

## 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

|          |                                                               |          |
|----------|---------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>INLEIDING.....</b>                                         | <b>3</b> |
| <b>2</b> | <b>PROJECTGEGEVENS .....</b>                                  | <b>3</b> |
| 2.1      | BETROKKEN PARTIJEN.....                                       | 3        |
| 2.1.1    | Opdrachtgever.....                                            | 3        |
| 2.1.2    | Opdrachtnemer.....                                            | 3        |
| 2.2      | PROJECTINFORMATIE .....                                       | 3        |
| <b>3</b> | <b>TECHNISCHE SPECIFICATIES .....</b>                         | <b>4</b> |
| 3.1      | ONTWERPGEGEVENS VAN DE HPE-BUIZEN: .....                      | 4        |
| 3.1.1    | Mantelbuis 110 .....                                          | 4        |
| 3.1.2    | Mantelbuis 75 .....                                           | 4        |
| <b>4</b> | <b>KORTE BESCHRIJVING BOORMETHODE .....</b>                   | <b>5</b> |
| <b>5</b> | <b>BESCHRIJVING WERKZAAMHEDEN M.B.T. DE UITVOERING .....</b>  | <b>6</b> |
| 5.1      | VERKEERSMAATREGELEN.....                                      | 6        |
| 5.2      | INTREDEWERKPLEK .....                                         | 6        |
| 5.3      | UITTREDEWERKPLEK.....                                         | 6        |
| 5.4      | PILOTBORING / LOKALISEREN VAN DE BOORKOP.....                 | 6        |
| 5.5      | INTREKFASE.....                                               | 6        |
| <b>6</b> | <b>PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN .....</b>                    | <b>7</b> |
| 6.1      | Globale tijdsplanning voor de realisatie van de boring: ..... | 7        |
| <b>7</b> | <b>GRONDONDERZOEK .....</b>                                   | <b>8</b> |
| <b>8</b> | <b>STERKTEBEREKENING/BOORSPOELDRUKBEREKENINGEN.....</b>       | <b>8</b> |
| <b>9</b> | <b>BIJLAGEN.....</b>                                          | <b>9</b> |
| 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        | : <a href="mailto:e.g.elling@vwtelecom.com">e.g.elling@vwtelecom.com</a> |

#### 2.1.2 Opdrachtnemer

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

### 2.2 Projectinformatie

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

### 3 TECHNISCHE SPECIFICATIES

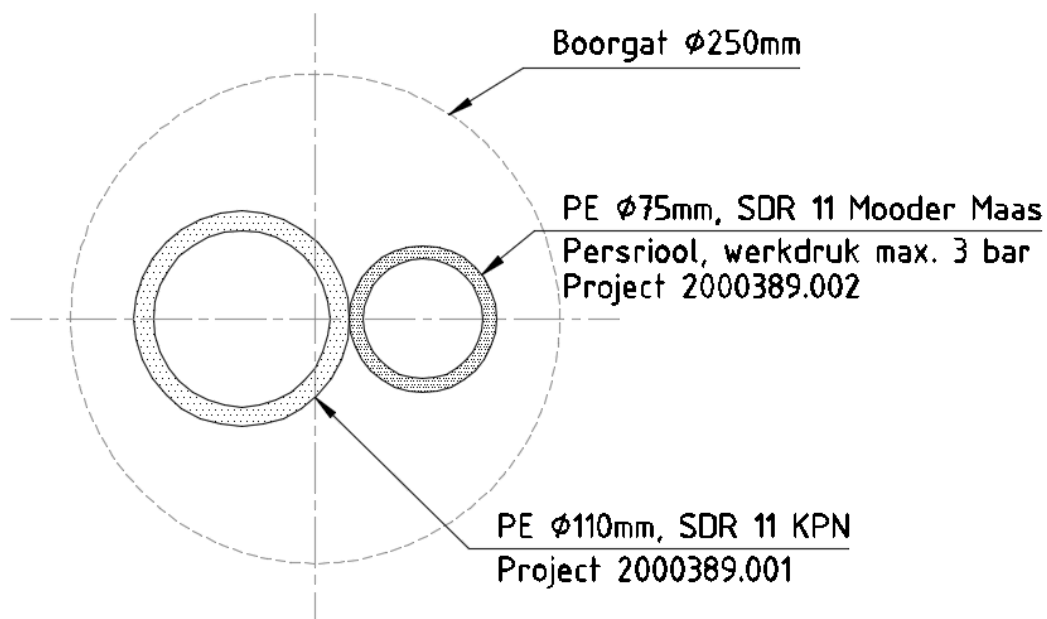
#### 3.1 Ontwerpgegevens van de HPE-buizen:

##### 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.

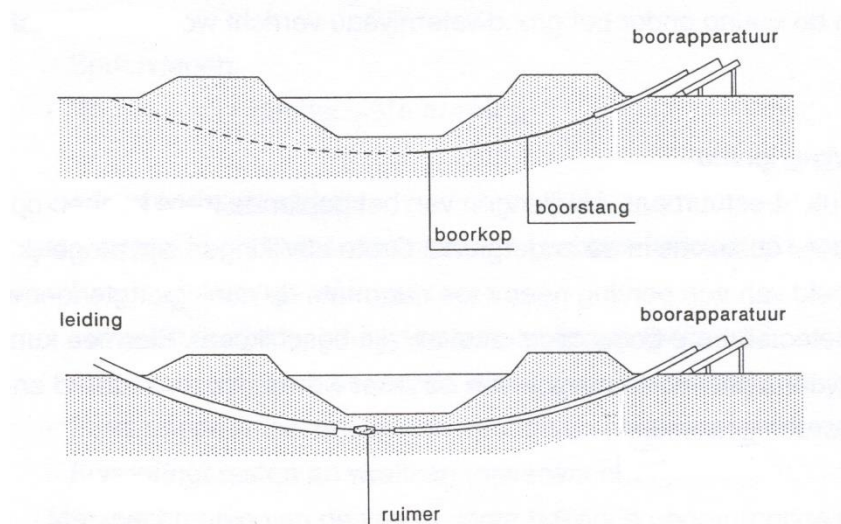
De boorvloeistof wordt via een hogedrukslang aangevoerd vanaf de mengunit naar de boorunit.

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<br>(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**

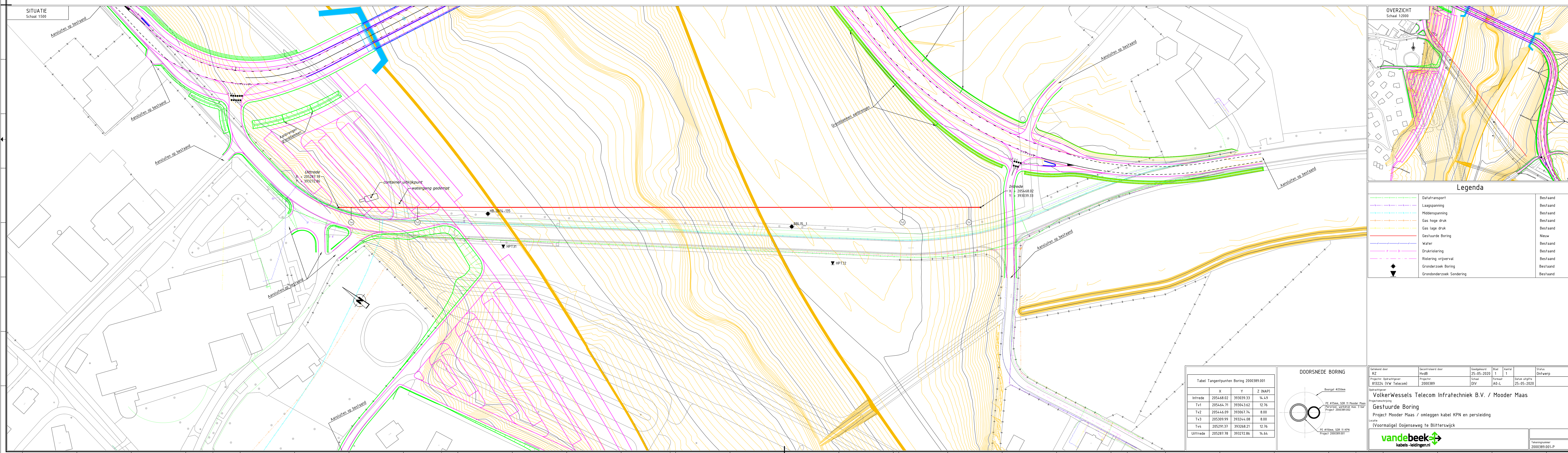
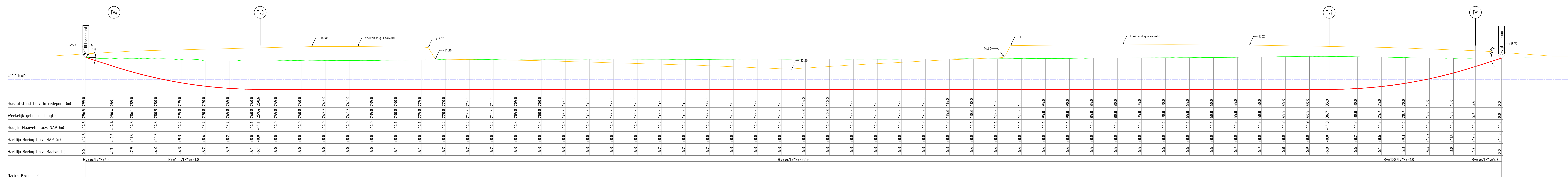
Op basis van het grondonderzoek zijn berekeningen gemaakt.

Er zijn berekeningen uitgevoerd op meerdere punten in het boorprofiel.

## 9 BIJLAGEN

### 9.1 WERKTEKENING

Boring 2000389.001  
Lengteprofiel A-A



## 9.2 GRONDONDERZOEK

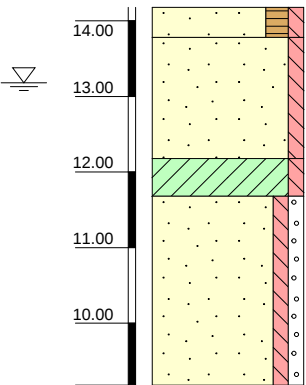
Boring: HB-2014-135

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

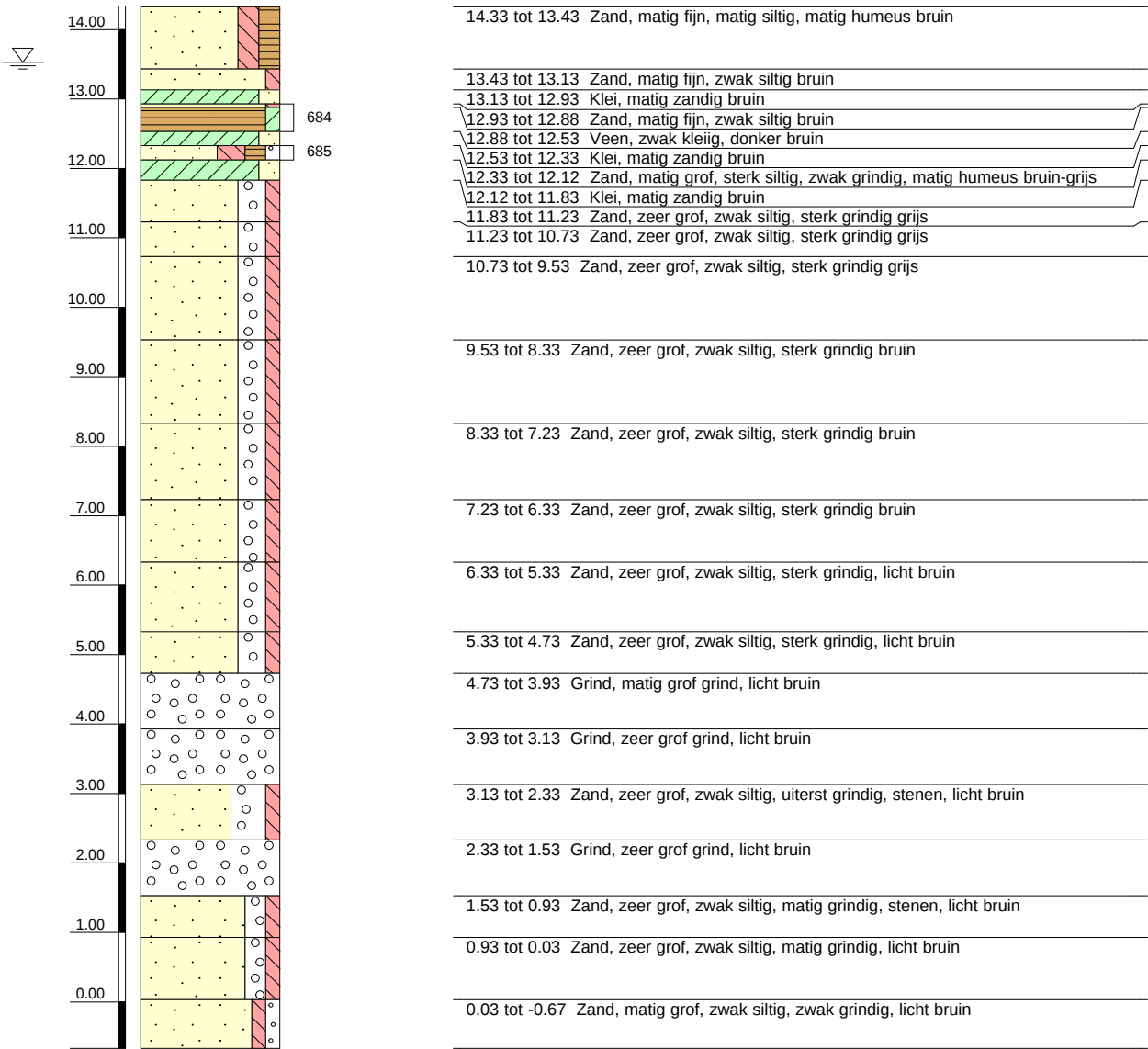
Boring: BBL15\_1

Veldclassificatie

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



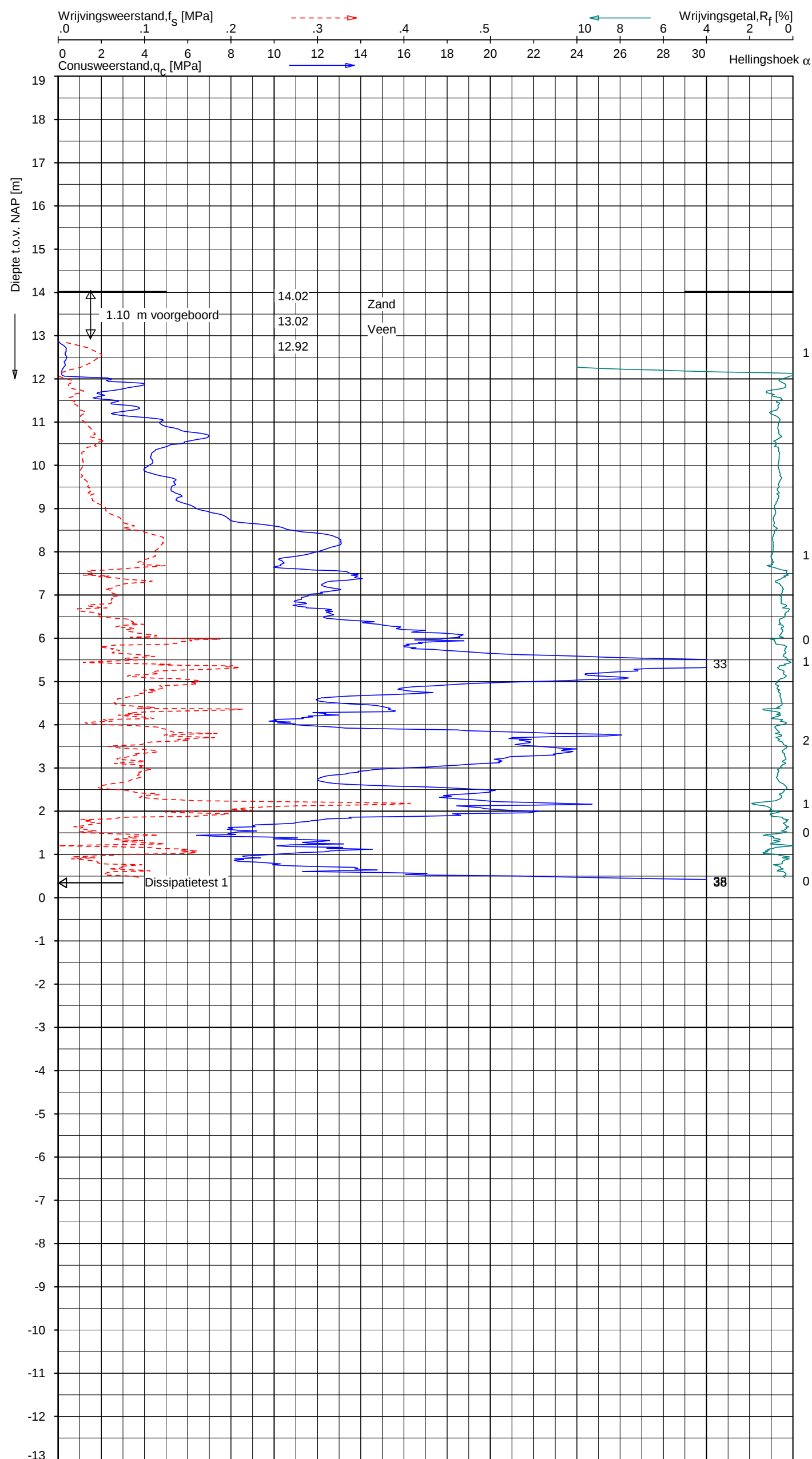
Algemene opmerking:

X: 205408.0  
Y: 393102.6  
Coördinatenstelsel: RD  
GWS (m tov NAP): 13.53  
Bodem (m tov NAP): 14.33  
GHG (m tov NAP):  
GLG (m tov NAP):  
Boorvloeistof:  
Datum uitvoering: 30-05-2013  
Boormeester:  
Geclassificeerd door:

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.)

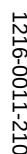


Opg.: AT d.d. 09-dec-2016 Coord.: X=205313.9m Y= 393202.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
Get.: P.GOMMER d.d. 21-dec-2016 MV = NAP +14.02 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-1919 Toepassingsklasse 2. Test type TE2  
Conustype: A<sub>C</sub> = 1510 mm<sup>2</sup>; A<sub>S</sub> = 19895 mm<sup>2</sup>

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210  
Sond. HPT31

[illegible]

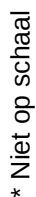
### 9.3 STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN HPE 110

|                                                                                              |                  |                         |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|-----------|
| 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                                                                              | $\gamma_M$       | = 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                                                              | $\alpha_g$       | = 16,0·10 <sup>-5</sup> | mm/(mm·K) |
| Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal                                                               | $\alpha_\sigma$  | = 0,65                  | -         |
| Soortelijk gewicht buis                                                                      | $\rho_L$         | = 9,55                  | kN/m³     |
| Toelaatbare deflectie                                                                        | $\delta$         | = 8                     | %         |
| Leidinggegevens                                                                              |                  |                         |           |
| Uitwendige middellijn                                                                        | D <sub>e</sub>   | = 110,00                | mm        |
| Wanddikte                                                                                    | d <sub>n</sub>   | = 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                                                             | $\rho_m$         | = 11,5                  | kN/m³     |
| Zwichtspanning boorvloeistof                                                                 | $\tau_y$         | = 15                    | Pa        |
| Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. rollenbaan                                              |                  |                         |           |
| Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. boorgang                                                |                  |                         |           |
| Diameter ruimer ivm boorspoeldruk                                                            | D <sub>g</sub>   | = 250                   | mm        |
| Diameter boorstang                                                                           | D <sub>b</sub>   | = 80                    | mm        |
| Totale lengte                                                                                | L                | = 296,39                | m         |
| Lengte 1e rechte deel                                                                        | L <sub>1</sub>   | = 5,69                  | m         |
| Lengte neergaande bocht                                                                      | L <sub>2</sub>   | = 30,89                 | m         |
| Lengte 2e rechte deel                                                                        | L <sub>3</sub>   | = 222,75                | m         |
| Lengte opgaande bocht                                                                        | L <sub>4</sub>   | = 30,89                 | m         |
| Lengte 3e rechte deel                                                                        | L <sub>5</sub>   | = 6,17                  | m         |
| Straal maaiveld/rollenbaan                                                                   | R <sub>r</sub>   | = 100,00                | m         |
| Straal neergaande bocht                                                                      | R <sub>1</sub>   | = 100,00                | m         |
| Straal opgaande bocht                                                                        | R <sub>2</sub>   | = 100,00                | m         |
| Intrede-hoek (bij boorstelling)                                                              | $\alpha_1$       | = 17,70 / 31,91         | ° / %     |
| Uittrede-hoek (bij rollenbaan)                                                               | $\alpha_2$       | = 17,70 / 31,91         | ° / %     |
| Belastinghoek                                                                                | $\alpha$         | = 30                    | °         |
| Ondersteuningshoek                                                                           | $\beta$          | = 30                    | °         |
| Horizontale steundrukhoek                                                                    | $\gamma$         | = 120                   | °         |
| Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd                                                         | $\gamma$         | = 1,1                   |           |
| Totaalfactor bij boring met bundels                                                          | f                | = 1,8                   |           |
| Belastingfactor, bovengronds                                                                 | f <sub>k,b</sub> | = 1,1                   |           |
| Belastingfactor, ondergronds                                                                 | f <sub>k,o</sub> | = 1,4                   |           |
| Onzekerheidsfactor straal, ondergronds                                                       | f <sub>r,o</sub> | = 0,9                   |           |
| Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan                                                            | f <sub>1</sub>   | = 0,3                   |           |
| Wrijving tussen leiding/boorvloeistof                                                        | f <sub>2</sub>   | = 0,00005               | N/mm²     |
| Wrijving tussen leiding/boorgangwand                                                         | f <sub>3</sub>   | = 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 <sup>3</sup> ] | Volumiek gewicht natte grond [kN/m <sup>3</sup> ] | 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 <sup>2</sup> ] | Effectieve cohesie [kN/m <sup>2</sup> ] | E-modulus ondergrond [MN/m <sup>2</sup> ] | 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         |



## 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 <sup>4</sup>                  |
| Weerstandsmoment buis           | $W_b = I_b / r_e$                      | = 72.113,83    | mm <sup>3</sup>                  |
| Wandtraagheidsmoment            | $I_w = d_n^3 / 12$                     | = 83,33        | mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup> |
| Wandweerstandsmoment            | $W_w = d_n^2 / 6$                      | = 16,67        | mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup> |
| Oppervlakte leiding             | $A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$    | = 3.141,59     | mm <sup>2</sup>                  |
| Gewicht leiding                 | $g = \rho_L \cdot A$                   | = 0,0300       | N/mm <sup>1</sup>                |

## 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 | <b>4.802</b> |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 290,22 | <b>4.702</b> |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 259,33 | <b>4.201</b> |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 36,58  | <b>593</b>   |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 5,69   | <b>92</b>    |

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

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

| Spanningen $\sigma_t$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_1$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Starten met trekken                                                     | 4.802     | <b>1,53</b>                     |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 4.702     | <b>1,50</b>                     |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 4.201     | <b>1,34</b>                     |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 593       | <b>0,19</b>                     |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 92        | <b>0,03</b>                     |

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

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 $\sigma_a$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Starten met trekken                                                     | 1,53                            | <b>1,91</b>                     |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 1,50                            | <b>1,88</b>                     |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 1,34                            | <b>1,72</b>                     |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 0,19                            | <b>0,57</b>                     |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 0,03                            | <b>0,41</b>                     |

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

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 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 6,17   | <b>368</b>    | -             |
| 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 37,06  | -             | <b>2.210</b>  |
| 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 259,81 | <b>15.496</b> | -             |
| 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 290,70 | -             | <b>17.339</b> |
| Geheel ingetrokken                                            | 296,39 | <b>17.678</b> | -             |

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               | -               | <b>6.577</b>    |
| Opgaande bocht                                         | 92        | 17.339       | 166               | 166             | <b>17.762</b>   |

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] | $\alpha$ [°] | $T_{bocht}$ [N] | $T_{3c}$ [N] |
|-----------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Neergaande bocht                                    | 8,85         | 6.577           | <b>729</b>   |
| Opgaande bocht                                      | 8,85         | 17.762          | <b>1.967</b> |

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

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

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

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

### 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 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 4.702     | 368                | -                 | -                 | -               | -               | <b>5.070</b>  |
| 2 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 4.201     | 2.210              | 166               | 729               | -               | -               | <b>7.306</b>  |
| 3 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 593       | 15.496             | 166               | 729               | -               | -               | <b>16.983</b> |
| 4 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 92        | 17.339             | 166               | 729               | 166             | 1.967           | <b>20.458</b> |
| Geheel intrekken                                     | 0         | 17.678             | 166               | 729               | 166             | 1.967           | <b>20.705</b> |

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

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 $\sigma_t$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_{tot}$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 5.070         | <b>1,61</b>                     |
| 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 7.306         | <b>2,33</b>                     |
| 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 16.983        | <b>5,41</b>                     |
| 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 20.458        | <b>6,51</b>                     |
| Geheel intrekken                                                        | 20.705        | <b>6,59</b>                     |

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

### 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 $\sigma_a$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_{tot}$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Starten met trekken                                                     | 5.070         | 1,61                            | -                               | <b>1,61</b>                     |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 7.306         | 2,33                            | 0,83                            | <b>2,87</b>                     |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 16.983        | 5,41                            | -                               | <b>5,41</b>                     |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 20.458        | 6,51                            | 0,83                            | <b>7,05</b>                     |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 20.705        | 6,59                            | -                               | <b>6,59</b>                     |

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

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

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

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 | $q_{\text{droog}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $q_{\text{nat}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $q_{\text{totaal}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ] |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| 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 <sup>2</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] |
|------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 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          | $Q_n$<br>[N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_v$<br>[N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_{\text{boven}}$<br>[N/mm <sup>1</sup> ] | $M_q$<br>[Nmm] | $\sigma_q$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| 1e rechte deel   | 3,57                          | 3,24                          | 6,80                                       | 87,41          | <b>5,24</b>                        |
| Neergaande bocht | 8,86                          | 1,05                          | 9,92                                       | 127,44         | <b>7,65</b>                        |
| 2e rechte deel   | 11,38                         | 0,77                          | 12,15                                      | 156,13         | <b>9,37</b>                        |
| 2e rechte deel   | 10,75                         | 0,82                          | 11,56                                      | 148,60         | <b>8,92</b>                        |
| 2e rechte deel   | 10,27                         | 0,85                          | 11,12                                      | 142,87         | <b>8,57</b>                        |
| 2e rechte deel   | 10,02                         | 0,87                          | 10,89                                      | 139,90         | <b>8,39</b>                        |
| 2e rechte deel   | 10,02                         | 0,87                          | 10,89                                      | 139,90         | <b>8,39</b>                        |
| 2e rechte deel   | 9,33                          | 0,92                          | 10,25                                      | 131,69         | <b>7,90</b>                        |
| Opgaande bocht   | 7,92                          | 1,15                          | 9,06                                       | 116,48         | <b>6,99</b>                        |
| 3e rechte deel   | 3,52                          | 3,24                          | 6,76                                       | 86,86          | <b>5,21</b>                        |

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

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

### 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/m<sup>2</sup>**

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

Veiligheidsfactor  $\gamma$  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          | $\sigma_q$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{qr}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_\sigma$ [-] | $\sigma_{y2}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1e rechte deel   | 5,24                            | -                                  | 0,65                | <b>3,41</b>                        |
| Neergaande bocht | 7,65                            | 0,23                               | 0,65                | <b>5,12</b>                        |
| 2e rechte deel   | 9,37                            | -                                  | 0,65                | <b>6,09</b>                        |
| 2e rechte deel   | 8,92                            | -                                  | 0,65                | <b>5,80</b>                        |
| 2e rechte deel   | 8,57                            | -                                  | 0,65                | <b>5,57</b>                        |
| 2e rechte deel   | 8,39                            | -                                  | 0,65                | <b>5,46</b>                        |
| 2e rechte deel   | 8,39                            | -                                  | 0,65                | <b>5,46</b>                        |
| 2e rechte deel   | 7,90                            | -                                  | 0,65                | <b>5,14</b>                        |
| Opgaande bocht   | 6,99                            | 0,23                               | 0,65                | <b>4,69</b>                        |
| 3e rechte deel   | 5,21                            | -                                  | 0,65                | <b>3,39</b>                        |

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          | $\sigma_{pl}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{ax}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_\sigma$ [-] | $\sigma_x$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |
| Neergaande bocht | 0,00                               | 0,00                               | 0,83                            | 0,65                | <b>0,54</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |
| Opgaande bocht   | 0,00                               | 0,00                               | 0,83                            | 0,65                | <b>0,54</b>                     |
| 3e rechte deel   | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |

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 <sup>1</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_r$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\delta_y$ [mm] | $\delta_y/D_g$ [%] |
|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 1e rechte deel   | 3,57                       | 3,24                       | -                          | <b>1,48</b>     | 1,48               |
| Neergaande bocht | 8,86                       | 1,05                       | 0,0035                     | <b>2,15</b>     | 2,15               |
| 2e rechte deel   | 11,38                      | 0,77                       | -                          | <b>2,63</b>     | 2,63               |
| 2e rechte deel   | 10,75                      | 0,82                       | -                          | <b>2,51</b>     | 2,51               |
| 2e rechte deel   | 10,27                      | 0,85                       | -                          | <b>2,41</b>     | 2,41               |
| 2e rechte deel   | 10,02                      | 0,87                       | -                          | <b>2,36</b>     | 2,36               |
| 2e rechte deel   | 10,02                      | 0,87                       | -                          | <b>2,36</b>     | 2,36               |
| 2e rechte deel   | 9,33                       | 0,92                       | -                          | <b>2,22</b>     | 2,22               |
| Opgaande bocht   | 7,92                       | 1,15                       | 0,0035                     | <b>1,97</b>     | 1,97               |
| 3e rechte deel   | 3,52                       | 3,24                       | -                          | <b>1,47</b>     | 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] | $\sigma_{vert}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_{hor}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_o'$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $p_f'$ [kN/m <sup>2</sup> ] | G [MN/m <sup>2</sup> ] |
|------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 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 <sup>2</sup> ] | $p_{st}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\Delta p$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $p_{lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|---------|-----------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 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                           |

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

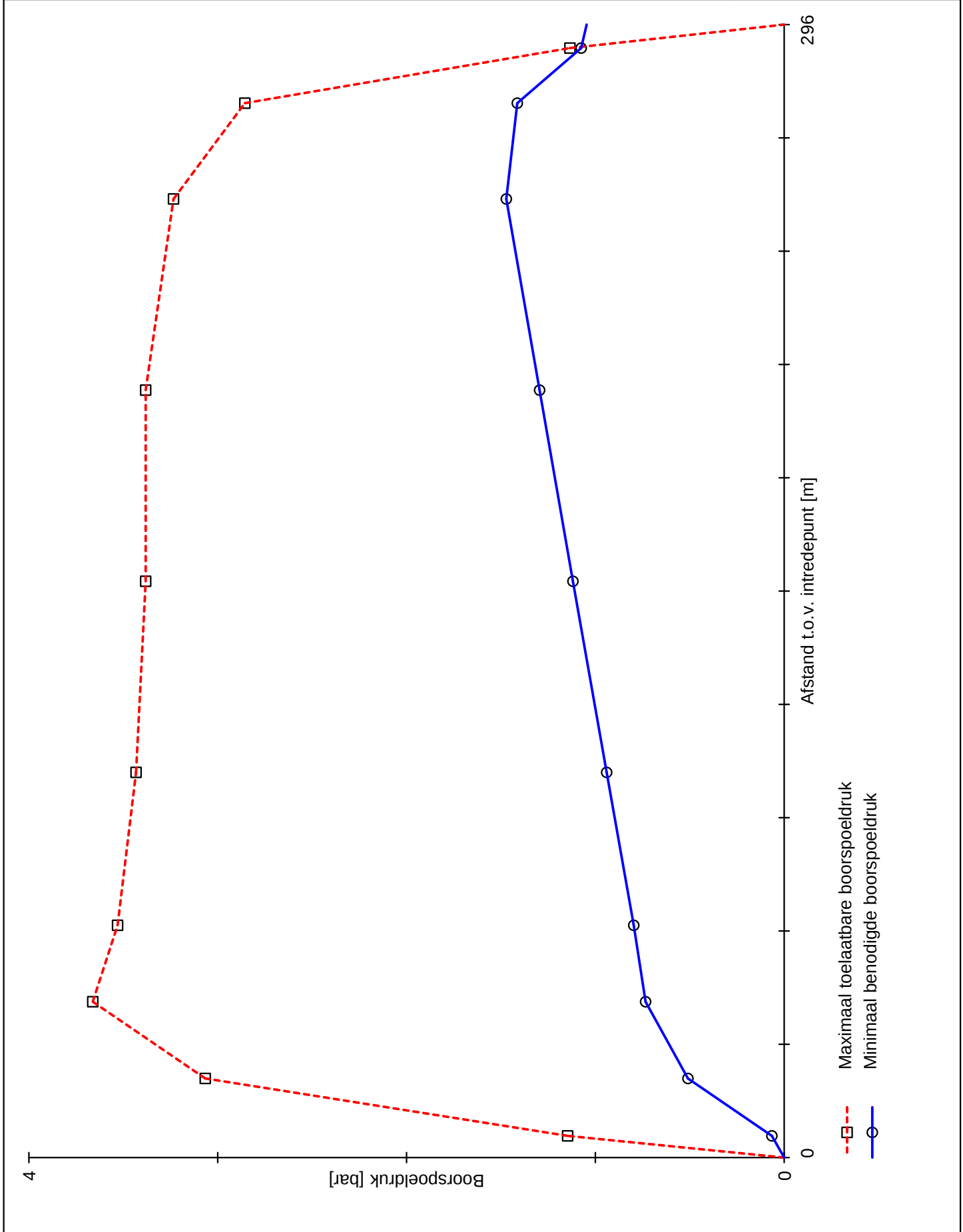
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

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

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

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



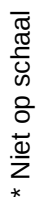
#### 9.4 STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN HPE 75

|                                                                                              |                  |                         |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|-----------|
| 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                                                                              | $\gamma_M$       | = 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                                                              | $\alpha_g$       | = 16,0·10 <sup>-5</sup> | mm/(mm·K) |
| Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal                                                               | $\alpha_\sigma$  | = 0,65                  | -         |
| Soortelijk gewicht buis                                                                      | $\rho_L$         | = 9,55                  | kN/m³     |
| Toelaatbare deflectie                                                                        | $\delta$         | = 8                     | %         |
| Leidinggegevens                                                                              |                  |                         |           |
| Uitwendige middellijn                                                                        | D <sub>e</sub>   | = 75,00                 | mm        |
| Wanddikte                                                                                    | d <sub>n</sub>   | = 6,8                   | mm        |
| Procesgegevens                                                                               |                  |                         |           |
| Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)                                                   |                  | = Vloeistof             |           |
| Ontwerpdruk                                                                                  | p <sub>d</sub>   | = 0,3                   | N/mm²     |
| Volumieke massa vloeistof                                                                    | $\rho$           | = 1100                  | kg/m³     |
| Temperatuurverschil                                                                          | $\Delta t$       | = 10                    | °         |
| Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren |                  |                         |           |
| Percentage omtrek in aanraking met bentoniet                                                 |                  | = 100                   | %         |
| Soortelijk gewicht boorvloeistof                                                             | $\rho_m$         | = 11,5                  | kN/m³     |
| Zwichtspanning boorvloeistof                                                                 | $\tau_y$         | = 15                    | Pa        |
| Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan                                               |                  |                         |           |
| Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang                                                 |                  |                         |           |
| Diameter ruimer ivm boorspoeldruk                                                            | D <sub>g</sub>   | = 250                   | mm        |
| Diameter boorstang                                                                           | D <sub>b</sub>   | = 80                    | mm        |
| Totale lengte                                                                                | L                | = 296,39                | m         |
| Lengte 1e rechte deel                                                                        | L <sub>1</sub>   | = 5,69                  | m         |
| Lengte neergaande bocht                                                                      | L <sub>2</sub>   | = 30,89                 | m         |
| Lengte 2e rechte deel                                                                        | L <sub>3</sub>   | = 222,75                | m         |
| Lengte opgaande bocht                                                                        | L <sub>4</sub>   | = 30,89                 | m         |
| Lengte 3e rechte deel                                                                        | L <sub>5</sub>   | = 6,17                  | m         |
| Straal maaiveld/rollenbaan                                                                   | R <sub>r</sub>   | = 100,00                | m         |
| Straal neergaande bocht                                                                      | R <sub>1</sub>   | = 100,00                | m         |
| Straal opgaande bocht                                                                        | R <sub>2</sub>   | = 100,00                | m         |
| Intrede-hoek (bij boorstelling)                                                              | $\alpha_1$       | = 17,70 / 31,91         | ° / %     |
| Uittrede-hoek (bij rollenbaan)                                                               | $\alpha_2$       | = 17,70 / 31,91         | ° / %     |
| Belastinghoek                                                                                | $\alpha$         | = 30                    | °         |
| Ondersteuningshoek                                                                           | $\beta$          | = 30                    | °         |
| Horizontale steundrukhoek                                                                    | $\gamma$         | = 120                   | °         |
| Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd                                                         | $\gamma$         | = 1,1                   |           |
| Totaalfactor bij boring met bundels                                                          | f                | = 1,8                   |           |
| Belastingfactor, bovengronds                                                                 | f <sub>k,b</sub> | = 1,1                   |           |
| Belastingfactor, ondergronds                                                                 | f <sub>k,o</sub> | = 1,4                   |           |
| Onzekerheidsfactor straal, ondergronds                                                       | f <sub>r,o</sub> | = 0,9                   |           |
| Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan                                                            | f <sub>1</sub>   | = 0,3                   |           |
| Wrijving tussen leiding/boorvloeistof                                                        | f <sub>2</sub>   | = 0,00005               | N/mm²     |
| Wrijving tussen leiding/boorgangwand                                                         | f <sub>3</sub>   | = 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 <sup>3</sup> ] | Volumiek gewicht natte grond [kN/m <sup>3</sup> ] | 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 <sup>3</sup> ] | Effectieve cohesie [kN/m <sup>2</sup> ] | E-modulus ondergrond [MN/m <sup>2</sup> ] | 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 <sup>4</sup>                  |
| Weerstandsmoment buis           | $W_b = I_b / r_e$                      | = 22.813,23  | mm <sup>3</sup>                  |
| Wandtraagheidsmoment            | $I_w = d_n^3 / 12$                     | = 26,20      | mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup> |
| Wandweerstandsmoment            | $W_w = d_n^2 / 6$                      | = 7,71       | mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup> |
| Oppervlakte leiding             | $A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$    | = 1.456,95   | mm <sup>2</sup>                  |
| Gewicht leiding                 | $g = \rho_L \cdot A$                   | = 0,0139     | N/mm <sup>1</sup>                |

## 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 | <b>2.227</b> |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 290,22 | <b>2.181</b> |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 259,33 | <b>1.948</b> |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 36,58  | <b>275</b>   |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                  | 5,69   | <b>43</b>    |

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

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

| Spanningen $\sigma_t$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_1$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Starten met trekken                                                     | 2.227     | <b>1,53</b>                     |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 2.181     | <b>1,50</b>                     |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 1.948     | <b>1,34</b>                     |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 275       | <b>0,19</b>                     |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 43        | <b>0,03</b>                     |

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

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 $\sigma_a$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Starten met trekken                                                     | 1,53                            | <b>1,79</b>                     |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 1,50                            | <b>1,76</b>                     |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 1,34                            | <b>1,60</b>                     |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 0,19                            | <b>0,45</b>                     |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 0,03                            | <b>0,29</b>                     |

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

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 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 6,17   | <b>213</b>    | -             |
| 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 37,06  | -             | <b>1.278</b>  |
| 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 259,81 | <b>8.960</b>  | -             |
| 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                 | 290,70 | -             | <b>10.025</b> |
| Geheel ingetrokken                                            | 296,39 | <b>10.222</b> | -             |

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                | -               | <b>3.274</b>    |
| Opgaande bocht                                         | 43        | 10.025       | 48                | 48              | <b>10.163</b>   |

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] | $\alpha$ [°] | $T_{bocht}$ [N] | $T_{3c}$ [N] |
|-----------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Neergaande bocht                                    | 8,85         | 3.274           | <b>363</b>   |
| Opgaande bocht                                      | 8,85         | 10.163          | <b>1.126</b> |

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

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

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

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

### 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 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 2.181     | 213                | -                 | -                 | -               | -               | <b>2.393</b>  |
| 2 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 1.948     | 1.278              | 48                | 363               | -               | -               | <b>3.637</b>  |
| 3 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 275       | 8.960              | 48                | 363               | -               | -               | <b>9.645</b>  |
| 4 <sup>e</sup> deel intrekken                        | 43        | 10.025             | 48                | 363               | 48              | 1.126           | <b>11.652</b> |
| Geheel intrekken                                     | 0         | 10.222             | 48                | 363               | 48              | 1.126           | <b>11.805</b> |

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

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 $\sigma_t$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_{tot}$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 2.393         | <b>1,64</b>                     |
| 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 3.637         | <b>2,50</b>                     |
| 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 9.645         | <b>6,62</b>                     |
| 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                           | 11.652        | <b>8,00</b>                     |
| Geheel intrekken                                                        | 11.805        | <b>8,10</b>                     |

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

### 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 $\sigma_a$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_{tot}$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Starten met trekken                                                     | 2.393         | 1,64                            | -                               | <b>1,64</b>                     |
| Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 3.637         | 2,50                            | 0,57                            | <b>2,87</b>                     |
| Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 9.645         | 6,62                            | -                               | <b>6,62</b>                     |
| Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 11.652        | 8,00                            | 0,57                            | <b>8,37</b>                     |
| Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken                                        | 11.805        | 8,10                            | -                               | <b>8,10</b>                     |

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

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

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

25-05-2020 16:18:33

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

### 6.1 Berekening van de spanningen $\sigma_p$ en $\sigma_{pl}$ 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 | $q_{\text{droog}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $q_{\text{nat}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $q_{\text{totaal}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ] |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| 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 <sup>2</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] |
|------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 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 <sup>1</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_{\text{boven}}$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $M_q$ [Nmm] | $\sigma_q$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------|---------------------------------|
| 1e rechte deel   | 2,43                       | 2,21                       | 4,64                                    | 40,65       | <b>4,66</b>                     |
| Neergaande bocht | 6,04                       | 0,72                       | 6,76                                    | 59,26       | <b>6,79</b>                     |
| 2e rechte deel   | 7,76                       | 0,53                       | 8,28                                    | 72,60       | <b>8,31</b>                     |
| 2e rechte deel   | 7,33                       | 0,56                       | 7,88                                    | 69,10       | <b>7,91</b>                     |
| 2e rechte deel   | 7,00                       | 0,58                       | 7,58                                    | 66,43       | <b>7,61</b>                     |
| 2e rechte deel   | 6,83                       | 0,59                       | 7,42                                    | 65,05       | <b>7,45</b>                     |
| 2e rechte deel   | 6,83                       | 0,59                       | 7,42                                    | 65,05       | <b>7,45</b>                     |
| 2e rechte deel   | 6,36                       | 0,62                       | 6,99                                    | 61,24       | <b>7,01</b>                     |
| Opgaande bocht   | 5,40                       | 0,78                       | 6,18                                    | 54,16       | <b>6,20</b>                     |
| 3e rechte deel   | 2,40                       | 2,21                       | 4,61                                    | 40,40       | <b>4,63</b>                     |

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

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

#### 6.6 Optredende spanning $\sigma_{qr}$ 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 $\sigma_{ax}$ 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/m<sup>2</sup>**

### 8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

Veiligheidsfactor  $\gamma$  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          | $\sigma_q$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{qr}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_\sigma$ [-] | $\sigma_{y2}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1e rechte deel   | 4,66                            | -                                  | 0,65                | <b>3,03</b>                        |
| Neergaande bocht | 6,79                            | 0,13                               | 0,65                | <b>4,49</b>                        |
| 2e rechte deel   | 8,31                            | -                                  | 0,65                | <b>5,40</b>                        |
| 2e rechte deel   | 7,91                            | -                                  | 0,65                | <b>5,14</b>                        |
| 2e rechte deel   | 7,61                            | -                                  | 0,65                | <b>4,94</b>                        |
| 2e rechte deel   | 7,45                            | -                                  | 0,65                | <b>4,84</b>                        |
| 2e rechte deel   | 7,45                            | -                                  | 0,65                | <b>4,84</b>                        |
| 2e rechte deel   | 7,01                            | -                                  | 0,65                | <b>4,56</b>                        |
| Opgaande bocht   | 6,20                            | 0,13                               | 0,65                | <b>4,12</b>                        |
| 3e rechte deel   | 4,63                            | -                                  | 0,65                | <b>3,01</b>                        |

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          | $\sigma_{pl}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{ax}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_{\sigma}$ [-] | $\sigma_x$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |
| Neergaande bocht | 0,61                               | 1,56                               | 0,57                            | 0,65                  | <b>2,54</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |
| 2e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |
| Opgaande bocht   | 0,61                               | 1,56                               | 0,57                            | 0,65                  | <b>2,54</b>                     |
| 3e rechte deel   | 0,61                               | 1,56                               | -                               | -                     | <b>2,17</b>                     |

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

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

Toelaatbare spanning:  $\sigma_{td} = \sigma_t = 8,00$  N/mm<sup>2</sup>

### 10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

| Locatie          | $Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_r$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\delta_y$ [mm] | $\delta_y/D_g$ [%] |
|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 1e rechte deel   | 2,43                       | 2,21                       | -                          | <b>1,01</b>     | 1,49               |
| Neergaande bocht | 6,04                       | 0,72                       | 0,0020                     | <b>1,48</b>     | 2,17               |
| 2e rechte deel   | 7,76                       | 0,53                       | -                          | <b>1,81</b>     | 2,66               |
| 2e rechte deel   | 7,33                       | 0,56                       | -                          | <b>1,72</b>     | 2,53               |
| 2e rechte deel   | 7,00                       | 0,58                       | -                          | <b>1,66</b>     | 2,43               |
| 2e rechte deel   | 6,83                       | 0,59                       | -                          | <b>1,62</b>     | 2,38               |
| 2e rechte deel   | 6,83                       | 0,59                       | -                          | <b>1,62</b>     | 2,38               |
| 2e rechte deel   | 6,36                       | 0,62                       | -                          | <b>1,53</b>     | 2,24               |
| Opgaande bocht   | 5,40                       | 0,78                       | 0,0020                     | <b>1,35</b>     | 1,98               |
| 3e rechte deel   | 2,40                       | 2,21                       | -                          | <b>1,01</b>     | 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<sub>g</sub> = 0,08 · 68,20 = **5,46** mm

# 11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

| Locatie          | H [m] | $\sigma_{vert}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_{hor}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_o'$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $p_f'$ [kN/m <sup>2</sup> ] | G [MN/m <sup>2</sup> ] |
|------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 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 <sup>2</sup> ] | $p_{st}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\Delta p$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $p_{lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------|---------|-----------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 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                           |

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

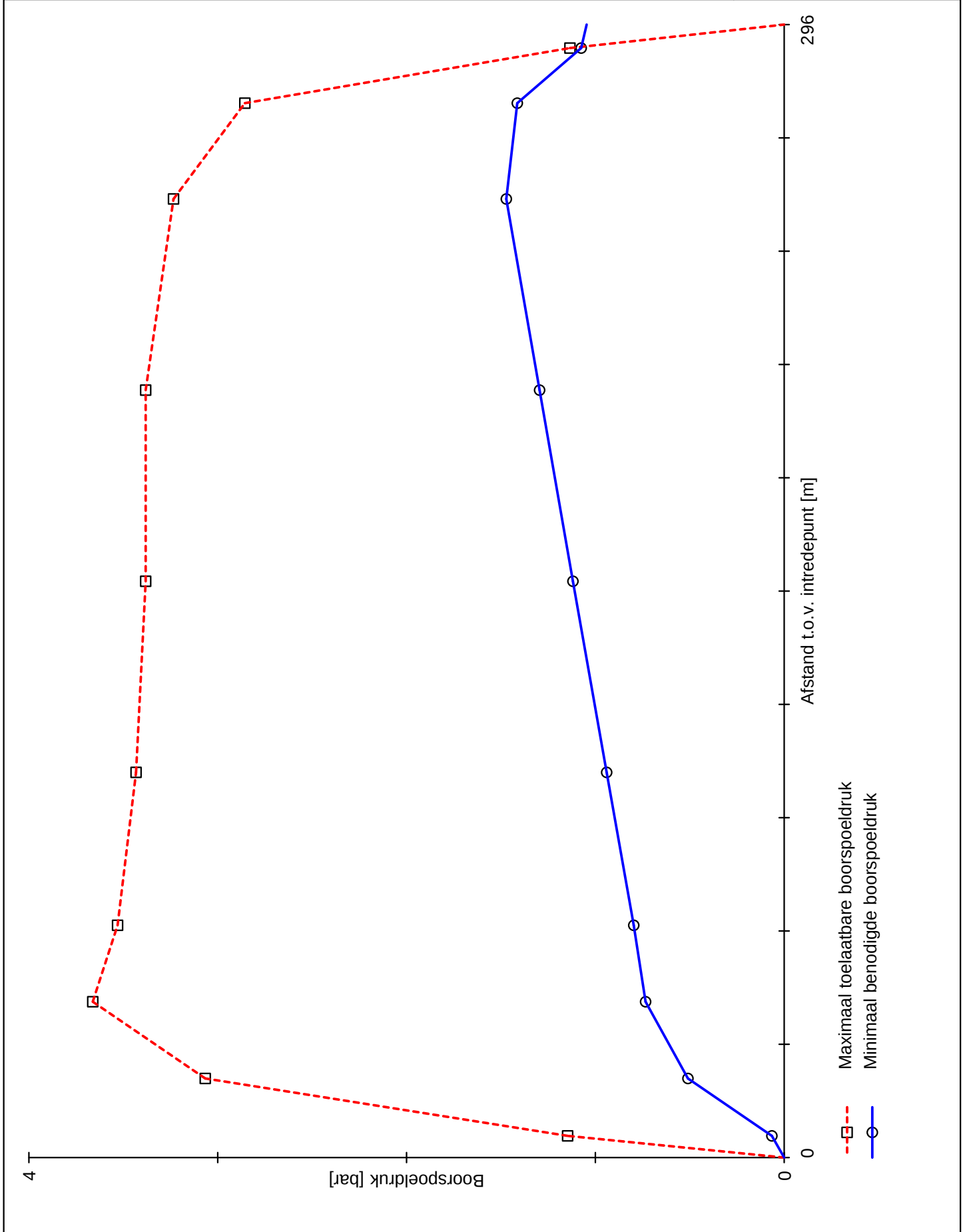
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

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

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

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



## 9.5 SPECIFICATIE BOORMACHINE



## SPECIFICATIONS, JT100 MACH 1

### DIMENSIONS

|                               | U.S.      | METRIC    |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| Overall machine length*       | 368 in    | 9.35 m    |
| Overall machine width*        | 101 in    | 2.57 m    |
| Overall machine height*       | 110 in    | 2.79 m    |
| Drilling unit operating mass* | 45,300 lb | 20 500 kg |
| Entry angle*: 10 to 15°       |           |           |
| Angle of approach: 13°        |           |           |
| Angle of departure: 17°       |           |           |

### POWER PIPE

|                                         | U.S.    | METRIC  |
|-----------------------------------------|---------|---------|
| Length of drill pipe, nominal*          | 177 in  | 4.5 m   |
| Diameter of drill pipe, tool joint end* | 4 in    | 102 mm  |
| Diameter of drill pipe*                 | 3.62 in | 92 mm   |
| Bend radius, minimum                    | 230 ft  | 70 m    |
| Weight of drill pipe*                   | 229 lb  | 104 kg  |
| Weight of drill pipe & box(12 pipe)     | 3760 lb | 1710 kg |

### OPERATION

|                                   | U.S.         | METRIC     |
|-----------------------------------|--------------|------------|
| Spindle speed, maximum*: 210 rpm  |              |            |
| Spindle torque, maximum*          | 12,000 ft-lb | 16 300 N·m |
| Carriage thrust travel speed*     | 150 fpm      | 46 m/min   |
| Carriage pullback travel speed*   | 150 fpm      | 46 m/min   |
| Thrust force*                     | 70,000 lb    | 311 kN     |
| Pullback force*                   | 100,000 lb   | 445 kN     |
| Bore diameter                     | 6 in         | 152 mm     |
| Backream diameter: Soil dependent |              |            |
| Ground travel speed, forward*     | 3.6 mph      | 5.8 km/h   |
| Ground travel speed, reverse*     | 3.6 mph      | 5.8 km/h   |

### POWER

|                                              | U.S.                | METRIC        |
|----------------------------------------------|---------------------|---------------|
| Engine: Deutz TCD2013L06-2V                  |                     |               |
| Fuel: Diesel                                 |                     |               |
| Cooling medium: Liquid                       |                     |               |
| Injection: Direct                            |                     |               |
| Aspiration: Turbocharged & charge air cooled |                     |               |
| Number of cylinders: 6                       |                     |               |
| Displacement                                 | 436 in <sup>3</sup> | 7.15 L        |
| Bore                                         | 4.25 in             | 108 mm        |
| Stroke                                       | 5.1 in              | 130 mm        |
| Manufacturer's gross power rating**          | 268 hp              | 200 kW        |
| Rated speed: 2300 rpm                        |                     |               |
| Emissions compliance                         | EPA Tier 3          | EU Stage IIIa |

### DRILLING FLUID SYSTEM (ONBOARD)

|                                   | U.S.     | METRIC    |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Drilling fluid pressure, maximum* | 1000 psi | 69 bar    |
| Drilling fluid flow, maximum*     | 230 gpm  | 870 L/min |

### FLUID CAPACITIES

|                     | U.S.   | METRIC |
|---------------------|--------|--------|
| Hydraulic reservoir | 47 gal | 180 L  |
| Fuel tank           | 97 gal | 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<sup>®</sup>

## Directional Drilling Locating System



### Introducing DigiTrak Falcon F5<sup>®</sup>

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<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> features
- Shown with DigiTrak Aurora<sup>™</sup> 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 channels<sup>1</sup> ..... 4  
Telemetry range<sup>2</sup> ..... 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<sup>2</sup> ..... 1800 ft.  
Telemetry channels ..... 4  
Operating temperature ..... -4 to 140° F  
Dimensions<sup>4</sup> ..... 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<sup>3</sup> ..... 125 ft.  
Depth range<sup>3</sup> ..... 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.

<sup>1</sup> Local telemetry frequencies and power levels available at [www.DigiTrak.com](http://www.DigiTrak.com).

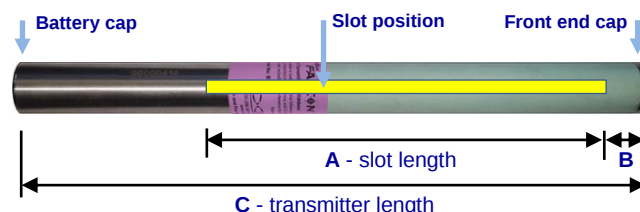
<sup>2</sup> Telemetry range can be increased with an optional external receiving antenna.

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

<sup>4</sup> 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<br>Minimum | B<br>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**

dcj@digital-control.com ■ [www.DigiTrak.com](http://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 <sup>3</sup> | 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/m<sup>3</sup> 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<br>Added to Water Based Fluids |                |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|
| lbs/bbl                                                                           | lbs/100gallons | kg/m <sup>3</sup> |
| 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

|                          |                          |                |
|--------------------------|--------------------------|----------------|
| <b>Customer Service</b>  | (800) 735-6075 Toll Free | (281) 871-4612 |
| <b>Technical Service</b> | (877) 379-7412 Toll Free | (281) 871-4613 |