
Geheel intrekken	12.537	**3,99**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59}$$

4.7 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

4.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 100.000} = 60.154,95 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{60.154,95}{72.113,83} = \mathbf{0,83} \text{ N/mm}^2$$

4.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 100.000} = 60.154,95 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{60.154,95}{72.113,83} = \mathbf{0,83} \text{ N/mm}^2$$

4.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	2.184	0,70	-	**0,70**
Na 1e deel intrekken	3.662	1,17	0,83	**1,71**
Na 2e deel intrekken	9.458	3,01	-	**3,01**
Na 3e deel intrekken	11.737	3,74	0,83	**4,28**
Na 4e deel intrekken	12.537	3,99	-	**3,99**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

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

$D_g/d_n = 100{,}00/10{,}00 = 10{,}00 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow$ Dikwandige leiding

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{55{,}00^2 + 45{,}00^2}{55{,}00^2 - 45{,}00^2} \cdot 0{,}8 = 4{,}04 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{y1} = \sigma_p = 4{,}04$ N/mm²

$\sigma_{pl} = \upsilon \cdot \sigma_p = 0{,}4 \cdot 4{,}04 = 1{,}62$ N/mm²

Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm²

5.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w}\right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0{,}8 \cdot 50^3 \cdot 0{,}143}{975 \cdot 83{,}33}\right) = 0{,}74$$

5.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m²]	q_{nat} [kN/m²]	q_{totaal} [kN/m²]	Q_n [N/mm¹]
1e rechte deel	3,70	-	Zand	-	-	72,53	7,98
Neergaande bocht	6,90	6,41	Zand	132,42	11,32	143,74	15,27
2e rechte deel	6,40	5,91	Zand	122,41	11,32	133,73	14,17
Opgaande bocht	6,10	5,58	Zand	116,62	12,01	128,63	13,58
3e rechte deel	4,20	-	Zand	-	-	86,26	9,49

$$Q_n = (\gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o$$

5.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m²]	Q_v [N/mm¹]
1e rechte deel	3,70	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	6,90	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	6,40	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	6,10	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	4,20	Geen	0,00	0,00

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steun-druk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
1e rechte deel	✓	7,98	0,00	7,98	77,82(1)	**3,45**
Neergaande bocht	✓	15,27	0,00	15,27	155,92(1)	**6,92**
2e rechte deel	✓	14,17	0,00	14,17	144,69(1)	**6,42**
Opgaande bocht	✓	13,58	0,00	13,58	138,62(1)	**6,15**
3e rechte deel	✓	9,49	0,00	9,49	96,87(1)	**4,30**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 0{,}74 \cdot \frac{M_q}{16{,}67}$$

5.6 Optredende spanning s_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

5.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0019 \cdot 110{,}00 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67} = \mathbf{0{,}12}\ \text{N/mm}^2$$

5.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0019 \cdot 110{,}00 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67} = \mathbf{0{,}12}\ \text{N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{ax} = \Delta_t \cdot \alpha_g \cdot E$$

$$\sigma_{ax} = 10 \cdot 0{,}00016 \cdot 975 = \mathbf{1{,}56}\ \text{N/mm}^2$$

6. 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/m^2

7. 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

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

8. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

8.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
1e rechte deel	3,45	-	0,65	**2,24**
Neergaande bocht	6,92	0,12	0,65	**4,58**
2e rechte deel	6,42	-	0,65	**4,17**
Opgaande bocht	6,15	0,12	0,65	**4,08**
3e rechte deel	4,30	-	0,65	**2,79**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

8.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
1e rechte deel	1,62	1,56	-	-	**3,18**
Neergaande bocht	1,62	1,56	0,83	0,65	**3,72**
2e rechte deel	1,62	1,56	-	-	**3,18**
Opgaande bocht	1,62	1,56	0,83	0,65	**3,72**
3e rechte deel	1,62	1,56	-	-	**3,18**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot \sigma_b + \sigma_{ax}$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

9. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^2]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	7,98	0,00	-	**1,62**	1,62
Neergaande bocht	15,27	0,00	0,0019	**3,51**	3,51
2e rechte deel	14,17	0,00	-	**3,26**	3,26
Opgaande bocht	13,58	0,00	0,0019	**3,12**	3,12
3e rechte deel	9,49	0,00	-	**2,18**	2,18

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

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33}$$

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

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

10. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	G [MN/m²]
1e rechte deel	3,70	59,94	29,97	44,96	67,43	5,63
Neergaande bocht	6,90	113,89	48,57	81,23	127,82	28,87
2e rechte deel	6,40	105,62	45,04	75,33	118,54	28,87
Opgaande bocht	6,10	101,11	43,12	72,11	113,47	28,87
3e rechte deel	4,20	71,29	30,40	50,84	80,00	28,87

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm²]	p_{st} [N/mm²]	Δp [N/mm²]	p_{lim} [N/mm²]
1e rechte deel	0,0040	1,00	0,0000	0,0000	0,00	0,42
Neergaande bocht	0,0016	1,57	0,0049	0,005528	0,01	1,34
2e rechte deel	0,0015	1,63	0,0049	0,005528	0,02	1,27
Opgaande bocht	0,0014	1,67	0,0052	0,005866	0,03	1,24
3e rechte deel	0,0010	1,99	0,0000	0,0000	0,03	0,99

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

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

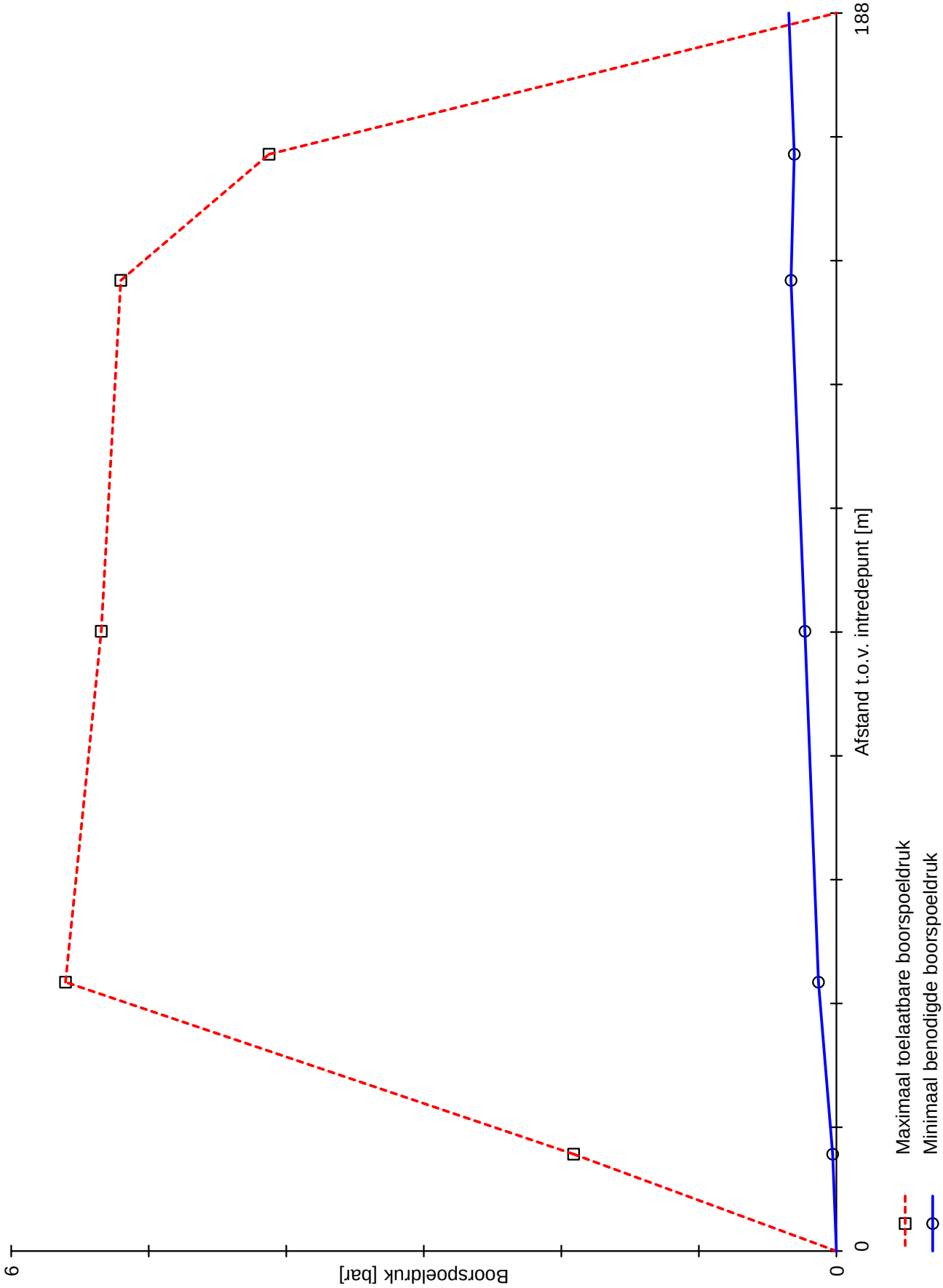
Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	**191,07**	382,45	**2,71**	**1,91**	3,82	**0,03**
Neergaande bocht	**560,49**	1.202,77	**13,04**	**5,60**	12,03	**0,13**
2e rechte deel	**534,50**	1.146,73	**22,84**	**5,35**	11,47	**0,23**
Opgaande bocht	**520,31**	1.115,73	**32,98**	**5,20**	11,16	**0,33**
3e rechte deel	**412,51**	889,76	**30,64**	**4,13**	8,90	**0,31**

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o}{R_{p,max}}^{2} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$p_{min} = p_{st} + \Delta p$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 | Sigma 2020 1.0 ©



Gestuurde boring | 12-10-2020 16:36:38

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2020 1.0 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : HDD boring Kerkeveldweg
Projectonderdeel : HDPE100 ø110sdr11 Laagspanning

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 Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter boorkop/ruimer ivm boorspoeldruk	D_g	= 400	mm
Diameter boorstang	D_b	= 73	mm
Totale lengte	L	= 188,48	m
Lengte 1e rechte deel	L_1	= 14,75	m
Lengte neergaande bocht	L_2	= 26,18	m
Lengte 2e rechte deel	L_3	= 106,85	m
Lengte opgaande bocht	L_4	= 19,20	m
Lengte 3e rechte deel	L_5	= 21,50	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R_1	= 100,00	m
Straal opgaande bocht	R_2	= 100,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 11,00 / 19,44	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	14,75	3,70	-	Zand	17,82	-	30,00
Neergaande bocht	40,93	6,90	6,41	Zand	18,78	21,00	35,00
2e rechte deel	94,355	6,40	5,91	Zand	18,83	21,00	35,00
Opgaande bocht	147,78	6,10	5,58	Zand	19,00	21,00	35,00
3e rechte deel	166,98	4,20	-	Zand	18,67	-	35,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	15,00	Geen
Neergaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
2e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen
Opgaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
3e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen

© 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
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm^1

2. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0300	N/mm^1	g	=	0,0300	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0300	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0300	N/mm^1

3. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

3.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	188,48	**1.018**
Na 1e deel intrekken	166,98	**902**
Na 2e deel intrekken	147,78	**798**
Na 3e deel intrekken	40,93	**221**
Na 4e deel intrekken	14,75	**80**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1{,}8 \cdot L \cdot 0{,}0300 \cdot 0{,}1$

3.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N]	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.018	**0,32**
Na 1e deel intrekken	902	**0,29**
Na 2e deel intrekken	798	**0,25**
Na 3e deel intrekken	221	**0,07**
Na 4e deel intrekken	80	**0,03**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

3.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{50.000} = 85.076{,}29 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{85.076{,}29}{72.114} = \mathbf{1{,}18} \text{ N/mm}^2$$

3.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	σ_t [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	0,32	**1,09**
Na 1e deel intrekken	0,29	**1,05**
Na 2e deel intrekken	0,25	**1,02**
Na 3e deel intrekken	0,07	**0,84**
Na 4e deel intrekken	0,03	**0,79**

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 1{,}18 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

4.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.
100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek}$ = 345,58 mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat g_{gat} = 0,0300 N/mm[1]
Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11{,}5 \cdot 110{,}00^2 \cdot \pi/4 = 0{,}109$ N/mm[1]
Gelet hierop is $g_{eff} = |\, g_{gat} - g_{opw} \,| = 0{,}0793$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1e deel intrekken	21,50	**1.282**	-
2e deel intrekken	40,70	-	**2.428**
3e deel intrekken	147,55	**8.801**	-
4e deel intrekken	173,73	-	**10.362**
Geheel ingetrokken	188,48	**11.242**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (345{,}58 \cdot 0{,}00005 + 0{,}0793 \cdot 0{,}2)$
Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (345{,}58 \cdot 0{,}00005 + 0{,}0793 \cdot 0{,}2)$

4.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

4.3.1 Neergaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}} = 0{,}0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0019 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0019}{2} \cdot 110{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0039} \cdot 0{,}2 = \mathbf{121{,}55} \text{ N}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}} = 0{,}0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0019 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0019}{2} \cdot 110{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0039} \cdot 0{,}2 = \mathbf{121{,}55} \text{ N}$$

4.4 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	798	2.428	122	-	**3.347**
Opgaande bocht	80	10.362	122	122	**10.685**

Neergaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max}$
Opgaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max} + T_{3a,op} + T_{3b,op,max}$

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	3.347	**315**
Opgaande bocht	5,50	10.685	**1.004**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1{,}8 \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

4.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1e deel intrekken	902	1.282	-	-	-	-	**2.184**
2e deel intrekken	798	2.428	122	315	-	-	**3.662**
3e deel intrekken	221	8.801	122	315	-	-	**9.458**
4e deel intrekken	80	10.362	122	315	122	1.004	**11.737**
Geheel intrekken	0	11.242	122	315	122	1.004	**12.537**

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,neer,max} + T_{3c,neer} + T_{3b,op,max} + T_{3c,op}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.6 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
1e deel intrekken	2.184	**0,70**
2e deel intrekken	3.662	**1,17**
3e deel intrekken	9.458	**3,01**
4e deel intrekken	11.737	**3,74**
Geheel intrekken	12.537	**3,99**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59}$$

4.7 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

4.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 100.000} = 60.154,95 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{60.154,95}{72.113,83} = \mathbf{0,83} \text{ N/mm}^2$$

4.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 100.000} = 60.154,95 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{60.154,95}{72.113,83} = \mathbf{0,83} \text{ N/mm}^2$$

4.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	2.184	0,70	-	**0,70**
Na 1e deel intrekken	3.662	1,17	0,83	**1,71**
Na 2e deel intrekken	9.458	3,01	-	**3,01**
Na 3e deel intrekken	11.737	3,74	0,83	**4,28**
Na 4e deel intrekken	12.537	3,99	-	**3,99**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

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

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

5.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

5.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_{totaal} [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
1e rechte deel	3,70	-	Zand	-	-	72,53	7,98
Neergaande bocht	6,90	6,41	Zand	132,42	11,32	143,74	15,27
2e rechte deel	6,40	5,91	Zand	122,41	11,32	133,73	14,17
Opgaande bocht	6,10	5,58	Zand	116,62	12,01	128,63	13,58
3e rechte deel	4,20	-	Zand	-	-	86,26	9,49

$Q_n = (\gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o$

5.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
1e rechte deel	3,70	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	6,90	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	6,40	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	6,10	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	4,20	Geen	0,00	0,00

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$

5.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steun-druk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
1e rechte deel	✓	7,98	0,00	7,98	77,82(1)	**4,67**
Neergaande bocht	✓	15,27	0,00	15,27	155,92(1)	**9,36**
2e rechte deel	✓	14,17	0,00	14,17	144,69(1)	**8,68**
Opgaande bocht	✓	13,58	0,00	13,58	138,62(1)	**8,32**
3e rechte deel	✓	9,49	0,00	9,49	96,87(1)	**5,81**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{16{,}67}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5.6 Optredende spanning s_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

5.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0019 \cdot 110{,}00 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67} = \mathbf{0{,}12}\ \text{N/mm}^2$$

5.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0019 \cdot 110{,}00 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67} = \mathbf{0{,}12}\ \text{N/mm}^2$$

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

Leiding is drukloos

$\sigma_{ax} = \mathbf{0}$ N/mm²

6. 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

7. 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

8. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

8.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm²]
1e rechte deel	4,67	-	0,65	**3,03**
Neergaande bocht	9,36	0,12	0,65	**6,16**
2e rechte deel	8,68	-	0,65	**5,64**
Opgaande bocht	8,32	0,12	0,65	**5,49**
3e rechte deel	5,81	-	0,65	**3,78**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8{,}00}$ N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

8.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
1e rechte deel	0,00	0,00	-	-	**0,00**
Neergaande bocht	0,00	0,00	0,83	0,65	**0,54**
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	**0,00**
Opgaande bocht	0,00	0,00	0,83	0,65	**0,54**
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	**0,00**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm^2

9. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^2]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	7,98	0,00	-	**1,62**	1,62
Neergaande bocht	15,27	0,00	0,0019	**3,51**	3,51
2e rechte deel	14,17	0,00	-	**3,26**	3,26
Opgaande bocht	13,58	0,00	0,0019	**3,12**	3,12
3e rechte deel	9,49	0,00	-	**2,18**	2,18

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

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33}$$

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

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

10. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	G [MN/m²]
1e rechte deel	3,70	59,94	29,97	44,96	67,43	5,63
Neergaande bocht	6,90	113,89	48,57	81,23	127,82	28,87
2e rechte deel	6,40	105,62	45,04	75,33	118,54	28,87
Opgaande bocht	6,10	101,11	43,12	72,11	113,47	28,87
3e rechte deel	4,20	71,29	30,40	50,84	80,00	28,87

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm²]	p_{st} [N/mm²]	Δp [N/mm²]	p_{lim} [N/mm²]
1e rechte deel	0,0040	1,00	0,0000	0,0000	0,00	0,42
Neergaande bocht	0,0016	1,57	0,0049	0,005528	0,01	1,34
2e rechte deel	0,0015	1,63	0,0049	0,005528	0,02	1,27
Opgaande bocht	0,0014	1,67	0,0052	0,005866	0,03	1,24
3e rechte deel	0,0010	1,99	0,0000	0,0000	0,03	0,99

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

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

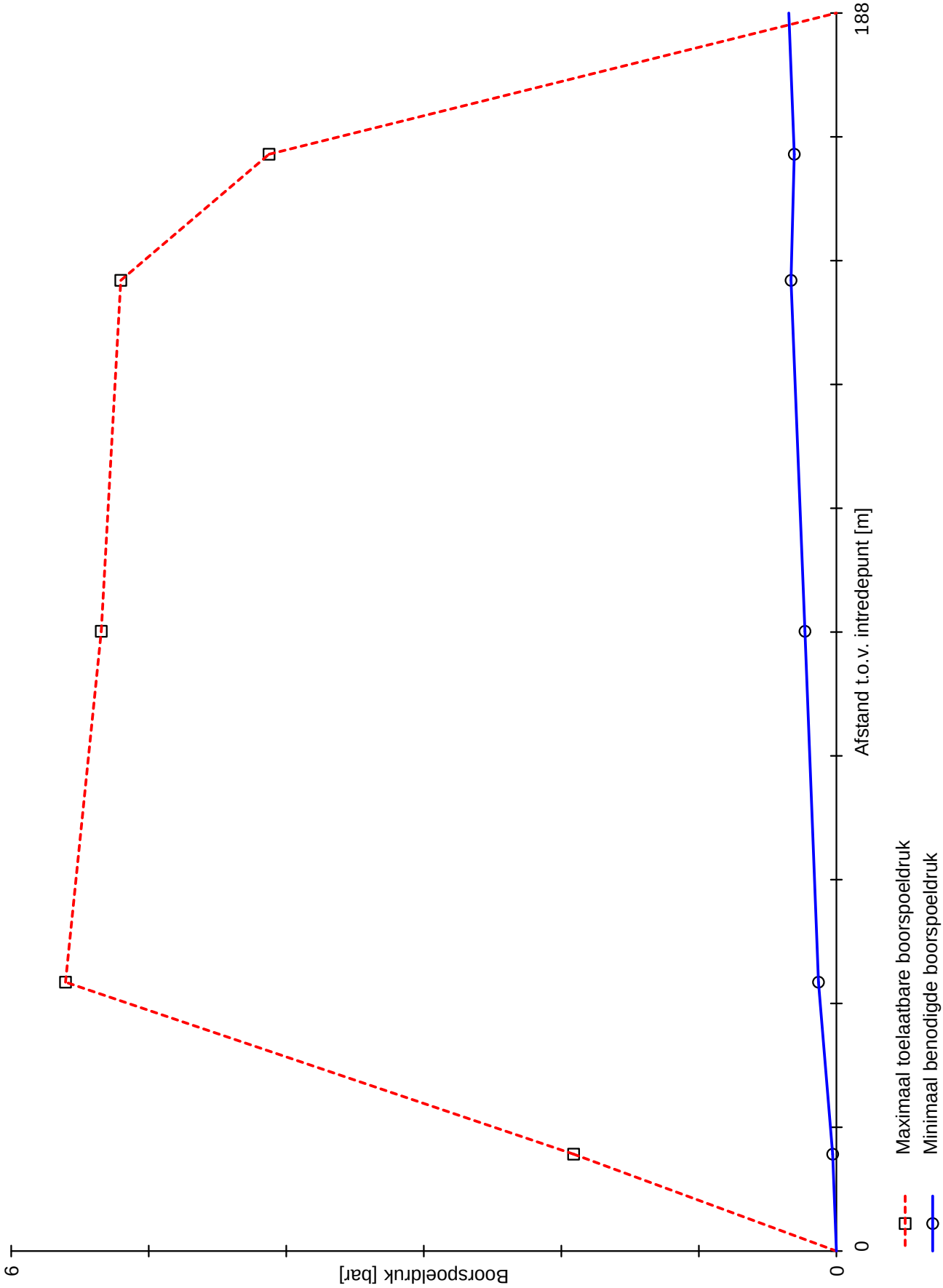
Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	**191,07**	382,45	**2,71**	**1,91**	3,82	**0,03**
Neergaande bocht	**560,49**	1.202,77	**13,04**	**5,60**	12,03	**0,13**
2e rechte deel	**534,50**	1.146,73	**22,84**	**5,35**	11,47	**0,23**
Opgaande bocht	**520,31**	1.115,73	**32,98**	**5,20**	11,16	**0,33**
3e rechte deel	**412,51**	889,76	**30,64**	**4,13**	8,90	**0,31**

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o}{R_{p,max}}^{2} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$p_{min} = p_{st} + \Delta p$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 | Sigma 2020 1.0 ©



Gestuurde boring | 12-10-2020 16:37:29

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2020 1.0 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : HDD boring Kerkeveldweg
Projectonderdeel : HDPE100 ø90sdr11 Drukriool

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	= $16{,}0 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **90,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **8,2**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p_d	= 0,2	N/mm^2
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m^3
Temperatuurverschil	Δ_t	= 10	°

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter boorkop/ruimer ivm boorspoeldruk	D_g	= 400	mm
Diameter boorstang	D_b	= 73	mm
Totale lengte	L	= 188,48	m
Lengte 1e rechte deel	L_1	= 14,75	m
Lengte neergaande bocht	L_2	= 26,18	m
Lengte 2e rechte deel	L_3	= 106,85	m
Lengte opgaande bocht	L_4	= 19,20	m
Lengte 3e rechte deel	L_5	= 21,50	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R_1	= 100,00	m
Straal opgaande bocht	R_2	= 100,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 11,00 / 19,44	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	14,75	3,70	-	Zand	17,82	-	30,00
Neergaande bocht	40,93	6,90	6,41	Zand	18,78	21,00	35,00
2e rechte deel	94,355	6,40	5,91	Zand	18,83	21,00	35,00
Opgaande bocht	147,78	6,10	5,58	Zand	19,00	21,00	35,00
3e rechte deel	166,98	4,20	-	Zand	18,67	-	35,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	15,00	Geen
Neergaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
2e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen
Opgaande bocht	Geen	✓	0,0320	0,00	75,00	Geen
3e rechte deel	Geen	✓	-	0,00	75,00	Geen

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 73,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 81,80	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 90,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 45,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 36,80	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 40,90	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 1.780.229,83	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 39.560,66	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 45,95	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 11,21	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 2.107,25	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0201	N/mm^1

2. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0201	N/mm^1	g	=	0,0201	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0201	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0201	N/mm^1

3. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

3.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	188,48	**683**
Na 1e deel intrekken	166,98	**605**
Na 2e deel intrekken	147,78	**535**
Na 3e deel intrekken	40,93	**148**
Na 4e deel intrekken	14,75	**53**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1{,}8 \cdot L \cdot 0{,}0201 \cdot 0{,}1$

3.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N]	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	683	**0,32**
Na 1e deel intrekken	605	**0,29**
Na 2e deel intrekken	535	**0,25**
Na 3e deel intrekken	148	**0,07**
Na 4e deel intrekken	53	**0,03**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{2.107{,}25}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

3.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{1.780.230}{50.000} = 38.185{,}93 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{38.185{,}93}{39.561} = \mathbf{0{,}97} \text{ N/mm}^2$$

3.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	σ_t [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	0,32	**0,95**
Na 1e deel intrekken	0,29	**0,91**
Na 2e deel intrekken	0,25	**0,88**
Na 3e deel intrekken	0,07	**0,70**
Na 4e deel intrekken	0,03	**0,65**

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}97 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

4.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.
100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek}$ = 282,74 mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat g_{gat} = 0,0201 N/mm[1]
Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11{,}5 \cdot 90{,}00^2 \cdot \pi/4 = 0{,}0732$ N/mm[1]
Gelet hierop is $g_{eff} = |\, g_{gat} - g_{opw} \,| = 0{,}0530$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1e deel intrekken	21,50	**958**	-
2e deel intrekken	40,70	-	**1.813**
3e deel intrekken	147,55	**6.572**	-
4e deel intrekken	173,73	-	**7.738**
Geheel ingetrokken	188,48	**8.395**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (282{,}74 \cdot 0{,}00005 + 0{,}0530 \cdot 0{,}2)$
Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1{,}8 \cdot L \cdot (282{,}74 \cdot 0{,}00005 + 0{,}0530 \cdot 0{,}2)$

4.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

4.3.1 Neergaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{90{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 1.780.229{,}83}} = 0{,}0045 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0045^2 \cdot 975 \cdot 1.780.229{,}83}{90{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0014 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0014}{2} \cdot 90{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0045} \cdot 0{,}2 = \mathbf{63{,}39} \text{ N}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{90{,}00 \cdot 0{,}0320}{4 \cdot 975 \cdot 1.780.229{,}83}} = 0{,}0045 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0{,}322 \cdot 0{,}0045^2 \cdot 975 \cdot 1.780.229{,}83}{90{,}00 \cdot 0{,}9 \cdot 100.000} = 0{,}0014 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1{,}8 \cdot 4 \cdot \frac{0{,}0014}{2} \cdot 90{,}00 \cdot \frac{\pi}{0{,}0045} \cdot 0{,}2 = \mathbf{63{,}39} \text{ N}$$

4.4 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	535	1.813	63	-	**2.411**
Opgaande bocht	53	7.738	63	63	**7.918**

Neergaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max}$
Opgaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max} + T_{3a,op} + T_{3b,op,max}$

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	2.411	**227**
Opgaande bocht	5,50	7.918	**744**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1{,}8 \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

4.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1e deel intrekken	605	958	-	-	-	-	**1.562**
2e deel intrekken	535	1.813	63	227	-	-	**2.638**
3e deel intrekken	148	6.572	63	227	-	-	**7.010**
4e deel intrekken	53	7.738	63	227	63	744	**8.691**
Geheel intrekken	0	8.395	63	227	63	744	**9.295**

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,neer,max} + T_{3c,neer} + T_{3b,op,max} + T_{3c,op}$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

4.6 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
1e deel intrekken	1.562	**0,74**
2e deel intrekken	2.638	**1,25**
3e deel intrekken	7.010	**3,33**
4e deel intrekken	8.691	**4,12**
Geheel intrekken	9.295	**4,41**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{2.107,25}$$

4.7 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

4.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{1.780.229,83}{0,9 \cdot 100.000} = 27.000,15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{27.000,15}{39.560,66} = \mathbf{0,68} \text{ N/mm}^2$$

4.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{1.780.229,83}{0,9 \cdot 100.000} = 27.000,15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{27.000,15}{39.560,66} = \mathbf{0,68} \text{ N/mm}^2$$

4.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	1.562	0,74	-	**0,74**
Na 1e deel intrekken	2.638	1,25	0,68	**1,70**
Na 2e deel intrekken	7.010	3,33	-	**3,33**
Na 3e deel intrekken	8.691	4,12	0,68	**4,57**
Na 4e deel intrekken	9.295	4,41	-	**4,41**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{2.107,25} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

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

$D_g/d_n = 81{,}80/8{,}20 = 9{,}98 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow$ Dikwandige leiding

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{45{,}00^2 + 36{,}80^2}{45{,}00^2 - 36{,}80^2} \cdot 0{,}2 = 1{,}01 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{y1} = \sigma_p = 1{,}01$ N/mm²

$\sigma_{pl} = \upsilon \cdot \sigma_p = 0{,}4 \cdot 1{,}01 = 0{,}40$ N/mm²

Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm²

5.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w}\right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0{,}2 \cdot 40{,}9^3 \cdot 0{,}143}{975 \cdot 45{,}95}\right) = 0{,}92$$

5.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m²]	q_{nat} [kN/m²]	q_{totaal} [kN/m²]	Q_n [N/mm¹]
1e rechte deel	3,70	-	Zand	-	-	72,53	6,53
Neergaande bocht	6,90	6,41	Zand	132,42	11,32	143,74	12,50
2e rechte deel	6,40	5,91	Zand	122,41	11,32	133,73	11,59
Opgaande bocht	6,10	5,58	Zand	116,62	12,01	128,63	11,11
3e rechte deel	4,20	-	Zand	-	-	86,26	7,76

$$Q_n = (\gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o$$

5.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m²]	Q_v [N/mm¹]
1e rechte deel	3,70	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	6,90	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	6,40	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	6,10	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	4,20	Geen	0,00	0,00

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 90$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

5.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steun-druk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
1e rechte deel	✓	6,53	0,00	6,53	52,08(1)	**4,27**
Neergaande bocht	✓	12,50	0,00	12,50	104,35(1)	**8,56**
2e rechte deel	✓	11,59	0,00	11,59	96,83(1)	**7,95**
Opgaande bocht	✓	11,11	0,00	11,11	92,78(1)	**7,61**
3e rechte deel	✓	7,76	0,00	7,76	64,83(1)	**5,32**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 40{,}90 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 40{,}90$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 0{,}92 \cdot \frac{M_q}{11{,}21}$$

5.6 Optredende spanning s_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

5.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0014 \cdot 90{,}00 \cdot \frac{45{,}00}{11{,}21} = \mathbf{0{,}09}\ \text{N/mm}^2$$

5.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0{,}179 \cdot 0{,}0014 \cdot 90{,}00 \cdot \frac{45{,}00}{11{,}21} = \mathbf{0{,}09}\ \text{N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{ax} = \Delta_t \cdot \alpha_g \cdot E$$

$$\sigma_{ax} = 10 \cdot 0{,}00016 \cdot 975 = \mathbf{1{,}56}\ \text{N/mm}^2$$

6. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{45{,}95}{81{,}8^3} = 0{,}0818\ \text{N/mm}^2 = \mathbf{81{,}85}\ \text{kN/m}^2$$

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

7. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 45{,}95}{81{,}80^3} = 1{,}56\ \text{N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 45{,}95}{81{,}80^3} = 0{,}28\ \text{N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,98** m grondwater boven de leiding

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

8. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

8.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
1e rechte deel	4,27	-	0,65	**2,78**
Neergaande bocht	8,56	0,091	0,65	**5,63**
2e rechte deel	7,95	-	0,65	**5,17**
Opgaande bocht	7,61	0,091	0,65	**5,01**
3e rechte deel	5,32	-	0,65	**3,46**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

8.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
1e rechte deel	0,40	1,56	-	-	**1,96**
Neergaande bocht	0,40	1,56	0,68	0,65	**2,41**
2e rechte deel	0,40	1,56	-	-	**1,96**
Opgaande bocht	0,40	1,56	0,68	0,65	**2,41**
3e rechte deel	0,40	1,56	-	-	**1,96**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot \sigma_b + \sigma_{ax}$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

9. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^2]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	6,53	0,00	-	**1,32**	1,61
Neergaande bocht	12,50	0,00	0,0014	**2,85**	3,48
2e rechte deel	11,59	0,00	-	**2,64**	3,23
Opgaande bocht	11,11	0,00	0,0014	**2,53**	3,10
3e rechte deel	7,76	0,00	-	**1,77**	2,16

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

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 40{,}90^3}{350 \cdot 45{,}95}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 81,80 = **6,54** mm

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

10. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	G [MN/m²]
1e rechte deel	3,70	59,94	29,97	44,96	67,43	5,63
Neergaande bocht	6,90	113,89	48,57	81,23	127,82	28,87
2e rechte deel	6,40	105,62	45,04	75,33	118,54	28,87
Opgaande bocht	6,10	101,11	43,12	72,11	113,47	28,87
3e rechte deel	4,20	71,29	30,40	50,84	80,00	28,87

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm²]	p_{st} [N/mm²]	Δp [N/mm²]	p_{lim} [N/mm²]
1e rechte deel	0,0040	1,00	0,0000	0,0000	0,00	0,42
Neergaande bocht	0,0016	1,57	0,0049	0,005528	0,01	1,34
2e rechte deel	0,0015	1,63	0,0049	0,005528	0,02	1,27
Opgaande bocht	0,0014	1,67	0,0052	0,005866	0,03	1,24
3e rechte deel	0,0010	1,99	0,0000	0,0000	0,03	0,99

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

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

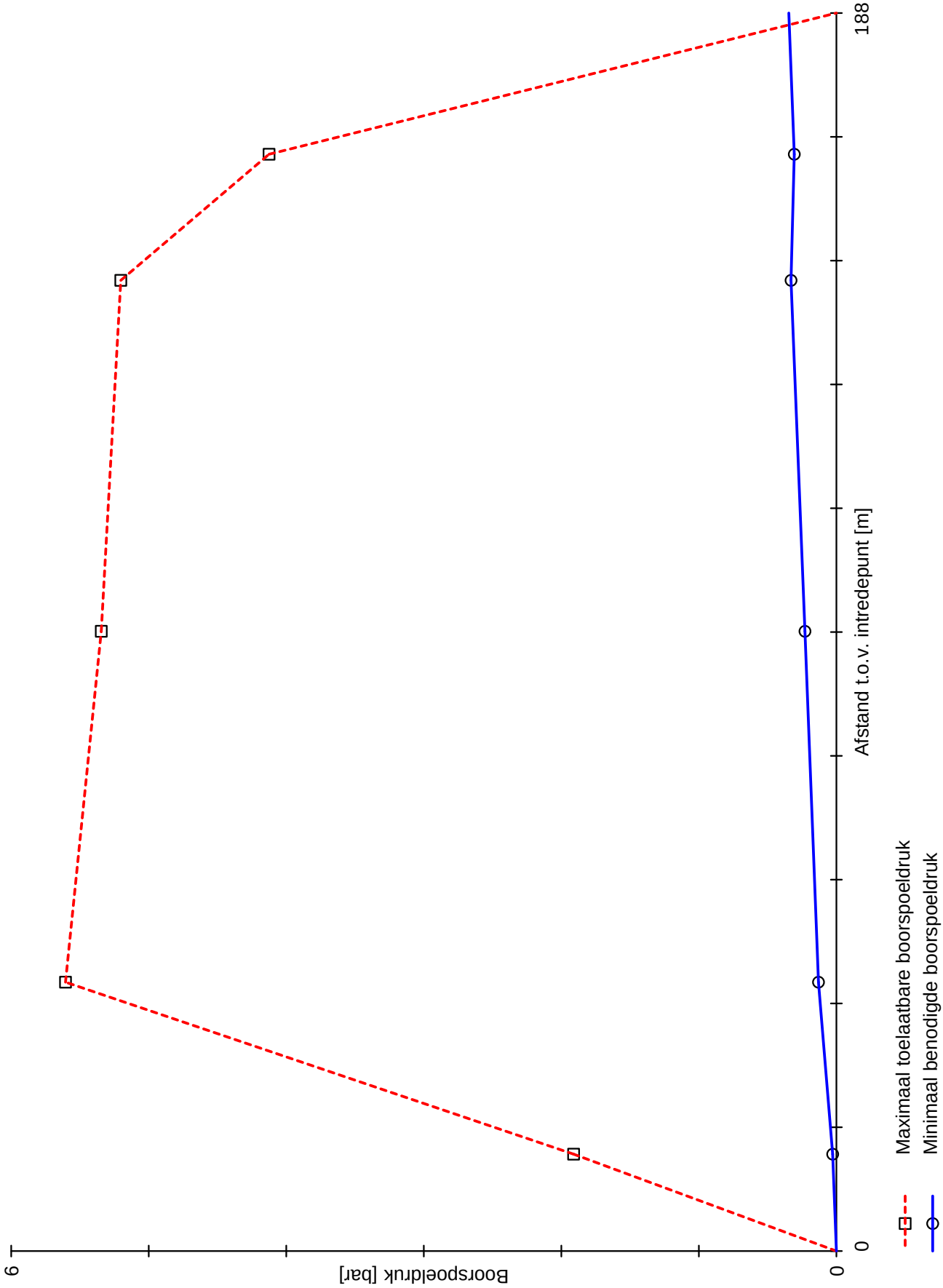
Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	**191,07**	382,45	**2,71**	**1,91**	3,82	**0,03**
Neergaande bocht	**560,49**	1.202,77	**13,04**	**5,60**	12,03	**0,13**
2e rechte deel	**534,50**	1.146,73	**22,84**	**5,35**	11,47	**0,23**
Opgaande bocht	**520,31**	1.115,73	**32,98**	**5,20**	11,16	**0,33**
3e rechte deel	**412,51**	889,76	**30,64**	**4,13**	8,90	**0,31**

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o}{R_{p,max}}^{2} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$p_{min} = p_{st} + \Delta p$$

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 | Sigma 2020 1.0 ©



Gestuurde boring | 12-10-2020 16:41:41

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis