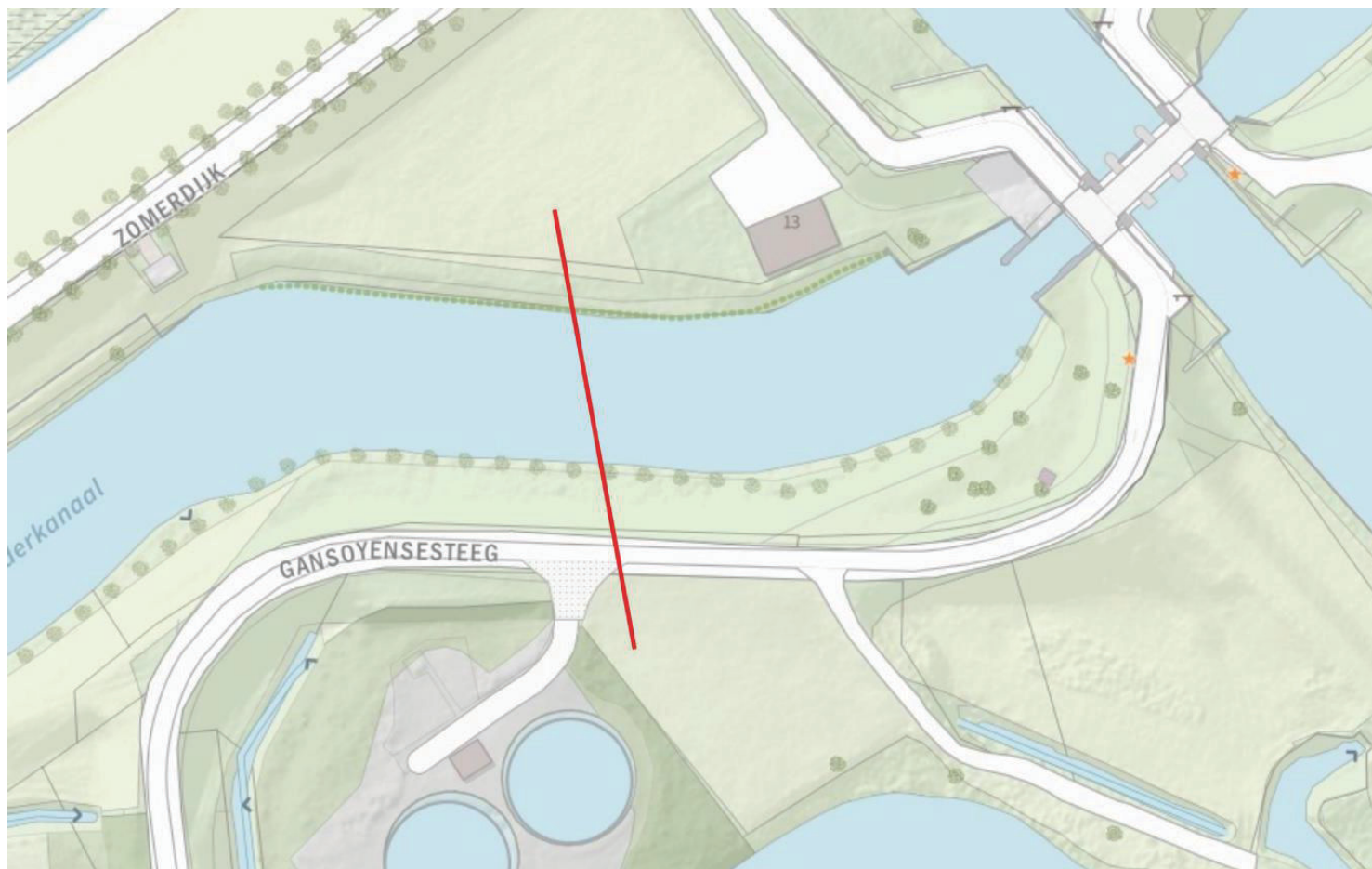


WERKPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

t.b.v.

aanleg waterleiding Brabant Water

Locatieoverzicht:



ZUIDERKANAAL / GANSOYENSESTEEG TE WAALWIJK

Proj. nr.	:2200236.001
Datum	:23-6-2022
Revisie	: 01

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING.....	3
2	PROJECTGEGEVENS	3
2.1	BETROKKEN PARTIJEN.....	3
2.1.1	Opdrachtgever.....	3
2.1.2	Opdrachtnemer.....	3
2.2	PROJECTINFORMATIE	3
3	TECHNISCHE SPECIFICATIES	4
3.1	ONTWERPGEGEVENS VAN DE HPE-BUIZEN:	4
3.1.1	Waterleiding 110	4
4	KORTE BESCHRIJVING BOORMETHODE	5
5	BESCHRIJVING WERKZAAMHEDEN M.B.T. DE UITVOERING	6
5.1	VERKEERSMAATREGELEN.....	6
5.2	INTREDEWERKPLEK	6
5.3	UITTREDEWERKPLEK.....	6
5.4	PILOTBORING / LOKALISEREN VAN DE BOORKOP.....	6
6	PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN	7
6.1	GLOBALE TIJDSPLANNING VOOR DE REALISATIE VAN DE BORING:	7
7	GRONDONDERZOEK	8
8	BEREKENINGSRESULTATEN	9
9	BIJLAGEN.....	10
9.1	WERKTEKENING	10
9.2	GRONDONDERZOEK	11
9.3	STERKTE/MUDDRUKBEREKENING	12
9.4	SPECIFICATIE BOORMACHINE.....	13
9.5	SPECIFICATIE MEETSYSTEEM	14
9.6	SPECIFICATIE BOORSPOELING	15

1 INLEIDING

I.v.m. het herstellen van een lekkage in een waterleiding van Brabant water dient er een kruising gemaakt worden d.m.v. horizontaal gestuurd boren.

De boring bestaat uit een HPE buis 110 mm die bestemd is voor drinkwater.

In dit rapport is zijn diverse gegevens opgenomen die nodig zijn voor de aanvraag van de vergunning(en). Uitgangspunten voor de berekeningen zijn de normen: NEN 3650 en NEN 3651.

2 Projectgegevens

2.1 Betrokken partijen

2.1.1 Opdrachtgever

Naam	:	Van den Heuvel Aannemingsbedrijf B.V.
Adres	:	Postbus 31
Postcode / Plaats	:	5384 ZG Heesch
Telefoon	:	(0412) 45 38 72
Contactpersoon	:	
Mobiel	:	
Emailadres	:	

2.1.2 Opdrachtnemer

Naam	:	Van de Beek Kabels en Leidingen B.V.
Adres	:	Neerijnsense Mark
Postcode/Plaats	:	4182 SB Neerijnen
Telefoon	:	(0345) 56 97 98
Projectleider	:	
Mobiel	:	
Emailadres	:	
Ontwerp / engineering	:	
Mobiel	:	
Emailadres	:	

2.2 Projectinformatie

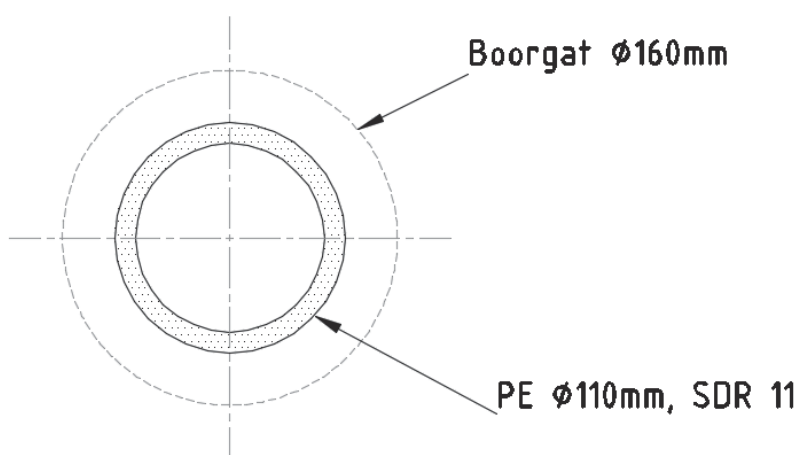
Projectnummer opdrachtgever :	
Projectnummer opdrachtnemer:	2200236.001
Locatie werkzaamheden:	Gansoyensesteeg te Waalwijk

3 TECHNISCHE SPECIFICATIES

3.1 Ontwerpgegevens van de HPE-buis:

3.1.1 Waterleiding 110

Diameter: 110 mm
Wanddikte: 10 mm
Materiaal: HPE
Klasse: SDR 11 PE 100
Inhoud: Drinkwater
Werkdruk: 4 bar



4 KORTE BESCHRIJVING BOORMETHODE

Horizontaal gestuurd boren is een succesvol systeem voor aanleg van kabels en leidingen onder rivieren, kanalen, wegen en diverse obstakels. Overlast m.b.t de omgeving, omwonenden en milieu wordt veelal tot een minimum beperkt.

Een horizontaal gestuurd boorsysteem bestaat uit een boorunit en een mengunit.

Met behulp van de (hydraulische) boorunit worden vanaf het intredepunt boorstangen de grond ingedrukt en teruggetrokken, al dat niet met gelijktijdig roteren. Tevens wordt tijdens het boorproces boorvloeistof, dat is een mengsel van water en bentoniet/quickgel, via de boorkop de grond ingespoten.

Bentoniet zorgt o.a. voor de afvoer van geboorde grond, koeling van de boorkop en opvulling van het geboorde gat.

De eigenschappen van de boorvloeistof kunnen tijdens de verschillende fasen van het proces worden aangepast aan de gewenste eisen van de boormeester, door o.a. de verhouding tussen water en bentoniet aan te passen.

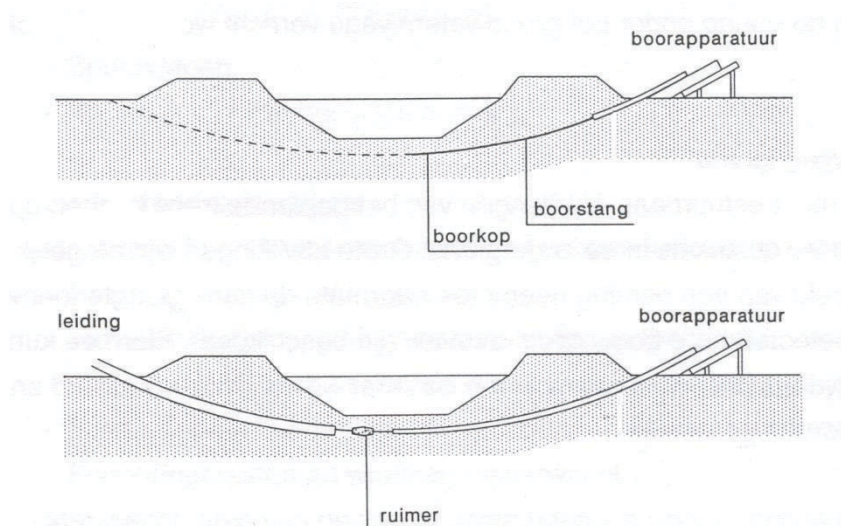
De boorvloeistof wordt via een hogedrukslang aangevoerd vanaf de mengunit naar de boorunit.

Het volledige boorproces wordt bediend vanaf de boormachine door de boormeester.

Tevens heeft de boormeester tijdens het boorproces voortdurend contact met de persoon die de voortgang van de boorkop registreert.

Nadat de zogenaamde pilotboring is voltooid wordt de boorgang, indien nodig, tot voldoende diameter geruimd. Deze keuze van het aantal ruimgangen wordt beslist door de boormeester.

Na de boor- en/of ruimfase wordt vanaf het uittredepunt de reeds gereedliggende mantelbuis teruggetrokken naar de boormachine. Tijdens de terugtrekfase wordt ook gebruik gemaakt van een ruimer die voorzien is van een wartellager om het meedraaien van de mantelbuis te voorkomen.



Schets boorproces

5 BESCHRIJVING WERKZAAMHEDEN M.B.T. DE UITVOERING

5.1 Verkeersmaatregelen

Voor aanvang van de werkzaamheden verkeersmaatregelen genomen om zodoende een veilige situatie te creëren voor de werknemers en overige weggebruikers.

Alle werknemers van de boorploeg zijn verplicht veiligheidskleding te dragen en te werken conform de eisen van de wegbeheerder en Waterschap Brabantse Delta.

5.2 Intredewerkplek

- Kabels en leidingen nabij het intredepunt worden vrij gegraven om zodoende schades tot een minimum te beperken.
- T.h.v. het intredepunt wordt een gat gegraven waarin de boorspoeling tijdens de intrekfase opgevangen wordt. Overtollige boorspoeling wordt afgevoerd.
- De boring zal worden uitgevoerd met een minirig. (voor specificaties zie bijlage)
- De boormachine wordt zo veel mogelijk opgesteld in de zichtlijn van de boring.
- De mengunit en het overige materieel wordt zo dicht mogelijk opgesteld bij de boorunit.

5.3 Uittredewerkplek

- Kabels en leidingen nabij het uittredepunt worden vrij gegraven om zodoende schades tot een minimum te beperken.
- T.h.v. het uittredepunt wordt een gat gegraven waarin de boorspoeling tijdens de intrekfase opgevangen wordt. Overtollige boorspoeling wordt afgevoerd.
- De HPE buis wordt klaargelegd.

5.4 Pilotboring / lokaliseren van de boorkop

Na iedere geboorde stang worden er metingen verricht die van belang zijn voor het verloop van de boring en voor de uitwerking van de revisie.

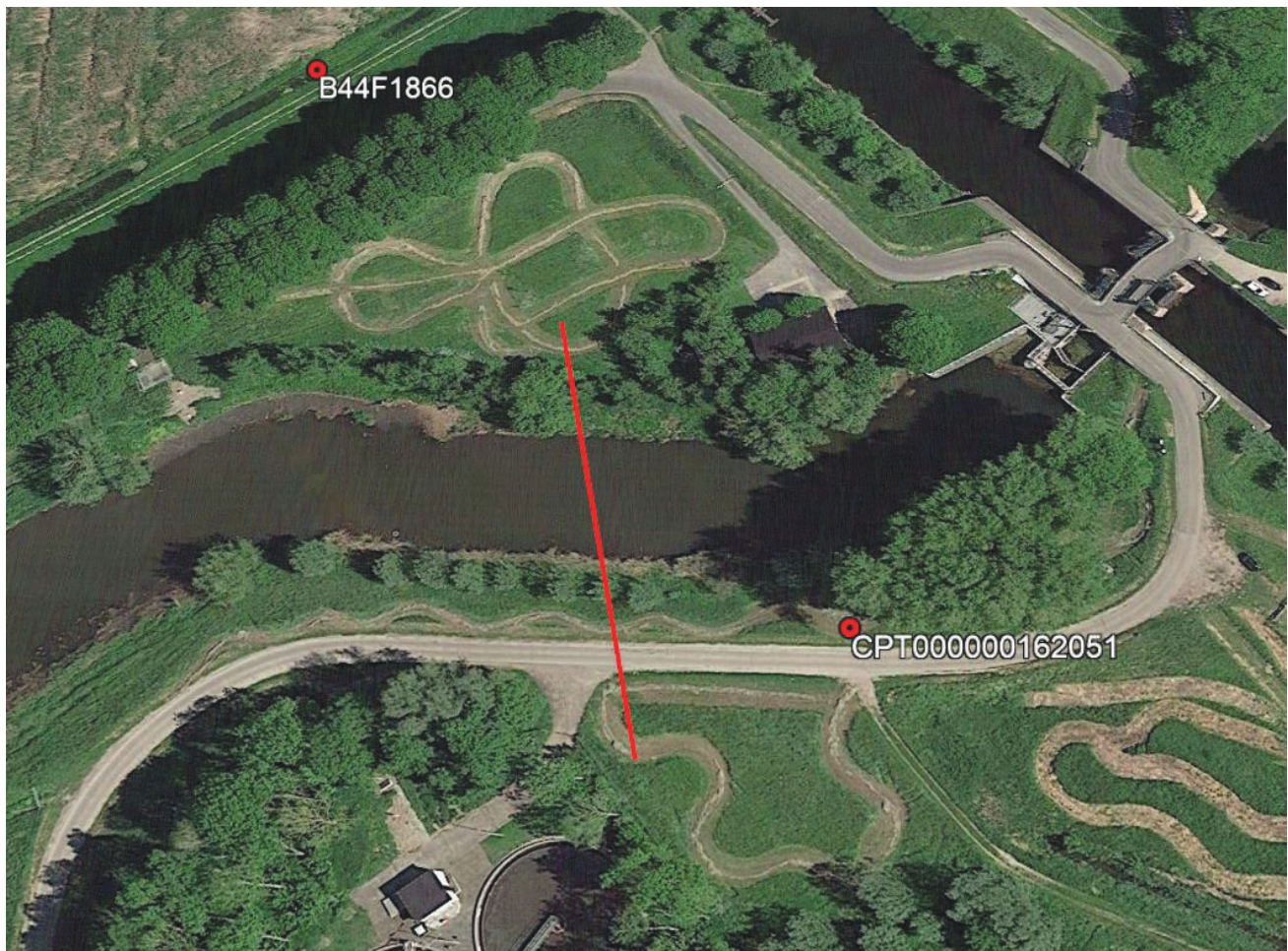
6 PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN

6.1 Globale tijdsplanning voor de realisatie van de boring:

- | | |
|--|----------|
| • Voorbereidende werkzaamheden
(graafwerkzaamheden, opstellen boormachine e.d.) | 0,25 dag |
| • Realiseren van de pilotboring | 0,50 dag |
| • Intrekfase | 0,25 dag |

7 GRONDONDERZOEK

Om een beeld te krijgen van de grondslag ter plaatse van de nieuw te maken gestuurde boring is er gebruik gemaakt van DINO-loket. Er is een boring (B44F1866) en een sondering (CPT162051) gebruikt. De locaties van de grondonderzoeken zijn hieronder en op de tekening weergegeven.

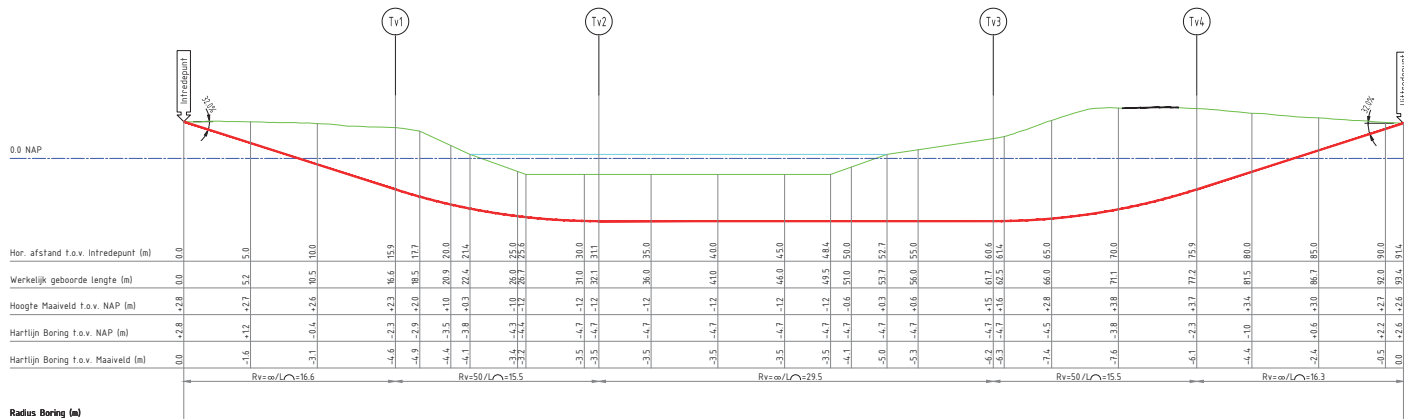


8 BEREKENINGSRESULTATEN

Op basis van het grondonderzoek zijn berekeningen gemaakt.
Er zijn berekeningen uitgevoerd op meerdere punten in het boorprofiel.

9 BIJLAGEN

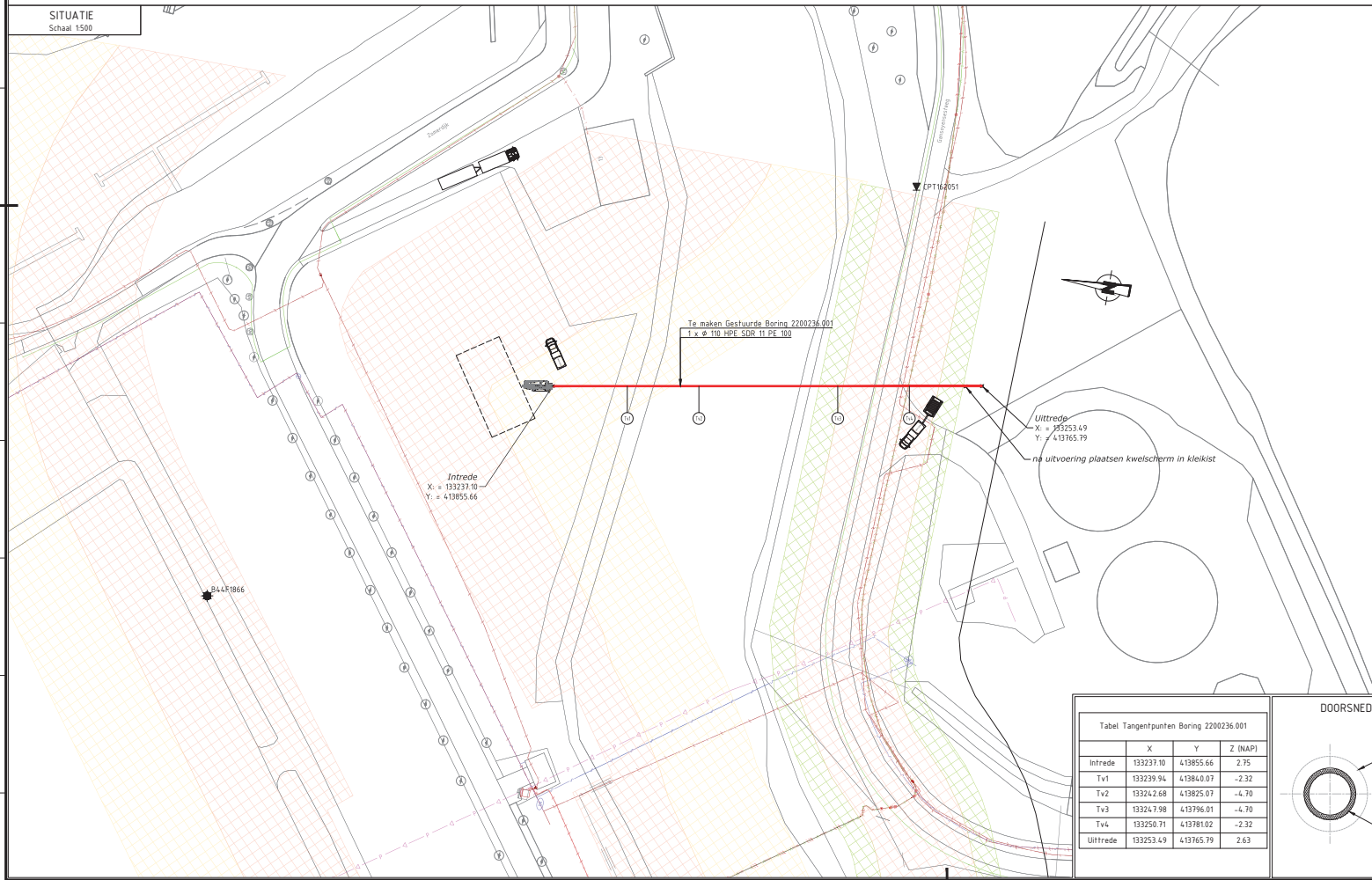
9.1 WERKTEKENING



Radius Boring (m)

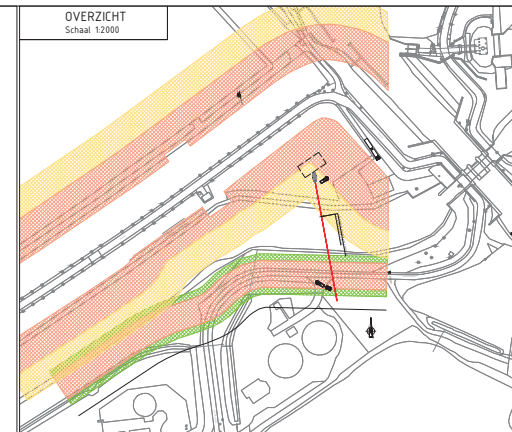
SITUATIE

Schaal 1:500



OVERZICHT

Schaal 1:2000



Legenda

Gestuurde Boring Nieuw

OPMERKINGEN :
Maten in meters, tenzij anders aangegeven
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders aangegeven
Coördinaten in RD
Bestaande K&L ingetekend op basis van KLIC-melding
Werkelijke ligging tijdens uitvoering controleren d.m.v. proefstouwen

Gefabriceerd door RZ	Gecentreerd door AvdB	Goedgekeurd 23-06-2022	Blad 1	Aantal 1	Status Ontwerp
Projector: Opdrachtgever: 2200236	Projector: 2200236	Schaal DIV	Formaat A1	Datum uitgeg. 23-06-2022	

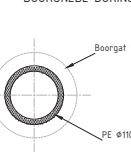
Opdrachtgever
Van den Heuvel Aannemingsbedrijf B.V. / Brabant Water
Projectomschrijving
Gestuurde Boring
Vervangen waterleiding Brabant Water
Locatie
Gansoyenssesteeg te Waalwijk

vandebeek
labo - techniek
VAN DEN HEUVEL
INFRASTRUCTUUR VOOR WATER EN ENERGIE
Tehelingsnummer
2200236.001-P

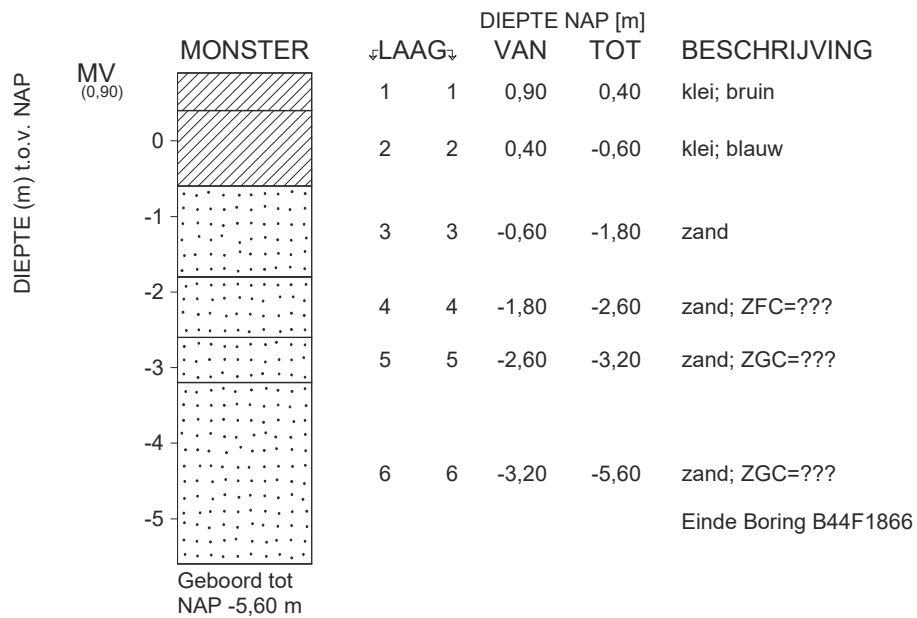
Tabel Tangentpunten Boring 2200236.001

	X	Y	Z (NAP)
Intrrede	133237.10	413855.66	2.75
Tw1	133239.94	413840.07	-2.32
Tw2	133242.68	413825.01	-4.70
Tw3	133247.98	413796.01	-4.70
Tw4	133250.71	413781.02	-2.32
Uitredde	133253.49	413765.79	2.63

DOORSNEDEN BORING

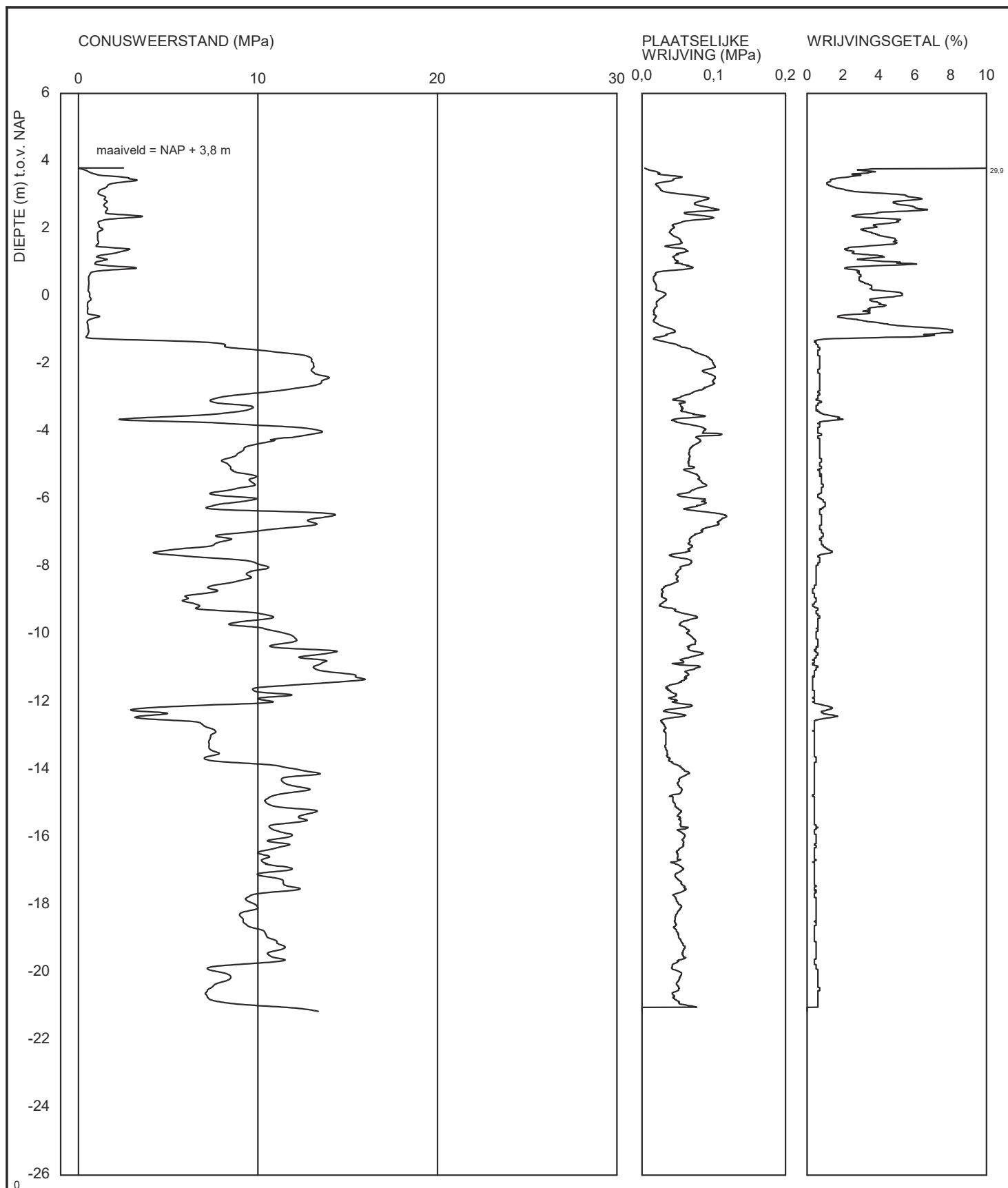


9.2 GRONDONDERZOEK



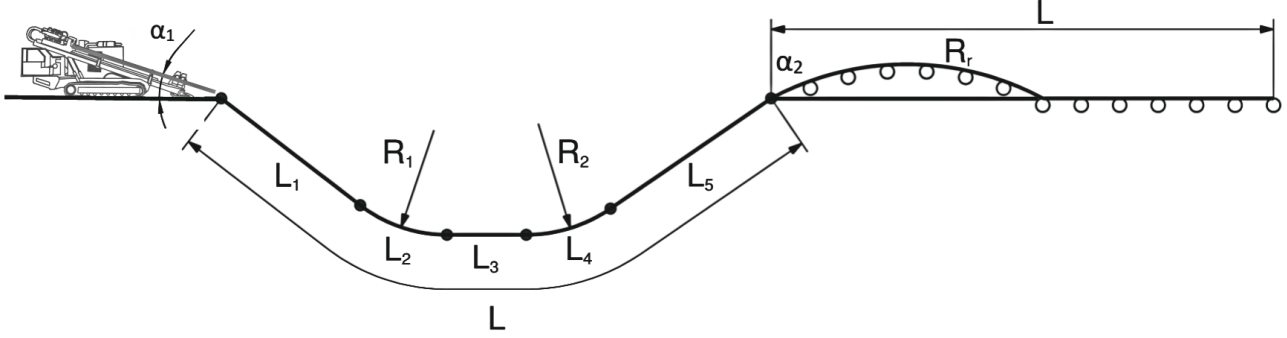
maaiveld: NAP 0,90 m
X = 133180 m Y = 413920 m (RD)

DELTA RES	Boussinesqweg 2629 HV DELFT	Telefoon Telefax	088 - 335 82 73	datum	get.
verlegging van de Maasmond				DINO-BOR	gez.
				BIJL.	form. A4
ONBEKEND B44F1866					



DELTARES Boussinesqweg 2629 HV DELFT X = 133292 Y = 413787 CPT162051	Telefoon 088 - 335 82 73 Telefax		datum 2017-11-22	get. -
			BRO-/	gez.
	BIJL. -			form. A4

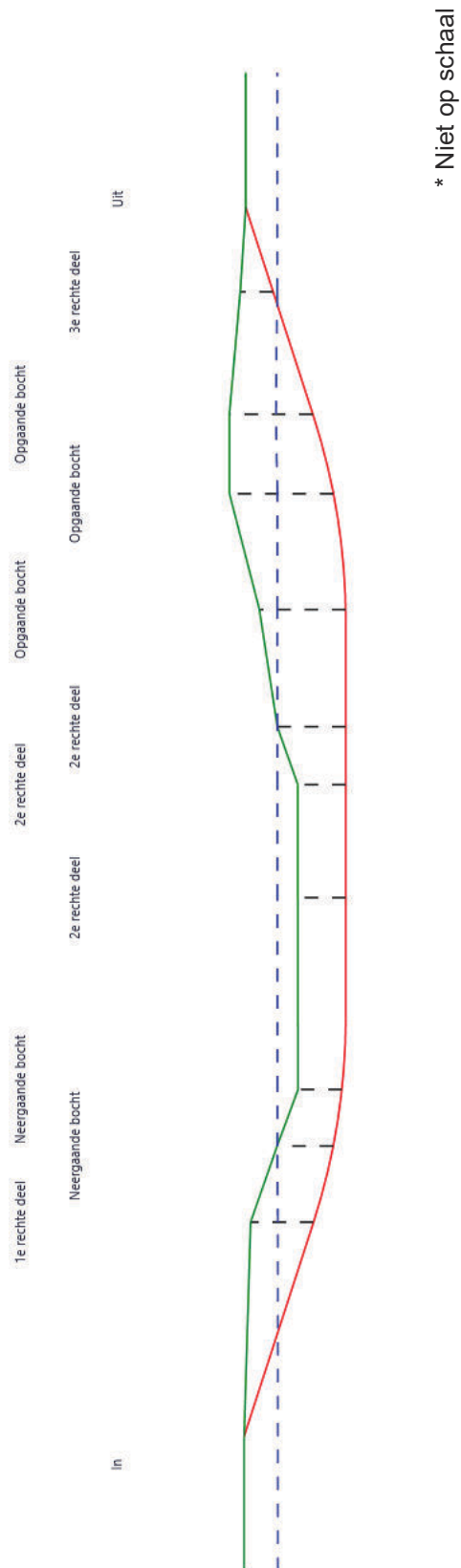
9.3 STERKTE/MUDDRUKBEREKENING

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020			Sigma 2022 1.0 ©
Algemene gegevens			
Naam van het project : 2200236.001 Gestuurde Boring Gansoyensesteeg te Waalwijk Projectonderdeel : Vervangen waterleiding Brabant Water			
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	= 110,00	mm
Wanddikte	d _n	= 10	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d	= 0,4	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δt	= 10	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L	= 93,33	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 16,64	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 15,45	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 29,54	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 15,45	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 16,25	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 50,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 50,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 17,70 / 31,91	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 17,70 / 31,91	° / %
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
			
			23-06-2022 14:12:01

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2022 1.0 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang		D _b		=	60	mm	
Tijdens pilot							
Diameter boorkop/boorgat		D _p		=	120	mm	
Soortelijk gewicht boorvloeistof		ρ _{m,p}		=	11,5	kN/m ³	
Zwichtspanning boorvloeistof		τ _{y,p}		=	13,4	Pa	
Plastische viscositeit boorvloeistof		η _p		=	0,016	Pa·s	
Debiet boorvloeistof		Q _{m,p}		=	40	l/min	
Tijdens intrekken							
Gecombineerd ruimen/intrekken							
Diameter ruimer/boorgat		D _{g,i}		=	160,0	mm	
Soortelijk gewicht boorvloeistof		ρ _{m,i}		=	11,5	kN/m ³	
Zwichtspanning boorvloeistof		τ _{y,i}		=	13,4	Pa	
Plastische viscositeit boorvloeistof		η _i		=	0,016	Pa·s	
Debiet boorvloeistof		Q _{m,i}		=	80	l/min	
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan							
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang							
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij normale boring		f		=	1,4		
Belastingfactor, bovengronds		f _{k,b}		=	1,1		
Belastingfactor, ondergronds		f _{k,o}		=	1,4		
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds		f _{r,o}		=	0,9		
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan		f ₁		=	0,3		
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]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	16,69	4,60	2,00	Zand	16,22	17,52	32,50
Neergaande bocht	22,37	4,10	0,00	Zand	0,00	18,72	32,50
Neergaande bocht	26,62	3,20	-1,50	Zand	0,00	20,80	32,50
2e rechte deel	41,04	3,50	-1,50	Zand	0,00	20,81	32,50
2e rechte deel	49,44	3,50	-1,50	Zand	0,00	20,81	32,50
2e rechte deel	53,74	5,00	0,00	Zand	0,00	19,13	32,50
Opgaande bocht	62,44	6,30	1,30	Zand	16,71	19,13	32,50
Opgaande bocht	71,10	7,60	3,50	Zand	16,02	18,72	32,50
Opgaande bocht	77,20	6,10	3,40	Zand	16,01	17,63	32,50
3e rechte deel	86,75	2,40	-	Klei	15,51	-	22,50

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	0,1100	0,00	45,00	Grafiek I
Neergaande bocht	0,1100	0,00	45,00	Grafiek I
Neergaande bocht	0,1100	0,00	45,00	Grafiek I
2e rechte deel	-	0,00	45,00	Grafiek I
2e rechte deel	-	0,00	45,00	Grafiek I
2e rechte deel	-	0,00	45,00	Grafiek I
Opgaande bocht	0,1100	0,00	45,00	Grafiek I
Opgaande bocht	0,1100	0,00	45,00	Grafiek I
Opgaande bocht	-	0,00	45,00	Grafiek I
3e rechte deel	-	5,00	3,00	Grafiek I

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	CPT162051
Neergaande bocht	Geen	CPT162051
Neergaande bocht	Geen	CPT162051
2e rechte deel	Geen	CPT162051
2e rechte deel	Geen	CPT162051
2e rechte deel	Geen	CPT162051
Opgaande bocht	Geen	CPT162051
Opgaande bocht	Geen	CPT162051
Opgaande bocht	Geen	CPT162051
3e rechte deel	Geen	CPT162051



2. 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

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

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

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	93,33	1.176
Na intrekken van L_5	77,08	971
Na intrekken van $L_5 + L_4$	61,63	777
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	32,09	404
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	16,64	210

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,4 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,3$$

4.2 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	1.176	0,37
Na intrekken van L_5	971	0,31
Na intrekken van $L_5 + L_4$	777	0,25
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	404	0,13
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	210	0,07

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

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

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

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

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

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

4.4 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	0,37	1,14
Na intrekken van L ₅	0,31	1,08
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,25	1,01
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,13	0,90
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,07	0,83

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

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

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

5.1 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: $D_{e,omtrek} = 345,58 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0793 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	16,25	754	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	31,70	-	1.471
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	61,24	2.841	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	76,69	-	3.558
Geheel ingetrokken	93,33	4.330	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 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]
1e rechte deel	0,0053	50	0,0070	257
Neergaande bocht	0,0053	50	0,0070	257
Neergaande bocht	0,0053	50	0,0070	257
Opgaande bocht	0,0053	50	0,0070	257
Opgaande bocht	0,0053	50	0,0070	257

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

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

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,4 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 110 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] ($f = 1$)	T_2 / T_{3a} [N] ($f = 1$)	$T_{3b, \text{neer}}$ [N] ($f = 1$)	$T_{3b, \text{op}}$ [N] ($f = 1$)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	555	1.050	184	-	1.789
Opgaande bocht	150	2.541	184	184	3.059

Neergaande bocht: $T_{\text{bocht}} = T_1 + T_2 + T_{3a, \text{neer}} + T_{3b, \text{neer}, \text{max}}$

Opgaande bocht: $T_{\text{bocht}} = T_1 + T_2 + T_{3a, \text{neer}} + T_{3b, \text{neer}, \text{max}} + T_{3a, \text{op}} + T_{3b, \text{op}, \text{max}}$

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,85	1.789	154
Opgaande bocht	8,85	3.059	264

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

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

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

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1,4 \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

5.4 Totalisatie van de trekkrachten 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	971	754	-	-	-	-	1.725
Na intrekken van $L_5 + L_4$	777	1.471	257	154	-	-	2.659
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	404	2.841	257	154	-	-	3.657
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	210	3.558	257	154	257	264	4.700
Geheel ingetrokken	0	4.330	257	154	257	264	5.262

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ($f = 1$), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

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]
Na intrekken van L_5	694	538	-	-	-	-	1.232
Na intrekken van $L_5 + L_4$	555	1.050	184	110	-	-	1.899
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	289	2.029	184	110	-	-	2.612
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	150	2.541	184	110	184	188	3.357
Geheel ingetrokken	0	3.093	184	110	184	188	3.759

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **3.759 N** ($\approx 0,4$ ton).

Volgens het voorschrift van de Drilling Contractors Association (DCA - Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht 2 tot 3 keer deze maximale waarde.

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	1.725	0,55
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2.659	0,85
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	3.657	1,16
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	4.700	1,50
Geheel ingetrokken	5.262	1,68

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 50.000} = 120.309,91 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{120.309,91}{72.113,83} = \mathbf{1,67 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 50.000} = 120.309,91 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{120.309,91}{72.113,83} = \mathbf{1,67 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 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	1.725	0,55	-	0,55
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2.659	0,85	1,67	1,93
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	3.657	1,16	-	1,16
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	4.700	1,50	1,67	2,58
Geheel ingetrokken	5.262	1,68	-	1,68

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

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

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

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

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

$$\sigma_p = \frac{55,00^2 + 45,00^2}{55,00^2 - 45,00^2} \cdot 0,4 = 2,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 2,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 2,02 = 0,81 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 50^3 \cdot 0,089}{975 \cdot 83,33} \right) = 0,90$$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,60	2,00	Zand	35,68	24,11	59,79	6,58
Neergaande bocht	4,10	0,00	Zand	0,00	43,43	43,43	4,78
Neergaande bocht	3,20	-1,50	Zand	0,00	73,22	41,22	4,53
2e rechte deel	3,50	-1,50	Zand	0,00	80,12	45,12	4,96
2e rechte deel	3,50	-1,50	Zand	0,00	80,12	45,12	4,96
2e rechte deel	5,00	0,00	Zand	0,00	55,22	55,22	6,07
Opgaande bocht	6,30	1,30	Zand	23,90	55,22	79,11	8,70
Opgaande bocht	7,60	3,50	Zand	61,68	43,43	105,10	11,56
Opgaande bocht	6,10	3,40	Zand	59,88	25,36	85,24	9,38
3e rechte deel	2,40	-	Klei	-	-	40,95	4,50

$$q_{\text{droog}} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_{\text{nat}} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 110$$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,60	Grafiek I	11,13	1,22
Neergaande bocht	4,10	Grafiek I	12,52	1,38
Neergaande bocht	3,20	Grafiek I	15,97	1,76
2e rechte deel	3,50	Grafiek I	14,64	1,61
2e rechte deel	3,50	Grafiek I	14,64	1,61
2e rechte deel	5,00	Grafiek I	10,19	1,12
Opgaande bocht	6,30	Grafiek I	7,86	0,87
Opgaande bocht	7,60	Grafiek I	6,22	0,68
Opgaande bocht	6,10	Grafiek I	8,17	0,90
3e rechte deel	2,40	Grafiek I	21,04	2,31

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	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	6,58	1,22	7,80	53,83	2,91
Neergaande bocht	4,78	1,38	6,15	42,46	2,30
Neergaande bocht	4,53	1,76	6,29	43,40	2,35
2e rechte deel	4,96	1,61	6,57	45,35	2,45
2e rechte deel	4,96	1,61	6,57	45,35	2,45
2e rechte deel	6,07	1,12	7,20	49,65	2,68
Opgaande bocht	8,70	0,87	9,57	66,01	3,57
Opgaande bocht	11,56	0,68	12,25	84,50	4,57
Opgaande bocht	9,38	0,90	10,27	70,90	3,83
3e rechte deel	4,50	2,31	6,82	47,05	2,54

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 0,90 \cdot \frac{M_q}{16,67}$$

6.6 Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
1e rechte deel	50	0,0070	0,21
Neergaande bocht	50	0,0070	0,21
Neergaande bocht	50	0,0070	0,21
Opgaande bocht	50	0,0070	0,21
Opgaande bocht	50	0,0070	0,21

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,083 \cdot Q_r \cdot 110 \cdot \frac{55,00}{16,67}$$

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

$$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$$

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

7. 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**

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

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

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

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

9.1 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	2,91	0,21	0,65	2,03
Neergaande bocht	2,30	0,21	0,65	1,63
Neergaande bocht	2,35	0,21	0,65	1,66
2e rechte deel	2,45	-	0,65	1,59
2e rechte deel	2,45	-	0,65	1,59
2e rechte deel	2,68	-	0,65	1,75
Opgaande bocht	3,57	0,21	0,65	2,46
Opgaande bocht	4,57	0,21	0,65	3,11
Opgaande bocht	3,83	-	0,65	2,49
3e rechte deel	2,54	-	0,65	1,65

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

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

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

9.2 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	0,81	1,56	1,67	0,65	3,45
Neergaande bocht	0,81	1,56	1,67	0,65	3,45
Neergaande bocht	0,81	1,56	1,67	0,65	3,45
2e rechte deel	0,81	1,56	-	-	2,37
2e rechte deel	0,81	1,56	-	-	2,37
2e rechte deel	0,81	1,56	-	-	2,37
Opgaande bocht	0,81	1,56	1,67	0,65	3,45
Opgaande bocht	0,81	1,56	1,67	0,65	3,45
Opgaande bocht	0,81	1,56	-	-	2,37
3e rechte deel	0,81	1,56	-	-	2,37

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

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

Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \sigma_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²

10. 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	6,58	1,22	0,0070	1,39	1,39
Neergaande bocht	4,78	1,38	0,0070	1,06	1,06
Neergaande bocht	4,53	1,76	0,0070	1,05	1,05
2e rechte deel	4,96	1,61	-	1,11	1,11
2e rechte deel	4,96	1,61	-	1,11	1,11
2e rechte deel	6,07	1,12	-	1,28	1,28
Opgaande bocht	8,70	0,87	0,0070	1,76	1,76
Opgaande bocht	11,56	0,68	0,0070	2,30	2,30
Opgaande bocht	9,38	0,90	-	1,90	1,90
3e rechte deel	4,50	2,31	-	0,74	0,74

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 50,00^3}{350 \cdot 83,33}$$

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

11. 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]
1e rechte deel	4,60	44,90	20,78	32,84	50,48	34,80
Neergaande bocht	4,10	28,77	13,31	21,04	32,35	29,65
Neergaande bocht	3,20	28,51	13,19	20,85	32,05	28,89
2e rechte deel	3,50	31,21	14,44	22,83	35,09	30,23
2e rechte deel	3,50	31,21	14,44	22,83	35,09	30,23
2e rechte deel	5,00	36,95	17,10	27,03	41,55	33,44
Opgaande bocht	6,30	56,70	26,24	41,47	63,75	40,02
Opgaande bocht	7,60	79,75	36,90	58,32	89,66	46,13
Opgaande bocht	6,10	65,76	30,43	48,09	73,93	41,55
3e rechte deel	2,40	33,84	20,89	27,36	42,46	1,47

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

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

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

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

$$E_{100, norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m \quad (\text{Zand/Leem/Grind} \rightarrow m = 0,5; \text{Veen/Klei} \rightarrow m = 0,8)$$

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
1e rechte deel	18,69	0,00094	0,0260	0,3163	0,60	5,42
Neergaande bocht	15,93	0,00071	0,0410	0,3163	0,45	4,04
Neergaande bocht	15,52	0,00072	0,0470	0,3163	0,45	4,04
2e rechte deel	16,23	0,00076	0,0500	0,3163	0,48	4,35
2e rechte deel	16,23	0,00076	0,0500	0,3163	0,48	4,35
2e rechte deel	17,96	0,00081	0,0500	0,3163	0,55	4,95
Opgaande bocht	21,50	0,0010	0,0500	0,3163	0,75	6,79
Opgaande bocht	24,78	0,0013	0,0410	0,3163	0,96	8,68
Opgaande bocht	22,31	0,0012	0,0270	0,3163	0,81	7,31
3e rechte deel	1,01	0,015	0,0000	0,3817	0,16	1,46

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$v = \frac{K}{1 + K}$$

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	0,62	5,08	0,28	2,75	0,06	0,62
Neergaande bocht	0,71	6,52	0,22	2,17	0,08	0,80
Neergaande bocht	0,71	7,15	0,22	2,21	0,09	0,88
2e rechte deel	0,69	7,43	0,24	2,37	0,10	0,95
2e rechte deel	0,69	7,43	0,24	2,37	0,10	0,97
2e rechte deel	0,67	7,43	0,27	2,66	0,10	0,98
Opgaande bocht	0,59	7,42	0,35	3,55	0,09	1,00
Opgaande bocht	0,53	6,53	0,44	4,40	0,08	0,91
Opgaande bocht	0,56	5,02	0,37	3,67	0,06	0,75
3e rechte deel	1,20	2,12	0,15	1,55	0,02	0,44

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{40}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{40}{1/4 \cdot \pi \cdot (120^2 - 60^2)} = 0,079 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$

11.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	1,20	2,00	0,15	1,50	0,02 ⁽¹⁾	0,25
Opgaande bocht	0,74	4,90	0,37	3,67	0,06 ⁽¹⁾	0,61
Opgaande bocht	0,71	6,41	0,44	4,40	0,08 ⁽¹⁾	0,80
Opgaande bocht	0,79	7,30	0,35	3,55	0,09 ⁽¹⁾	0,93
2e rechte deel	0,89	7,31	0,27	2,66	0,10 ⁽¹⁾	0,95
2e rechte deel	0,92	7,31	0,24	2,37	0,10 ⁽¹⁾	0,96
2e rechte deel	0,92	7,31	0,24	2,37	0,10 ⁽²⁾	0,98
Neergaande bocht	0,94	7,03	0,22	2,21	0,09 ⁽²⁾	0,90
Neergaande bocht	0,95	6,40	0,22	2,17	0,08 ⁽²⁾	0,82
1e rechte deel	0,82	4,96	0,28	2,75	0,06 ⁽²⁾	0,63

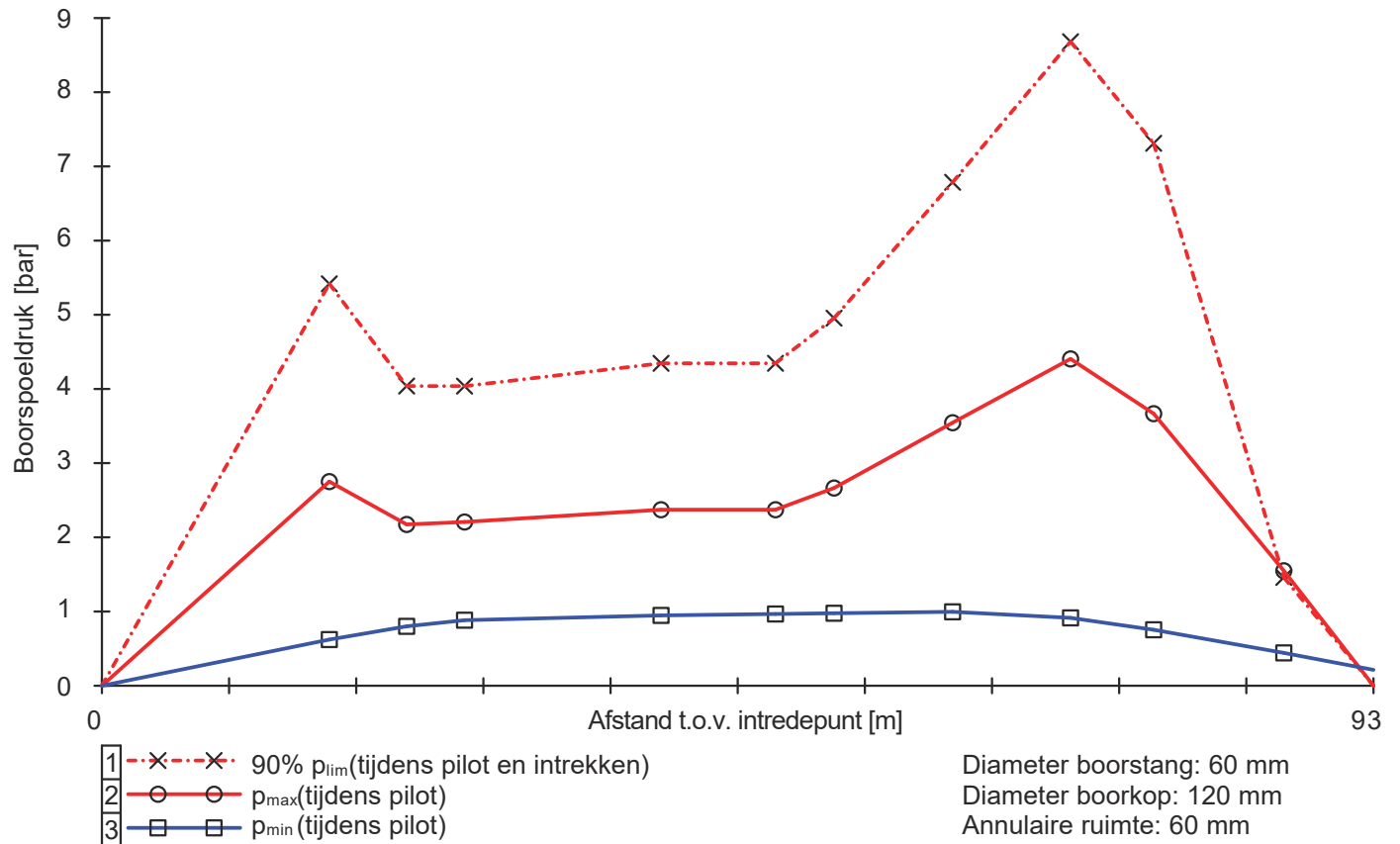
$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{160,0}{2} = 80,0 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{80}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_o^2)} = \frac{80}{1/4 \cdot \pi \cdot (160^2 - 110^2)} = 0,126 \text{ m/s}$$

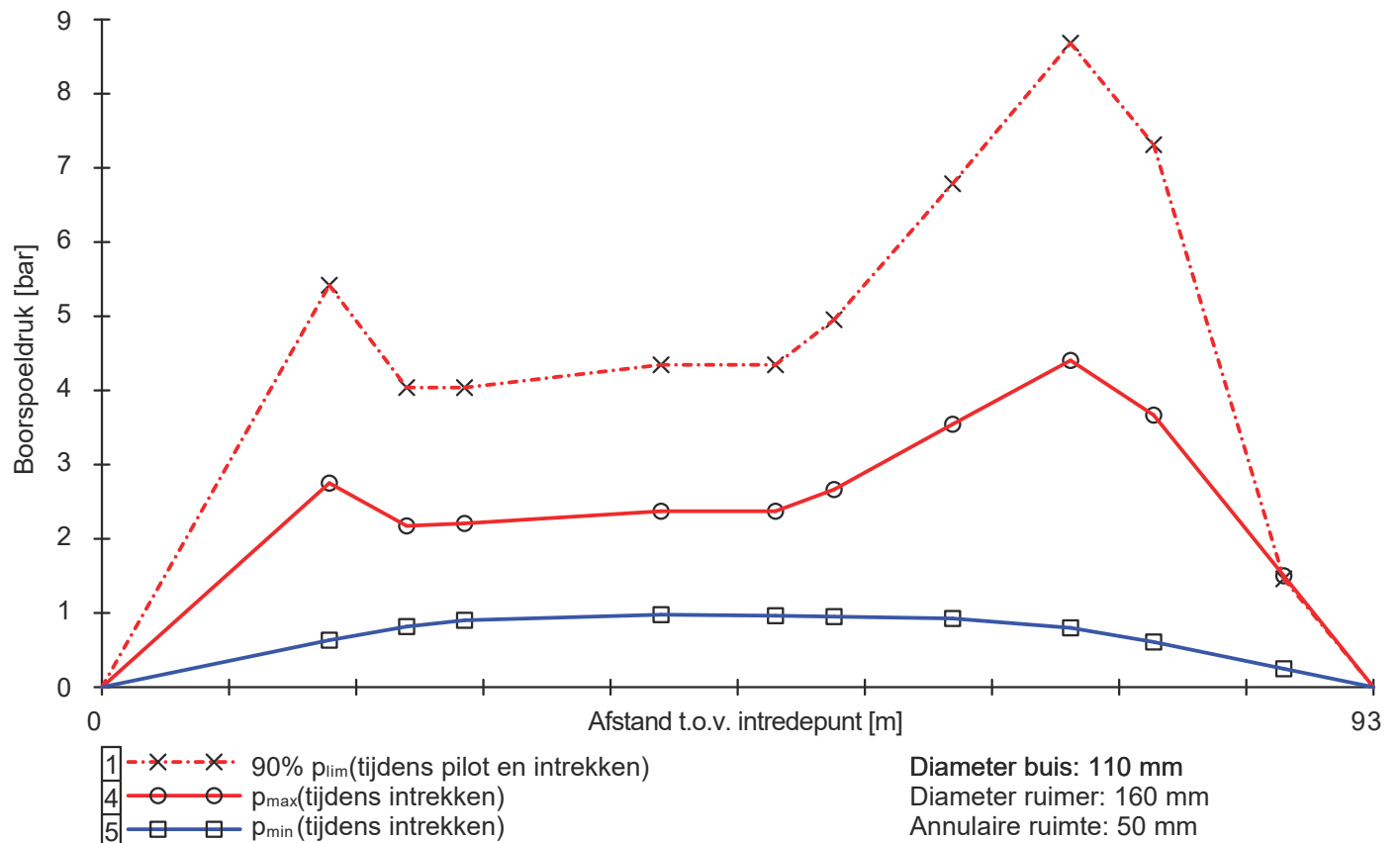
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_o} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

11.3 Boorspoeldrukken tijdens pilot



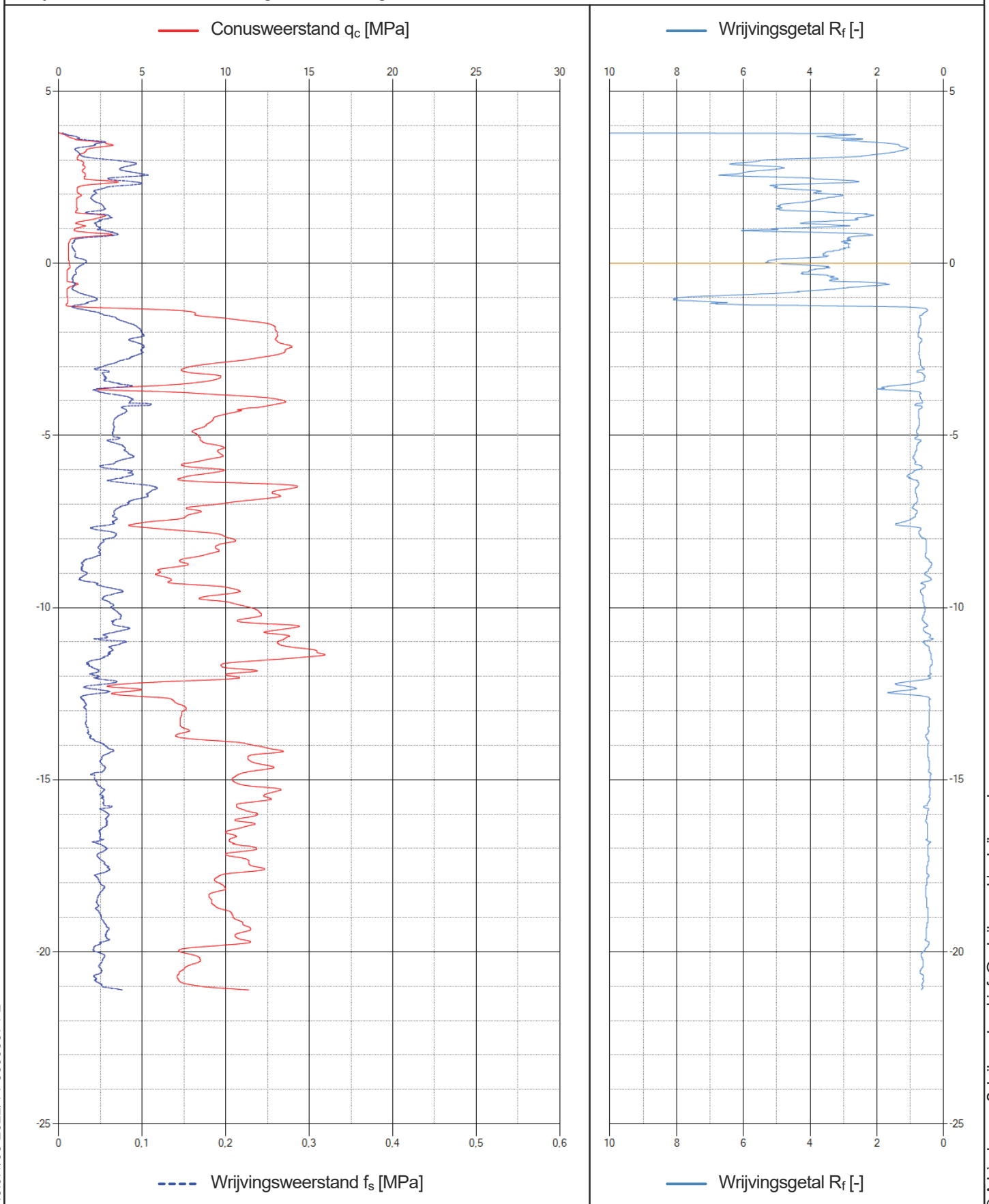
11.4 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



CPT000000162051

Naam van het project : 2200236.001 Gestuurde Boring Gansoyensesteeg te Waalwijk

Projectonderdeel : Vervangen waterleiding Brabant Water



9.4 SPECIFICATIE BOORMACHINE

TERRA-JET DJ 23 XL

Technical Specifications

	METRIC	IMPERIAL (U.S.)
Thrust force	110 kN (11 to)	23.000 lbs
Pullback force	110 kN (11 to)	23.000 lbs
DIESEL engine HATZ Tier 4 final	74.4 kW (101 HP)	74,4 kW (101 PS)
Spindle torque, max.	3'100 Nm	2.300 ft.lbs
Spindle speed, max.	284 rpm	284 rpm
Drilling fluid volume, max.	185 ltr/min	50 gpm
- optional	260 ltr/min	70 gpm
Drilling fluid pressure, max.	89 bar	1.290 psi
Carriage thrust travel speed, quick gear	44 m/min	145 ft/min
Carriage thrust travel speed, at full load	10 m/min	33 ft/min
Carriage pullback travel speed, quick gear	44 m/min	145 ft/min
Carriage pullback travel speed, at full load	10 m/min	33 ft/min
ø pilot bore	60 – 110 mm	2,5" – 4"
Minimum inclination of the drill ramp	11° (19 %)**	11° (19 %)**
Maximum inclination of the drill ramp	22° (40 %)**	22° (40 %)**
Backreamer diameter, max. *	420 mm	17"
Maximum drilling length *	150 m	500 ft
Drill rods, length	3.05 m	10 ft
Drill rods, diameter	ø 60/54 mm	ø 2,4"/2,1"
Bending radius, min.	35 m	115 ft
Driving speed	3.7 km/h	2.3 miles/h
Operator sound pressure	79 dB (A)	79 dB (A)
Exterior sound power	104 dB (A)	104 dB (A)
Dimensions L x W x H (driving position)	6.20 x 1.69 x 2.50 m	20,3 x 5,5 x 8,2 ft
Dimension L x W x H (transportation position)	6.20 x 1.69 x 2.20 m	20,3 x 5,5 x 7,2 ft
Dimension L x W x H (drilling position)	6.15 x 2.15 x 2.60 m	20,2 x 7,0 x 8,5 ft
Weight including cabin, rear blade and 40 drill rods	8'000 kg	17.600 lbs
Weight including cabin and rear blade, without drill rods	6'650 kg	14.600 lbs

* All data depending on ground conditions. Technical Data may change without prior notice.

** At 11-20° (19-36%) the crawler always remains on the ground.

TERRA – always one drill ahead!



PREMIUM DRILLING TOOLS

High quality drilling tools and reamers are available for all ground conditions. They are designed and produced inhouse at TERRA to maintain peak performance.



DCI LOCATING EQUIPMENT

TERRA is an official dealer of DCI. With the new Falcon system even challenging ground conditions with high interferences can be successfully done.



MIXING SYSTEMS

The mixing systems from TERRA allow a fast and efficient mixing of the drilling volume. They are quiet, easy to handle and offer a high capacity of your drilling volume.



CUSTOMER SERVICE

Satisfied clients worldwide and a great customer service are the result of our constant progress. The TERRA-JET Directional Drill is a must have for every contractor!

9.5 SPECIFICATIE MEETSYSTEEM

DigiTrak FALCON FS®

Directional Drilling Locating System



- Falcon frequency optimizer analyzes and overcomes active interference at different jobsites
- One Falcon F5 wideband transmitter supports multiple frequencies from 4.5 kHz to 45 kHz
- Infrared pairing of receiver and transmitter
- 0.1% precision pitch for completing critical grade bores
- Max mode noise filtering boosts fringe data and stabilizes depth readings
- Increased power in a 15 in. transmitter for industry-best 100 ft. depth and 125 ft. data range
- Supports DataLog, Log-While-Drilling, and Target Steering® features
- Shown with DigiTrak Aurora™ touchscreen display

Introducing DigiTrak Falcon FS®

The Falcon F5 is an extension of the classic F5 locating system. DCI's revolutionary Falcon technology minimizes the effects of active interference (noise) on the jobsite with a single wideband transmitter. The Falcon F5 combines this new technology with everything a professional contractor values in DCI's flagship F5 locating platform, including superior ease of use, updated DataLog® software, and fluid pressure monitoring.

Active Interference

Interference is one of the primary obstacles to completing HDD projects and can impair the accuracy of underground depth measurements. The ability of a locating system to perform well in interference has become a crucial factor in maintaining crew productivity and completing jobs on time.

Not All Job Sites are Created Equal

Interference varies between jobsites. The frequency at which the transmitter operates is the single most important factor affecting the performance of a walkover locator, and therefore your ability to get the job done.

Falcon Innovation

As a leader in the HDD industry, DCI has taken an innovative approach to tackling active interference. The Falcon F5 receiver measures jobsite noise and clearly displays several bands of the quietest transmitter frequencies to select from. Choose two of the quietest bands and complete more HDD projects at greater depths in the noisiest environments.

Band	7	11	16	20	25	29	34	38	43
Range in kHz	4.5 – 9.0	9.0 – 13.5	13.5 – 18	18 – 22.5	22.5 – 27	27 – 31.5	31.5 – 36	36 – 40.5	40.5 – 45

How Does DigiTrak Falcon F5 Work?

Using the F5 receiver's familiar menus and navigation, the Falcon frequency optimizer scans for noise between 4.5 kHz and 45 kHz. Upon completing the scan, the receiver displays a simple chart that depicts the noise levels across several bands. Select the two quietest bands and pair with the Falcon wideband transmitter. In areas with varied interference, switch between bands to stabilize data readings and complete the bore. For extreme interference, engage Max Mode for maximum performance.



**Falcon
Frequency
Optimizer**

DigiTrak FALCON FS[®] Locating System

Ease of Use

Falcon F5 combines Falcon technology with the features you have come to rely on from DCI's flagship F5 locating system, including a bright color screen, simple toggle-click menu navigation, fluid pressure data, and Roll Offset. Advanced features include *Target Steering*[®], DataLog, and Bluetooth[®] communication. DCI's patented *Ball-in-the-Box*[™] visualization of the transmitter still provides real-time status of the bore and keeps your job on track. All backed by world-class customer support.

Receiver Specifications

Product ID	FF5
Model number	FAR5
Receiving frequencies	4.5–45.0 kHz
Telemetry channels ¹	4
Telemetry range ²	defined by remote display
Power source	Lithium-ion battery pack
Battery life	8–12 hrs
Functions	Menu-driven
Controls	Trigger and toggle switches
Graphic display	Full-color LCD
Audio output	Beeper
Operating temperature	-4 to 140° F
Accuracy	±5%
Voltage	14.4 VDC nominal
Current	390 mA max
Dimensions	11 x 5.5 x 15 in.
Weight (with battery)	8.5 lb

Aurora Touchscreen Display Specifications

Product ID/Model number	AF10
Power source - cabled	10–28 VDC
Current	2.1 A maximum
Controls	10.4 in. touchscreen
Graphic display	LCD
Audio output	Speaker
Telemetry range ²	1800 ft.
Telemetry channels	4
Operating temperature	-4 to 140° F
Dimensions ⁴	11.5 x 9.3 x 2.3 in.
Weight	6.4 lb

Transmitter Specifications

Product ID	FT5p
Model number	BTP
Transmitting frequencies	4.5–45.0 kHz
Pitch resolution	±0.1% at level
Data range ³	125 ft.
Depth range ³	100 ft.
Battery life	up to 20/70 hrs alkaline/SuperCell
Voltage	1.2–4.2 VDC nominal
Current	1.75 A max
Weight (without batteries)	1.7 lb
Length x diameter	15 x 1.25 in.

¹ Local telemetry frequencies and power levels available at www.DigiTrak.com.

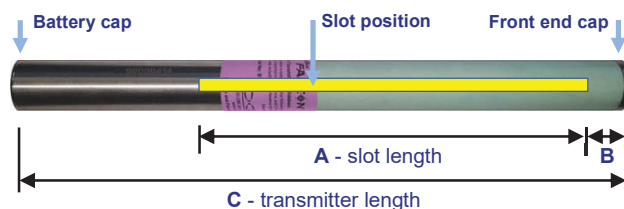
² Telemetry range can be increased with an optional external receiving antenna.

³ Range figures are based on SAE Standard J2520. Actual ranges and battery life will vary based on environment, transmitter housing, and frequency.

⁴ Dimensions do not include external mounting hardware.

Transmitter Drill Head Requirements

The slots in the drill head must meet minimum length and width requirements and be correctly positioned. DCI's transmitters require three slots equally spaced around the circumference of the drill head for optimal signal emission and maximum battery life. Measure slot lengths on the *inside* of the drill head; slots must be at least $\frac{1}{16}$ in. wide. DCI transmitters fit standard housings but may require a battery cap adapter in some cases.



	A Minimum	B Maximum	C
Falcon Dual Wideband	9.0 in.*	1.0 in.*	15 in.

* Ideal measurement. The standard DCI slot length of 8.5 in (A) and distance of 2 in. (B) remain acceptable.

DCI: THE BUSINESS OF HDD LOCATING



DIGITAL CONTROL INCORPORATED

dcidigital-control.com ■ www.DigiTrak.com ■ 425.251.0559, 800.288.3610

Page 2 of 2

9.6 SPECIFICATIE BOORSPOELING



TUNNEL-GEL[®] PLUS

Viscosifier/Gellant

Description TUNNEL-GEL[®] PLUS viscosifier is a specially formulated, high-yield bentonite designed for use in tunneling and large diameter HDD operations. TUNNEL-GEL PLUS viscosifier promotes rapid viscosity development while maintaining effective borehole stabilization and enhanced filtration control in most water-based drilling fluids.

Applications/Functions *The use of TUNNEL-GEL PLUS viscosifier assists or promotes the following:*

- Enhanced viscosity development in freshwater drilling fluids
- Effective cuttings transport and suspension characteristics
- Enhanced filtration control and resulting borehole stability
- Effective lubrication fluid for microtunneling operations

Advantages

- Easy to mix and quickly reaches maximum viscosity
- Enhances fluid lubricity for reduction of required jacking forces
- Yields more than twice as much drilling fluid of the same viscosity as an equal concentration of API grade bentonite

Typical Properties

Appearance	Yellow to tan powder
Specific gravity, g/cm ³	2.6
pH (3% Solution)	10.4

Recommended Treatment

- To optimize the yield and performance of TUNNEL-GEL PLUS viscosifier, pre-treat make-up water with soda ash (sodium carbonate) at a concentration of 0.5 – 1.0 kg/m³ to reduce excess calcium hardness to ≤100 mg/l and adjust pH to a range between 8.5 – 9.5.
- Using a Venturi hopper, or a colloidal mixer, add TUNNEL-GEL PLUS viscosifier, slowly and uniformly to the entire circulating system or mix tank.

Approximate Amounts of TUNNEL-GEL PLUS viscosifier Added to Water Based Fluids		
lbs/bbl	lbs/100gallons	kg/m ³
8.4 – 12.6	20 – 30	25 – 35

Packaging TUNNEL-GEL PLUS viscosifier, is packaged in 25-kg (55.1-lb) multiwall paper bags.

Availability TUNNEL-GEL PLUS viscosifier can only be purchased through European Baroid Industrial Drilling Products Retailers. To locate the Baroid IDP retailer nearest you contact the Customer Service Department in Houston or your area IDP Sales Representative.

**Baroid Industrial Drilling Products
Product Service Line, Halliburton**

3000 N. Sam Houston Pkwy. E.
Houston, TX 77032

Customer Service	(800) 735-6075 Toll Free	(281) 871-4612
Technical Service	(877) 379-7412 Toll Free	(281) 871-4613