

**Aan:** Dhr. W. van Kruisbergen (SGS Roos+Bijl)  
**CC:**  
**Van:** L. Nijsten (SGS Roos+Bijl)  
**E-mail:** luc.nijsten@sgs.com  
**Telefoon:** +31(0) 6 47 80 48 66  
  
**Datum:** 26 oktober 2020  
**Kenmerk:** ME-TE16353-9509  
  
**Onderwerp:** Sterkteberekening persriool Veerweg/kasteelruïne Blitterswijck v1

**Bijlage 1:** Resultaten sterkteberekening persriool, leiding op druk  
**Bijlage 2:** Resultaten sterkteberekening persriool, leiding drukloos  
**Bijlage 3:** Zettingsberekening Fugro

## Algemeen

Aannemerscombinatie Mooder Maas is voornemens om een persriool aan te leggen aan de Veerweg te Blitterswijck in vak 6 van de dijkkring Blitterswijck tussen DWP63 en DWP64. Deze leiding wordt aangelegd in een nieuw aan te leggen dijk waarbij zettingen en klink zullen optreden.

De gevolgen van deze zettingen en klink voor de sterkte en stijfheid van de leiding is beoordeeld conform de NEN3650:2020 en NEN3651:2020. In deze memo worden de resultaten van deze sterkteberekeningen behandeld.

## Leidinggegevens

De gegevens van het nieuwe leidingdeel staan genoemd in onderstaande Tabel 1, de afmetingen zijn overgenomen uit de zettingsberekening van Fugro welke is opgenomen als Bijlage 3.

Leiding [-]	SDR klasse [-]	Uitw. diameter [mm]	Materiaal [-]	Ontwerpdruk [bar]
Persriool	11	75	PE100	6

**Tabel 1: Leidinggegevens**

## Materiaalparameters

In de sterkteberekeningen van het nieuwe leidingdeel zijn de materiaalparameters gebruikt zoals gegeven in Tabel 2. Deze zijn overgenomen uit Tabel 5 van de NEN3650-3:2020.

Materiaal [-]	E [MPa]	E' [MPa]	MRS [MPa]	$\alpha_g \times 10^{-5}$ [mm/mm.K <sup>-1</sup> ]	$\gamma_m$ [-]	$\alpha_\sigma$ [-]
PE100	975	350	10,0	16	1,25	0,65

**Tabel 2: Materiaalparameters**

**Aannames voor de sterkteberekeningen**

Er is een aantal aannames gedaan voor het opstellen van het rekenmodel, deze worden hieronder opgenoemd.

*Verkeersbelasting*

Er is uitgegaan van verkeersbelasting conform Grafiek II in figuur C.17 van de NEN3650-1 om rekening te houden met verkeersbelasting over de dijk.

*Bodemopbouw*

Voor de bodemopbouw is gebruik gemaakt van de bijlagen van de zettingsberekening van Fugro. Op basis van het daarbij gebruikte grondonderzoek kan worden afgeleid dat de leiding wordt gelegd in zand, matig siltig.

*Gronddekking*

Er is een gronddekking op de leiding aangenomen van 80 cm in navolging van de zettingsberekening van Fugro.

*Grondwaterstand*

De freatische grondwaterstand is aangenomen 1 m -mv; dit betekent dat de leiding boven de freatische grondwaterstand worden aangelegd.

*Temperatuur*

Er is een temperatuurverschil van 10 °C aangehouden.

*Importantiefactor S*

Er is een importantiefactor van 0,75 aangehouden om rekening te houden met de ligging in een waterstaatswerk.

*Zetting en klink*

Er is een gecombineerde zetting met klink van 0,1 m gemodelleerd uit de berekening van Fugro; dit is de hoogst berekende waarde en daarmee een ongunstige aanname. Voor de zettingslengte is in overleg met Fugro de kortste talud van 9 m aangehouden uit de figuur op bladzijde 4 van de zettingsberekening.

*Uitvoeringszakingsverschillen*

In de berekeningen is een uitvoeringszakingsverschil gemodelleerd van 5 mm (normaal zand) aangenomen, geldend voor een droge sleuf en goed verdichte aanvulgrond conform Tabel C.4 van de NEN3650-1:2020.

**Beschouwde belastingcombinaties**

De volgende twee belastingcombinaties zijn beschouwd conform paragraaf 8.5.4.2 van de NEN3650-3:2020:

Combinatie 1: Situatie binnen 2 jaar na aanleg

Combinatie 2: Situatie na 2 jaar na aanleg

### Programmatuur

De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2018 versie 1.5 van Bureau Schrijvers. Dit is een programma waarmee vereenvoudigde sterkteberekeningen gemaakt kunnen worden.

### Toetswaarden

De toetswaarde voor de materiaalspanningen voor Combinatie 1 en 2 is de MRS-waarde van HDPE gedeeld door de materiaalfactor en vermenigvuldigd met de importantiefactor:  $(10/1,25) \times 0,85 = 6,8 \text{ N/mm}^2$ .

De toetswaarde voor de deflectie voor Combinatie 1 en 2 is de maximale deflectie geldend voor HDPE-leidingen vermenigvuldigd met de importantiefactor:  $8 \% \times 0,85 = 6 \%$ .

### Berekeningsresultaten

De berekeningsresultaten voor de materiaalspanningen staan weergegeven in Tabel 3 en Tabel 4, voor de volledige berekening wordt verwezen naar Bijlage 1 en 2.

Belastingcombinatie [-]	Omtrekspanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Axiale spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Toetsspanning [N/mm <sup>2</sup> ]
Belastingcombinatie 1	3,18	2,81	6,8
Belastingcombinatie 2	3,19	3,83	6,8

**Tabel 3: Materiaalspanningen, leiding op druk**

Belastingcombinatie [-]	Omtrekspanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Axiale spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Toetsspanning [N/mm <sup>2</sup> ]
Belastingcombinatie 1	1,72	0,03	6,8
Belastingcombinatie 2	1,96	1,05	6,8

**Tabel 4: Materiaalspanningen, leiding drukloos**

In de situatie na twee jaar na aanleg voldoet de leiding aan de eis voor leidingsterkte.

De berekeningsresultaten voor de deflectie zijn samengevat in Tabel 5, voor de gehele berekening wordt verwezen naar Bijlage 1 en 2.

Belastingcombinatie [-]	Deflectie [%]	Toelaatbare deflectie [%]
Op druk	2,63	6,8
Drukloos	2,63	6,8

**Tabel 5: Deflectie**

De leiding voldoet aan de eis voor leidingstijfheid.

### Conclusies

In Blitterswijck gaat een persriool aangelegd worden; deze komt te liggen in de nieuwe waterkering aan de Veerweg ter hoogte van de kasteelruïne. Uit de gemaakte berekeningen blijkt dat deze nieuwe leiding voldoet aan de in de NEN3650:2020 en NEN3651:2020 gestelde eisen voor sterkte en stijfheid.

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project : TE16353 Mooder Maas - persriool Veerweg/kasteelruine Blitterswijk Projectonderdeel : Sterkteberekening; leiding op druk Importantiefactor S : 0,75			
<b>Materiaalgegevens</b>			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_M$	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g$	= 16,0·10 <sup>-5</sup>	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma$	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	$\delta$	= 8	%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	D <sub>e</sub>	= 75,00	mm
Wanddikte	d <sub>n</sub>	= 6,81	mm
Geen bocht aanwezig			
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p <sub>d</sub>	= 0,6	N/mm <sup>2</sup>
Volumieke massa vloeistof	$\rho$	= 1000	kg/m <sup>3</sup>
Temperatuurverschil	$\Delta_t$	= 10	°
<b>Aanleggegevens</b>			
Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk			
Aangepaste zettingslengte	L	= 9.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 0,8	m
Belastinghoek	$\alpha$	= 180	°
Ondersteuningshoek	$\beta$	= 70	°
Uitvoeringszakkingverschil	f <sub>v</sub>	= 5	mm
Zettingsverschil	f <sub>z</sub>	= 100	mm
Klinkpercentage	$\mu$	= 0,02	%
Marstonfactor	f <sub>m</sub>	= 0,3	-
<b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld		= 3	m
		26-10-2020 16:42:25	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012			Sigma 2018 1.5 ©	
Grondmechanische gegevens				
Grondsoort		= Zand		
Volumiek gewicht droge grond	$\gamma_d$	= 19	kN/m <sup>3</sup>	
Inwendige wrijvingshoek grond	$\phi$	= 32,5	°	
Effectieve cohesie	$c'$	= 0	kN/m <sup>2</sup>	
Ongedraineerde schuifsterkte	$c_u$	= 0	kN/m <sup>2</sup>	
E-modulus sleufmateriaal	$E_1$	= 7,0	MN/m <sup>2</sup>	
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,04	N/mm <sup>3</sup>	
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,045	N/mm <sup>3</sup>	
Niet rekenen met horizontale steundruk				
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma$	= 1,1		
Verkeersbelasting				
Grafiek II:		Fatigue Load Model 2, Lorry 4		
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek				
			26-10-2020 16:42:25	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012			Sigma 2018 1.5 ©
<b>1. Eigenschappen van de leiding</b>			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 61,38	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 68,19	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	$r_i = D_i / 2$	= 30,69	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 34,10	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 856.404,81	mm <sup>4</sup>
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 22.837,46	mm <sup>3</sup>
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 26,32	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 7,73	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>
<b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>			
<p>Voor vloeistofleidingen geldt: <math>H^3 \cdot D_i^5</math> moet kleiner dan 40 m<sup>8</sup> zijn.</p> <p>H is de druk in meters vloeistofkolom.</p> <p>Rekening houdende met <math>g = 9,81 \text{ m/s}^2</math> volgt:</p> $H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$ $H = \frac{600.000}{1.000 \cdot 9,81} = 61,16 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 61,16^3 \cdot 0,06^5 = 0,20 \text{ m}^8$			
<b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{H^3 \cdot D_i^5}$ $R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{61,16^3 \cdot 0,06^5} = 6,54 \text{ m}$ Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 3,00 + 6,54 = 18,54 \text{ m}$			
<b>4. Berekening van de spanningen <math>s_p</math> en <math>s_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>			
$D_g/d_n = 68,19/6,81 = 10,01 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow$ Dikwandige leiding $\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$ $\sigma_p = \frac{37,50^2 + 30,69^2}{37,50^2 - 30,69^2} \cdot 0,6 = 3,03 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{y1} = \sigma_p = 3,03 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 3,03 = 1,21 \text{ N/mm}^2$ Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2$			
<b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>			
$f_{rr} = 1 / ( 1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} )$ $f_{rr} = 1 / ( 1 + \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 34,095^3 \cdot 0,102}{975 \cdot 26,32} ) = 0,84$			
<b>6. Berekening van de neutrale grondbelasting <math>Q_n</math></b>			
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$ $q_n = 1,1 \cdot 19 \cdot 0,8 = 16,72 \text{ kN/m}^2$ $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 16,72 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 1,25 \text{ N/mm}^1$			
			26-10-2020 16:42:25

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.5 ©
<b>7. Berekening van de passieve grondbelasting <math>Q_p</math></b>	
$q_p = q_n \cdot \left( 1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$ $q_p = 16,72 \cdot \left( 1 + 0,3 \cdot \frac{0,8}{0,075} \right) = 70,22 \text{ kN/m}^2$ $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 70,22 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 5,27 \text{ N/mm}^1$	
<b>8. Berekening van de reële grondbelasting <math>Q_k</math></b>	
$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$ $z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,075}{7,0^{0,5} \cdot \sqrt{0,8/0,075}} = 0,0017 \text{ m}$ $q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$ $q_k = 16,72 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,075}{0,0017} \cdot (70,22 - 16,72)}{1 + \frac{70,22 - 16,72}{0,0017 \cdot 0,0400 \cdot 10^6}} = 42,83 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = q_k \cdot D_o$ $Q_k = 42,83 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 3,21 \text{ N/mm}^1$	
<b>9. Berekening van de verkeersbelasting <math>Q_v</math> volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17</b>	
<p>Niet rekenen met ontlastende invloed</p> $q_v = 54,92 \text{ kN/m}^2$ $Q_v = q_v \cdot D_o$ $Q_v = 54,92 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 4,12 \text{ N/mm}^1$	
<b>10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding <math>\lambda</math></b>	
$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$ $\lambda = \sqrt[4]{\frac{75 \cdot 0,045}{4 \cdot 975 \cdot 856.404,81}} = 0,0056 \text{ mm}^{-1}$	
<b>11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>	
<p>Aangepaste zettingslengte <math>L = 9.000 \text{ mm}</math></p> $\lambda \cdot L = 0,0056 \cdot 9.000 = 50,74$ <p><math>i = 0,960</math> (= 96,0 % inklemming)</p> <p><math>B_z = 0,0000125</math> (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)</p> $Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,\text{gem}}$ $Q_z = 0,0000125 \cdot 5 \cdot 75 \cdot 0,045 = 0,00021 \text{ N/mm}^1$ $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left( i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$ $Q_d = 0,00021 \cdot 0,0056 \cdot 9.000 \cdot \left( 0,960 + \frac{0,960 \cdot 0,0056 \cdot 9.000}{6} \right) = 0,10 \text{ N/mm}^1$	
	26-10-2020 16:42:25

**12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)**

$$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$$

$$Q_z = 0,0000125 \cdot (5 + 1,5 \cdot 100) \cdot 75 \cdot 0,045 = 0,0065 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$$

$$Q_d = 0,0065 \cdot 0,0056 \cdot 9.000 \cdot \left(0,960 + \frac{0,960 \cdot 0,0056 \cdot 9.000}{6}\right) = 3,01 \text{ N/mm}^1$$

**13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen**

*Berekening evenwichtsdraagvermogen*

$$N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$$

$$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$$

$$B = D_o = 0,08 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 0,80 + 0,08 / 2 = 0,84 \text{ m}$$

$$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,40$$

$$\gamma'_{\text{gem}} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 20,90 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem}} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$$

$$P_{we} = 593,88 \text{ kN/m}^2 = 0,59 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 0,59 \cdot 75,00 = 44,54 \text{ N/mm}^1$$

*Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen*

<i>Situatie 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar</i>	<i>Conclusie:</i>	<i>Situatie na 2 jaar</i>	<i>Conclusie:</i>
$Q_k = 3,21 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig	$Q_n = 1,25 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig
$Q_v = 4,12 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 4,12 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 0,10 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 3,01 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 7,43 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 8,38 \text{ N/mm}^1$	

**14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)**

*Moment t.g.v.  $Q_k$  en  $Q_v$*

$$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,178 \cdot (3,21 + 4,12) \cdot 34,10$$

$$M_q = 44,49 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Moment t.g.v.  $Q_d$*

$$M_{qd} = K_{b, \text{ind}} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,10 \cdot 34,10$$

$$M_{qd} = 0,40 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Spanning t.g.v.  $M_q$  en  $M_{qd}$*

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 0,84 \cdot (44,49 + 0,40) / 7,73 = 4,89 \text{ N/mm}^2$$



Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©
<b>15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)</b>		
Moment t.g.v. $Q_n$ en $Q_v$		Moment t.g.v. $Q_d$
$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$		$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_q = 0,178 \cdot (1,25 + 4,12) \cdot 34,10$		$M_{qd} = 0,122 \cdot 3,01 \cdot 34,10$
$M_q = 32,61 \text{ Nmm/mm}^1$		$M_{qd} = 12,50 \text{ Nmm/mm}^1$
Spanning t.g.v. $M_q$ en $M_{qd}$		
$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$		
$\sigma_q = 0,84 \cdot (32,61 + 12,50) / 7,73 = 4,91 \text{ N/mm}^2$		
<b>16. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>		
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$		
$\sigma_{bx} = 0,00411 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{6,81}} = 0,05 \text{ N/mm}^2$		
<b>17. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>		
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$		
$\sigma_{bx} = 0,00411 \cdot (5 + 1,5 \cdot 100) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{6,81}} = 1,62 \text{ N/mm}^2$		
<b>18. Berekening van de spanning <math>\sigma_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>		
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$		
$\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,00016 \cdot 975 = 1,56 \text{ N/mm}^2$		
<b>19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht</b>		
Aangezien er geen bocht wordt toegepast volgt:		
$i_x = 1, i_y = 0, i_{xp} = 1, i_{yp} = 0$		
<b>20. Toetsing op minimale ringstijfheid <math>S_N</math></b>		
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$		
$S_N = 975 \cdot \frac{26,32}{68,19^3} = 0,0809 \text{ N/mm}^2 = 80,93 \text{ kN/m}^2$		
Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m <sup>2</sup>		
<b>21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk</b>		
Veiligheidsfactor $\gamma$ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$		
Veiligheidsfactor $\gamma$ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$		
$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$		
$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 26,32}{68,19^3} = 1,54 \text{ N/mm}^2$		
$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 26,32}{68,19^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$		
Conclusie: Kans op implosie bij 27,67 m grondwater boven de leiding		
		26-10-2020 16:42:25

**22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie**

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (1,25 + 4,12) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (1,25 + 4,12) + 0,048 \cdot 3,01) \cdot 34,10^3}{350 \cdot 26,32} = 1,79 \text{ mm } (= 2,63\%)$$

$$\text{Toelaatbare deflectie} = 8\% \cdot \text{importantiefactor } S \cdot D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 68,19 = 4,09 \text{ mm}$$

**23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)**

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$$

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 4,89 = 3,18 \text{ N/mm}^2$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,21 + 0,65 \cdot 0,05 + 1,56 = 2,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2$$

**24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)**

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$$

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 4,91 = 3,19 \text{ N/mm}^2$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,21 + 0,65 \cdot 1,62 + 1,56 = 3,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project : TE16353 Mooder Maas - persriool Veerweg/kasteelruine Blitterswijk Projectonderdeel : Sterkteberekening; leiding drukloos Importantiefactor S : 0,75			
<b>Materiaalgegevens</b>			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_M$	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g$	= 16,0·10 <sup>-5</sup>	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma$	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	$\delta$	= 8	%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	D <sub>e</sub>	= 75,00	mm
Wanddikte	d <sub>n</sub>	= 6,81	mm
Geen bocht aanwezig			
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
<b>Aanleggegevens</b>			
Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk			
Aangepaste zettingslengte	L	= 9.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 0,8	m
Belastinghoek	$\alpha$	= 180	°
Ondersteuningshoek	$\beta$	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma$	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f <sub>v</sub>	= 5	mm
Zettingsverschil	f <sub>z</sub>	= 100	mm
Klinkpercentage	$\mu$	= 0,02	%
Marstonfactor	f <sub>m</sub>	= 0,3	-
<b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld		= 3	m

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012			Sigma 2018 1.5 ©	
Grondmechanische gegevens				
Grondsoort		= Zand		
Volumiek gewicht droge grond	$\gamma_d$	= 19	kN/m <sup>3</sup>	
Inwendige wrijvingshoek grond	$\phi$	= 32,5	°	
Effectieve cohesie	$c'$	= 0	kN/m <sup>2</sup>	
Ongedraineerde schuifsterkte	$c_u$	= 0	kN/m <sup>2</sup>	
E-modulus sleufmateriaal	$E_1$	= 7,0	MN/m <sup>2</sup>	
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,04	N/mm <sup>3</sup>	
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,045	N/mm <sup>3</sup>	
Rekenen met horizontale steundruk				
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma$	= 1,1		
Verkeersbelasting				
Grafiek II:		Fatigue Load Model 2, Lorry 4		
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek				
			26-10-2020 16:53:14	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012				Sigma 2018 1.5 ©
<b>1. Eigenschappen van de leiding</b>				
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 61,38	mm	
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 68,19	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	$r_i = D_i / 2$	= 30,69	mm	
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 34,10	mm	
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 856.404,81	mm <sup>4</sup>	
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 22.837,46	mm <sup>3</sup>	
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 26,32	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 7,73	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>	
<b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>				
Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.				
<b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>				
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 3,00 = 12,00$ m				
<b>4. Berekening van de spanningen <math>s_p</math> en <math>s_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>				
Leiding is drukloos: $\sigma_p = 0,00$ N/mm <sup>2</sup>				
<b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>				
Leiding is drukloos: $f_{rr} = 1,00$				
<b>6. Berekening van de neutrale grondbelasting <math>Q_n</math></b>				
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$ $q_n = 1,1 \cdot 19 \cdot 0,8 = 16,72$ kN/m <sup>2</sup> $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 16,72 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 1,25$ N/mm <sup>1</sup>				
<b>7. Berekening van de passieve grondbelasting <math>Q_p</math></b>				
$q_p = q_n \cdot (1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o})$ $q_p = 16,72 \cdot (1 + 0,3 \cdot \frac{0,8}{0,075}) = 70,22$ kN/m <sup>2</sup> $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 70,22 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 5,27$ N/mm <sup>1</sup>				
				26-10-2020 16:53:14

**8. Berekening van de reële grondbelasting  $Q_k$** 

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,075}{7,0^{0,5} \cdot \sqrt{0,8/0,075}} = 0,0017 \text{ m}$$

$$q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$$

$$q_k = 16,72 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,075}{0,0017} \cdot (70,22 - 16,72)}{1 + \frac{70,22 - 16,72}{0,0017 \cdot 0,0400 \cdot 10^6}} = 42,83 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 42,83 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 3,21 \text{ N/mm}^1$$

**9. Berekening van de verkeersbelasting  $Q_v$  volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17**

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 54,92 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 54,92 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 4,12 \text{ N/mm}^1$$

**10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding  $\lambda$** 

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{75 \cdot 0,045}{4 \cdot 975 \cdot 856.404,81}} = 0,0056 \text{ mm}^{-1}$$

**11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)**

Aangepaste zettingslengte  $L = 9.000 \text{ mm}$

$$\lambda \cdot L = 0,0056 \cdot 9.000 = 50,74$$

$i = 0,960$  (= 96,0 % inklemming)

$B_z = 0,0000125$  (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

$$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,\text{gem}}$$

$$Q_z = 0,0000125 \cdot 5 \cdot 75 \cdot 0,045 = 0,00021 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$$

$$Q_d = 0,00021 \cdot 0,0056 \cdot 9.000 \cdot \left(0,960 + \frac{0,960 \cdot 0,0056 \cdot 9.000}{6}\right) = 0,10 \text{ N/mm}^1$$

**12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)**

$$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,\text{gem}}$$

$$Q_z = 0,0000125 \cdot (5 + 1,5 \cdot 100) \cdot 75 \cdot 0,045 = 0,0065 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$$

$$Q_d = 0,0065 \cdot 0,0056 \cdot 9.000 \cdot \left(0,960 + \frac{0,960 \cdot 0,0056 \cdot 9.000}{6}\right) = 3,01 \text{ N/mm}^1$$

**13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen***Berekening evenwichtsdraagvermogen*

$$N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$$

$$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$$

$$B = D_o = 0,08 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 0,80 + 0,08 / 2 = 0,84 \text{ m}$$

$$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,40$$

$$\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 20,90 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$$

$$P_{we} = 593,88 \text{ kN/m}^2 = 0,59 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 0,59 \cdot 75,00 = 44,54 \text{ N/mm}^1$$

*Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen*

<i>Situatie 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar</i>	<i>Conclusie:</i>	<i>Situatie na 2 jaar</i>	<i>Conclusie:</i>
$Q_k = 3,21 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing	$Q_n = 1,25 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing
$Q_v = 4,12 \text{ N/mm}^1$	van $Q_d$ nodig	$Q_v = 4,12 \text{ N/mm}^1$	van $Q_d$ nodig
$Q_d = 0,10 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 3,01 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 7,43 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 8,38 \text{ N/mm}^1$	

**14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)***Moment t.g.v.  $Q_k$  en  $Q_v$* 

$$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,138 \cdot (3,21 + 4,12) \cdot 34,10 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (3,21 + 4,12) \cdot 34,10$$

$$M_q = 20,17 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Moment t.g.v.  $Q_d$* 

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,083 \cdot 0,10 \cdot 34,10$$

$$M_{qd} = 0,27 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Spanning t.g.v.  $M_q$  en  $M_{qd}$* 

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (20,17 + 0,27) / 7,73 = 2,65 \text{ N/mm}^2$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.5 ©
<b>15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)</b>	
<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_n</math> en <math>Q_v</math></i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,138 \cdot (1,25 + 4,12) \cdot 34,10 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (1,25 + 4,12) \cdot 34,10$ $M_q = 14,78 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,083 \cdot 3,01 \cdot 34,10$ $M_{qd} = 8,51 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. <math>M_q</math> en <math>M_{qd}</math></i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot (14,78 + 8,51) / 7,73 = \mathbf{3,01 \text{ N/mm}^2}$	
<b>16. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00411 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{6,81}} = \mathbf{0,05 \text{ N/mm}^2}$	
<b>17. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00411 \cdot (5 + 1,5 \cdot 100) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{6,81}} = \mathbf{1,62 \text{ N/mm}^2}$	
<b>18. Berekening van de spanning <math>\sigma_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>	
<p>Leiding is drukloos</p> $\sigma_{ax} = \mathbf{0 \text{ N/mm}^2}$	
<b>19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht</b>	
<p>Aangezien er geen bocht wordt toegepast volgt:</p> $i_x = 1, i_y = 0, i_{xp} = 1, i_{yp} = 0$	
<b>20. Toetsing op minimale ringstijfheid <math>S_N</math></b>	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 975 \cdot \frac{26,32}{68,19^3} = 0,0809 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{80,93 \text{ kN/m}^2}$ <p>Minimaal vereiste ringstijfheid = <b>2 kN/m<sup>2</sup></b></p>	
	26-10-2020 16:53:15



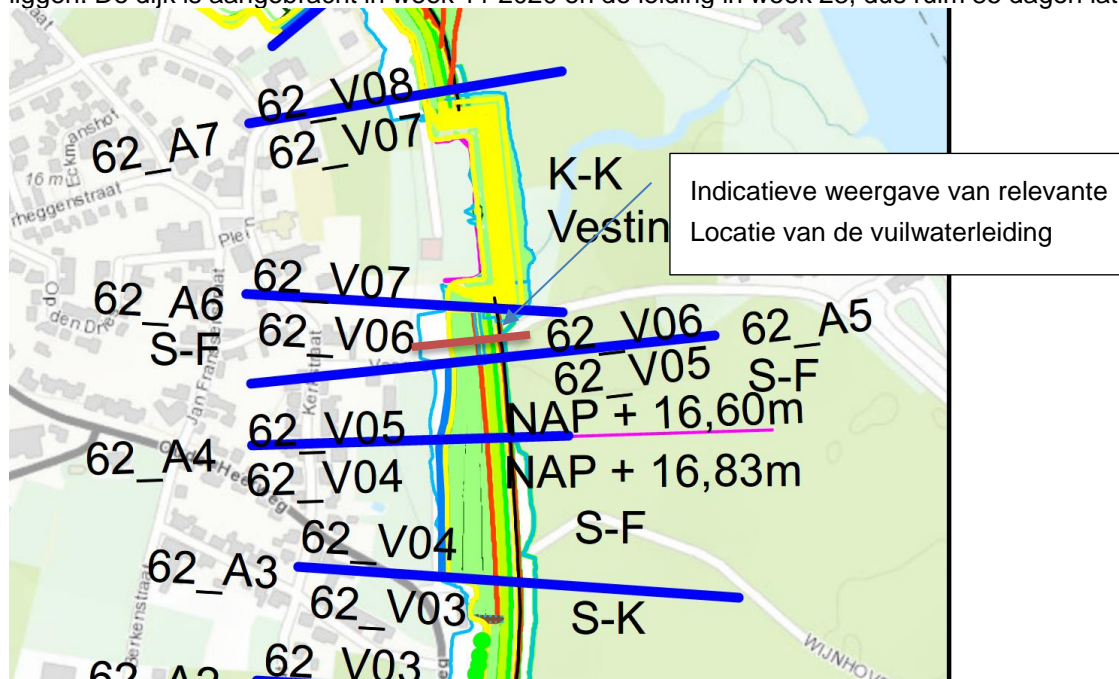
Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.5 ©
<b>21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk</b>	
Veiligheidsfactor $\gamma$ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$ Veiligheidsfactor $\gamma$ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$ $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 26,32}{68,19^3} = 1,54 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 26,32}{68,19^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$ Conclusie: Kans op implosie bij <b>27,67</b> m grondwater boven de leiding	
<b>22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie</b>	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (1,25 + 4,12) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (1,25 + 4,12) + 0,048 \cdot 3,01) \cdot 34,10^3}{350 \cdot 26,32} = \mathbf{1,79 \text{ mm}} (= 2,63\%)$ Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · $D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 68,19 = \mathbf{4,09 \text{ mm}}$	
<b>23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>	
Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 2,65 = \mathbf{1,72 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 0,05 = \mathbf{0,03 \text{ N/mm}^2}$ Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$	
<b>24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)</b>	
Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 3,01 = \mathbf{1,96 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 1,62 = \mathbf{1,05 \text{ N/mm}^2}$ Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$	
	26-10-2020 16:53:15

### **Uitgangspunten/ omschrijving:**

Binnen gebiedsontwikkeling worden verschillende wegen opgehoogd, hieronder valt de weg veerweg te Blitterwijck. De Veerweg verloopt in het ontwerp als dijk kruising over de nieuwe waterkering heen. Langs de nieuwe Veerweg loopt een nieuwe vuilwaterleiding.

De ophoging langs de Veerweg kan effect hebben op de leiding. Er is één 2D berekening uitgevoerd om de maximaal te verwachte zettingen op diepte van de leiding te bepalen als gevolg van de ophoging. Alleen de zetting van de leiding wordt beoordeeld. De aanvullende spanningen in de leiding a.g.v. de aan te brengen ophoging worden niet beoordeeld. Doel van deze memo is dat de impact van de zettingen op de leiding kan worden beoordeeld.

De waterleiding bevindt zich in vak 6, dijkkring blitterswijck tussen DWP63 en DWP64 in model/tekening 02-WA-1.2.1.02-PD-WK-BLITTERSWIJK-UO versie, 18-05-2018, zie onderstaande figuur. De leiding betreft een PE 75 mm sdr 11 leiding. Bij de gronddekking gaat uitvoerder uit van een theoretische dekking van 800 mm. De nieuwe leiding volgt het nieuwe maaiveld, en komt ter plaatse van de waterkering dus boven oorspronkelijk maaiveld te liggen. De dijk is aangebracht in week 11 2020 en de leiding in week 23, dus ruim 85 dagen later, ca 3 maanden.







### **Bodemopbouw/ schematisatie berekening:**

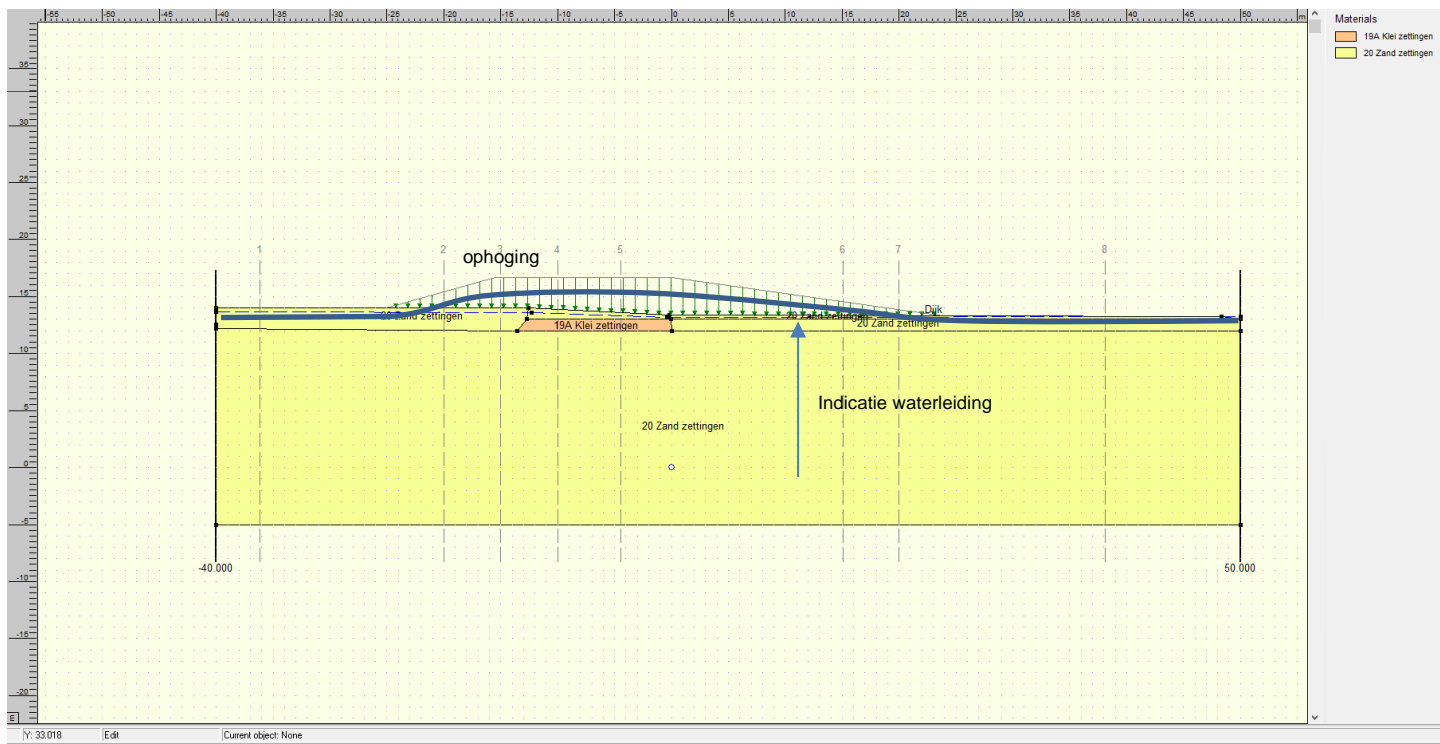
Er is grondonderzoek beschikbaar nabij de leiding in de vorm van 7 (hand)boringen met een diepte tussen 3 en 5 m onder maaiveld. Het grondonderzoek is opgenomen in de bijlage. Uit het grondonderzoek volgt een zandige bodemopbouw met een relatief dunne cohesieve deklaag van ca. 1 m dikte met een onderkant tussen NAP+12,0 en NAP+13,0. Ter plaatse van het binnen en buitentalud is een grondverbetering toegepast

Conservatief is uitgegaan van een grondwaterstand op maaiveld.

De zettingen zijn berekend met de gemiddelde waarden van de zettingsparameters, zoals afgeleid in de uitgangspuntennotitie horend bij het ontwerp van de groene waterkering (MM kenmerk: Ontwerpuitgangspunten DO Groene Waterkeringen, 27-10-2017, definitief, 1503332-01659). Er wordt gebruik gemaakt van methode a,b,c-Darcy. Berekend met gemiddelde waarde betekent dat de gemiddelde waarde van de zetting wordt berekend met een marge van  $\pm 30\%$

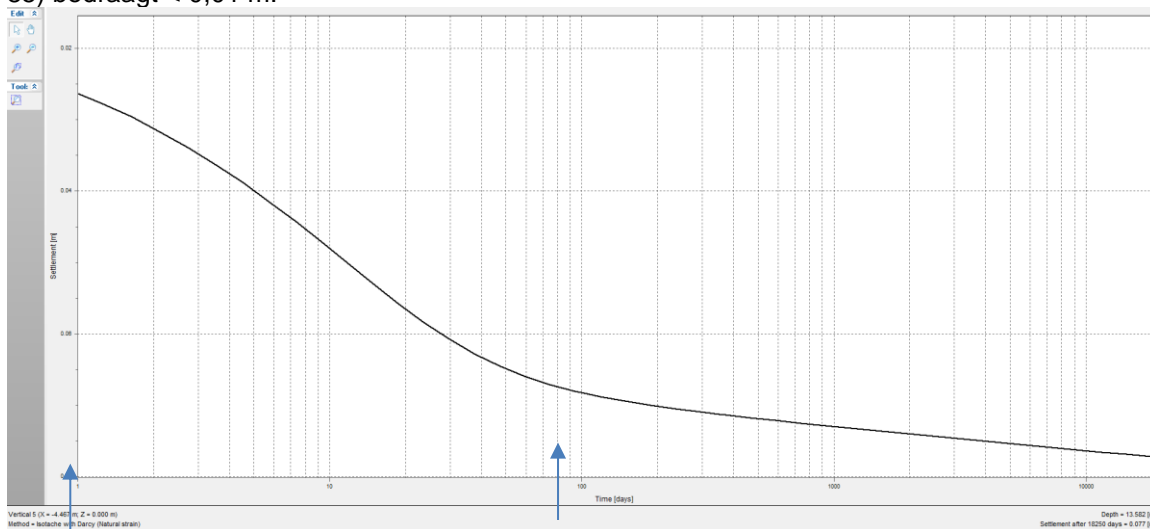
Het ophoogmateriaal is klei, met een gewicht van  $18,5 \text{ kN/m}^3$ . In de berekening wordt de aanleghoogte aangehouden en de optie “maintain profile” uitgezet om de zetting als gevolg van deze ophoging te kunnen berekenen.

Onderstaand is de berekening weergegeven met een indicatieve weergave van de vuilwaterleiding. Het wordt opgemerkt, dat de lengte en taluds van de waterkering indicatief zijn, gezien de afstanden in de analyse niet relevant zijn.



## Resultaat Maatgevende zetting

De zettingen zijn berekend op huidig maaiveld (NAP+13 a +14,0 in het model), gezien de leiding deels boven huidig maaiveld komt te liggen. De berekende totale zetting na 50 jaar (ontwerp waterkering) op maaiveldniveau bedraagt 0,07 m, exclusief onzekerheidsmarge. De kabel is pas ca 12 weken later geïnstalleerd, op dat moment heeft een groot deel van de zetting reeds plaats gevonden. De resterende zetting na aanleg van de kabel (dag 85) bedraagt < 0,01 m.

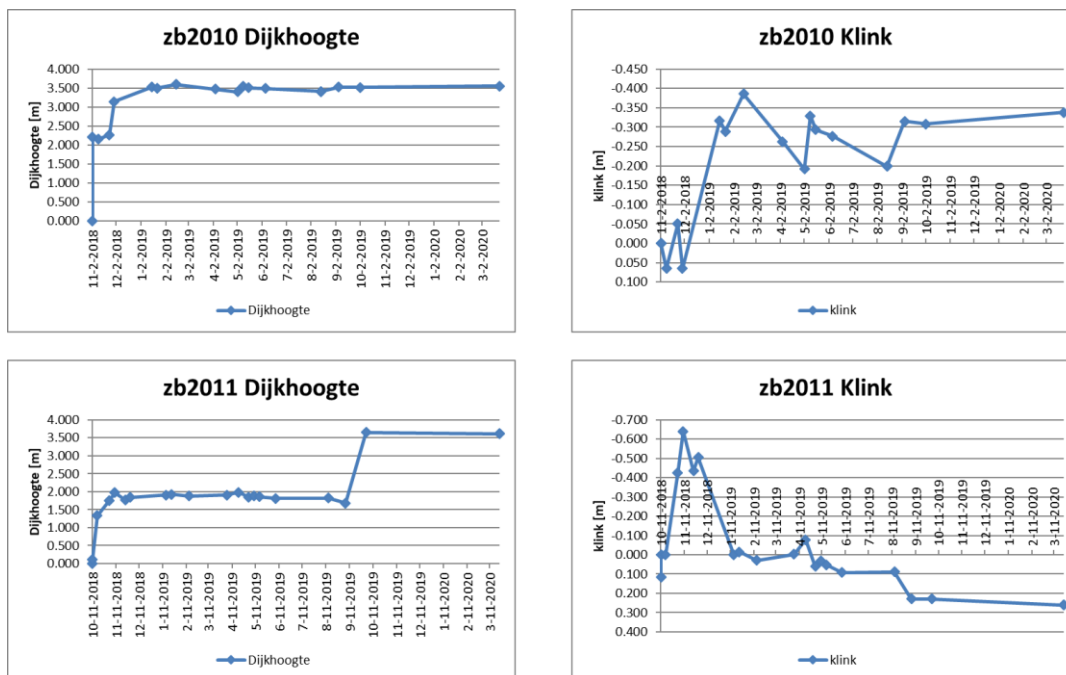


Aanleg kering

Aanleg kabel

## Maatgevend klink

Omdat de leiding in de dijk komt te liggen, wordt ter plaatse van de waterkering ook klink relevant. Klink is binnen dit project aangenomen tot 5 à 10 % van de aanleghoogte. Dit is op basis van ervaringswaardes, uit de zakbaakanalyses volgen vergelijkbare waardes tussen 5 à 10%. De aanleghoogte onder de leiding is ruim 2 m, verwachte klink ligt hiermee tussen 10 à 20 cm. Dit is vergeleken met dichtbij zijnde zakbaken 2010 en 2011. Opgemerkt wordt dat bij deze zakbaken sprake is van ruis in de maaiveldmeting en met meerdere ophoogslagen is gewerkt, waardoor een zuivere klink analyse niet mogelijk is. Uit de grafieken kan een klink in orde 10 a 20 cm worden afgeleid voor een kerende hoogte van 3,50m waterkering. Het merendeel van klink wordt binnen de eerste drie a vier maanden gemeten. Op basis hiervan wordt verwacht dat de hoeveelheid klink na aanleg van de kabel beperkt is tot 0,05 a 0,10 m.



## Resultaat: Restzetting en restklink op moment van aanleg leiding

De berekende theoretische, gemiddelde zetting en gemiddeld verwachte klink bedraagt totaal ca. 0,25 m. De berekende theoretische, gemiddelde restzetting en gemiddeld verwachte restklink op moment van de plaatsing van de leiding bedraagt ca. 0,05 a 0,10 m.

Dit is exclusief de genoemde +-30% marge en onzekerheidsmarge voor de zetting.

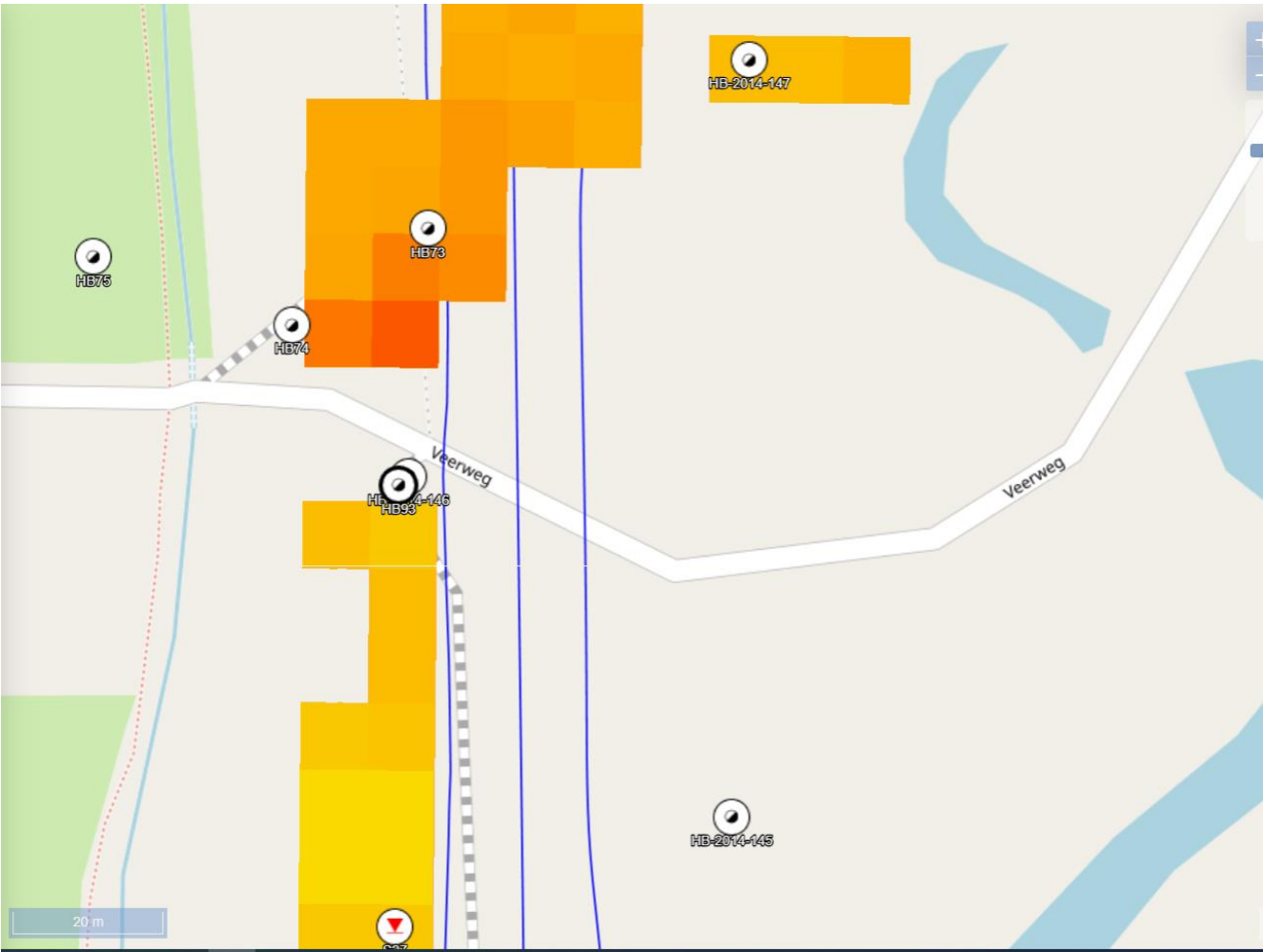
Omdat de leiding in de dijk komt te liggen, wordt ter plaatse van de waterkering ook klink relevant. Klink is binnen dit project aangenomen tot 5 à 10 % van de aanleghoogte. Op basis van zakbaakanalyse is geanalyseerd hoeveel klink waarschijnlijk binnen de eerste drie maanden is opgetreden.

## Zetting langs vuilwaterleiding

Door een variatie in hoeveelheid ophoging is het mogelijk dat verschilzettingen optreden. Aanbevolen wordt om met ongunstige zettingsverschillen te rekenen. Ter plaatse van de aansluiting op huidig maaiveld is de zetting ter plaatse van de leiding nihil.



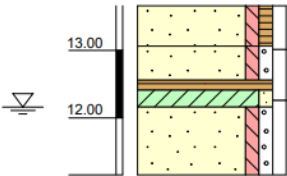
Bijlage: grondonderzoek



Disclaimer: Boring uitgevoerd door derden en/of afkomstig uit archief derden.

Boring: HB75

Referentie (m tov NAP)



Monsternr.

Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

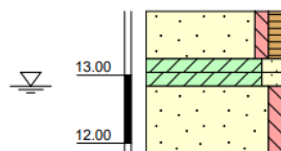
Pagina 1 van 1

13.66 tot 13.06	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker bruin
13.06 tot 12.56	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig grijs
12.56 tot 12.41	Veen, donker bruin
12.41 tot 12.16	Klei, zwak zandig grijs
12.16 tot 11.16	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig grijs

**Disclaimer: Boring uitgevoerd door derden en/of afkomstig uit archief derden.**

### Boring: HB74

Referentie (m tov NAP)



Monsternr.

### Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

13.94 tot 13.24 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker bruin

13.24 tot 13.04 Klei, matig zandig, donker bruin

13.04 tot 12.84 Klei, matig zandig grijs

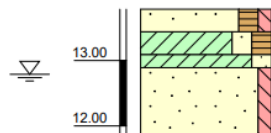
12.84 tot 11.84 Zand, matig grof, zwak siltig grijs

Pagina 1 van 1

**Disclaimer: Boring uitgevoerd door derden en/of afkomstig uit archief derden.**

### Boring: HB73

Referentie (m tov NAP)



Monsternr.

### Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

13.79 tot 13.44 Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donker bruin

13.44 tot 13.09 Klei, matig zandig, matig humeus, donker bruin

13.09 tot 12.89 Klei, matig zandig grijs

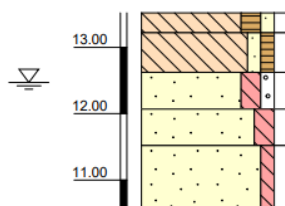
12.89 tot 11.79 Zand, matig grof, zwak siltig grijs

Pagina 1 van 1



### Boring: HB93

Referentie (m tov NAP)



Monsternr.

### Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

13.52 tot 13.22 Leem, zwak zandig, matig humeus, matig stevig, donker bruin

13.22 tot 12.62 Leem, zwak zandig, zwak humeus, matig stevig, ro1 grijs-bruin

12.62 tot 12.07 Zand, matig grof, matig siltig, zwak grindig grijs-bruin

12.07 tot 11.52 Zand, matig grof, matig siltig, sporen grind bruin-grijs

11.52 tot 10.52 Zand, matig grof, zwak siltig, laagjes grind bruin

Pagina 1 van 1



**Disclaimer: Boring uitgevoerd door derden en/of afkomstig uit archief derden.**

**Boring: HB-2014-146**

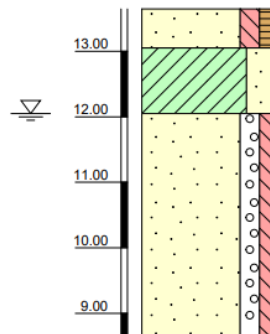
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

**Veldclassificatie**

Pagina 1 van 1

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



13.65 tot 13.05 Zand, siltig, zwak humeus bruin

13.05 tot 12.05 Klei, sterk zandig rood-bruin

12.05 tot 8.65 Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig grijs

**Disclaimer: Boring uitgevoerd door derden en/of afkomstig uit archief derden.**

**Boring: HB-2014-147**

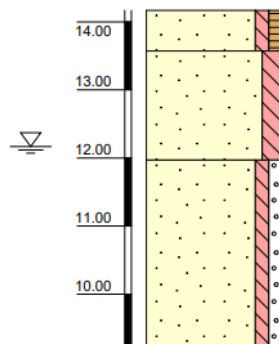
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

**Veldclassificatie**

Pagina 1 van 1

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



14.17 tot 13.57 Zand, zwak siltig, zwak humeus bruin

13.57 tot 11.97 Zand, matig siltig rood-bruin

11.97 tot 9.17 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig grijs

**Disclaimer: Boring uitgevoerd door derden en/of afkomstig uit archief derden.**

**Boring: HB-2014-145**

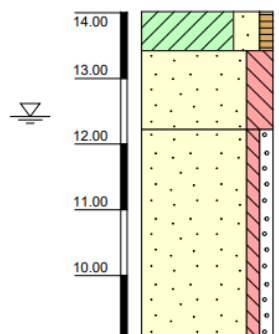
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

**Veldclassificatie**

Pagina 1 van 1

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

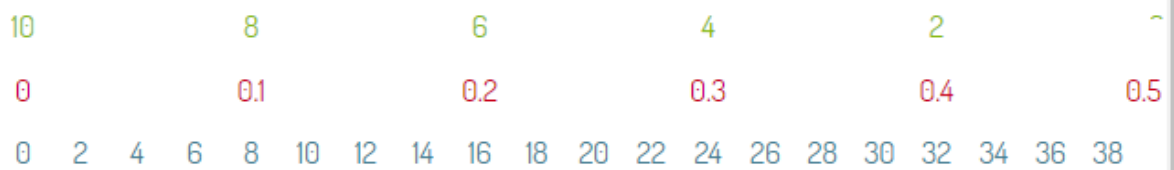


14.02 tot 13.42 Klei, sterk zandig, zwak humeus bruin

13.42 tot 12.22 Zand, sterk siltig rood-bruin

12.22 tot 9.02 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, licht bruin

# Sondeergrafiek (S27)



Diepte t.o.v. NAP [m]

