

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN**

RAPPORTAGE BEREKENINGEN CONFORM NEN 3650-51-serie

T.B.V.

BOOGBORING ONDER WATERGANG T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN

I.V.M.

VERVANGEN AANSLUITING DRINKWATERLEIDING

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIJ 21A TE WAVERVEEN**

Projectomschrijving : Boogboring (1*75 mantelbuis, 1*32 mediumvoerende buis)

Projectlokatie : Nessersluis t.h.v. huisnr. 21A te Waverveen

Opdrachtgever : Vitens N.V.

Opdracht nr klant : -

Ontwerpende partij : Van den Heuvel Aannemingsbedrijf BV

Projectleider : W.M. Stigter

Projectassistent : M. Jansen

Bezoekadres : Kruishoekstraat 13

Postcode : 5384 TK

Gemeente : Heesch

Postadres : Postbus 31

Postcode : 5384 ZG

Gemeente : Heesch

Telefoonnummer : 0412 - 45 38 72

E-mail adres : ib@heuvelheesch.nl

Opgesteld door : M. Jansen	Opgesteld, d.d. : 26-03-2019	Handtekening: 
Goedgekeurd door : W.M. Stigter	Goedgekeurd, d.d.: 26-03-2019	Handtekening: 

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN**

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Berekeningsmethode 'Persing'	5
3	Conclusie	8
	Bijlage 1: Grondonderzoek gegevens en locatieoverzicht	9
	Bijlage 2: Tekening 19.2.060, blad 1, versie 3.0, d.d. 26-03-2019	10
	Bijlage 3: Sterkteberekening boogboringØ75	11
	Bijlage 4: Sterkteberekening spanningen boogboringØ75	12

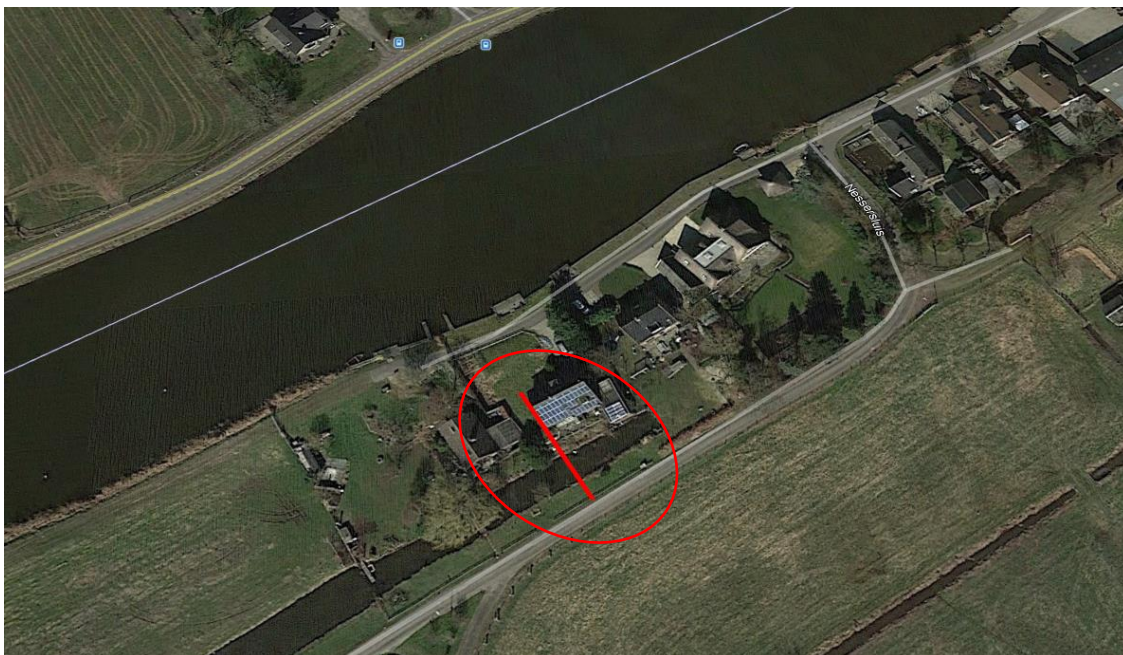
ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN

1 Inleiding

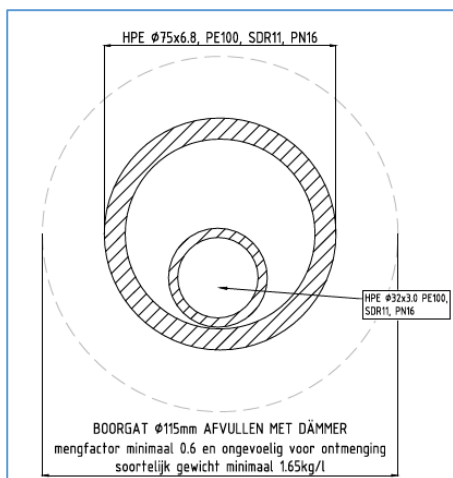
Van den Heuvel Aannemingsbedrijf BV is bezig met de engineering van een boogboring onder de watergang ter hoogte van Nessersluis 21A te Waverveen.

Het betreft de aanleg van een HPE-mantelbuis Ø75 PE100, SDR11, met daarin een HPE mediumvoerende buis Ø32 PE100, SDR11 ten behoeve van het vervangen van de drinkwater aansluitleiding.

De boogboring krijgt een lengte van ca. 31 meter en zal worden uitgevoerd conform de Boog Boring Methode (BBM).



De boogboring bestaat uit een HPE-mantelbuis Ø75 PE100 SDR11, met daarin een HPE mediumvoerende buis Ø32 PE100 SDR11.



De buis heeft een wanddikte van 6,8 mm.

De wijze van berekenen van een boogboring is niet specifiek vermeld in de NEN 3650 en 3651. Goed beschouwd is het een combinatie van "persing" en "HDD".

Onderstaand een verklaring en toelichting op de resultaten van de gemaakte sterkteberekeningen.

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN**

2 Berekeningsmethode 'Persing'

Via een gespecialiseerd bedrijf in boogboringen is het volgende protocol aangeleverd:

Omschrijving Boog Boring Methode (BBM) volgens protocol 2121**Toelichting**

De Boog Boring Methode (BBM) heeft technisch veel overeenkomsten met horizontaal gestuurd boren (Horizontal Directional Drilling, HDD) daarin tegen zijn er met boogboringen meerdere veiligheid componenten toepasbaar waardoor nagenoeg elk mogelijke risico wordt uitgesloten. Deze methodiek is specifiek ontwikkeld door en voor wetenschapsgebieden.

Bij BBM maakt het boorbedrijf met een voorgevormde boorstang over het hele traject tijdens de inbreng van de stang een boorgat. Aan de voorkant van de boorstang zit een snijkop. Dit principe is enigszins vergelijkbaar met een zogenoemd schildboring proces.

Om een tunnel te kunnen maken in slappe, niet cohesieve grond is het noodzakelijk maatregelen te nemen die voorkomen dat het boorfront instort. Dat kan door de vóór de boorkop aanwezige grond en waterdruk voortdurend te compenseren. Daarvoor zijn verschillende technieken ontwikkeld. Bepalend voor de keuze van de compensatietechniek is de samenstelling van de grond waarin geboord wordt en de diameter van de te boren tunnel. Voor het in slappe grond maken van tunnels met een beperkte diameter, zoals bij de BBM techniek, komt het zogeheten vloeistofschild (ook slurryschild, of hydroschild genoemd) in aanmerking.

Bij een vloeistofschild maakt men gebruik van een bentonietsslurry (water met bentoniet) om aan het boorfront voldoende steundruk te geven. De bentonietsslurry heeft een dubbele functie: het dient als steunvloeistof en als transportmedium voor de afvoer van de ontgraven grond. Men zet de bentonietsslurry met een pomp onder druk. Aan de voorkant van de booglans (snijkop) ontstaat hierdoor een vrijwel ondoorlatende pleisterlaag, die ervoor zorgt dat het boorfront niet instort. Dit is mogelijk omdat bentoniet een bijzondere eigenschap heeft. De sterk op klei lijkende stof is thixotroop: wanneer de bentonietsslurry in beweging is gedraagt het zich als een vloeistof, maar in rust kan de slurry bijvoorbeeld zand in suspensie houden. De afgegraven grond wordt vermengd met de bentonietsslurry en via de ruimte om de boorstang getransporteerd naar het intredepunt. Doordat de bentoniet voldoende steun geeft aan de boorgatwand is er niet meer uitspoeling dan bij andere boortechnieken. Om dit effectief te kunnen doen moet de bentonietsslurry wel aan een aantal eisen voldoen, waarvan de belangrijkste een minimale viscositeit en een minimale dichtheid zijn.

De voordelen bij BBM zijn dat de werkdruk tijdens de uitvoering vijf tot tien keer lager is en de volumestroom ongeveer 50% lager dan bij HDD. Bij boogboringen is er geen kans dat torsie en materiaalspanningen de boorstang tijdens het ruimen en intrekken van de mantelbuis of leiding omhoog of zijdelings kunnen doen verplaatsen.

Boorgatmeting

Boorgat metingen kunnen worden toegepast, als enige verstoring van de grond/waterspanning een nadelige invloed kan geven aan het te kruisen obstakel, bijvoorbeeld(veen)dijk, wegen, verschil van polder/water niveau. Tijdens het boor proces wordt er op 1/1000 bar in de bodem (boorgat) gemeten, door deze unieke meetmethode is de kans op een z.g. "blow-out" nagenoeg uitgesloten. Hiermee is het een uiterst veilig en gecontroleerd boorproces gewaarborgd.

Kwelwater / Spanningswater:

Indien er aanleiding of dat er een kans op kwelwater is kan men verzwaarde boorvloeistof toepassen. Als boorvloeistof kan het boorbedrijf een bentonietmengsel met een soortelijk gewicht van 1,1 kg per liter, waarvan de viscositeit voldoende moet zijn. Na het aanbrengen van de kabels of leidingen in het boorgat vult het boorbedrijf de overgebleven ruimte over de gehele lengte af met een afdichtend en krimpvrij materiaal.

ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN

Boorgatafdichting:

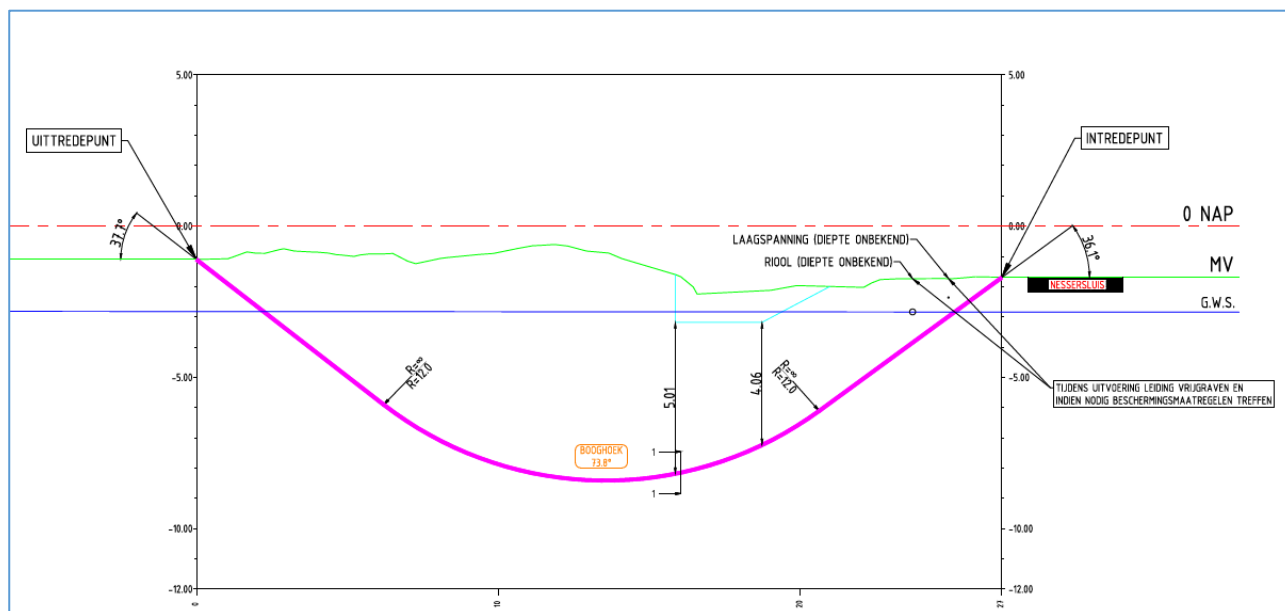
De boring mag niet leiden tot het risico op kwel. Daarom is één van de belangrijke aspecten het afdichten van het boorgat. Van alle in de markt beschikbare hulpstoffen is dämmer de enige die geen krimp vertoont en de juiste permeabiliteit heeft.

Mogelijke aanvulling /optie:

- het intrede- en ontvangtpunt opvult met een kwelscherm of een kleikist;
- het boorgat afvult met dämmer, dat aan de specificaties voldoet, en ongevoelig is voor ontmenging.

Ten behoeve van Vitens wordt een HPE-leiding met een middellijn van 75 mm ingetrokken. De in te trekken buis wordt volledig omgeven door grond. Bij persingen mag volgens de NEN-normen dan gerekend worden met een belastinghoek van 180° en een ondersteuningshoek van 120°.

Wanneer we naar de dwarsdoorsnede kijken, zien we het volgende:



Aan de zijkanten van de watergang is de dekking 4,06 meter respectievelijk 5,01 meter. Ter plaatse van het hart van de boogboring bedraagt de dekking 7,55 meter.

ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN

De spanning in langsrichting wordt bepaald door de kromming van de boogboring. Deze spanning kan berekend worden met de formule:

$$E \cdot I_b / R_{\text{boog}}$$

Hierin is E de elasticiteitsmodulus van het buismateriaal, I_b is het traagheidsmoment en R_{boog} is de kromming van de boogboring. Middels een Excel-sheet (bijlage 4) is die spanning berekend. Hierbij is tevens berekend welke spanningen ontstaan tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden.

Sterkte berekening boogboring (aanvullend aan Sigma berekening)	
Materiaalgegevens	
Materiaal soort	: PE
Kwaliteit	: PE 100 SDR 11
Uitwendige middellijn (De)	: 75,00 mm
Wanddikte (dn)	: 6,8 mm
Lengte boogboring	: 30,79 m
Toelaatbare spanning (σ_t)	: 8,00 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur (E)	: 975 N/mm ²
Straal bochten (R)	: 12,00 m
Belastingfactor, ondergronds (fk,o)	: 1,4
Belastingfactor, bovengronds (fk,b)	: 1,1
Factor ($\alpha \sigma$)	: 0,65
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan f1	: 0,3
Eigenschappen van de leiding	
Inwendige middellijn (Di = De - 2 · Dn)	: 61,40 mm
Uitwendige straal (re = De / 2)	: 37,50 mm
Oppervlakte leiding (A = $\pi \cdot (De^2 - Di^2) / 4$)	: 1.456,95 mm ²
Traagheidsmoment buis ($I_b = (De^4 - Di^4) \cdot \pi / 64$)	: 855.496,26 mm ⁴
Weerstandsmoment buis Wb = I_b / re	: 22.813,23 mm ³
Moment buis door buigen	: 18.350,39 Nmm
Spanning door buigen	: 0,8 N/mm ²
Gewicht leiding (g = $\rho \cdot L \cdot A$)	: 0,0139 N/mm ¹
Totaal gewicht (grol = 0,0100 N/mm ¹ ggrat)	: 0,0139 N/mm ¹
Opsomming spanningen en trekkracht	
<i>Op moment van intrekken ligt de buis op rollenbaan / maaiveld.</i>	
Trekkracht (Ttot)	: 1.569 N
Spanning door intrekken	: 1,08 N/mm²
Totalisatie spanningen tijdens intrekken (σ_a)	: 4,04 N/mm²
Toelaatbare spanning intrekken (kd = MRS)	: 10,00 N/mm²
Buigspanning die opgeteld moet worden bij berekening "Doorpersing"	: 0,80 N/mm²
Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_{y2} = \alpha \cdot \sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 1,62 = \mathbf{1,05 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \alpha \cdot \sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 0,00 = \mathbf{0,00 \text{ N/mm}^2}$ Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = \mathbf{8,00 \text{ N/mm}^2}$	
Toelaatbare spanning gebruiksfase (σ_t)	: 8,00 N/mm²

Dit betekent dat de spanning t.g.v. het buigen gelijk is aan $\alpha \sigma \times 0,8 \text{ N/mm}^2 = 0,65 \text{ N/mm}^2$.

De toelaatbare spanning is ook hier gelijk aan 8,0 N/mm² (importantiefactor 1,0) respectievelijk 6,0 N/mm² (importantiefactor 0,75).

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIJ 21A TE WAVERVEEN**

3 Conclusie

Bij het maken van de boogboring worden er geen problemen verwacht. De watergang t.h.v. Nessersluis nr. 21A wordt met voldoende marge gekruist.

Ook tijdens het intrekken worden er geen problemen verwacht. De toelaatbare spanningen worden niet overschreden voor de mantelbuis.

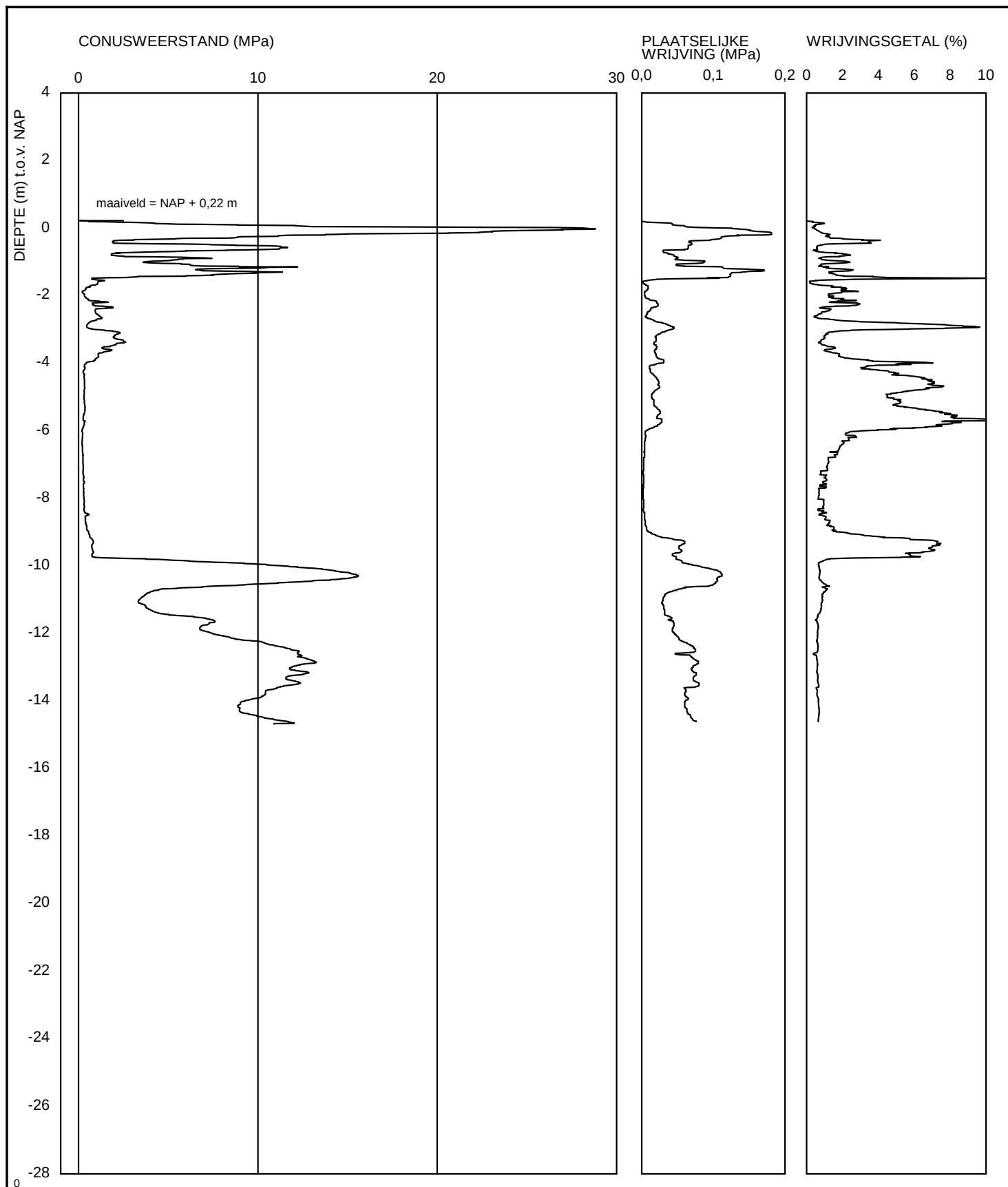
**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN**

Bijlage 1: Grondonderzoek gegevens en locatieoverzicht

- Dino loket, 1 stuks sondering (CTP74437) en 1 stuks boring (B31B0107).



Locatie overzicht sondering(-en) en boring(-en)



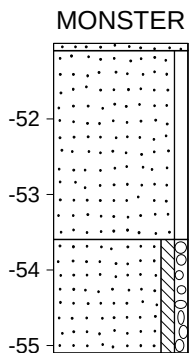
0	<Not Registered> <Not Registered>				<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 2009-07-08	get. -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	- - Sondering CPT000000074437							BRO-/	gez.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

		DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING	
		↓LAAG↓	VAN TOT		
DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MV (-4,60)				
	-5	1	1	-4,60 -5,40	veen; zwart
	-6				
	-7	2	2	-5,40 -9,10	klei, matig siltig; donker-, grijs 'CA3'
	-8				
	-9				
	-10	3	3	-9,10 -10,20	veen; ON=???
	-11				
	-12	4	4	-10,20 -13,10	ZH2=???; donker-, bruin 'ZZFO' ZM=130.000 mm
	-13				
-14	5	5	-13,10 -15,10	ZH=???; ON=??? 'ZMFO' ZM=210.000 mm	
-15					
-16	6	6	-15,10 -17,60	ZG1=???; donker-, grijs-, bruin 'ZMGO' ZM=230.000 mm	
-17					
-18					
-19	7	7	-17,60 -20,60	ZG1=???; grijs-, bruin 'ZMGO' ZM=230.000 mm	
-20					
-21					
-22	8	8	-20,60 -24,10	ZG1=???; grijs-, bruin 'ZMGO' ZM=230.000 mm	
-23					
-24					
-25	9	9	-24,10 -26,60	ZG3=???; grijs-, bruin 'ZMGO' ZM=260.000 mm	
-26					
-27	10				

<Not Registered> <Not Registered>		<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1977-09-23	get. Modd
-		B31B0107			DINO-BOR	gez.
- [Blad 1 / 3]					BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
		LAAG	VAN TOT	
-28		10	10 -26,60 -29,10	ZG1=???; grijs-, bruin 'ZZGO' ZM=310.000 mm
-29		11	11 -29,10 -30,10	ZG3=???; grijs-, bruin 'ZZGO' ZM=360.000 mm
-30		12	12 -30,10 -32,60	ZG1=???; donker-, grijs-, bruin 'ZMGO' ZM=260.000 mm
-31				
-32		13	13 -32,60 -36,10	ZG3=???; donker-, grijs-, bruin 'ZZGO' ZM=360.000 mm
-33				
-34		14	14 -36,10 -39,10	zand, SG=???, 1=???; ON=??? 'ZZGO' ZM=360.000 mm
-35				
-36		15	15 -39,10 -42,10	zand; bruin 'ZMGO' ZM=260.000 mm
-37				
-38		16	16 -42,10 -45,10	zand, zwak siltig, zwak grindig, zwak humeus; bruin 'ZMGO' ZM=260.000 mm
-39				
-40		17	17 -45,10 -48,10	zand, zwak siltig, zwak grindig, H=???; bruin 'ZZGO' ZM=360.000 mm
-41				
-42		18	18 -48,10 -51,10	zand; donker-, grijs 'ZMFO' ZM=180.000 mm
-43				
-44				
-45				
-46				
-47				
-48				
-49				
-50				
-51				
<Not Registered> <Not Registered>		<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>
-		B31B0107		datum 1977-09-23
				get. Modd
-		[Blad 2 / 3]		gez. DINO-BOR
				form. BIJL. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



Geboord tot
NAP -55,10 m
Aantal peilbuizen:2

DIEPTE NAP [m]
↓LAAG↓ VAN TOT
18 18 -48,10 -51,10

BESCHRIJVING

zand; donker-, grijs
'ZMFO'
ZM=180.000 mm

19 19 -51,10 -53,60

zand, SG=???, 1=???; donker-, grijs-, bruin
'ZMFO'
ZM=180.000 mm

20 20 -53,60 -55,10

zand, zwak siltig, zwak grindig; donker-, grijs-, bruin
'ZMGO'
ZM=260.000 mm

Einde Boring B31B0107

maaiveld: NAP -4,60 m
X = 119100 m Y = 473358 m (RD)

<Not Registered> <Not Registered>				<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1977-09-23	get. Modd
-						B31B0107	DINO-BOR	gez.
-						[Blad 3 / 3]	BIJL.	form. A4

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN**

Bijlage 2: Tekening 19.2.060, blad 1, versie 3.0, d.d. 26-03-2019

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN**

Bijlage 3: Sterkteberekening boogboringØ75



Sterkteberekening van een doorpersing conform NEN 3650/3651:2012				Sigma 2018 1.5 ©
1. Eigenschappen van de leiding				
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 61,40	mm	
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 68,20	mm	
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 75,00	mm	
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 37,50	mm	
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 30,70	mm	
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 34,10	mm	
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 855.496,26	mm ⁴	
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 22.813,23	mm ³	
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 26,20	mm ⁴ /mm ¹	
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 7,71	mm ³ /mm ¹	
2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan				
Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.				
3. Berekening van de veiligheidszone				
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$ m				
4. Berekening van de spanningen s_p en s_{pl} t.g.v. inwendige druk				
Leiding is drukloos: $s_p = 0,00$ N/mm ²				
5. Berekening reroundingfactor f_{rr}				
Leiding is drukloos: $f_{rr} = 1,00$				
6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n				
$q_n = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H - \gamma_w \cdot H$ $q_n = 1,1 \cdot 17 \cdot 4,06 - 10 \cdot 4,06 = 35,32$ kN/m ² $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 35,32 \cdot 10^{-3} \cdot 75 = 2,65$ N/mm ¹				
7. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Geen NEN 3650-1:C.17				
Geen verkeersbelasting ingevoerd $Q_v = 0$ N/mm ¹				
8. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen				
<i>Moment t.g.v. Q_n en Q_v</i> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,138 \cdot (2,65 + 0,00) \cdot 34,10$ $M_q = 12,47$ Nmm/mm ¹ <i>Spanning t.g.v. M_q</i> $\sigma_q = f_{rr} \cdot M_q / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot 12,47 / 7,71 = 1,62$ N/mm ²				
9. Berekening van de spanning s_{ax} t.g.v. temperatuurverschil				
Leiding is drukloos $s_{ax} = 0$ N/mm ²				
				20-03-2019 09:23:27



van den Heuvel Aannemingsbedrijf B.V.

Sterkteberekening van een doorpersing conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

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

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²****11. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk**Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$ Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

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

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

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

Conclusie: Kans op implosie bij **27,53 m** grondwater boven de leiding**12. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie**

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

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (2,65 + 0,00) - 0,083 \cdot (1 - \sin(17,5^\circ)) \cdot (2,65 + 0,00) + 0,048 \cdot 0,00) \cdot 34,10^3}{350 \cdot 26,20} = \mathbf{0,35 \text{ mm}} (= 0,52\%)$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor $S \cdot D_g = 0,08 \cdot 1 \cdot 68,20 = \mathbf{5,46 \text{ mm}}$ **13. Berekening van het totaal aan optredende spanningen**

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 1,62 = \mathbf{1,05 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$$

$$\sigma_x = 0,65 \cdot 0,00 = \mathbf{0,00 \text{ N/mm}^2}$$

Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = \mathbf{8,00 \text{ N/mm}^2}$

**ENGINEERING BOOGBORING HPEØ75 ONDER DE WATERGANG
T.H.V. NESSERSLUIS 21A TE WAVERVEEN**

Bijlage 4: Sterkteberekening spanningen boogboringØ75

Sterkte berekening boogboring (aanvullend aan Sigma berekening)



VAN DEN HEUVEL
INFRASTRUCTUUR VOOR WATER EN ENERGIE

Projectnummer : 18.2286 Waverveen, Nessersluis

Opdrachtgever : Vitens NV

Opgesteld door : M. Jansen

Projectomschrijving:

- Uitvoeren van één boogboring HPEØ75 PE100, SDR11, PN16 (Mantelbuis)

Materiaalgegevens

Materiaal soort	: PE
Kwaliteit	: PE 100 SDR11
Uitwendige middellijn (De)	: 75,00 mm
Wanddikte (dn)	: 6,8 mm
Lengte boogboring	: 30,79 m
Toelaatbare spanning (σ_t)	: 8,00 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur (E)	: 975 N/mm ²
Straal bochten (R)	: 12,00 m
Belastingfactor, ondergronds ($f_{k,o}$)	: 1,4
Belastingfactor, bovengronds ($f_{k,b}$)	: 1,1
Factor (α_σ)	: 0,65
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan f_1	: 0,3

Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn ($D_i = D_e - 2 \cdot D_n$)	: 61,40 mm
Uitwendige straal ($r_e = D_e / 2$)	: 37,50 mm
Oppervlakte leiding ($A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$)	: 1.456,95 mm ²
Traagheidsmoment buis ($I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$)	: 855.496,26 mm ⁴
Weerstandsmoment buis $W_b = I_b / r_e$	: 22.813,23 mm ³
Moment buis door buigen	: 18.350,39 Nmm
Spanning door buigen	: 0,80 N/mm ²
Gewicht leiding ($g = \rho \cdot L \cdot A$)	: 0,0139 N/mm ¹
Totaal gewicht (grol = 0,0100 N/mm ¹ ggrat)	: 0,0139 N/mm ¹

Opsomming spanningen en trekkracht

Op moment van intrekken ligt de buis op rollenbaan / maaiveld.

Trekkracht (T_{tot})	: 1.569 N
Spanning door intrekken	: 1,08 N/mm²
Totalisatie spanningen tijdens intrekken (σ_a)	: 4,04 N/mm²
Toelaatbare spanning intrekken ($k_d = MRS$)	: 10,00 N/mm²
Buigspanning die opgeteld moet worden bij berekening "Doorpersing"	: 0,80 N/mm²

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 1,62 = \mathbf{1,05 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$$

$$\sigma_x = 0,65 \cdot 0,00 = \mathbf{0,00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = \mathbf{8,00 \text{ N/mm}^2}$$

Toelaatbare spanning gebruiksfase (σ_t) : **8,00 N/mm²**