

Verbree bv
De Liesbosch 33, 3439 LB Nieuwegein
(030) 606 33 62 / info@verbreebv.nl / www.verbreebv.nl



Holendrechterweg

Ouderkerk aan de Amstel

Boorplan gestuurde boogzinker

Nummer: GBZ2021-003
Auteur: L. Lauffer

Opdrachtgever

Waternet

Netbeheerder

Waternet

Versie : 01
Datum: 22 april 2021

Handelsregister 30203857 te Utrecht

Inhoud

1. INLEIDING	3
2. UITGANGSPUNTEN	4
2.1 ONTWERPNORMEN	4
2.2 BIJZONDERHEDEN	4
2.3 VERKEERSBELASTING	4
2.4 KABELS EN LEIDINGEN	4
2.5 VERHARDING	4
2.6 BODEMOPBOUW	4
3. BEREKENING	5
3.1 ONDERDELEN BEREKENING	5
3.2 STERKTE VAN DE BUIS TIJDENS DE AANLEGFASE	5
3.3 STERKTE EN VERVORMING VAN DE BUIS IN DE BEDRIJFSFASE	5
3.4 SPOELDRUK (MUDDRUK)	5
3.5 RESULTATEN	6
4. UITVOERING	7
4.1 KLIC-MELDING EN OPVRAGEN ADDITIONELE INFORMATIE	7
4.2 TRACÉ-BEPALING	7
4.3 GRAVEN VAN IN- EN UITTREDEGATEN	7
4.4 WERKTERREIN EN OPSTELLING MACHINES EN VOERTUIGEN	7
4.5 PILOTBORING	8
4.6 HET RUIMEN VAN HET BOORGAT	8
4.7 UITLEGGEN VAN DE BOORSTRENG	8
4.8 BOORVLOEISTOF	9
4.9 VERKEERSMAATREGELEN	9
5. CONCLUSIES EN AANDACHTSPUNTEN	10
6. REFERENTIES.....	10

Bijlagen

1. Ontwerptekening
2. Berekening
3. Grondonderzoek
4. DigiTrak F5 Walkover System
5. Productblad bentoniet
6. Gegevens in te zetten Rig

1. Inleiding

Verbree bv heeft opdracht gekregen van Waternet om de ontwerptekening en berekening te maken voor het uitvoeren van een gestuurde boogzinker bij de Holendrechteweg te Ouderkerk aan de Amstel. In de onderhavige rapportage is het ontwerp van de gestuurde boogzinker t.b.v. 1 x 50mm mantelbuis, 1 x 75mm persriool en 1 x 125mm watervoerende buis nader uitgewerkt.

In tabel 1 is een overzicht gegeven met de kenmerken van de gestuurde boogzinker.

Tabel 1 Kenmerk gestuurde boogzinker

Buis	Kwaliteit	Bestemming
1 x Ø50 mm	PE100, SDR 11	Mantelbuis
1 x Ø75 mm	PE100, SDR 11	Persriool
1 x Ø125 mm	PE100, SDR 11 KIWA	Watervoerend

2. Uitgangspunten

2.1 Ontwerpnormen

Het ontwerp van de gestuurde boogzinker heeft zijn intredepunt in het open veld naast de Holendrechteweg. Het uittredepunt bevindt zich in het open veld van het perceel van huisadres Holendrechtweg 37.

2.2 Bijzonderheden

Omdat op deze locatie een bundel geboord gaat worden zijn in de berekening de drie verschillende diameters apart benoemt en berekend. De boorspoeldruk is voor alle diameters van toepassing.

2.3 Verkeersbelasting

Voor snel-, auto- en provinciale wegen wordt uitgegaan van belastingmodel 3 ('Load Model 3') conform NEN-EN 1991-2. Voor overige wegen wordt uitgegaan van 'Fatigue Load Model 2, Lorry 4', conform NEN-EN 1991-2.

2.4 Kabels en leidingen

Om de kabels en leidingen in de nabijheid van het boortracé in beeld te krijgen is op 14-04-2021 een klic-melding gedaan met nummer 21O038251.

In de klic informatie worden de kabels en leidingen nog weergegeven welke op het moment van uitvoeren verwijderd zullen zijn. De actuele informatie van opdrachtgever Waternet is daarom ook gebruikt om de juiste situatie weer te geven.

2.5 Verharding

De gestuurde boogzinker zal geen verharding kruisen. Het betreft hier enkel watergangen in het open veld.

2.6 Bodemopbouw

Om de parameters van de grondeigenschappen goed in te schatten is grondonderzoek van het Dinoloket opgevraagd. De sondering is opgenomen in dit verslag als bijlage 3.

3. Berekening

3.1 Onderdelen berekening

De berekening van een gestuurde boogzinker betreft de volgende aspecten:

Sterkte van de buis tijdens de aanlegfase

Sterkte en vervorming van de buis in de bedrijfsfase

Grondmechanisch evenwicht in de ondergrond (spoeldrukberekening) tijdens de aanleg.

Alle berekeningen zijn uitgevoerd met het computerprogramma Sigma 2020 versie 2.0 van Adviesburo Schrijvers (www.schrijvers.nl).

3.2 Sterkte van de buis tijdens de aanlegfase

Gecontroleerd wordt of de maximale spanning in de buis niet groter is dan de toelaatbare (korte duur) spanning. De spanningen ontstaan vooral door de trekkracht in een buis en de opgelegde kromming.

3.3 Sterkte en vervorming van de buis in de bedrijfsfase

Gecontroleerd is of de maximale spanning in een buis niet groter is dan de toelaatbare (lange duur) spanning. De spanning wordt tijdens de bedrijfsfase veroorzaakt door de grondbelasting op de buis en de opgelegde kromming.

Daarnaast wordt getoetst of de vervorming van de buis een zekere grenswaarde niet overschrijdt.

Verder dient er gecontroleerd te worden of de buis niet kan imploderen als gevolg van de uitwendige waterdruk.

3.4 Spoeldruk (muddruk)

Zowel de minimaal benodigde als de maximaal toelaatbare spoeldruk voor de maatgevende doorsneden worden berekend. Bij een verschil van 50 kPa of meer wordt de kans op een blow-out voldoende klein geacht.

Minimaal benodigde spoeldruk:

Dit is de druk aan het boorfront die nodig is om de ontstane boorslurry door de gerede boorgang langs de boorbuis naar het maaiveld te laten stromen. Deze druk is opgebouwd uit:

- > Statische druk van de kolom boorslurry tot aan het maaiveld.
- > Wrijvingsweerstand over de lengte van de gerede boorgang.

Maximaal toelaatbare spoeldruk: de druk waarbij de grond rondom het boorgat net niet bezwijkt.

Maatgevend is de laagste waarde van een tweetal bezwijkmechanismes:

P_{max} : de druk waarbij de maximaal toelaatbare straal van de plastische zone optreedt.

90% Plimiet: 90% van de druk waarbij doorgaande vervormingen tot het maaiveld optreden.

3.5 Resultaten

Bijlage 2 betreft de berekening met het programma Sigma.

In tabellen 2a, 2b en 2c zijn de theoretische waarden van de berekende grootheden getoetst aan de toelaatbare waarden.

Tabel 2a. Toetsing resultaten Ø 50mm

Fase	Grootheid		Berekende waarde	Toelaatbaar	Eenheid
Aanleg	Trekkracht		1,13	6,49	KN
Aanleg	Spanning	Tgv trek en buiging	2,37	10	N/mm2
Gebruik	Spanning	Tgv inw. druk	0,0	8	N/mm2
Gebruik	Spanning	Omtreksrichting	3,58	8	N/mm2
Gebruik	Spanning	Langsrichting	0,82	8	N/mm2
Gebruik	Implosie		6,0	28,89	mwk
Gebruik	Deflectie		1,61	8	%

Tabel 2b. Toetsing resultaten Ø 75mm

Fase	Grootheid		Berekende waarde	Toelaatbaar	Eenheid
Aanleg	Trekkracht		2,11	14,6	KN
Aanleg	Spanning	Tgv trek en buiging	2,55	10	N/mm2
Gebruik	Spanning	Tgv inw. druk	1,52	8	N/mm2
Gebruik	Spanning	Omtreksrichting	3,95	8	N/mm2
Gebruik	Spanning	Langsrichting	3,4	8	N/mm2
Gebruik	Implosie		6,0	27,53	mwk
Gebruik	Deflectie		1,81	8	%

Tabel 2c. Toetsing resultaten Ø 125mm

Fase	Grootheid		Berekende waarde	Toelaatbaar	Eenheid
Aanleg	Trekkracht		5,32	40,6	KN
Aanleg	Spanning	Tgv trek en buiging	3,27	10	N/mm2
Gebruik	Spanning	Tgv inw. druk	1,51	8	N/mm2
Gebruik	Spanning	Omtreksrichting	3,94	8	N/mm2
Gebruik	Spanning	Langsrichting	4,22	8	N/mm2
Gebruik	Implosie		6,0	28,07	mwk
Gebruik	Deflectie		1,77	8	%

De benodigde spoeldruk is het hoogst in doorsnede D, aan het begin van de opgaande bocht van de pilot van de gestuurde boogzinker (combinatie van benodigd drukverschil om wrijving te overwinnen en statische druk). De berekende waarde is 0,79 bar.

4. Uitvoering

4.1 Klic-melding en opvragen additionele informatie

Voorafgaande aan de engineering is een KLIC-melding gedaan. Afhankelijk van het tijdstip van uitvoering wordt een nieuwe KLIC-melding gedaan. Eventuele kabels en leidingen ter plaatse van het in- en uittredepunt worden vrij gegraven door middel van proefsleuven. De klic-melding wordt beoordeeld op de aanwezigheid van diepliggende kabels en/of leidingen. Hiervoor wordt contact gezocht met de netbeheerder en de diepteligging opgevraagd.

4.2 Tracé-bepaling

Het tracé wordt uitgezet vanaf de bijgevoegde tekening. Het uitzetten van het tracé wordt uitgevoerd door de boormeester (eventueel in samenwerking met de projectleider of uitvoerder van het werk). Hierbij wordt rekening gehouden met de ligging van kabels en leidingen ten einde schade te voorkomen.

4.3 Graven van in- en uittredepaten

Tegelijk met het graven van de in- en uittredepaten worden alle kabels en leidingen vrijgegraven. De uitgekomen grond wordt opgeslagen naast de werkgaten. Het in- en uittredepat worden later gedicht met de vrijgekomen grond.

4.4 Werkterrein en opstelling machines en voertuigen

De te gebruiken rig wordt gekozen op basis van de verwachte benodigde trekkracht en intredehoek. De voertuigen moeten, indien aangegeven, opgesteld worden zoals aangegeven op de tekening.

Globaal bevinden zich op de werklocatie de volgende machines en voertuigen:

Aan de intredezijde:

Boormachine, max afmetingen: 10 m x 2,0m

Vrachtwagen met bentoniet-installatie, max afmetingen: 12,0m x 2,5 m.

Trekker en water/zuigwagen;

Aan de uittredezijde:

Trekker en water/zuigwagen;

Haspelwagen en auto.

4.5 Pilotboring

Tijdens de pilot van de gestuurde boogzinker worden de boorstangen in de grond aangebracht volgens de vooraf bepaalde x, y en z coördinaten. De in- en uittredepunten en de stuurpunten worden m.b.v. GPS-metingen uitgezet, met een nauwkeurigheid van 0,1 m.

In de boorkop bevindt zich een zender waardoor d.m.v. het DigiTrak F5 Walk – Over systeem (zie bijlage 4) de diepte, richting en de tunneldruk kan worden gemeten. Door de asymmetrische vorm van de boorkop is het mogelijk richtingsveranderingen in het boorprofiel te bewerkstelligen. Rechtdoor boren geschiedt door de boorkop roterend naar voren te verplaatsen. Richtingsveranderingen worden uitgevoerd door de boorkop naar voren te verplaatsen zonder roteren. De boorkop is voorzien van nozzles waardoor de boorspoeling in het boorgat kan stromen. De boorvloeistof zorgt voor smering, het open houden van het boorgat en afvoer van grond. Het boorgat is gemiddeld 1,2 tot 1,5 keer zo groot als de boorkop, afhankelijk van de bodemopbouw.

4.6 Het ruimen van het boorgat

Wanneer de boorkop aan de uittredezijde is gearriveerd zijn er de volgende mogelijkheden:

> Bij kleine diameters (Ø50/63mm) en geringe lengtes wordt de buis aan de boorkop bevestigd en teruggetrokken.

> De boorkop wordt verwijderd. Een ruimer komt hiervoor in de plaats met daarachter een swivel (om draaiing van de buis te voorkomen) en de in te trekken buis.

> De boorkop wordt verwijderd. Een ruimer komt hiervoor in de plaats en wordt teruggetrokken. Een 'dobber' wordt door de boortunnel naar het uittredegat gedrukt. Hierna volgt nog een ruimgang op dezelfde wijze of de in te trekken buis wordt aangekoppeld en in de grond getrokken.

Het aantal ruimgangen is afhankelijk van de diameter van het boorgat, de in te trekken leiding en de bodemopbouw. Ook de ruimer wordt voorzien van boorvloeistof, om de boorgang schoon te spoelen en om instorting van het gat te voorkomen.

4.7 Uitleggen van de boorstreng

De ruimte die nodig is om de in te trekken buis uit te leggen hangt af van de diameter, het materiaal en het aantal buizen. Er zijn de volgende mogelijkheden:

> Er wordt één PE-buis ingetrokken met een maximale diameter van Ø160mm. De gestuurde boogzinker mag niet langer zijn dan de lengte op het haspel (hangt af van de leverancier van de buis). In dit geval is de benodigde ruimte achter het uittredepunt beperkt omdat de buis van een haspel op een haspelwagen getrokken kan worden.

> Bij stalen buizen of PE-buizen met een diameter \geq 200mm worden de buizen in principe in rechte lengtes van 10 of 12 meter geleverd. De boorstreng wordt samengesteld door de lengtes aan elkaar te lassen. Achter het uittredepunt is dan veel meer ruimte nodig dan in de situatie dat de buis van een haspel getrokken kan worden.

> Het is ook mogelijk dat de buis in rollen van bijv. 50 of 100 meter wordt aangeleverd. In dat geval moet er voldoende ruimte zijn om de rollen vooraf aan intrekken volledig uit te rollen.

4.8 Boorvloeistof

De toegepaste boorvloeistof zal worden aangemaakt met water en bentoniet. De mix-unit bevindt zich in de vrachtwagen, die nabij het intredepunt wordt opgesteld. Voor de meeste gestuurde boogzinken wordt Cebo OCMA gebruikt.

Dit is een all-round bentoniet dat voldoet aan de Kiwa-ATA-criteria. Daarnaast wordt regelmatig Tunnelgel t/m Plus gebruikt.

De gebruikte boorvloeistof wordt opgevangen in gegraven buffergaten en bij grotere hoeveelheden in een container alvorens afgevoerd te worden naar een verwerkingsbedrijf.

In het algemeen kan als werkwater het oppervlaktewater nabij de gestuurde boogzinker worden gebruikt. Indien de zuurgraad en/of hardheid niet voldoen aan de eisen of het chloride-gehalte te hoog is wordt dit gecorrigeerd. Indien het niet mogelijk is het water uit de omgeving te gebruiken dan zal het werkwater worden aangevoerd met een waterwagen.

4.9 Verkeersmaatregelen

De benodigde verkeersmaatregelen zullen conform de CROW-regelgeving worden uitgevoerd. Tevens zal er rekening gehouden moeten worden met maatregelen om op een veilige manier, kortstondig metingen op de rijbaan voor het uitvoeren van de gestuurde boogzinker mogelijk te maken.

5. Conclusies en aandachtspunten

De conclusies en aandachtspunten zijn als volgt:

In het ontwerp is rekening gehouden met de reeds aanwezige kabels en leidingen, zoals uit de klic-melding is gebleken. Er is geen (historisch) onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van eventuele andere obstakels in de ondergrond.

Uit de ontwerpberekeningen volgt dat de sterkte en stijfheid van de buis voldoende is.

Geadviseerd wordt om nabij het in- en uittredepunt langzaam te boren en om tijdens het ruimen en intrekken van de buis de uitstroom van boorslurry bij het uittredegat te bewaken om de kans op uitbraak van boorvloeistof te beperken.

6. Referenties

Richtlijn boortechnieken (RWS, 2019)

NEN 3650-1, Eisen voor buisleidingsystemen, algemeen

NEN 3650-2, Eisen voor buisleidingsystemen, staal

NEN 3650-3, Eisen voor buisleidingsystemen, kunststof

NEN 3651, Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken

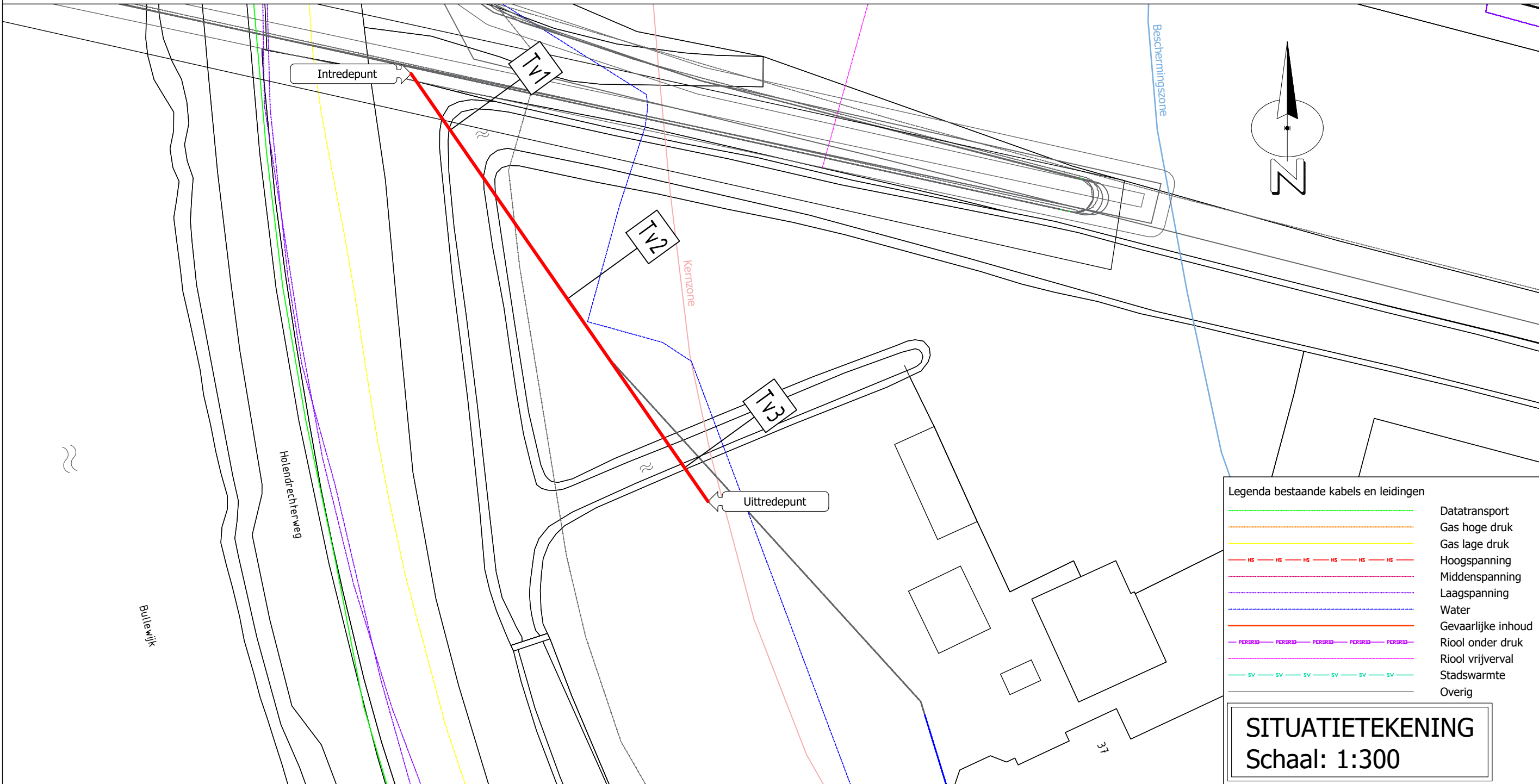
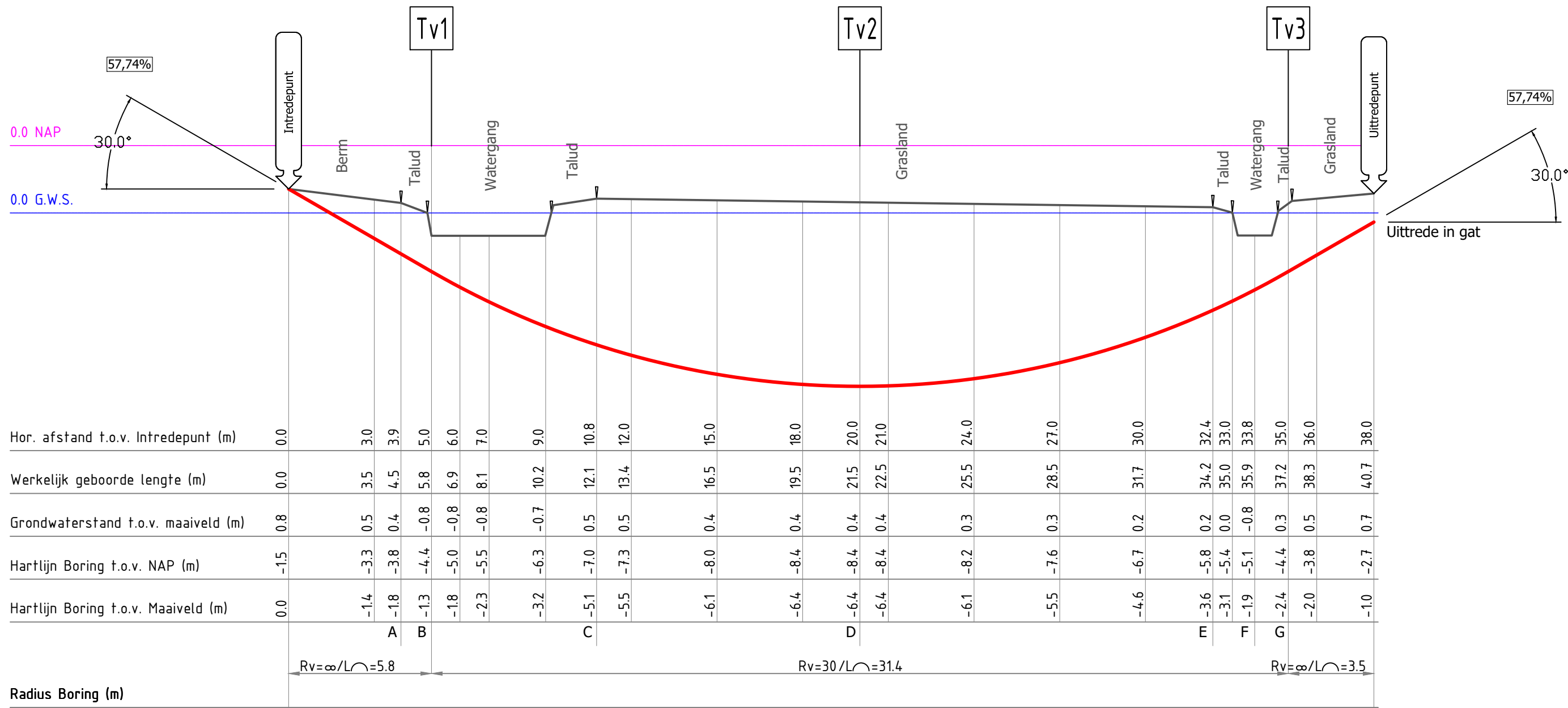
NPR 3659, Sterkteberekening ondergrondse pijpleidingen

GBZ2021-003

Bijlage 1

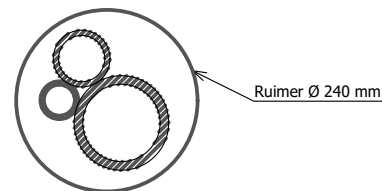
Plantekening

DWARSPROFIEL
Schaal: 1:150



Doorsnede buis in boortunnel
Schaal: 1:10

DOORSNEDE



1 x PE100 Ø 50mm SDR 11
1 x PE100 Ø 75mm SDR 11
1 x PE100 Ø 125mm SDR 11

Tabel Tangentpunten Boring 2



	X	Y	Z (NAP)
Intrede	122892.93	477843.55	-1.52
Tv1	122895.78	477839.44	-4.41
Tv2	122904.33	477827.12	-8.43
Tv3	122912.89	477814.80	-4.41
Uittrede	122914.59	477812.33	-2.68

Opmerkingen:

- De geprojecteerde kabels en leidingen zijn afkomstig uit de KLIC-melding 210038251. De kabels en leidingen van derden zijn indicatief weergegeven en kunnen incompleet zijn. Hier kunnen geen rechten aan worden ontleend. De grondroerder is ten alle tijden verantwoordelijk voor eventuele schade aan kabels en leidingen van derden. Deze dienen in het werk opgezocht te worden.
- De vermelde coördinaten zijn gebaseerd op het Rijksdriehoek-stelsel (RD-coördinaten).
- De locatie en werkelijke lengte van de boring(en) wordt uiteindelijk bepaald door de situatie van de ondergrondse infra wanneer deze is blootgelegd, en door de opstelbaarheid van het materiaal in de aangetroffen situatie.

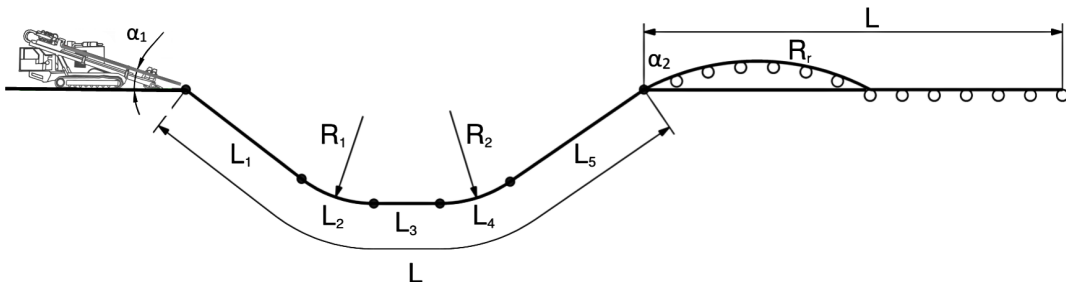
- Legenda bestaande kabels en leidingen
- Datatransport
 - Gas hoge druk
 - Gas lage druk
 - Hooigspanning
 - Middenspanning
 - Laagspanning
 - Water
 - Gevaarlijke inhoud
 - Riool onder druk
 - Riool vrijverval
 - Stadswarmte
 - Overig

SITUATIETEKENING
Schaal: 1:300

Opdrachtgever:	Waternet		 Verbree bv gestuurd boren boogzinken		
Proj. nr. opdracht:	-				
Netbeheerder:	Waternet				
<p><i>Ouderkerk aan de Amstel - Holendrechtweg</i> <i>Lengte en buis: 40,7m</i> <i>1 x PE100 Ø50mm SDR11 + 1 x PE100 Ø75mm SDR11 + 1 x PE100 Ø125mmKIWA SDR11</i></p>			<p>P De Liesbosch 33, 3439 LB, Nieuwegein T 030 - 606 33 62 E info@verbreebv.nl W www.verbreebv.nl</p>		
Getekend:	L. Lauffer	Datum:	14-04-2021	Blad:	01
Gecontroleerd:	W. van Os	Datum:	19-04-2021	Formaat:	A2
		Meet methode:	Walk-over	Schaal:	Zie tekening
Status:	Ontwerp	Kenmerk:	Project nr: -		
Versie:	1	Vergunningnr:	Tekening nr: GBZ2021-003		

GBZ2021-003 Bijlage 2

Sterkte- en spoeldrukberekening conform
NEN 3650/51

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 2.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : GBZ2021-003 Ouderkerk aan de Amstel, Holendrechteweg			
Projectonderdeel : GBZ2021-003 Boorspoeldruk en sterkteberekening Ø 50mm			
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 uitzettingscoëfficiënt	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	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 50,00	mm
Wanddikte	d _n	= 4,6	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
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 boorstang	D _b	= 3,3	mm
Diameter boorkop	D _p	= 120	mm
Diameter ruimer	D _g	= 240	mm
Totale lengte	L	= 40,65	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 5,77	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 15,71	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 0,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 15,71	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 3,46	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 30,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 30,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 30,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 30,00 / 57,74	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 30,00 / 57,74	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
			
		22-04-2021 15:55:43	

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020					Sigma 2020 2.0 ©		
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
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				
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/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
A Kant 1e watergang	4,50	1,80	0,40	Klei	17,00	20,70	28,60
B TV1 Bodem waterg..	5,77	1,30	-0,80	Zand	0,00	21,00	32,50
C Kant 1e watergang	12,13	5,10	0,50	Zand	17,00	20,80	30,50
D TV2 Middenpunt	21,48	6,40	0,40	Klei	17,00	20,60	30,50
E Kant 2e watergang	34,26	3,60	0,20	Zand	17,00	20,80	30,80
F Bodem 2e watergang	35,72	1,90	-0,80	Zand	0,00	21,00	32,50
G TV3 Kant 2e water	37,19	2,40	0,30	Klei	17,00	20,60	29,40
Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting	
A Kant 1e watergang	Geen	✓	-	1,30	37,40	Grafiek II	
B TV1 Bodem waterg..	Geen	✓	-	0,00	50,00	Geen	
C Kant 1e watergang	Geen	✓	0,0900	0,70	43,50	Grafiek ½ x II	
D TV2 Middenpunt	Geen	✓	0,0480	1,20	42,90	Grafiek ½ x II	
E Kant 2e watergang	Geen	✓	0,0900	0,60	44,70	Grafiek ½ x II	
F Bodem 2e watergang	Geen	✓	0,0900	0,00	50,00	Geen	
G TV3 Kant 2e water	Geen	✓	-	1,00	40,00	Geen	
					22-04-2021 15:55:43		

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 40,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 45,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 50,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 25,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 20,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 22,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 170.773,72	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 6.830,95	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 8,11	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 3,53	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 656,09	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0063	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0063 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0063 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0063 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0063 \text{ N/mm}^1$

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	40,65	46
Na intrekken van L_5	37,19	42
Na intrekken van $L_5 + L_4$	21,48	24
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	21,48	24
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	5,77	7

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0063 \cdot 0,1$$

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	46	0,07
Na intrekken van L_5	42	0,06
Na intrekken van $L_5 + L_4$	24	0,04
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	24	0,04
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	7	0,01

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{656,09}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{170.774}{30.000} = 6.105,16 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{6.105,16}{6.831} = \mathbf{0,89 \text{ N/mm}^2}$$

3.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,07	0,65
Na intrekken van L ₅	0,06	0,64
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,04	0,62
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,04	0,62
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,01	0,59

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,89 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$

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: $D_{e,omtrek} = 157,08 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,00627 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 50,00^2 \cdot \pi/4 = 0,0226 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0163 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	3,46	69	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	19,17	-	384
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	19,17	384	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	34,88	-	698
Geheel ingetrokken	40,65	813	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (157,08 \cdot 0,00005 + 0,0163 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (157,08 \cdot 0,00005 + 0,0163 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
C Kant 1e wate..	0,0091	30	0,0033	41
D TV2 Middenpunt	0,0077	30	0,0024	35
E Kant 2e wate..	0,0091	30	0,0033	41
F Bodem 2e wat..	0,0091	30	0,0033	41

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

$$Q_r = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 50 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	24	384	41	-	449
Opgaande bocht	7	698	41	41	786

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	15,00	449	84
Opgaande bocht	15,00	786	146

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

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

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

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

4.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	42	69	-	-	-	-	111
Na intrekken van $L_5 + L_4$	24	384	41	84	-	-	532
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	24	384	41	84	-	-	532
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	7	698	41	84	41	146	1.016
Geheel ingetrokken	0	813	41	84	41	146	1.125

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van L_5	111	0,17
Na intrekken van $L_5 + L_4$	532	0,81
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	532	0,81
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.016	1,55
Geheel ingetrokken	1.125	1,71

$$\sigma_t = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{656,09}$$

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

4.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{170.773,72}{0,9 \cdot 30.000} = 8.633,56 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{8.633,56}{6.830,95} = \mathbf{1,26 \text{ N/mm}^2}$$

4.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{170.773,72}{0,9 \cdot 30.000} = 8.633,56 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{8.633,56}{6.830,95} = \mathbf{1,26 \text{ N/mm}^2}$$

4.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	111	0,17	-	0,17
Na intrekken van $L_5 + L_4$	532	0,81	1,26	1,63
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	532	0,81	-	0,81
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.016	1,55	1,26	2,37
Geheel ingetrokken	1.125	1,71	-	1,71

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{656,09} = \sigma_t$$

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

$$\text{Toelaatbare spanning: } \sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$$

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

Sigma 2020 2.0 ©

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:

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

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]
A Kant 1e wate..	1,80	0,40	Klei	7,48	31,88	39,36	1,27
B TV1 Bodem wa..	1,30	-0,80	Zand	0,00	30,03	30,03	0,85
C Kant 1e wate..	5,10	0,50	Zand	9,35	105,25	114,60	3,43
D TV2 Middenpunt	6,40	0,40	Klei	7,48	135,96	143,44	4,17
E Kant 2e wate..	3,60	0,20	Zand	3,74	77,79	81,53	2,38
F Bodem 2e wat..	1,90	-0,80	Zand	0,00	43,89	43,89	1,24
G TV3 Kant 2e ..	2,40	0,30	Klei	5,61	47,59	53,20	1,61

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

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]
A Kant 1e wate..	1,80	Grafiek II	15,32	0,77
B TV1 Bodem wa..	1,30	Geen	0,00	0,00
C Kant 1e wate..	5,10	Grafiek ½ x II	1,96	0,10
D TV2 Middenpunt	6,40	Grafiek ½ x II	1,49	0,07
E Kant 2e wate..	3,60	Grafiek ½ x II	3,02	0,15
F Bodem 2e wat..	1,90	Geen	0,00	0,00
G TV3 Kant 2e ..	2,40	Geen	0,00	0,00

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 50$$

5.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
A Kant 1e wate..	✓	1,27	0,77	2,03	8,88 ⁽¹⁾	2,52
B TV1 Bodem wa..	✓	0,85	0,00	0,85	3,86 ⁽¹⁾	1,09
C Kant 1e wate..	✓	3,43	0,10	3,53	15,70 ⁽¹⁾	4,45
D TV2 Middenpunt	✓	4,17	0,07	4,25	18,89 ⁽¹⁾	5,36
E Kant 2e wate..	✓	2,38	0,15	2,53	11,28 ⁽¹⁾	3,20
F Bodem 2e wat..	✓	1,24	0,00	1,24	5,64 ⁽¹⁾	1,60
G TV3 Kant 2e ..	✓	1,61	0,00	1,61	7,09 ⁽¹⁾	2,01

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)
 $M_q = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 22,70 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 22,70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{3,53}$$

5.6 Optredende spanning s_{qr} t.g.v. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
C Kant 1e wate..	30	0,0033	0,21
D TV2 Middenpunt	30	0,0024	0,15
E Kant 2e wate..	30	0,0033	0,21
F Bodem 2e wat..	30	0,0033	0,21

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 50 \cdot \frac{25,00}{3,53}$$

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

Leiding is drukloos

$$\sigma_{ax} = 0 \text{ N/mm}^2$$

6. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{8,11}{45,4^3} = 0,0845 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{84,51 \text{ kN/m}^2}$$

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: $\gamma = 1,5$

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 8,11}{45,40^3} = 1,61 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 8,11}{45,40^3} = 0,29 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,89 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/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
A Kant 1e wate..	2,52	-	0,65	1,64
B TV1 Bodem wa..	1,09	-	0,65	0,71
C Kant 1e wate..	4,45	0,21	0,65	3,03
D TV2 Middenpunt	5,36	0,15	0,65	3,58
E Kant 2e wate..	3,20	0,21	0,65	2,21
F Bodem 2e wat..	1,60	0,21	0,65	1,17
G TV3 Kant 2e ..	2,01	-	0,65	1,31

 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
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]
A Kant 1e wate..	0,00	0,00	-	-	0,00
B TV1 Bodem wa..	0,00	0,00	-	-	0,00
C Kant 1e wate..	0,00	0,00	1,26	0,65	0,82
D TV2 Middenpunt	0,00	0,00	1,26	0,65	0,82
E Kant 2e wate..	0,00	0,00	1,26	0,65	0,82
F Bodem 2e wat..	0,00	0,00	1,26	0,65	0,82
G TV3 Kant 2e ..	0,00	0,00	-	-	0,00

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

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

 Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²
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 [%]
A Kant 1e wate..	1,27	0,77	-	0,27	0,59
B TV1 Bodem wa..	0,85	0,00	-	0,16	0,35
C Kant 1e wate..	3,43	0,10	0,0033	0,61	1,33
D TV2 Middenpunt	4,17	0,07	0,0024	0,73	1,61
E Kant 2e wate..	2,38	0,15	0,0033	0,43	0,95
F Bodem 2e wat..	1,24	0,00	0,0033	0,23	0,51
G TV3 Kant 2e ..	1,61	0,00	-	0,27	0,59

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q() - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 22,70^3}{350 \cdot 8,11}$$

 Toelaatbare deflectie = $8\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 45,40 = \mathbf{3,63}$ mm

10. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
A Kant 1e water..	1,80	18,53	9,66	14,09	21,98	12,48
B TV1 Bodem wa..	1,30	11,82	5,47	8,64	13,29	20,63
C Kant 1e water..	5,10	48,71	23,99	36,35	55,40	36,03
D TV2 Middenpunt	6,40	58,55	28,83	43,69	66,90	37,12
E Kant 2e water..	3,60	33,38	16,29	24,84	38,07	30,82
F Bodem 2e wat..	1,90	17,27	7,99	12,63	19,42	24,94
G TV3 Kant 2e ..	2,40	22,96	11,69	17,33	26,70	16,15

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

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

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

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

$$E_{100, \text{norm}} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$$

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
A Kant 1e water..	7,23	0,0011	0,0140	0,01579	0,23	2,10
B TV1 Bodem wa..	11,08	0,00042	0,0210	0,02369	0,22	2,00
C Kant 1e water..	20,07	0,00095	0,0460	0,05189	0,63	5,71
D TV2 Middenpunt	20,67	0,0011	0,0600	0,06769	0,74	6,63
E Kant 2e water..	17,07	0,00078	0,0340	0,03836	0,47	4,27
F Bodem 2e wat..	13,40	0,00051	0,0270	0,03046	0,30	2,72
G TV3 Kant 2e ..	9,20	0,0010	0,0210	0,02369	0,29	2,65

$$G = \frac{E_{100, \text{norm}}}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

10.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p, \text{max}}$ [m]	Δp [N/mm ²]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
A Kant 1e water..	0,90	0,00	0,14	1,43	0,02	0,18
B TV1 Bodem wa..	0,65	0,00	0,09	0,90	0,03	0,27
C Kant 1e water..	0,62	0,01	0,31	3,08	0,06	0,58
D TV2 Middenpunt	3,20	0,01	0,68	6,77	0,08	0,79
E Kant 2e water..	0,68	0,02	0,23	2,29	0,06	0,56
F Bodem 2e wat..	0,84	0,02	0,15	1,46	0,05	0,49
G TV3 Kant 2e ..	1,20	0,02	0,20	2,02	0,04	0,43

102 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δp [N/mm ²]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
A Kant 1e wate..	0,90	0,01	0,10	1,00	0,02	0,25
B TV1 Bodem wa..	0,65	0,01	0,06	0,64	0,03	0,33
C Kant 1e wate..	1,23	0,01	0,31	3,08	0,06	0,59
D TV2 Middenpunt	3,20	0,00	0,57	5,74	0,07	0,73
E Kant 2e wate..	1,36	0,00	0,23	2,29	0,04	0,40
F Bodem 2e wat..	0,95	0,00	0,11	1,09	0,03	0,32
G TV3 Kant 2e ..	1,20	0,00	0,14	1,45	0,02	0,25

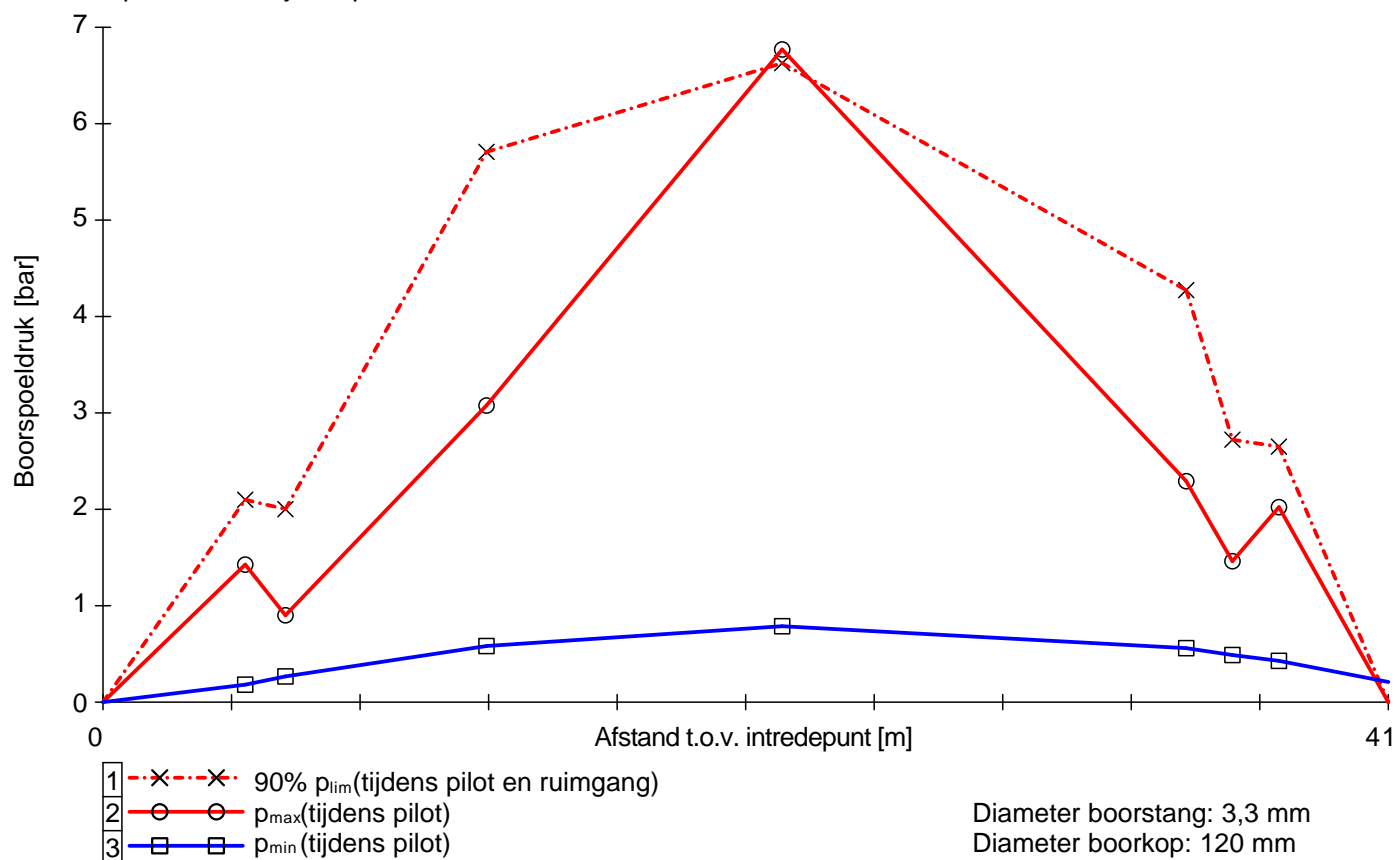
$$R_{p,max} = \frac{H}{2}, R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_{g/p} - D_b} \cdot L$$

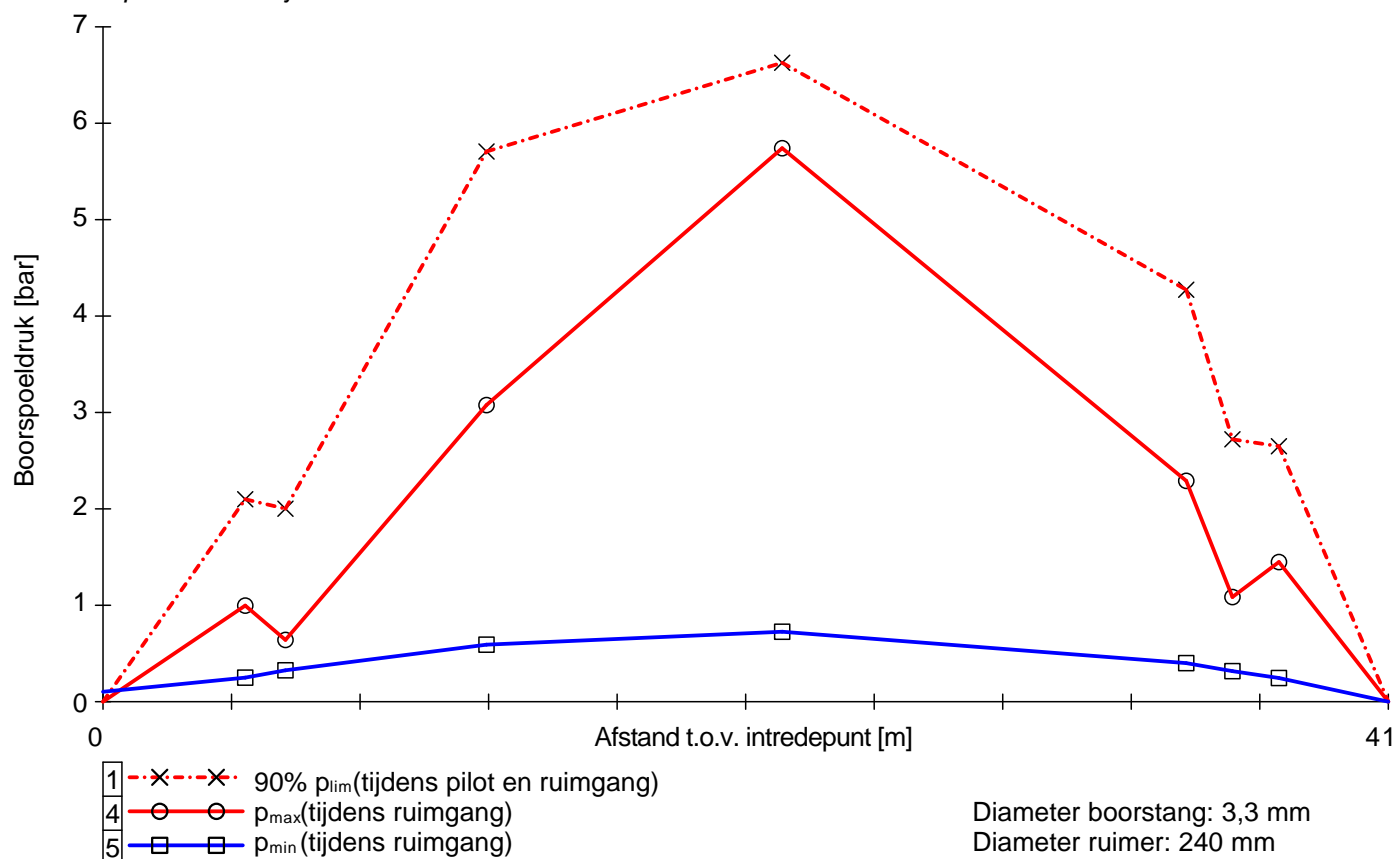
$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

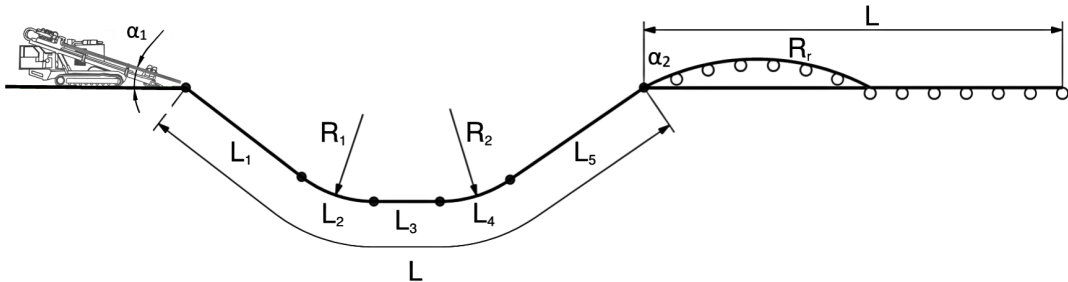
$$p_{min} = p_{st} + \Delta p$$

10.3 Boorspoeldrukken tijdens pilot



10.4 Boorspoeldrukken tijdens ruimen



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 2.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : GBZ2021-003 Ouderkerk aan de Amstel, Holendrechteweg			
Projectonderdeel : GBZ2021-003 Sterkteberekening Ø 75mm			
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 uitzettingscoëfficiënt	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	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 75,00	mm
Wanddikte	d _n	= 6,8	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	Δt	= 10	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
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 boorstang	D _b	= 3,3	mm
Diameter boorkop	D _p	= 120	mm
Diameter ruimer	D _g	= 240	mm
Totale lengte	L	= 40,65	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 5,77	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 15,71	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 0,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 15,71	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 3,46	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 30,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 30,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 30,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 30,00 / 57,74	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 30,00 / 57,74	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
			
		22-04-2021 16:21:00	

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020					Sigma 2020 2.0 ©		
Onzekeerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij boring met bundels	f	=	1,8				
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b}	=	1,1				
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o}	=	1,4				
Onzekeerheidsfactor 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				
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/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
A Kant 1e watergang	4,50	1,80	0,40	Klei	17,00	20,70	28,60
B TV1 Bodem waterg..	5,77	1,30	-0,80	Zand	0,00	21,00	32,50
C Kant 1e watergang	12,13	5,10	0,50	Zand	17,00	20,80	30,50
D TV2 Middenpunt	21,48	6,40	0,40	Klei	17,00	21,00	31,60
E Kant 2e watergang	34,26	3,60	0,20	Zand	17,00	20,80	30,80
F Bodem 2e watergang	35,72	1,90	-0,80	Zand	0,00	21,00	32,50
G TV3 Kant 2e water	37,19	2,40	0,30	Klei	17,00	20,60	29,40
Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting	
A Kant 1e watergang	Geen	✓	-	1,30	37,40	Grafiek II	
B TV1 Bodem waterg..	Geen	✓	-	0,00	50,00	Geen	
C Kant 1e watergang	Geen	✓	0,0600	0,70	43,50	Grafiek ½ x II	
D TV2 Middenpunt	Geen	✓	0,0600	0,30	47,00	Grafiek ½ x II	
E Kant 2e watergang	Geen	✓	0,0600	0,60	44,70	Grafiek ½ x II	
F Bodem 2e watergang	Geen	✓	0,0600	0,00	50,00	Geen	
G TV3 Kant 2e water	Geen	✓	-	1,00	40,00	Geen	
					22-04-2021 16:21:00		

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 61,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 68,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 75,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 37,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 30,70	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 34,10	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 855.496,26	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 22.813,23	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 26,20	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 7,71	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 1.456,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0139	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0139 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0139 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0139 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0139 \text{ N/mm}^1$

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	40,65	102
Na intrekken van L_5	37,19	93
Na intrekken van $L_5 + L_4$	21,48	54
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	21,48	54
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	5,77	14

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0139 \cdot 0,1$$

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	102	0,07
Na intrekken van L_5	93	0,06
Na intrekken van $L_5 + L_4$	54	0,04
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	54	0,04
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	14	0,01

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{1.456,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{855.496}{30.000} = 30.583,99 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{30.583,99}{22.813} = 1,34 \text{ N/mm}^2$$

3.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,07	0,94
Na intrekken van L ₅	0,06	0,94
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,04	0,91
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,04	0,91
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,01	0,88

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

Toelaatbare spanning: $\sigma_{kd} = MRS = 10,00 \text{ N/mm}^2$

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: $D_{e,omtrek} = 235,62 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0139 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 75,00^2 \cdot \pi/4 = 0,0508 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0369 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	3,46	119	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	19,17	-	661
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	19,17	661	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	34,88	-	1.203
Geheel ingetrokken	40,65	1.402	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (235,62 \cdot 0,00005 + 0,0369 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (235,62 \cdot 0,00005 + 0,0369 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
C Kant 1e wate..	0,0061	30	0,0049	136
D TV2 Middenpunt	0,0061	30	0,0049	136
E Kant 2e wate..	0,0061	30	0,0049	136
F Bodem 2e wat..	0,0061	30	0,0049	136

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

$$Q_r = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 75 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b, \text{neer}}$ [N]	$T_{3b, \text{op}}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	54	661	136	-	851
Opgaande bocht	14	1.203	136	136	1.490

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	15,00	851	159
Opgaande bocht	15,00	1.490	278

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

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

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

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

4.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b, \text{neer}}$ [N]	$T_{3c, \text{neer}}$ [N]	$T_{3b, \text{op}}$ [N]	$T_{3c, \text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	93	119	-	-	-	-	212
Na intrekken van $L_5 + L_4$	54	661	136	159	-	-	1.010
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	54	661	136	159	-	-	1.010
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	14	1.203	136	159	136	278	1.926
Geheel ingetrokken	0	1.402	136	159	136	278	2.111

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van L_5	212	0,15
Na intrekken van $L_5 + L_4$	1.010	0,69
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	1.010	0,69
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.926	1,32
Geheel ingetrokken	2.111	1,45

$$\sigma_t = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{1.456,95}$$

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

4.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{855.496,26}{0,9 \cdot 30.000} = 43.250,09 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{43.250,09}{22.813,23} = \mathbf{1,90 \text{ N/mm}^2}$$

4.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{855.496,26}{0,9 \cdot 30.000} = 43.250,09 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{43.250,09}{22.813,23} = \mathbf{1,90 \text{ N/mm}^2}$$

4.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	212	0,15	-	0,15
Na intrekken van $L_5 + L_4$	1.010	0,69	1,90	1,93
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	1.010	0,69	-	0,69
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.926	1,32	1,90	2,55
Geheel ingetrokken	2.111	1,45	-	1,45

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{1.456,95} = \sigma_t$$

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

$$\text{Toelaatbare spanning: } \sigma_{kd} = \text{MRS} = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$$

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

Sigma 2020 2.0 ©

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

$$D_g/d_n = 68,20/6,80 = 10,03 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{37,50^2 + 30,70^2}{37,50^2 - 30,70^2} \cdot 0,3 = 1,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 1,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 1,52 = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

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

5.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 34,1^3 \cdot 0,143}{975 \cdot 26,20} \right) = 0,88$$

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]
A Kant 1e water..	1,80	0,40	Klei	7,48	31,88	39,36	1,90
B TV1 Bodem wa..	1,30	-0,80	Zand	0,00	30,03	30,03	1,28
C Kant 1e water..	5,10	0,50	Zand	9,35	105,25	114,60	5,14
D TV2 Middenpunt	6,40	0,40	Klei	7,48	138,60	146,08	6,46
E Kant 2e water..	3,60	0,20	Zand	3,74	77,79	81,53	3,56
F Bodem 2e wat..	1,90	-0,80	Zand	0,00	43,89	43,89	1,87
G TV3 Kant 2e ..	2,40	0,30	Klei	5,61	47,59	53,20	2,41

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

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]
A Kant 1e water..	1,80	Grafiek II	15,32	1,15
B TV1 Bodem wa..	1,30	Geen	0,00	0,00
C Kant 1e water..	5,10	Grafiek ½ x II	1,96	0,15
D TV2 Middenpunt	6,40	Grafiek ½ x II	1,49	0,11
E Kant 2e water..	3,60	Grafiek ½ x II	3,02	0,23
F Bodem 2e wat..	1,90	Geen	0,00	0,00
G TV3 Kant 2e ..	2,40	Geen	0,00	0,00

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 75$$

22-04-2021 16:21:02

5.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
A Kant 1e wate..	✓	1,90	1,15	3,05	20,02 ⁽¹⁾	2,60
B TV1 Bodem wa..	✓	1,28	0,00	1,28	8,70 ⁽¹⁾	1,13
C Kant 1e wate..	✓	5,14	0,15	5,29	35,37 ⁽¹⁾	4,59
D TV2 Middenpunt	✓	6,46	0,11	6,57	44,35 ⁽¹⁾	5,76
E Kant 2e wate..	✓	3,56	0,23	3,79	25,41 ⁽¹⁾	3,30
F Bodem 2e wat..	✓	1,87	0,00	1,87	12,71 ⁽¹⁾	1,65
G TV3 Kant 2e ..	✓	2,41	0,00	2,41	15,97 ⁽¹⁾	2,07

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)
 $M_q = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 34,10 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 34,10$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{7,71}$$

 5.6 Optredende spanning s_{qr} t.g.v. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
C Kant 1e wate..	30	0,0049	0,32
D TV2 Middenpunt	30	0,0049	0,32
E Kant 2e wate..	30	0,0049	0,32
F Bodem 2e wat..	30	0,0049	0,32

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 75 \cdot \frac{37,50}{7,71}$$

 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

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{26,20}{68,2^3} = 0,0805 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{80,54 \text{ kN/m}^2}$$

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: $\gamma = 1,5$

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 26,20}{68,20^3} = 1,53 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 26,20}{68,20^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,53 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/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
A Kant 1e wate..	2,60	-	0,65	1,69
B TV1 Bodem wa..	1,13	-	0,65	0,73
C Kant 1e wate..	4,59	0,32	0,65	3,19
D TV2 Middenpunt	5,76	0,32	0,65	3,95
E Kant 2e wate..	3,30	0,32	0,65	2,35
F Bodem 2e wat..	1,65	0,32	0,65	1,28
G TV3 Kant 2e ..	2,07	-	0,65	1,35

 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
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]
A Kant 1e wate..	0,61	1,56	-	-	2,17
B TV1 Bodem wa..	0,61	1,56	-	-	2,17
C Kant 1e wate..	0,61	1,56	1,90	0,65	3,40
D TV2 Middenpunt	0,61	1,56	1,90	0,65	3,40
E Kant 2e wate..	0,61	1,56	1,90	0,65	3,40
F Bodem 2e wat..	0,61	1,56	1,90	0,65	3,40
G TV3 Kant 2e ..	0,61	1,56	-	-	2,17

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

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

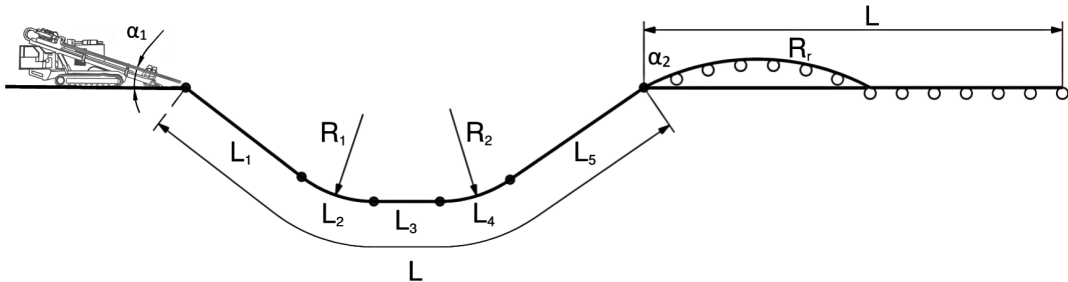
 Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²
9. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_y [mm]	δ_y/D_g [%]
A Kant 1e wate..	1,90	1,15	-	0,42	0,62
B TV1 Bodem wa..	1,28	0,00	-	0,25	0,36
C Kant 1e wate..	5,14	0,15	0,0049	0,95	1,40
D TV2 Middenpunt	6,46	0,11	0,0049	1,23	1,81
E Kant 2e wate..	3,56	0,23	0,0049	0,68	1,00
F Bodem 2e wat..	1,87	0,00	0,0049	0,36	0,53
G TV3 Kant 2e ..	2,41	0,00	-	0,42	0,62

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q() - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 34,10^3}{350 \cdot 26,20}$$

 Toelaatbare deflectie = $8\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 68,20 = \mathbf{5,46}$ mm

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 2.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : GBZ2021-003 Ouderkerk aan de Amstel, Holendrechteweg			
Projectonderdeel : GBZ2021-003 Sterkteberekening Ø 125mm			
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 uitzettingscoëfficiënt	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	= 8,00	%
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	Δt	= 10	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
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 boorstang	D _b	= 3,3	mm
Diameter boorkop	D _p	= 120	mm
Diameter ruimer	D _g	= 240	mm
Totale lengte	L	= 40,65	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 5,77	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 15,71	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 0,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 15,71	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 3,46	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 30,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 30,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 30,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 30,00 / 57,74	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 30,00 / 57,74	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
			
		22-04-2021 16:22:51	

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020					Sigma 2020 2.0 ©		
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
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				
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/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
A Kant 1e watergang	4,50	1,80	0,40	Klei	17,00	20,70	28,60
B TV1 Bodem waterg..	5,77	1,30	-0,80	Zand	0,00	21,00	32,50
C Kant 1e watergang	12,13	5,10	0,50	Zand	17,00	20,80	30,50
D TV2 Middenpunt	21,48	6,40	0,40	Klei	17,00	21,00	31,60
E Kant 2e watergang	34,26	3,60	0,20	Zand	17,00	20,80	30,80
F Bodem 2e watergang	35,72	1,90	-0,80	Zand	0,00	21,00	32,50
G TV3 Kant 2e water	37,19	2,40	0,30	Klei	17,00	20,60	29,40
Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting	
A Kant 1e watergang	Geen	✓	-	1,30	37,40	Grafiek II	
B TV1 Bodem waterg..	Geen	✓	-	0,00	50,00	Geen	
C Kant 1e watergang	Geen	✓	0,0360	0,70	43,50	Grafiek ½ x II	
D TV2 Middenpunt	Geen	✓	0,0190	0,30	47,00	Grafiek ½ x II	
E Kant 2e watergang	Geen	✓	0,0360	0,60	44,70	Grafiek ½ x II	
F Bodem 2e watergang	Geen	✓	0,0360	0,00	50,00	Geen	
G TV3 Kant 2e water	Geen	✓	-	1,00	40,00	Geen	
					22-04-2021 16:22:51		

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaienveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0389 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0389 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0389 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0389 \text{ N/mm}^1$

3. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds
3.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaienveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	40,65	284
Na intrekken van L_5	37,19	260
Na intrekken van $L_5 + L_4$	21,48	150
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	21,48	150
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	5,77	40

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	284	0,07
Na intrekken van L_5	260	0,06
Na intrekken van $L_5 + L_4$	150	0,04
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	150	0,04
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	40	0,01

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

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052}{30.000} = 236.988,62 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{236.988,62}{106.065} = \mathbf{2,23 \text{ N/mm}^2}$$

3.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,07	1,52
Na intrekken van L ₅	0,06	1,52
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,04	1,49
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,04	1,49
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,01	1,46

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 2,23 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$

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: $D_{e,omtrek} = 392,70 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0389 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 125,00^2 \cdot \pi/4 = 0,141 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,102 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	3,46	250	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	19,17	-	1.383
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	19,17	1.383	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	34,88	-	2.517
Geheel ingetrokken	40,65	2.933	-

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
C Kant 1e wate..	0,0036	30	0,0081	633
D TV2 Middenpunt	0,0031	30	0,0059	540
E Kant 2e wate..	0,0036	30	0,0081	633
F Bodem 2e wat..	0,0036	30	0,0081	633

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

$$Q_r = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 125,0 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b, \text{neer}}$ [N]	$T_{3b, \text{op}}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	150	1.383	633	-	2.167
Opgaande bocht	40	2.517	633	633	3.824

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	15,00	2.167	404
Opgaande bocht	15,00	3.824	713

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

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

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

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

4.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b, \text{neer}}$ [N]	$T_{3c, \text{neer}}$ [N]	$T_{3b, \text{op}}$ [N]	$T_{3c, \text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	260	250	-	-	-	-	510
Na intrekken van $L_5 + L_4$	150	1.383	633	404	-	-	2.571
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	150	1.383	633	404	-	-	2.571
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	40	2.517	633	404	633	713	4.940
Geheel ingetrokken	0	2.933	633	404	633	713	5.316

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van L_5	510	0,13
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2.571	0,63
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	2.571	0,63
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	4.940	1,21
Geheel ingetrokken	5.316	1,31

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

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

4.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052,19}{0,9 \cdot 30.000} = 335.135,42 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{335.135,42}{106.064,84} = \mathbf{3,16 \text{ N/mm}^2}$$

4.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052,19}{0,9 \cdot 30.000} = 335.135,42 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{335.135,42}{106.064,84} = \mathbf{3,16 \text{ N/mm}^2}$$

4.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	510	0,13	-	0,13
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2.571	0,63	3,16	2,69
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	2.571	0,63	-	0,63
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	4.940	1,21	3,16	3,27
Geheel ingetrokken	5.316	1,31	-	1,31

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

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

$$\text{Toelaatbare spanning: } \sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$$

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

Sigma 2020 2.0 ©

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

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

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

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

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

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

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

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]
A Kant 1e water..	1,80	0,40	Klei	7,48	31,88	39,36	3,17
B TV1 Bodem wa..	1,30	-0,80	Zand	0,00	30,03	30,03	2,13
C Kant 1e water..	5,10	0,50	Zand	9,35	105,25	114,60	8,57
D TV2 Middenpunt	6,40	0,40	Klei	7,48	138,60	146,08	10,76
E Kant 2e water..	3,60	0,20	Zand	3,74	77,79	81,53	5,94
F Bodem 2e wat..	1,90	-0,80	Zand	0,00	43,89	43,89	3,11
G TV3 Kant 2e ..	2,40	0,30	Klei	5,61	47,59	53,20	4,02

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

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]
A Kant 1e water..	1,80	Grafiek II	15,31	1,91
B TV1 Bodem wa..	1,30	Geen	0,00	0,00
C Kant 1e water..	5,10	Grafiek ½ x II	1,96	0,25
D TV2 Middenpunt	6,40	Grafiek ½ x II	1,49	0,19
E Kant 2e water..	3,60	Grafiek ½ x II	3,01	0,38
F Bodem 2e wat..	1,90	Geen	0,00	0,00
G TV3 Kant 2e ..	2,40	Geen	0,00	0,00

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 125,0$$

22-04-2021 16:22:52

5.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
A Kant 1e wate..	✓	3,17	1,91	5,08	55,56 ⁽¹⁾	2,57
B TV1 Bodem wa..	✓	2,13	0,00	2,13	24,15 ⁽¹⁾	1,11
C Kant 1e wate..	✓	8,57	0,25	8,82	98,20 ⁽¹⁾	4,53
D TV2 Middenpunt	✓	10,76	0,19	10,95	123,13 ⁽¹⁾	5,68
E Kant 2e wate..	✓	5,94	0,38	6,32	70,55 ⁽¹⁾	3,26
F Bodem 2e wat..	✓	3,11	0,00	3,11	35,29 ⁽¹⁾	1,63
G TV3 Kant 2e ..	✓	4,02	0,00	4,02	44,34 ⁽¹⁾	2,05

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

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{21,66}$$

 5.6 Optredende spanning s_{qr} t.g.v. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
C Kant 1e wate..	30	0,0081	0,53
D TV2 Middenpunt	30	0,0059	0,38
E Kant 2e wate..	30	0,0081	0,53
F Bodem 2e wat..	30	0,0081	0,53

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 125,0 \cdot \frac{62,50}{21,66}$$

 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

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

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

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: $\gamma = 1,5$

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

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

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

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

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]
A Kant 1e wate..	2,57	-	0,65	1,67
B TV1 Bodem wa..	1,11	-	0,65	0,72
C Kant 1e wate..	4,53	0,53	0,65	3,29
D TV2 Middenpunt	5,68	0,38	0,65	3,94
E Kant 2e wate..	3,26	0,53	0,65	2,46
F Bodem 2e wat..	1,63	0,53	0,65	1,40
G TV3 Kant 2e ..	2,05	-	0,65	1,33

 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
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]
A Kant 1e wate..	0,60	1,56	-	-	2,16
B TV1 Bodem wa..	0,60	1,56	-	-	2,16
C Kant 1e wate..	0,60	1,56	3,16	0,65	4,22
D TV2 Middenpunt	0,60	1,56	3,16	0,65	4,22
E Kant 2e wate..	0,60	1,56	3,16	0,65	4,22
F Bodem 2e wat..	0,60	1,56	3,16	0,65	4,22
G TV3 Kant 2e ..	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: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²
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 [%]
A Kant 1e wate..	3,17	1,91	-	0,69	0,61
B TV1 Bodem wa..	2,13	0,00	-	0,41	0,36
C Kant 1e wate..	8,57	0,25	0,0081	1,56	1,37
D TV2 Middenpunt	10,76	0,19	0,0059	2,02	1,77
E Kant 2e wate..	5,94	0,38	0,0081	1,11	0,98
F Bodem 2e wat..	3,11	0,00	0,0081	0,60	0,52
G TV3 Kant 2e ..	4,02	0,00	-	0,69	0,61

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q() - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

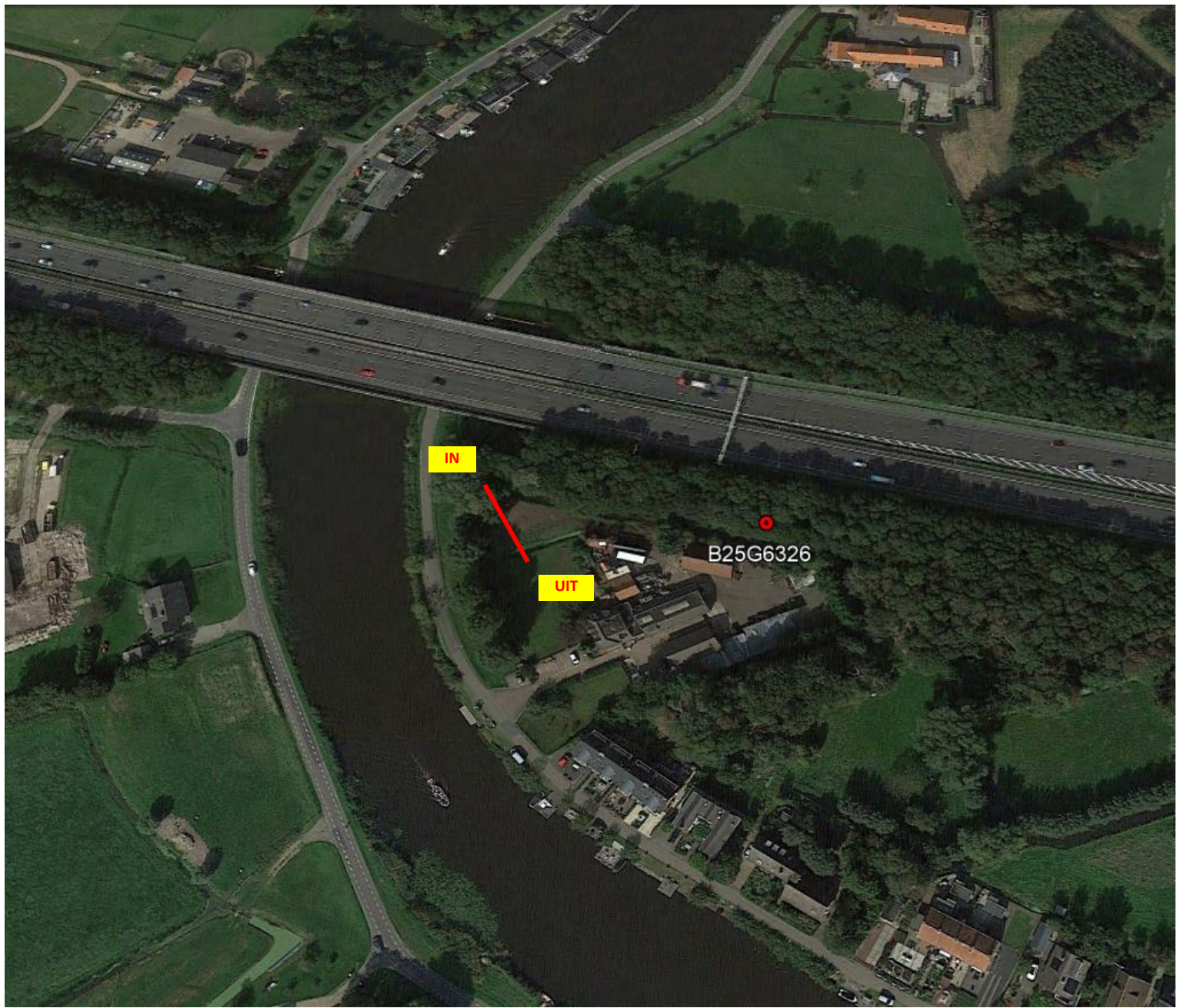
$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 56,80^3}{350 \cdot 123,46}$$

 Toelaatbare deflectie = $8\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 113,60 = \mathbf{9,09}$ mm

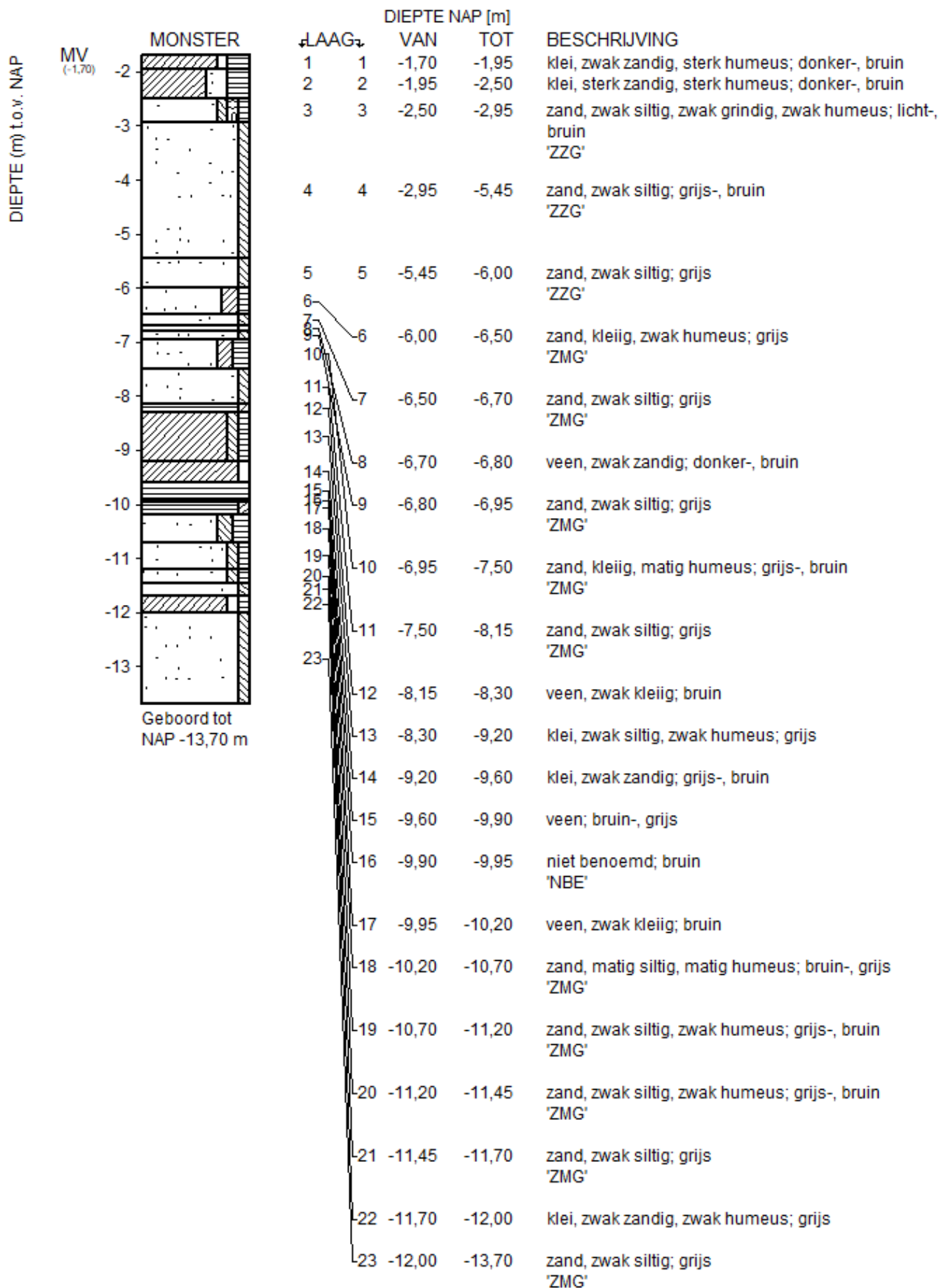
GBZ2021-003

Bijlage 3

Grondonderzoek



Topografische situatie van de locatie



GBZ2021-003

Bijlage 4

DigiTrak F5 Walkover System

DigiTrak® F5™

Directional Drilling Locating System



- Multiple transmitter options with dual in-ground frequency selection
- DigiTrak LWD (Log-While-Drilling) DataLog option with Bluetooth technology
- Pilot hole fluid pressure monitoring with Fluid Pressure Transmitter (FPT)
- Off-track guidance when direct walkover locating is not possible
- Compatible with SST® steering tool and TensiTrak monitoring system

DCI is the world's leading supplier of the very best walkover locating technology for the trenchless industry.

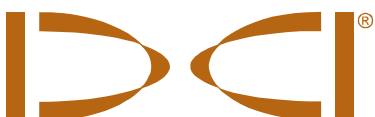
The DigiTrak® F5® Directional Drilling Locating System is the most advanced in DCI's F Series™ line of locating systems. Over five years in development and backed by over 20 years of HDD locating experience, the F5 platform builds on DCI's industry-standard Eclipse® locating technology.

The F5 receiver incorporates DCI's patented 3D antenna technology, target-in-the-box® locating that lets you walk directly to a locate point from any direction, colorful and intuitive icon-driven menus, a four-way toggle switch, and easy-to-understand graphics, which together provide a best-in-class user experience.

The F5 system offers multiple transmitter options in five frequencies to help you overcome jobsite interference better than ever at depths of up to 90 ft. (27.4 m). DCI transmitters can track existing non-metallic ducts, measure pullback tension and mud pressure, and steer

reliably where a direct walkover is not possible. Dual-frequency transmitters can change frequency in-ground, a valuable time-saving feature. FPT fluid pressure transmitters (a technology patented by DCI) monitor pressure in real time to help prevent inadvertent returns while drilling pilot bores.

The F5 receiver comes standard with data logging using the DigiTrak LWD™ (Log-While-Drilling) DataLog® system. Built-in Bluetooth technology transfers data from the F5 receiver to a PC, where a variety of options are available for analyzing, displaying, printing, and storing data. View both current and past data logged by the F5 receiver even while still drilling.



DIGITAL CONTROL INCORPORATED

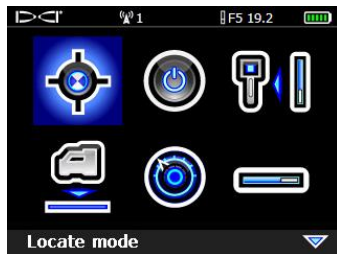
19625 62nd Ave S, Suite B103
Kent Washington 98032, USA
425.251.0559 / 800.288.3610
253.395.2800 fax
dci@digital-control.com

dci.Australia@digital-control.com +61.7.5531.4283
dci.China@digital-control.com +86.21.6432.5186
dci.Europe@digital-control.com +49.9391.810.6100
dci.India@digital-control.com +91.11.4507.0444
dci.Russia@digital-control.com +7.499.281.8177

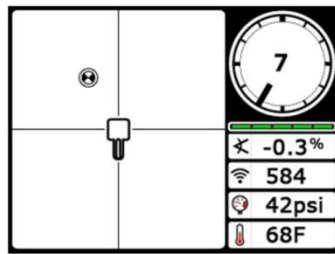
www.DigiTrak.com

DigiTrak® F5 Locating System

The DigiTrak F5 receiver gives a bird's-eye view of the relative positions of the receiver and transmitter, a 24-position roll indicator, pilot hole fluid pressure data, and the transmitter's pitch, signal strength, temperature, and battery strength. During a depth reading, the depth display shows a side view of the drill head along with the bird's-eye view, providing the transmitter's location in three dimensions on the same screen. The F5 provides depth readings over the transmitter and predicted depth readings at the front locate point (FLP), allowing for tracking on-the-fly over a level drill path. All of this information is sent to the remote display (FSD) on the drill.



F5 Receiver Main Menu



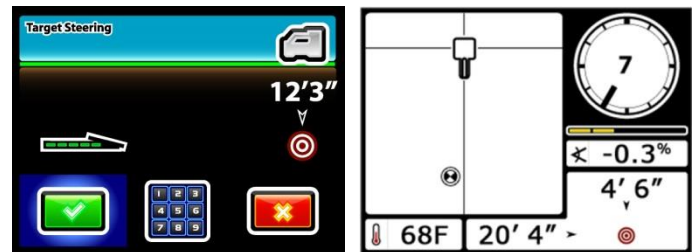
Locating Display with Fluid Pressure Data

F5 Receiver Specifications

Model number	F5R
Frequency	1.3, 8.4, 12, 18.5, or 19.2 kHz
Power source	Lithium-ion battery pack
Battery life	8–12 hrs
Battery charger	10–28 VDC
Functions	Menu-driven
Controls	Trigger and toggle switches
Graphic display	Full-color LCD
Audio output	Beeper
Telemetry range	1800 ft (550 m)
Telemetry channels	4
Operating temperature	-4 to 140° F (-20 to 60° C)
Accuracy	±5% absolute
Dimensions	11 x 5.5 x 15 in. (27.94 x 13.97 x 38.1 cm)
Weight (with battery)	8.0 lb (3.63 kg)

DCI is committed to delivering the industry's best walkover locating experience. Please contact us if you need more information.

The FSD's screen is normally dedicated to the transmitter's roll clock. When the receiver takes a depth reading, the FSD automatically adjusts to also display depth.



Target Steering Setup Menu and Receiver Display

Target Steering® calculates the distance and depth of the transmitter for the current bore path. This lets you make up/down and left/right steering corrections on the way to the target, resulting in straighter pilot bores. Crisp graphics make this function easy to set up and operate. Roll offset allows the transmitter's 12 o'clock position to be electronically compensated to match that of the drill head.

The F5 receiver is compatible with the FSD™ (F Series Display) remote display and DigiTrak® Multi-Function Display (MFD®) (with a software upgrade), with similar menus and display screens on all these devices.

The F5 system comes with an F5R receiver, FSD remote display, three DigiTrak lithium-ion battery packs, and an intelligent charger with both AC and DC power cords. Transmitters are sold separately.

F-Series Display Specifications

Model number	FSD
Power source	Lithium-ion battery pack/12–28 VDC
Battery life	14–18 hrs
Battery charger	10–28 VDC
Controls	Five-button touch pad
Graphic display	LCD
Audio output	Beeper
Telemetry range ¹	1800 ft (550 m)
Telemetry channels	4
Operating temperature	-4 to 140° F (-20 to 60° C)
Dimensions	9.5 x 7.6 x 8.5 in. (24.13 x 19.3 x 21.6 cm)
Weight (with battery)	6.2 lb (2.8 kg)

¹ Range can be increased with an optional external receiving antenna.



GBZ2021-003

Bijlage 5

Productblad bentoniet



Product Data Blad

Cebogel OCMA

Toepassing

Omschrijving

Eigenschappen

Drilling

De basis voor deze bentoniet kwaliteit is een speciaal geselecteerde, geactiveerde natrium bentoniet. **Cebogel OCMA** voldoet aan de OCMA specificaties zoals vastgesteld voor olieboringen, is KIWA-ATA en voor Duitsland door het "Hygiene-Institut des Ruhrgebiets" gecertificeerd. **Cebogel OCMA** is een allround boorbentoniet. **Cebogel OCMA** heeft een laag filtraatwaterverlies, is goed te recyclen en heeft daardoor een goede prijs-kwaliteitverhouding.

Cebogel OCMA heeft de volgende eigenschappen;

Goede stabiliserende eigenschappen

Cebogel OCMA heeft goede stabiliserende eigenschappen door een laag filtraatverlies.

Uitstekende prijs-kwaliteitverhouding

Cebogel OCMA is gemakkelijk te recyclen en kan daardoor meerdere malen worden gebruikt. Cebogel OCMA heeft hierdoor een uitstekend rendement.

Certificering

Cebogel OCMA is gecertificeerd volgens KIWA-ATA en voor Duitsland beoordeeld en goedgekeurd op waterhygiëne door het "Hygiene-Institut des Ruhrgebiets" en dus veilig voor gebruik in drinkwatergebieden.

Cebogel OCMA heeft de volgende typische waarden;

Typische waarden Cebogel OCMA			
Parameter	Methode	Eis	Typische waarde
Korrelgrootte		Min. 95% door 125 micron (μm) zeef	96,0%
Vochtgehalte	Volgens DIN 18121-1	$\leq 13\%$ (m/m)	11%
Soortelijk gewicht	-	-	2300 kg/m³ +/- 10%
Stort gewicht	-	-	900 kg/m³ +/- 10%

Cebogel OCMA heeft de volgende chemische en fysische eigenschappen;

Chemische en fysische eigenschappen Cebogel OCMA	
Samenstelling	Hoogwaardige geactiveerde natrium bentoniet
Kleur	Beige
Vorm	Poeder



Cebo Holland

Industrial Minerals, Powerful Logistics

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



Product Data Blad

Cebogel OCMA

Aanbevolen gebruik

De eigenschappen van Cebogel OCMA worden het best benut als het aanmaakwater de volgende eigenschappen bezit;

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

Langzaam en gelijkmatig toevoegen aan een hoog circulatie mixer. Blijf de slurry rond circuleren totdat de bentoniet volledig is gedispergeerd. Aanbevolen wordt de suspensie minimaal 4 uur te laten rijpen.

Typische waarden Cebogel OCMA volgens OCMA DFCP-4		
Parameter	Eis	Typische waarde
Yield	$\geq 16,0 \text{ m}^3/\text{ton}$	17,4 m³/ton
API Filtraatwaterverlies	$\leq 15 \text{ ml (30 min)}$	13 ml
Korrelgrootte	Min. 98% door 150 micron (μm) zeef	99%

Cebogel OCMA in suspensie van 65 kg/m³ heeft de volgende typische waarden (na 24 uur);

Typische waarden 6,5% Cebogel OCMA suspensie			
Parameter	Test methode	Eis	Typische waarde
Dichtheid	Fann Mud Balance	-	1,035 g/ml
Viscositeit	Fann Marsh Funnel	32 - 60 sec.	48 sec.
Yield Point	Fann Viscometer	-	18 lbs/100 ft²
Waterafscheiding	-	0% na 24 uur	0%
Vloeigrens kogelnummer	Kugelharfengerät	-	3 kogel - 10 N/m²
Filtraatwaterverlies	Fann API Filter Press	$\leq 15 \text{ ml (7,5 min)}$	$\leq 10 \text{ ml}$

Verpakking

Cebogel OCMA is verkrijgbaar in de volgende verpakkingen;

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

Revisie datum : 8.10.2013
Document nummer : 100305NL

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



Cebo Holland

Industrial Minerals, Powerful Logistics

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

GBZ2021-003

Bijlage 6

Gegevens in te zetten Rig

Technische gegevens boormachines Verbree bv 23 november 2016

Technische gegevens Boretech BT0605 (5 ton) + IHI 55N

Bijzonderheid: boormachine is gekoppeld aan graafmachine (fysiek + hydraulisch)

Afmetingen boormachine

(lengte x breedte x hoogte) 3,20 x 0,96 x 1,50 meter

Gewicht boormachine

Gewicht boormachine 500 kg

Afmetingen graafmachine

(lengte x breedte x hoogte) 5,7 x 2,0 x 2,5 meter (lengte rijwerk: 1,95 meter)

Gewicht graafmachine

Gewicht graafmachine 5.405 kg

Boormachine

- Boorkoppel 1250 Nm
- Trekkkracht 50 kN
- Boorhoek met maaiveld 0 tot 45°

Boorstangen

- Lengte 3,0 meter
- Diameter 3,3 cm
- Materiaal Aluminium
- Type 33 XS Aluminium boorstang (Boretech)
- Min. Radius 20,0 meter
- Max. koppel 622 Nm
- Max. % sturen per stang 15%
- Maximale lengte boorstangen: 110 meter

Maximale afstand tussen units

- Tussen boormachine en vrachtwagen: 60 meter

Ruimers

- T/m 355 mm (in overleg!)

