

WERKPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

t.b.v.

Gebiedsontwikkeling Ooijen - Wanssum

Locatieoverzicht:



KRUISING NABIJ DE OOIJENSEWEG TE BLITTERSWIJK

Proj. nr.	:2000389.001
Datum	:25-5-2020
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	Mantelbuis 110	4
3.1.2	Mantelbuis 75	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
5.5	INTREKFASE.....	6
6	PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN	7
6.1	Globale tijdsplanning voor de realisatie van de boring:	7
7	GRONDONDERZOEK	8
8	STERKTEBEREKENING/BOORSPOELDRUKBEREKENINGEN.....	8
9	BIJLAGEN.....	9
9.1	WERKTEKENING	9
9.2	GRONDONDERZOEK	10
9.3	STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN HPE 110.....	11
9.4	STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN HPE 75.....	12
9.5	SPECIFICATIE BOORMACHINE.....	13
9.6	SPECIFICATIE MEETSYSTEEM	14
9.7	SPECIFICATIE BOORSPOELING	15

1 INLEIDING

I.v.m. het project Gebiedsontwikkeling Ooijen - Wanssum dient er een gestuurde boring gemaakt te worden nabij de Ooijenseweg te Blitterswijk i.v.m. de verlegging van een KPN kabel.

Het betreft een mantelbuis 110 mm. Samen met deze mantelbuis wordt er ook een buis voor persriool meegenomen. Dit betreft een mantelbuis 75 mm en de belangen hiervoor worden behartigd door de projectorganisatie Mooder Maas.

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	: VolkerWessels Telecom Infratechniek B.V.
Adres	: Postbus 429
Postcode / Plaats	: 5400 AK Uden
Contactpersoon	: Dhr. Evert Elling
Mobiel	: 06 - 24 36 35 41
Emailadres	: e.g.elling@vwtelecom.com

2.1.2 Opdrachtnemer

Naam	: Van de Beek Kabels en Leidingen B.V.
Adres	: Neerijense Mark
Postcode/Plaats	: 4182 SB Neerijnen
Telefoon	: 0345 - 56 97 98
Projectleider	: Dhr. Herman van de Beek
Mobiel	: 06 - 53 68 05 33
Emailadres	: hvandebeek@beekbedrijven.nl
Ontwerp / engineering	: Dhr. Ronald Zwaan
Mobiel	: 06 - 51 30 43 30
Emailadres	: rzwaan@beekbedrijven.nl

2.2 Projectinformatie

Projectnummer opdrachtgever :	813224
Projectnummer opdrachtnemer:	2000389.001
Locatie werkzaamheden:	Ooijenseweg te Blitterswijk

3 TECHNISCHE SPECIFICATIES

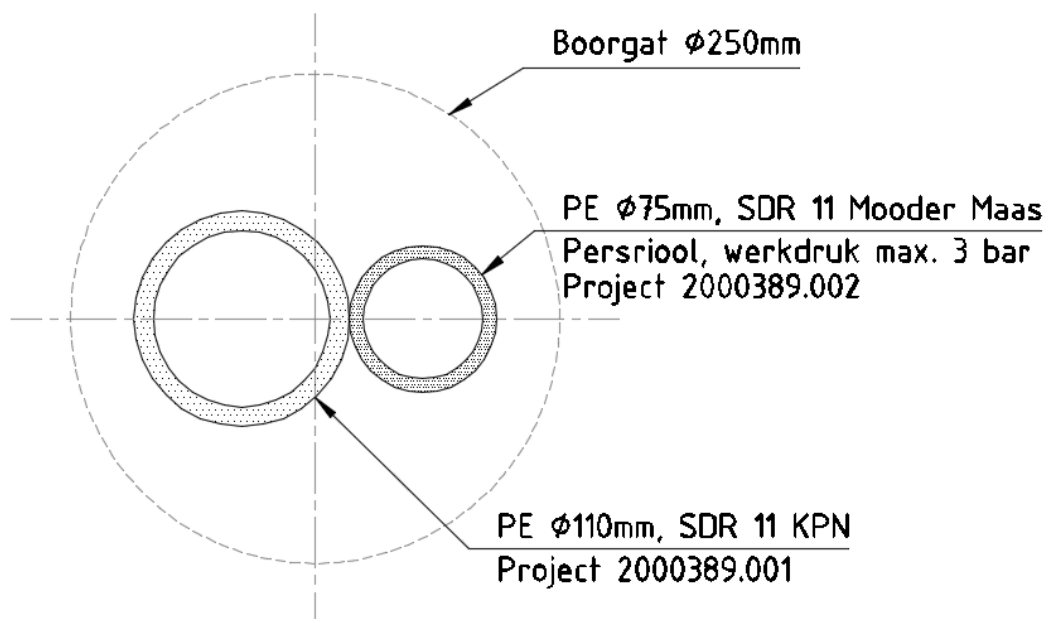
3.1 Ontwerpgegevens van de HPE-buizen:

3.1.1 Mantelbuis 110

Diameter: 110 mm
Wanddikte: 10 mm
Materiaal: HPE
Klasse: SDR 11 PE 100
Inhoud: Kabel
Werkdruk: Geen

3.1.2 Mantelbuis 75

Diameter: 75 mm
Wanddikte: 6,8 mm
Materiaal: HPE
Klasse: SDR 11 PE 100
Inhoud: Rioolwater
Werkdruk: 3 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.

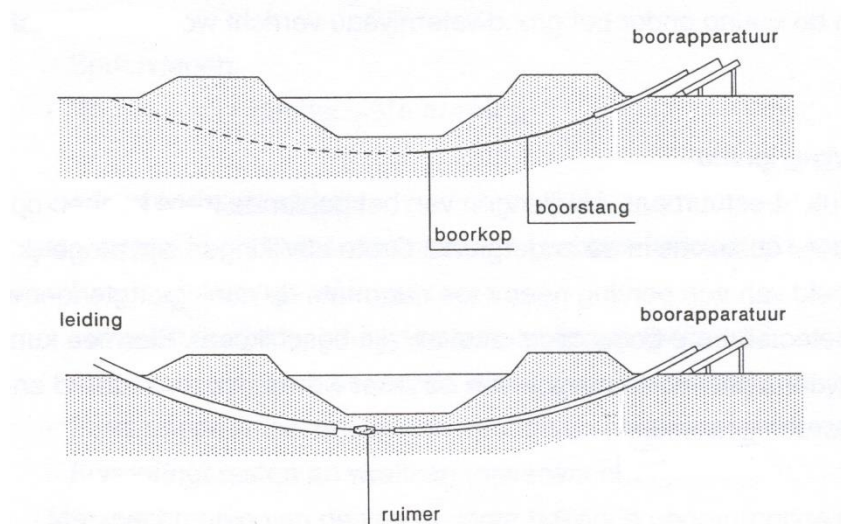
De boorvloeistof wordt via een hogedrukslang aangevoerd vanaf de mengunit naar de boorunit.

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 worden door de opdrachtgever 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 Rijkswaterstaat en waterschap Limburg.

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 boorfase opgevangen wordt. Overtollige boorspoeling wordt afgevoerd.

De boringen zullen worden uitgevoerd met een midirig. (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 buizen worden 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.

5.5 Intrekfase

Na voltooiing van de pilotboring zullen de HPE buizen, voorzien van een 'trekkop', ingetrokken worden vanaf het uittredepunt van de boring.

6 PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN

6.1 Globale tijdsplanning voor de realisatie van de boring:

- | | |
|--|------------|
| • Voorbereidende werkzaamheden
(graafwerkzaamheden, opstellen boormachine e.d.) | 1,00 dag |
| • Realiseren van de pilotboring | 2,00 dagen |
| • Intrekfase | 1,00 dag |

7 GRONDONDERZOEK

Om een beeld te krijgen van de grondslag ter plaatse van de nieuw te maken gestuurde boringen is er grondonderzoek gebruikt vanuit het project. Het betreft handboring HB-2014-135, boring BBL 15_1 en de sonderingen HPT31 en HPT32.

De locaties van het grondonderzoek zijn op de werktekening weergegeven.

8 STERKTEBEREKENING/BOORspoelDRUKBEREKENINGEN

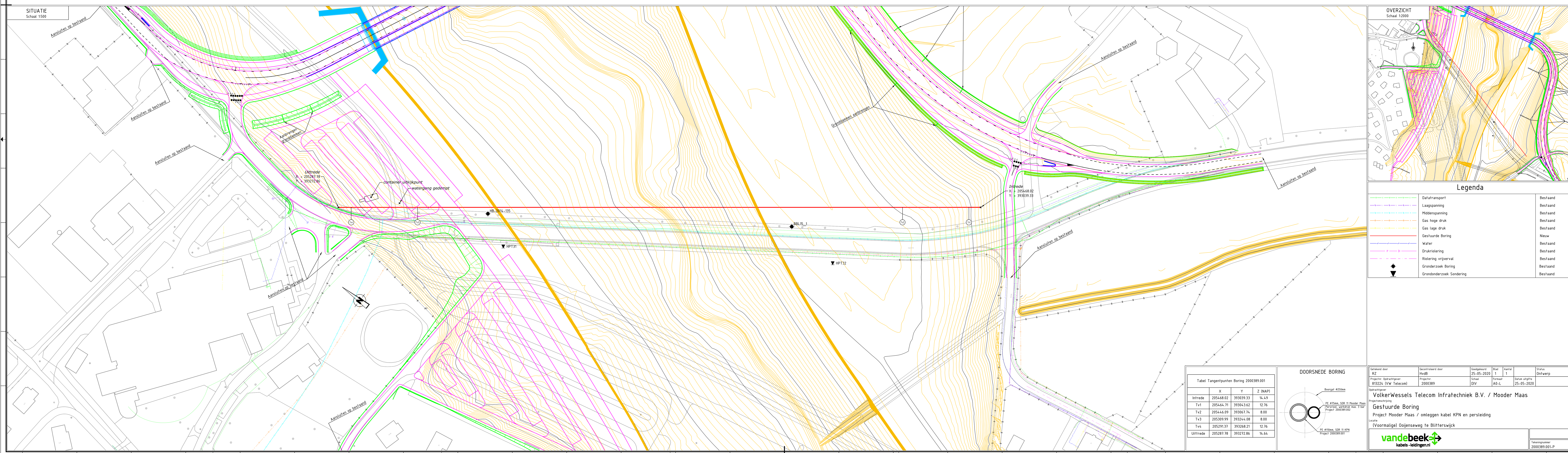
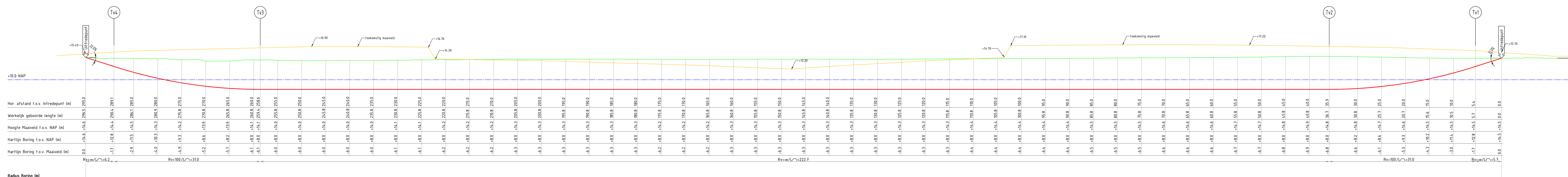
Op basis van het grondonderzoek zijn berekeningen gemaakt.

Er zijn berekeningen uitgevoerd op meerdere punten in het boorprofiel.

9 BIJLAGEN

9.1 WERKTEKENING

Boring 2000389.001
Lengteprofiel A-A



9.2 GRONDONDERZOEK

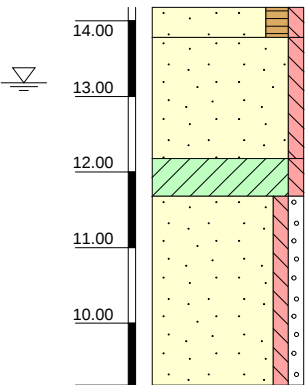
Boring: HB-2014-135

Veldclassificatie

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



14.18 tot 13.78	Zand, zwak siltig, humeus bruin
13.78 tot 12.18	Zand, matig fijn, zwak siltig rood-bruin
12.18 tot 11.68	Klei, zwak siltig grijs-bruin
11.68 tot 9.18	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig grijs

Algemene opmerking:

X: 205327.4

Y: 393216.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 13.18

Bodem (m tov NAP): 14.18

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

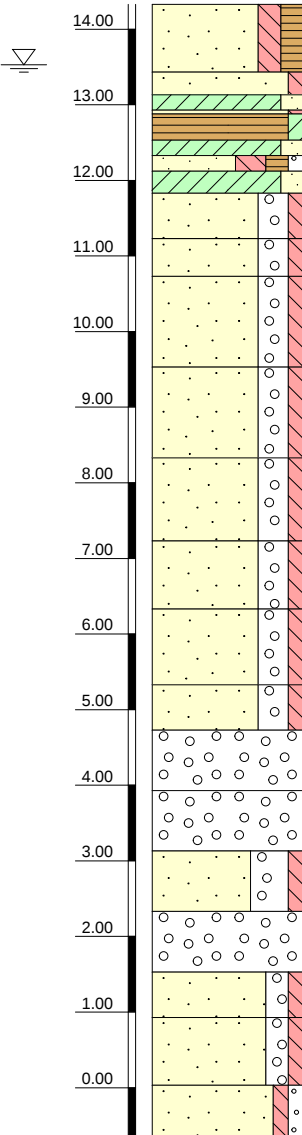
Datum uitvoering: 15-12-2014

Boormeester:

Geclassificeerd door:

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Onderzoek t.b.v. GOW - A074

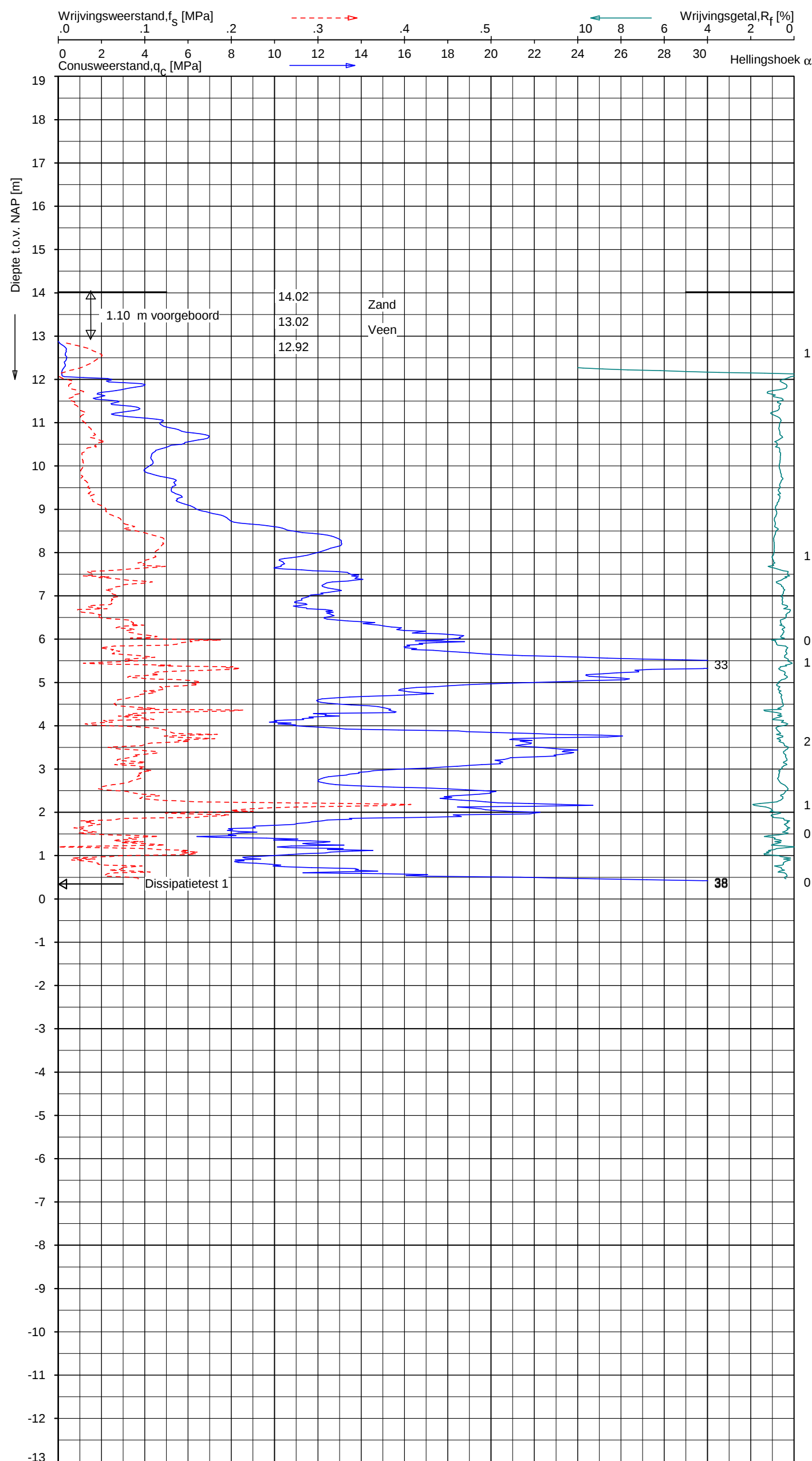
Boring: BBL15_1		Veldclassificatie		Pagina 1 van 1
Referentie (m tov NAP)	Monsternr.	Bodembeschrijving volgens NEN 5104		
		14.33 tot 13.43	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus bruin	
		13.43 tot 13.13	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin	
		13.13 tot 12.93	Klei, matig zandig bruin	
	684	12.93 tot 12.88	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin	
		12.88 tot 12.53	Veen, zwak kleilig, donker bruin	
	685	12.53 tot 12.33	Klei, matig zandig bruin	
		12.33 tot 12.12	Zand, matig grof, sterk siltig, zwak grindig, matig humeus bruin-grijs	
		12.12 tot 11.83	Klei, matig zandig bruin	
		11.83 tot 11.23	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig grijs	
		11.23 tot 10.73	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig grijs	
		10.73 tot 9.53	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig grijs	
		9.53 tot 8.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig bruin	
		8.33 tot 7.23	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig bruin	
		7.23 tot 6.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig bruin	
		6.33 tot 5.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, licht bruin	
		5.33 tot 4.73	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, licht bruin	
		4.73 tot 3.93	Grind, matig grof grind, licht bruin	
		3.93 tot 3.13	Grind, zeer grof grind, licht bruin	
		3.13 tot 2.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, uiterst grindig, stenen, licht bruin	
		2.33 tot 1.53	Grind, zeer grof grind, licht bruin	
		1.53 tot 0.93	Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, stenen, licht bruin	
		0.93 tot 0.03	Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, licht bruin	
		0.03 tot -0.67	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, licht bruin	
Algemene opmerking:				
X: 205408.0		Datum uitvoering: 30-05-2013		
Y: 393102.6		Boormeester:		
Coördinatenstelsel: RD		Geclassificeerd door:		
GWS (m tov NAP): 13.53		GHG (m tov NAP):		
Bodem (m tov NAP): 14.33		GLG (m tov NAP):		
		Boorvloeistof:		

Versie 2016-01-29

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Grondonderzoek t.b.v. primaire waterkeringen

rondweg en
hoogwatergeul



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

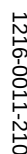


Opg. : AT	d.d. 09-dec-2016	Coord.: X=205313.9m	Y= 393202.0m	Systeem: RD	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : P.GOMMER	d.d. 21-dec-2016	MV = NAP +14.02 m	Conus: CP15-CF75PA1SN2	1701-1919	Toepassingsklasse 2. Test type TE2
					Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210
Sond. HPT31

[illegible]

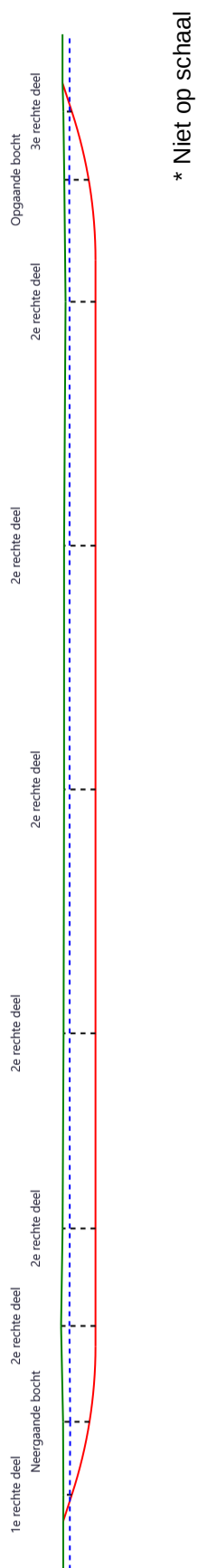
9.3 STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN HPE 110

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : 2000389.001 Gestuurde Boring Ooijenseweg te Blitterswijk			
Projectonderdeel : Mantelbuis 110 - Projectnummer VW Telecom 813224			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 110,00	mm
Wanddikte	d _n	= 10	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g	= 250	mm
Diameter boorstang	D _b	= 80	mm
Totale lengte	L	= 296,39	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 5,69	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 30,89	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 222,75	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 30,89	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 6,17	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 100,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 100,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 100,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 17,70 / 31,91	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 17,70 / 31,91	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b}	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o}	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f _{r,o}	= 0,9	
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	f ₁	= 0,3	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂	= 0,00005	N/mm²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃	= 0,2	
25-05-2020 15:40:36			

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 [°]
1e rechte deel	5,67	1,70	1,30	Zand	19,00	21,00	32,50
Neergaande bocht	20,69	5,30	1,43	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	40,76	6,90	1,67	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	60,76	6,60	1,44	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	100,76	6,40	1,22	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	150,76	6,30	1,10	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	200,76	6,30	1,10	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	250,76	6,00	0,80	Zand	19,00	21,00	32,50
Opgaande bocht	275,83	4,90	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
3e rechte deel	290,25	1,70	1,25	Zand	19,00	21,00	32,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ²]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
Neergaande bocht	Geen	0,1100	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
Opgaande bocht	Geen	0,1100	0,00	35,00	Grafiek I
3e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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	296,39	4.802
Na 1 ^e deel intrekken	290,22	4.702
Na 2 ^e deel intrekken	259,33	4.201
Na 3 ^e deel intrekken	36,58	593
Na 4 ^e deel intrekken	5,69	92

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,3$$

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	4.802	1,53
Na 1 ^e deel intrekken	4.702	1,50
Na 2 ^e deel intrekken	4.201	1,34
Na 3 ^e deel intrekken	593	0,19
Na 4 ^e deel intrekken	92	0,03

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{100.000} = 42.538,15 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{42.538,15}{72.114} = 0,59 \text{ N/mm}^2$$

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	1,53	1,91
Na 1 ^e deel intrekken	1,50	1,88
Na 2 ^e deel intrekken	1,34	1,72
Na 3 ^e deel intrekken	0,19	0,57
Na 4 ^e deel intrekken	0,03	0,41

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,59 + \sigma_t$$

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: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109 \text{ N/mm}^1$

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]
1 ^e deel intrekken	6,17	368	-
2 ^e deel intrekken	37,06	-	2.210
3 ^e deel intrekken	259,81	15.496	-
4 ^e deel intrekken	290,70	-	17.339
Geheel ingetrokken	296,39	17.678	-

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

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

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

5.3.1 Neergaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,1100}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0053 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0053^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 100.000} = 0,0035 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0035}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0053} \cdot 0,2 = \mathbf{165,51 \text{ N}}$$

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,1100}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0053 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0053^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 100.000} = 0,0035 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0035}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0053} \cdot 0,2 = \mathbf{165,51 \text{ N}}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	4.201	2.210	166	-	6.577
Opgaande bocht	92	17.339	166	166	17.762

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,85	6.577	729
Opgaande bocht	8,85	17.762	1.967

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	4.702	368	-	-	-	-	5.070
2 ^e deel intrekken	4.201	2.210	166	729	-	-	7.306
3 ^e deel intrekken	593	15.496	166	729	-	-	16.983
4 ^e deel intrekken	92	17.339	166	729	166	1.967	20.458
Geheel intrekken	0	17.678	166	729	166	1.967	20.705

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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]
1 ^e deel intrekken	5.070	1,61
2 ^e deel intrekken	7.306	2,33
3 ^e deel intrekken	16.983	5,41
4 ^e deel intrekken	20.458	6,51
Geheel intrekken	20.705	6,59

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

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

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

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

5.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{0,9 \cdot R}$$

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

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

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

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]
Starten met trekken	5.070	1,61	-	1,61
Na 1 ^e deel intrekken	7.306	2,33	0,83	2,87
Na 2 ^e deel intrekken	16.983	5,41	-	5,41
Na 3 ^e deel intrekken	20.458	6,51	0,83	7,05
Na 4 ^e deel intrekken	20.705	6,59	-	6,59

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

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

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

25-05-2020 15:40:36

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

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

Leiding is drukloos:

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

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

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	1,70	1,30	Zand	27,17	9,24	36,41	3,57
Neergaande bocht	5,30	1,43	Zand	29,89	89,40	119,28	8,86
2e rechte deel	6,90	1,67	Zand	34,90	120,81	155,72	11,38
2e rechte deel	6,60	1,44	Zand	30,10	119,20	149,29	10,75
2e rechte deel	6,40	1,22	Zand	25,50	119,66	145,16	10,27
2e rechte deel	6,30	1,10	Zand	22,99	120,12	143,11	10,02
2e rechte deel	6,30	1,10	Zand	22,99	120,12	143,11	10,02
2e rechte deel	6,00	0,80	Zand	16,72	120,12	136,84	9,33
Opgaande bocht	4,90	1,00	Zand	20,90	90,09	110,99	7,92
3e rechte deel	1,70	1,25	Zand	26,13	10,40	36,52	3,52

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	1,70	Grafiek I	29,43	3,24
Neergaande bocht	5,30	Grafiek I	9,57	1,05
2e rechte deel	6,90	Grafiek I	7,04	0,77
2e rechte deel	6,60	Grafiek I	7,44	0,82
2e rechte deel	6,40	Grafiek I	7,72	0,85
2e rechte deel	6,30	Grafiek I	7,86	0,87
2e rechte deel	6,30	Grafiek I	7,86	0,87
2e rechte deel	6,00	Grafiek I	8,33	0,92
Opgaande bocht	4,90	Grafiek I	10,42	1,15
3e rechte deel	1,70	Grafiek I	29,43	3,24

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

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	3,57	3,24	6,80	87,41	5,24
Neergaande bocht	8,86	1,05	9,92	127,44	7,65
2e rechte deel	11,38	0,77	12,15	156,13	9,37
2e rechte deel	10,75	0,82	11,56	148,60	8,92
2e rechte deel	10,27	0,85	11,12	142,87	8,57
2e rechte deel	10,02	0,87	10,89	139,90	8,39
2e rechte deel	10,02	0,87	10,89	139,90	8,39
2e rechte deel	9,33	0,92	10,25	131,69	7,90
Opgaande bocht	7,92	1,15	9,06	116,48	6,99
3e rechte deel	3,52	3,24	6,76	86,86	5,21

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

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

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

6.6.1 Neergaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0035 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,23 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0035 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,23 \text{ N/mm}^2}$$

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

Leiding is drukloos

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

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**

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

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

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	5,24	-	0,65	3,41
Neergaande bocht	7,65	0,23	0,65	5,12
2e rechte deel	9,37	-	0,65	6,09
2e rechte deel	8,92	-	0,65	5,80
2e rechte deel	8,57	-	0,65	5,57
2e rechte deel	8,39	-	0,65	5,46
2e rechte deel	8,39	-	0,65	5,46
2e rechte deel	7,90	-	0,65	5,14
Opgaande bocht	6,99	0,23	0,65	4,69
3e rechte deel	5,21	-	0,65	3,39

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	0,00	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,00	0,83	0,65	0,54
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	0,83	0,65	0,54
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00

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

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

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

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	3,57	3,24	-	1,48	1,48
Neergaande bocht	8,86	1,05	0,0035	2,15	2,15
2e rechte deel	11,38	0,77	-	2,63	2,63
2e rechte deel	10,75	0,82	-	2,51	2,51
2e rechte deel	10,27	0,85	-	2,41	2,41
2e rechte deel	10,02	0,87	-	2,36	2,36
2e rechte deel	10,02	0,87	-	2,36	2,36
2e rechte deel	9,33	0,92	-	2,22	2,22
Opgaande bocht	7,92	1,15	0,0035	1,97	1,97
3e rechte deel	3,52	3,24	-	1,47	1,47

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

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

$$\text{Toelaatbare deflectie} = 8\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 100,00 = \mathbf{8,00 \text{ mm}}$$

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	1,70	26,09	12,07	19,08	29,33	13,46
Neergaande bocht	5,30	59,88	27,71	43,79	67,33	13,46
2e rechte deel	6,90	76,39	35,35	55,87	85,89	13,46
2e rechte deel	6,60	71,78	33,21	52,50	80,70	13,46
2e rechte deel	6,40	68,16	31,54	49,85	76,64	13,46
2e rechte deel	6,30	66,27	30,66	48,47	74,51	13,46
2e rechte deel	6,30	66,27	30,66	48,47	74,51	13,46
2e rechte deel	6,00	61,09	28,27	44,68	68,68	13,46
Opgaande bocht	4,90	52,73	24,40	38,56	59,28	13,46
3e rechte deel	1,70	25,68	11,88	18,78	28,87	13,46

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δp [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00076	0,85	0,0040	0,004513	0,00	0,36
Neergaande bocht	0,0017	0,95	0,0387	0,04366	0,01	0,66
2e rechte deel	0,0022	0,84	0,0523	0,05900	0,01	0,78
2e rechte deel	0,0021	0,86	0,0516	0,05821	0,02	0,75
2e rechte deel	0,0020	0,89	0,0518	0,05844	0,04	0,73
2e rechte deel	0,0019	0,90	0,0520	0,05866	0,05	0,71
2e rechte deel	0,0019	0,90	0,0520	0,05866	0,07	0,71
2e rechte deel	0,0018	0,94	0,0520	0,05866	0,09	0,68
Opgaande bocht	0,0015	1,01	0,0390	0,04400	0,10	0,61
3e rechte deel	0,00075	0,85	0,0045	0,005077	0,10	0,36

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

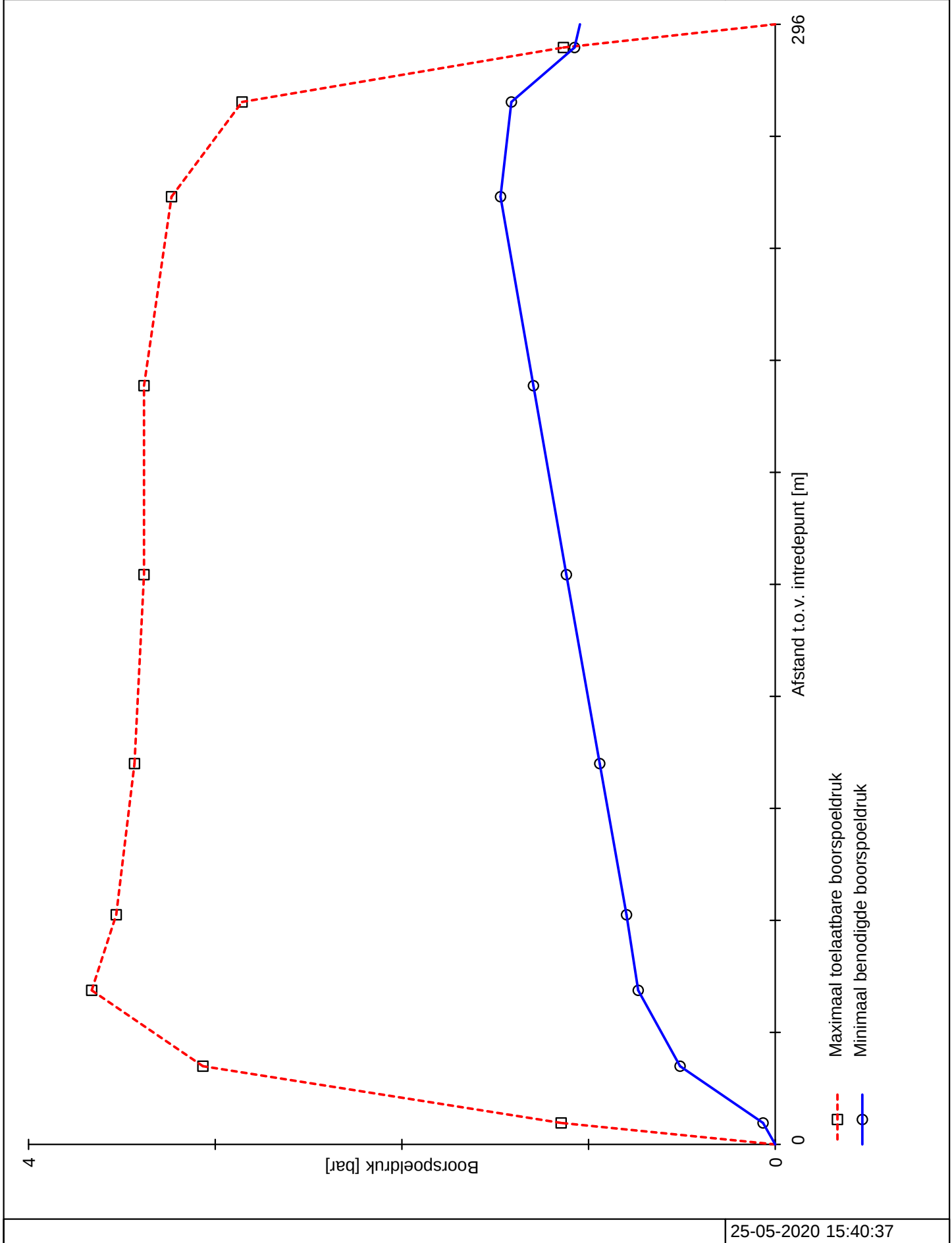
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	$p_{\max}$ [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	$p_{\max}$ [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	114,68	328,30	6,51	1,15	3,28	0,07
Neergaande bocht	306,59	592,24	50,96	3,07	5,92	0,51
2e rechte deel	366,17	700,15	73,39	3,66	7,00	0,73
2e rechte deel	353,02	673,61	79,66	3,53	6,74	0,80
2e rechte deel	343,24	653,04	94,00	3,43	6,53	0,94
2e rechte deel	338,16	642,22	111,87	3,38	6,42	1,12
2e rechte deel	338,16	642,22	129,52	3,38	6,42	1,30
2e rechte deel	323,40	611,51	147,17	3,23	6,12	1,47
Opgaande bocht	285,61	548,23	141,35	2,86	5,48	1,41
3e rechte deel	113,46	325,42	107,52	1,13	3,25	1,08

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

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



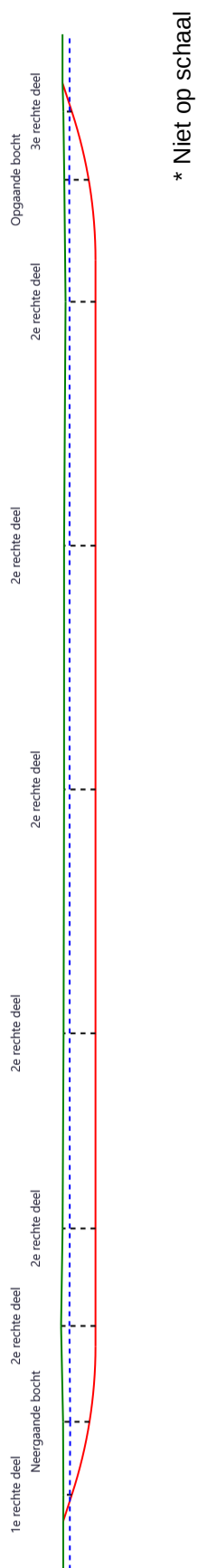
9.4 STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN HPE 75

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : 2000389.001 Gestuurde Boring Ooijenseweg te Blitterswijk			
Projectonderdeel : Mantelbuis 75 - Mooder Maas			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
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/mm²
Volumieke massa vloeistof	ρ	= 1100	kg/m³
Temperatuurverschil	Δt	= 10	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g	= 250	mm
Diameter boorstang	D _b	= 80	mm
Totale lengte	L	= 296,39	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 5,69	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 30,89	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 222,75	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 30,89	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 6,17	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 100,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 100,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 100,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 17,70 / 31,91	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 17,70 / 31,91	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b}	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o}	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f _{r,o}	= 0,9	
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	f ₁	= 0,3	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂	= 0,00005	N/mm²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃	= 0,2	
		25-05-2020 16:18:33	

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 [°]
1e rechte deel	5,67	1,70	1,30	Zand	19,00	21,00	32,50
Neergaande bocht	20,69	5,30	1,43	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	40,76	6,90	1,67	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	60,76	6,60	1,44	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	100,76	6,40	1,22	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	150,76	6,30	1,10	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	200,76	6,30	1,10	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	250,76	6,00	0,80	Zand	19,00	21,00	32,50
Opgaande bocht	275,83	4,90	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
3e rechte deel	290,25	1,70	1,25	Zand	19,00	21,00	32,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
Neergaande bocht	Geen	0,1100	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I
Opgaande bocht	Geen	0,1100	0,00	35,00	Grafiek I
3e rechte deel	Geen	-	0,00	35,00	Grafiek I



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

2. 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

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

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

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	296,39	2.227
Na 1 ^e deel intrekken	290,22	2.181
Na 2 ^e deel intrekken	259,33	1.948
Na 3 ^e deel intrekken	36,58	275
Na 4 ^e deel intrekken	5,69	43

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0139 \cdot 0,3$$

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	2.227	1,53
Na 1 ^e deel intrekken	2.181	1,50
Na 2 ^e deel intrekken	1.948	1,34
Na 3 ^e deel intrekken	275	0,19
Na 4 ^e deel intrekken	43	0,03

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{855.496}{100.000} = 9.175,20 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{9.175,20}{22.813} = \mathbf{0,40 \text{ N/mm}^2}$$

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	1,53	1,79
Na 1 ^e deel intrekken	1,50	1,76
Na 2 ^e deel intrekken	1,34	1,60
Na 3 ^e deel intrekken	0,19	0,45
Na 4 ^e deel intrekken	0,03	0,29

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,40 + \sigma_t$$

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

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

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]
1 ^e deel intrekken	6,17	213	-
2 ^e deel intrekken	37,06	-	1.278
3 ^e deel intrekken	259,81	8.960	-
4 ^e deel intrekken	290,70	-	10.025
Geheel ingetrokken	296,39	10.222	-

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

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

5.3.1 Neergaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{75,00 \cdot 0,1100}{4 \cdot 975 \cdot 855.496,26}} = 0,0071 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0071^2 \cdot 975 \cdot 855.496,26}{75,00 \cdot 0,9 \cdot 100.000} = 0,0020 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0020}{2} \cdot 75,00 \cdot \frac{\pi}{0,0071} \cdot 0,2 = \mathbf{47,60 \text{ N}}$$

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{75,00 \cdot 0,1100}{4 \cdot 975 \cdot 855.496,26}} = 0,0071 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0071^2 \cdot 975 \cdot 855.496,26}{75,00 \cdot 0,9 \cdot 100.000} = 0,0020 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0020}{2} \cdot 75,00 \cdot \frac{\pi}{0,0071} \cdot 0,2 = 47,60 \text{ N}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	1.948	1.278	48	-	3.274
Opgaande bocht	43	10.025	48	48	10.163

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,85	3.274	363
Opgaande bocht	8,85	10.163	1.126

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	2.181	213	-	-	-	-	2.393
2 ^e deel intrekken	1.948	1.278	48	363	-	-	3.637
3 ^e deel intrekken	275	8.960	48	363	-	-	9.645
4 ^e deel intrekken	43	10.025	48	363	48	1.126	11.652
Geheel intrekken	0	10.222	48	363	48	1.126	11.805

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

25-05-2020 16:18:33

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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]
1 ^e deel intrekken	2.393	1,64
2 ^e deel intrekken	3.637	2,50
3 ^e deel intrekken	9.645	6,62
4 ^e deel intrekken	11.652	8,00
Geheel intrekken	11.805	8,10

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{855.496,26}{0,9 \cdot 100.000} = 12.975,03 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{12.975,03}{22.813,23} = \mathbf{0,57 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{0,9 \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{855.496,26}{0,9 \cdot 100.000} = 12.975,03 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{12.975,03}{22.813,23} = \mathbf{0,57 \text{ N/mm}^2}$$

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]
Starten met trekken	2.393	1,64	-	1,64
Na 1 ^e deel intrekken	3.637	2,50	0,57	2,87
Na 2 ^e deel intrekken	9.645	6,62	-	6,62
Na 3 ^e deel intrekken	11.652	8,00	0,57	8,37
Na 4 ^e deel intrekken	11.805	8,10	-	8,10

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

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

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

25-05-2020 16:18:33

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

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

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

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

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

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

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

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

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	1,70	1,30	Zand	27,17	9,24	36,41	2,43
Neergaande bocht	5,30	1,43	Zand	29,89	89,40	119,28	6,04
2e rechte deel	6,90	1,67	Zand	34,90	120,81	155,72	7,76
2e rechte deel	6,60	1,44	Zand	30,10	119,20	149,29	7,33
2e rechte deel	6,40	1,22	Zand	25,50	119,66	145,16	7,00
2e rechte deel	6,30	1,10	Zand	22,99	120,12	143,11	6,83
2e rechte deel	6,30	1,10	Zand	22,99	120,12	143,11	6,83
2e rechte deel	6,00	0,80	Zand	16,72	120,12	136,84	6,36
Opgaande bocht	4,90	1,00	Zand	20,90	90,09	110,99	5,40
3e rechte deel	1,70	1,25	Zand	26,13	10,40	36,52	2,40

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	1,70	Grafiek I	29,44	2,21
Neergaande bocht	5,30	Grafiek I	9,57	0,72
2e rechte deel	6,90	Grafiek I	7,04	0,53
2e rechte deel	6,60	Grafiek I	7,44	0,56
2e rechte deel	6,40	Grafiek I	7,72	0,58
2e rechte deel	6,30	Grafiek I	7,86	0,59
2e rechte deel	6,30	Grafiek I	7,86	0,59
2e rechte deel	6,00	Grafiek I	8,33	0,62
Opgaande bocht	4,90	Grafiek I	10,42	0,78
3e rechte deel	1,70	Grafiek I	29,44	2,21

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

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	2,43	2,21	4,64	40,65	4,66
Neergaande bocht	6,04	0,72	6,76	59,26	6,79
2e rechte deel	7,76	0,53	8,28	72,60	8,31
2e rechte deel	7,33	0,56	7,88	69,10	7,91
2e rechte deel	7,00	0,58	7,58	66,43	7,61
2e rechte deel	6,83	0,59	7,42	65,05	7,45
2e rechte deel	6,83	0,59	7,42	65,05	7,45
2e rechte deel	6,36	0,62	6,99	61,24	7,01
Opgaande bocht	5,40	0,78	6,18	54,16	6,20
3e rechte deel	2,40	2,21	4,61	40,40	4,63

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 34,10$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 0,88 \cdot \frac{M_q}{7,71}$$

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

6.6.1 Neergaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0020 \cdot 75,00 \cdot \frac{37,50}{7,71} = \mathbf{0,13 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0020 \cdot 75,00 \cdot \frac{37,50}{7,71} = \mathbf{0,13 \text{ N/mm}^2}$$

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

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

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

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: $\gamma = 1,5$

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

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

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

Conclusie: Kans op implosie bij **27,53 m** grondwater boven de leiding

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	4,66	-	0,65	3,03
Neergaande bocht	6,79	0,13	0,65	4,49
2e rechte deel	8,31	-	0,65	5,40
2e rechte deel	7,91	-	0,65	5,14
2e rechte deel	7,61	-	0,65	4,94
2e rechte deel	7,45	-	0,65	4,84
2e rechte deel	7,45	-	0,65	4,84
2e rechte deel	7,01	-	0,65	4,56
Opgaande bocht	6,20	0,13	0,65	4,12
3e rechte deel	4,63	-	0,65	3,01

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	0,61	1,56	-	-	2,17
Neergaande bocht	0,61	1,56	0,57	0,65	2,54
2e rechte deel	0,61	1,56	-	-	2,17
2e rechte deel	0,61	1,56	-	-	2,17
2e rechte deel	0,61	1,56	-	-	2,17
2e rechte deel	0,61	1,56	-	-	2,17
2e rechte deel	0,61	1,56	-	-	2,17
2e rechte deel	0,61	1,56	-	-	2,17
Opgaande bocht	0,61	1,56	0,57	0,65	2,54
3e rechte deel	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: $\sigma_{td} = \sigma_t = \mathbf{8,00}$ 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	2,43	2,21	-	1,01	1,49
Neergaande bocht	6,04	0,72	0,0020	1,48	2,17
2e rechte deel	7,76	0,53	-	1,81	2,66
2e rechte deel	7,33	0,56	-	1,72	2,53
2e rechte deel	7,00	0,58	-	1,66	2,43
2e rechte deel	6,83	0,59	-	1,62	2,38
2e rechte deel	6,83	0,59	-	1,62	2,38
2e rechte deel	6,36	0,62	-	1,53	2,24
Opgaande bocht	5,40	0,78	0,0020	1,35	1,98
3e rechte deel	2,40	2,21	-	1,01	1,48

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 34,10^3}{350 \cdot 26,20}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 68,20 = **5,46** mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	1,70	26,09	12,07	19,08	29,33	13,46
Neergaande bocht	5,30	59,88	27,71	43,79	67,33	13,46
2e rechte deel	6,90	76,39	35,35	55,87	85,89	13,46
2e rechte deel	6,60	71,78	33,21	52,50	80,70	13,46
2e rechte deel	6,40	68,16	31,54	49,85	76,64	13,46
2e rechte deel	6,30	66,27	30,66	48,47	74,51	13,46
2e rechte deel	6,30	66,27	30,66	48,47	74,51	13,46
2e rechte deel	6,00	61,09	28,27	44,68	68,68	13,46
Opgaande bocht	4,90	52,73	24,40	38,56	59,28	13,46
3e rechte deel	1,70	25,68	11,88	18,78	28,87	13,46

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δp [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00076	0,85	0,0040	0,004513	0,00	0,36
Neergaande bocht	0,0017	0,95	0,0387	0,04366	0,01	0,66
2e rechte deel	0,0022	0,84	0,0523	0,05900	0,01	0,78
2e rechte deel	0,0021	0,86	0,0516	0,05821	0,02	0,75
2e rechte deel	0,0020	0,89	0,0518	0,05844	0,04	0,73
2e rechte deel	0,0019	0,90	0,0520	0,05866	0,05	0,71
2e rechte deel	0,0019	0,90	0,0520	0,05866	0,07	0,71
2e rechte deel	0,0018	0,94	0,0520	0,05866	0,09	0,68
Opgaande bocht	0,0015	1,01	0,0390	0,04400	0,10	0,61
3e rechte deel	0,00075	0,85	0,0045	0,005077	0,10	0,36

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

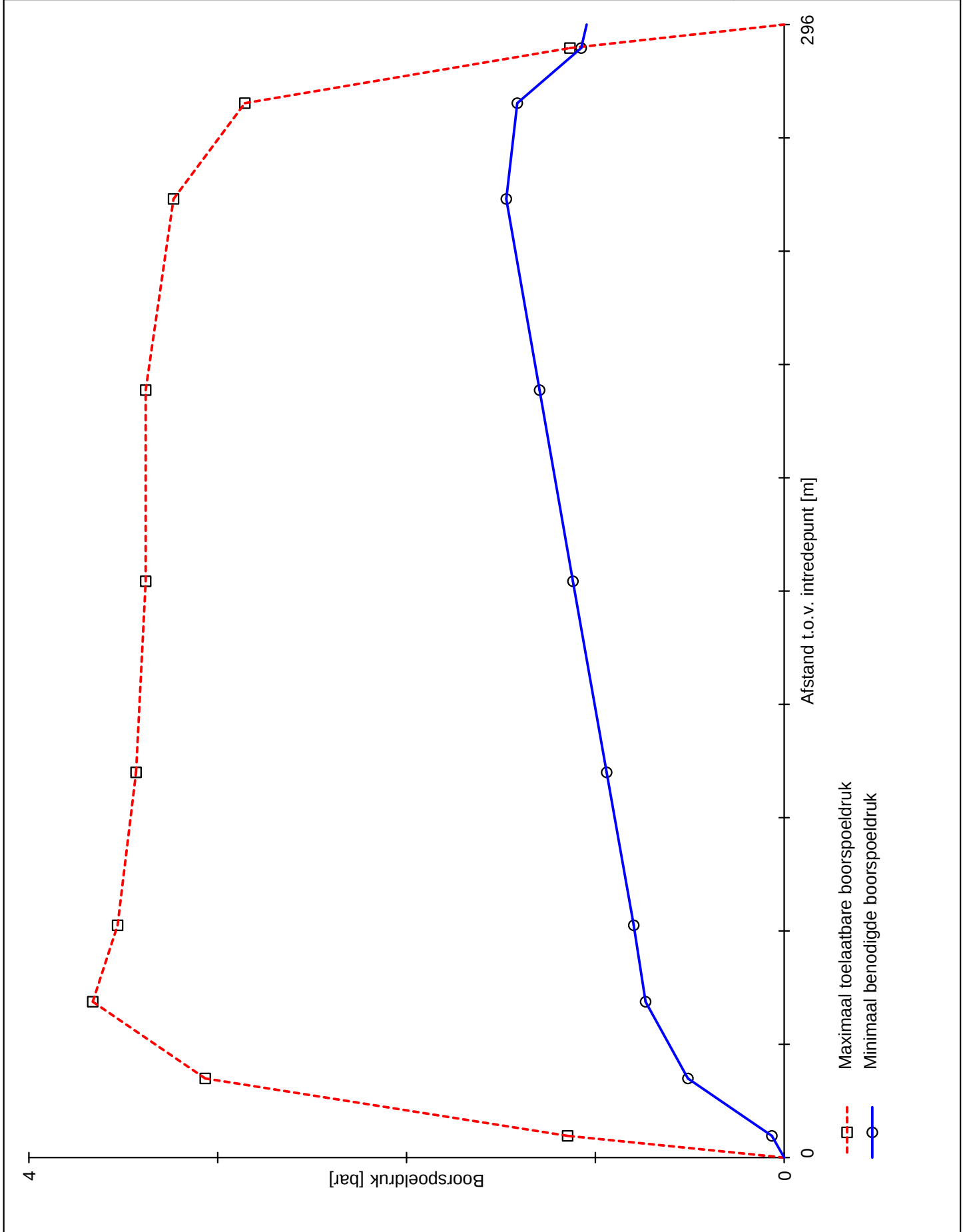
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	$p_{\max}$ [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	$p_{\max}$ [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	114,68	328,30	6,51	1,15	3,28	0,07
Neergaande bocht	306,59	592,24	50,96	3,07	5,92	0,51
2e rechte deel	366,17	700,15	73,39	3,66	7,00	0,73
2e rechte deel	353,02	673,61	79,66	3,53	6,74	0,80
2e rechte deel	343,24	653,04	94,00	3,43	6,53	0,94
2e rechte deel	338,16	642,22	111,87	3,38	6,42	1,12
2e rechte deel	338,16	642,22	129,52	3,38	6,42	1,30
2e rechte deel	323,40	611,51	147,17	3,23	6,12	1,47
Opgaande bocht	285,61	548,23	141,35	2,86	5,48	1,41
3e rechte deel	113,46	325,42	107,52	1,13	3,25	1,08

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

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



9.5 SPECIFICATIE BOORMACHINE



SPECIFICATIONS, JT100 MACH 1

DIMENSIONS

Overall machine length*
Overall machine width*
Overall machine height*
Drilling unit operating mass*
Entry angle*: 10 to 15°
Angle of approach: 13°
Angle of departure: 17°

U.S.

368 in
101 in
110 in
45,300 lb

METRIC

9.35 m
2.57 m
2.79 m
20 500 kg

POWER PIPE

Length of drill pipe, nominal*
Diameter of drill pipe, tool joint end*
Diameter of drill pipe*
Bend radius, minimum
Weight of drill pipe*
Weight of drill pipe & box(12 pipe)

U.S.

177 in
4 in
3.62 in
230 ft
229 lb
3760 lb

METRIC

4.5 m
102 mm
92 mm
70 m
104 kg
1710 kg

OPERATION

Spindle speed, maximum*: 210 rpm
Spindle torque, maximum*
Carriage thrust travel speed*
Carriage pullback travel speed*
Thrust force*
Pullback force*
Bore diameter
Backream diameter: Soil dependent
Ground travel speed, forward*
Ground travel speed, reverse*

U.S.

12,000 ft-lb
150 fpm
150 fpm
70,000 lb
100,000 lb
6 in
3.6 mph
3.6 mph

METRIC

16 300 N·m
46 m/min
46 m/min
311 kN
445 kN
152 mm
5.8 km/h
5.8 km/h

POWER

Engine: Deutz TCD2013L06-2V
Fuel: Diesel
Cooling medium: Liquid
Injection: Direct
Aspiration: Turbocharged & charge air cooled
Number of cylinders: 6
Displacement
Bore
Stroke
Manufacturer's gross power rating**
Rated speed: 2300 rpm
Emissions compliance

U.S.

436 in³
4.25 in
5.1 in
268 hp
EPA Tier 3

METRIC

7.15 L
108 mm
130 mm
200 kW
EU Stage IIIa

DRILLING FLUID SYSTEM (ONBOARD)

Drilling fluid pressure, maximum*
Drilling fluid flow, maximum*

U.S.

1000 psi
230 gpm

METRIC

69 bar
870 L/min

FLUID CAPACITIES

Hydraulic reservoir
Fuel tank

U.S.

47 gal
97 gal

METRIC

180 L
370 L

BATTERY (2 USED)

SAE reserve capacity rating: 450 min
SAE cold crank rating @ 0° F (-18° C): 1400 amps

Specification are general and subject to change without notice. If measurements are required, equipment should be wrighed and measured.

Due to selected options, delivered equipment may not necessarily match that shown. Contains patented features. *Called out according to SAE J2022. **Called out according to SAE J1995.

©2011 The Charles Machine Works, Inc.

9.6 SPECIFICATIE MEETSYSTEEM

DigiTrak FALCON F5[®]

Directional Drilling Locating System



Introducing DigiTrak Falcon F5[®]

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.

- 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

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**



DIGITAL CONTROL INCORPORATED

dcj@digital-control.com ■ www.DigiTrak.com ■ 425.251.0559, 800.288.3610

© Jun 2016 Digital Control Incorporated
All rights reserved
402-1025-00-A

DigiTrak **FALCON F5** 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 channels¹ 4
Telemetry range² 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 range² 1800 ft.
Telemetry channels 4
Operating temperature -4 to 140° F
Dimensions⁴ 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 range³ 125 ft.
Depth range³ 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.

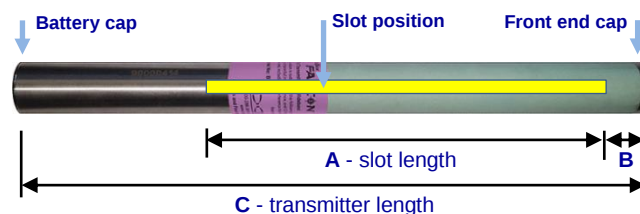
² Telemetry range can be increased with an optional external receiving antenna.

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

dc@digital-control.com ■ www.DigiTrak.com ■ 425.251.0559, 800.288.3610

9.7 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