2018-028-0002-02

Boogzinkers te Amsterdam,

Vanaf Muiderstraat naar Plantage Middenlaan, onder De Nieuwe Herengracht door langs de Hortusbrug

Versie 1.0, d.d. 14-03-2018

Opdrachtgever:
Waternet

Ontwerp gestuurde boring:
InfraDesk

Contactgegevens

Welvreugd B.V.
Burgerweg 2a
3155 DA Maasland

T 010 5918247
F 010 5926183
E info@welvreugd.nl

Voorwoord

InfraDesk is een dienstverlener die vergunningaanvragen verzorgt voor derden. De hiervoor gerealiseerde plannen, waaronder dit document, zijn zo zorgvuldig mogelijk samengesteld op basis van de aan InfraDesk verstrekte informatie. InfraDesk is niet aansprakelijk wanneer niet bekende zaken bij het uitvoeren van de werkzaamheden leiden tot schade of stagnatie van de werkzaamheden. Om dit te voorkomen dient de aannemer zich voor aanvang van de werkzaamheden te conformeren met het gerealiseerde plan en zelf een graafmelding te doen zoals is vastgelegd in de wet WION.

Inhoudsopgave

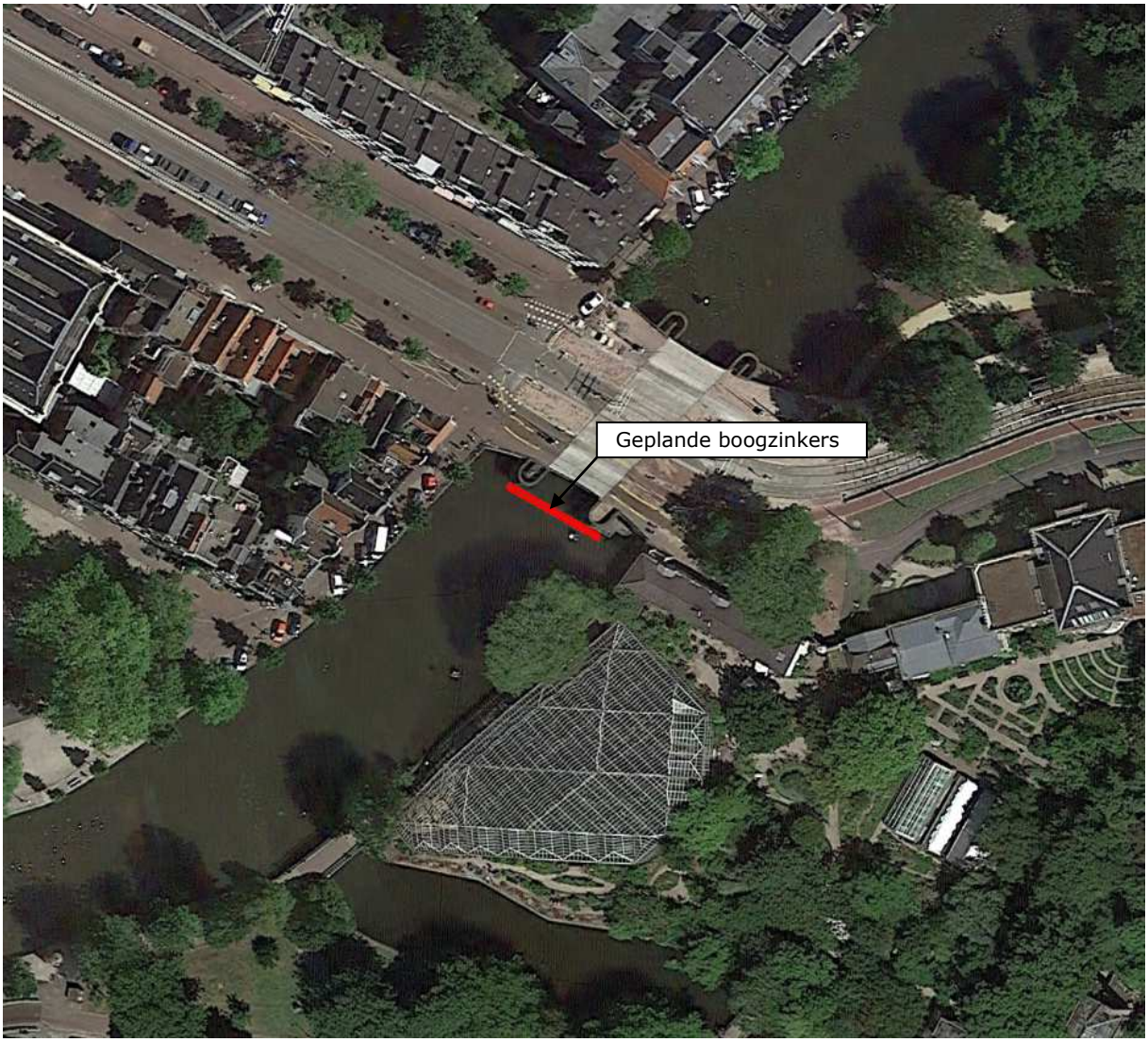
Voorwoord 1
Inhoudsopgave 2
1. Inleiding 3
2. Algemene omschrijving boogzinkers 4
3. Projectspecificaties 5
3.1 Technische aspecten boogzinkers in het algemeen 5
3.2 Projectspecificaties 5
3.3 Inrichten werkterrein 6
4. Technische gegevens 7
4.1 Aan te brengen buizen 7
4.2 Technische gegevens zinkermachine 7
4.3 Geometrische gegevens boogzinkers 7
4.4 Pilotboring 7
4.5 Ruim- en intrekfase 7
4.6 Personeel 7
4.7 Geplande werktijd 8

BIJLAGE I Vergunningstekening 9
BIJLAGE II Bodemonderzoeken 10
BIJLAGE III Sterkteberekening 15

1. Inleiding

Welvreugd Drilling is gevraagd om voor diverse bruggen in Amsterdam nieuwe aansluitingen te realiseren voor het automatiseren van de brugbediening. Als onderdeel van het project is het noodzakelijk om langs de betreffende bruggen nieuwe zinkers aan te brengen. In overleg met Waternet is er hierbij voor gekozen om dit te realiseren middels boogzinkers.

Voor het automatiseren van de brugbediening van de Hortusbrug is het noodzakelijk om twee boogzinkers aan te brengen parallel langs de zuidzijde van de brug. De brug is gelegen tussen de Muiderstraat en de Plantage Middenlaan te Amsterdam. De uitvoering hiervan zal worden verzorgd door Welvreugd Drilling BV. InfraDesk is gevraagd om voor dit project een werkplan op te stellen.



Afbeelding 1: Werklocatie

Een algemene omschrijving van boogzinkers is weergegeven in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 gaat in op de projectspecificaties omschreven. Hierin is onder andere uiteen gezet hoe het af te leggen tracé op deze wijze tot stand is gekomen en wat de aandachtspunten zijn voor dit project. Hoofdstuk 4 gaat in op de technische aspecten van dit project.

2. Algemene omschrijving boogzinkers

Boogzinkers vormen een schakel bij het aanleggen van ondergrondse infrastructuur. Door middel van deze techniek kunnen infrastructurele objecten worden gekruist met PE-mantelbuizen. Deze techniek wordt toegepast over korte afstanden waar dit middels een open ontgraving niet mogelijk of niet wenselijk is.

In reguliere gevallen worden boogzinkers uitgevoerd vanaf het maaiveld, maar op dit project worden de boogzinkers uitgevoerd vanaf een ponton. Nadat het materieel is opgesteld zal een hydraulisch aangedreven zinkermachine aan de vertrekzijde voorgebogen stangen de grond in drukken. De stangen zijn beschikbaar is verschillende radii, waardoor verschillende dieptes en afstanden kunnen worden gehaald. Nadat de eerste stang in de grond is aangebracht zal de volgende stang worden aangekoppeld, waarna de verbonden stangen gezamenlijk als een streng verder worden gedrukt. Dit proces zal worden herhaald totdat het geplande uittredepunt is bereikt. De stalen stangen zijn van binnen hol, zodat werkwater (eventueel vermengd met bentoniet) naar de kop kan wordt aangevoerd. Via de kop van de voorste stang zal het water onder druk (ongeveer 10 bar) in de grond worden gespoten. Hierdoor zal de grond verweken en los worden gespoten.

Nadat de ingebrachte stangen het uittredepunt hebben bereikt kan de ruimer worden aangekoppeld. Hiermee kan het geboorde gat worden opgesneden tot de juiste diameter. Achter de ruimer kan beoogde mantelbuis worden aangekoppeld. Vervolgens worden de ingebrachte stangen met de hieraan gekoppelde ruimer en mantelbuis door de zinkermachine teruggetrokken. Wanneer de mantelbuis de machine heeft bereikt is de boogzinker gereed.

Afbeelding 2: Situatie boogzinker

3. Projectspecificaties

3.1 Technische aspecten boogzinkers in het algemeen

De lengte van een boogzinker wordt bepaald door twee factoren, namelijk de intredehoek van de machine en de gekozen stangen. De voorgebogen stangen bepalen de radius van de boogzinker. Met een boogzinker is het mogelijk een afstand vanaf ca. 8,00 meter tot maximaal 20,00 à 25,00 meter te overbruggen.

Bij boogzinkers is de keuze van de mantelbuis beperkt. Het is namelijk alleen mogelijk om PE-buizen aan te brengen tot met een diameter Ø125mm. Het koud intrekken van kabels is eventueel ook mogelijk. De mogelijkheden voor het intrekken van een mantelbuis kunnen verder worden beperkt door de geplande lengte van het af te leggen tracé en de bodemopbouw ter plaatse.

Bij het aanbrengen van een boogzinker zullen de stalen stangen zelf een weg door de bodem zoeken. Globaal wordt deze weg bepaald door de intredehoek en de radii van de gekozen stangen. Dit kan echter worden beïnvloed doordat de stangen de weg van de minste weerstand zullen volgen. Het is niet mogelijk een boogzinker gedurende het werkproces bij te sturen. De techniek is daarom beperkt controleerbaar. Het is daarom noodzakelijk om rekening te houden met een afwijking van ca. 0,50 meter rondom het beoogde uittredepunt.

3.2 Projectspecificaties

De werklocatie is van tevoren door Welvreugd Drilling geschouwd. Daarnaast is overleg gevoerd met diverse betrokken partijen en is bij het Kadaster een KLIC-melding (18O013944) gedaan. Uit dit onderzoek is gebleken dat er rekening moet worden gehouden met de onderstaande punten.

Teneinde de overlast van de werkzaamheden zoveel mogelijk te beperken is ervoor gekozen om het materieel aan en af te voeren via het water. Tevens zullen de werkzaamheden worden uitgevoerd vanaf pontons. Hierdoor is het niet noodzakelijk om verkeersmaatregelen te treffen en gebruik te maken van parkeerplaatsen. Na het gereedkomen van de boogzinkers is het noodzakelijk om twee parkeerplaatsen te benutten voor het opstellen van twee bedrijfswagens ten behoeve van betonboringen. De hiervoor benodigde RVV ontheffing wordt binnen vijf werkdagen beoordeeld door het betreffende stadsdeel. Het hiervoor benodigde aanvraagformulier is online beschikbaar via de website van de Gemeente Amsterdam (www.amsterdam.nl).

Voor het transport en het uitvoeren van de werkzaamheden zal gebruik worden gemaakt van een dekschuit en koppelpontons. Het materieel zal bij het transportbedrijf vanaf de wal worden geladen. Vanaf hier zal het materieel steeds naar de volgende locatie worden gevaren, zodat er in de omgeving van de werklocatie geen transport plaats hoeft te vinden. De overlast voor de omgeving wordt hierdoor zoveel mogelijk beperkt.

Bij het bestuderen van de Legger en diverse KLIC-meldingen is op meerdere locaties een aanzienlijk verschil waargenomen tussen de theoretische bodemhoogte en de gepeilde bodemhoogte ter plaatse van nabij gelegen zinkers. Daarom is de bodemhoogte ter plaatse van de brug handmatig gecontroleerd en vervolgens geprojecteerd op de vergunningstekening (zie: Bijlage I).

De input voor de sterkteberekening (zie Bijlage III) is gebaseerd op de bijgevoegde bodemonderzoeken (zie Bijlage II). De grondwaterstand is ingeschat op basis van het waterpeil in de te kruisen watergang, welke is vastgesteld middels GPS-metingen. Uit de sterkteberekeningen blijkt dat dat de aan te brengen buis geschikt is voor de geplande werkzaamheden.

3.3 Inrichten werkterrein

Bij het transportbedrijf zullen de dekschuit en pontons worden geladen. Vanaf hier zal het materieel steeds naar de volgende locatie worden gevaren. Op de werklocatie zal de opstelling zo worden gekozen dat de vaarweg gedurende het uitvoeren van de werkzaamheden vrij blijft voor de scheepvaart.

De intredepunten zijn gepland ten westen van de vaarweg en ten zuiden van de Hortusbrug. Hiervoor is gekozen omdat op deze locatie voldoende ruimte beschikbaar is voor de juiste opstelling van de pontons. De pontons kunnen zo worden gekoppeld dat er voldoende vrije ruimte is om hiertussen de stangen door te voeren. De zinkermachine moet hiervoor worden opgesteld tussen twee pontons in. Om te voorkomen dat de machine tussen de pontons in het water terecht kan komen zullen ten behoeve van overkluizing draglineschotten worden neergelegd waarop de machine kan worden opgesteld.

De uittredepunten zijn gepland ten oosten van de vaarweg en ten zuiden van de Hortusbrug. De ruimte is hier beperkter dan bij het intredepunt, maar voldoende voor het afmeren van de dekschuit.

4. Technische gegevens

4.1 Aan te brengen buizen

Type buizen	: mantelbuizen
Aantal	: 2 stuks (door separate boogzinkers)
Diameter aan te brengen buizen	: Ø125 mm
Wanddikte	: 11,4 mm (SDR11)
Kwaliteit	: PE100
Drukklasse	: PN16

4.2 Technische gegevens zinkermachine

Merk	: Hydrolans
Type	: MKII
Trekkracht	: 10 kN

4.3 Geometrische gegevens boogzinkers

Lengte boogzinkers over maaiveld	: 19,67 m
Lengte boogzinkers langs de boorlijn	: 27,77 m
Intredehoeken	: 80º
Geplande radius boogzinkers	: 10,00 m
Diepste punt boogzinkers	: -8,51 m t.o.v. N.A.P.

4.4 Pilotboring

Open buis	: 43 mm
Boorpijp	: 1,5 m
Drukkracht	: 10 kN
Spoeldruk	: 0 - 8 bar
Debiet	: 150 - 300 l/m (grondslag is bepalend)

4.5 Ruim- en intrekfase

Ruimer	: Cone-shape
Diameter ruimer	: Ø130 mm
Aantal nozzels	: 9 x 2 mm
Trekkracht	: 10 kN
Spoeldruk	: 10 bar
Debiet	: 300 l/m (grondslag is bepalend)

4.6 Personeel

De inzet van personeel bij een boogzinker kan over het algemeen beperkt blijven tot twee werknemers. De werknemers hebben de volgende taken:

- Inrichten en afzetten van de werklocatie;
- Klaarleggen en opruimen van het materieel;
- Bediening van de boogzinkerinstallatie;
- Aankoppelen van boorstangen;
- Aanmaken van boorspoeling (indien noodzakelijk);
- Verzorgen revisiegegevens;
- Veiligheid bewaken van elkaar en van omstanders.

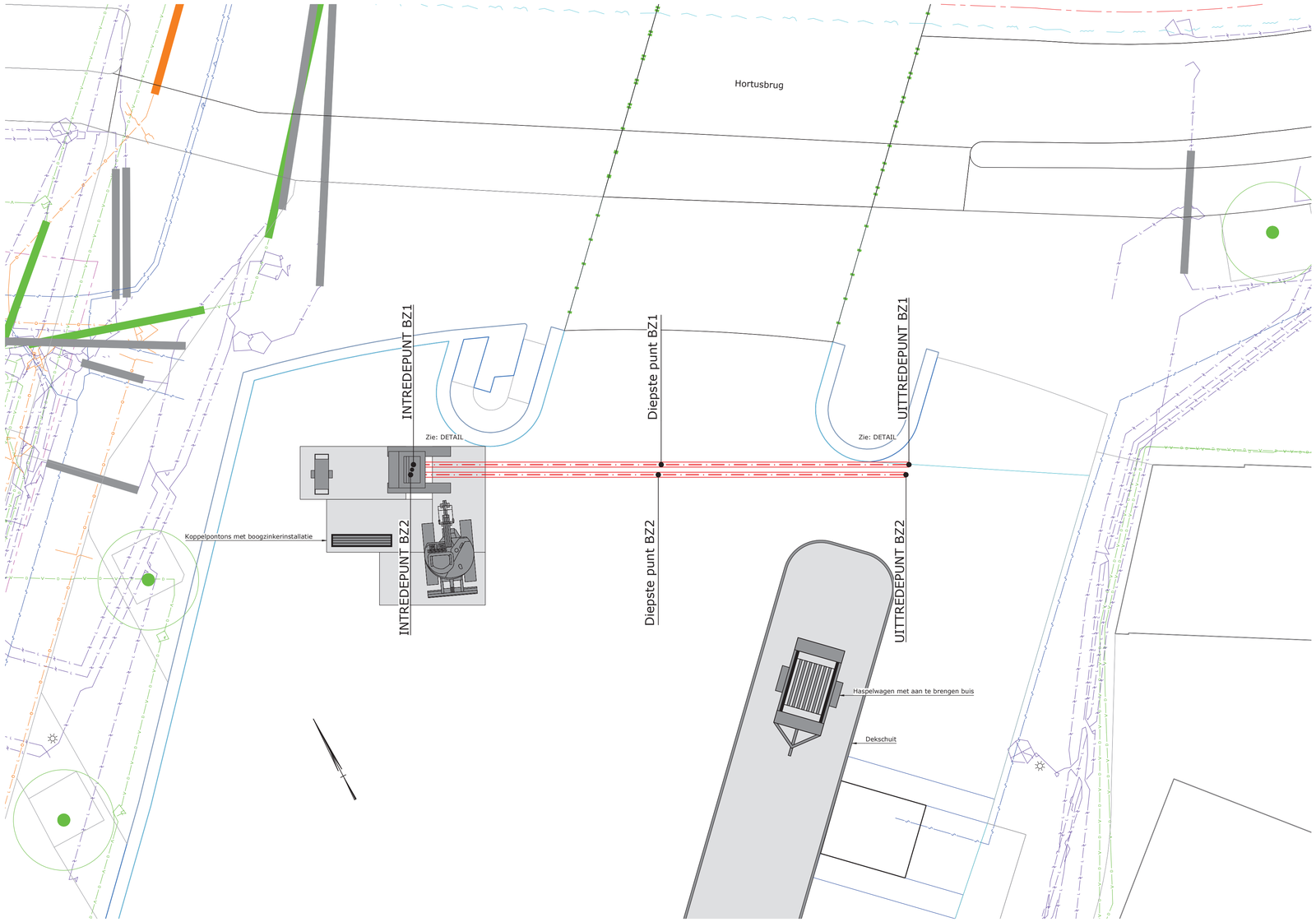
4.7 Geplande werktijd

De geplande werktijd is bepaald in overeenstemming met de ingeschatte voortgangssnelheid per fase. Bij een boogzinker moeten de onderstaande fasen opvolgend worden uitgevoerd.

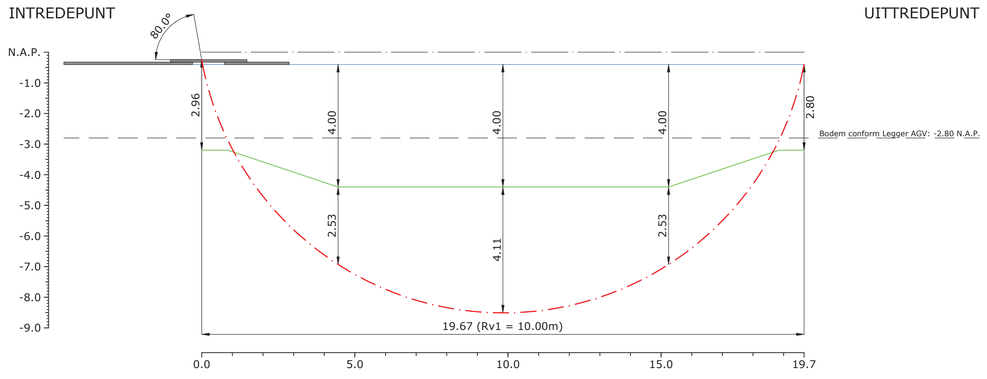
	Werkdag (in uren)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Voorbereidende werkzaamheden								
Controle graafmelding								
Koppelen van pontons								
Opstellen materieel								
Pilotboring eerste boogzinker								
Intrekken eerste mantelbuis								
Pilotboring tweede boogzinker								
Intrekken tweede boogzinker								
Afvoeren van het materieel								

Afbeelding 3: Zinkermachine

BIJLAGE I Vergunningstekening



SITUATIE, SCHAAL 1:100



Afstand t.o.v. intredepunt	0.00	4.45	9.83	15.24	19.67
Hoogte maaiveld t.o.v. N.A.P.	-3.20	-4.40	-4.40	-4.40	-3.20
Hart boring t.o.v. maaiveld	2.96	2.53	4.11	2.53	2.8
Hart boring t.o.v. N.A.P.	-0.24	-6.93	-8.51	-6.93	-0.40

DWARSPROFIEL, SCHAAL 1:100

Legenda kabels&leidingen

- middenspanning - Liander
- datatransport - Liander
- gas lage druk - Liander
- laagspanning - Liander
- riool vrijverval - waternet
- water - waternet
- datatransport - colt
- datatransport - EuNetworks BV
- datatransport - Eurofiber
- laagspanning - gvb
- overig - gvb
- laagspanning - divv-kunstwerken
- datatransport - vdbrpaaisc
- datatransport - KPN
- datatransport - Tele2
- datatransport - VerizonNederlandBV
- datatransport - Ziggo BV
- datatransport - Ziggo Services
- datatransport - BT Nederland

Coördinaten BZ1

INTREDEPUNT
X = 122277.60
Y = 486704.00
Z = -0.24

Diepste punt
X = 122286.32
Y = 486699.46
Z = -8.51

UITTREDEPUNT
X = 122295.04
Y = 486694.91
Z = -0.40

Coördinaten BZ2

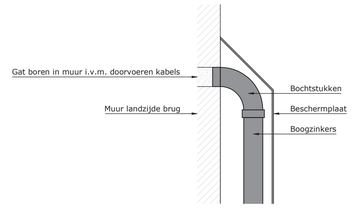
INTREDEPUNT
X = 122277.31
Y = 486703.70
Z = -0.24

Diepste punt
X = 122286.03
Y = 486699.16
Z = -8.51

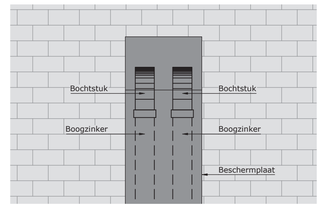
UITTREDEPUNT
X = 122294.75
Y = 486694.61
Z = -0.40

1 Stuks Ø125mm PE100 SDR11

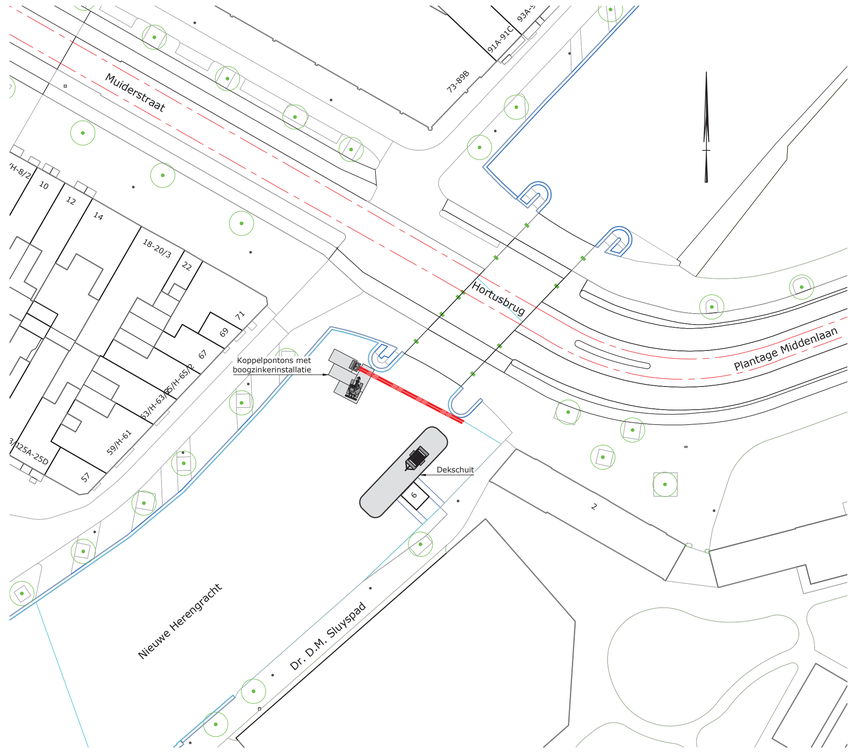
DOORSNEDE BUIZEN, SCHAAL 1:5



DETAIL: ZIJAANZICHT



DETAIL: AANZICHT



BOVENAANZICHT, SCHAAL 1:500

Opmerkingen

Kabels en leidingen zijn indicatief geprojecteerd op basis van KLIC-melding 180013944. Situatie vooraf in de praktijk controleren.

InfraDesk
Zwaluwlaan 58
3121 XX SCHIEDAM
Telefoon : 010-7513333
Website : www.infradesk.info

Hoofdaannemer: Welvreugd

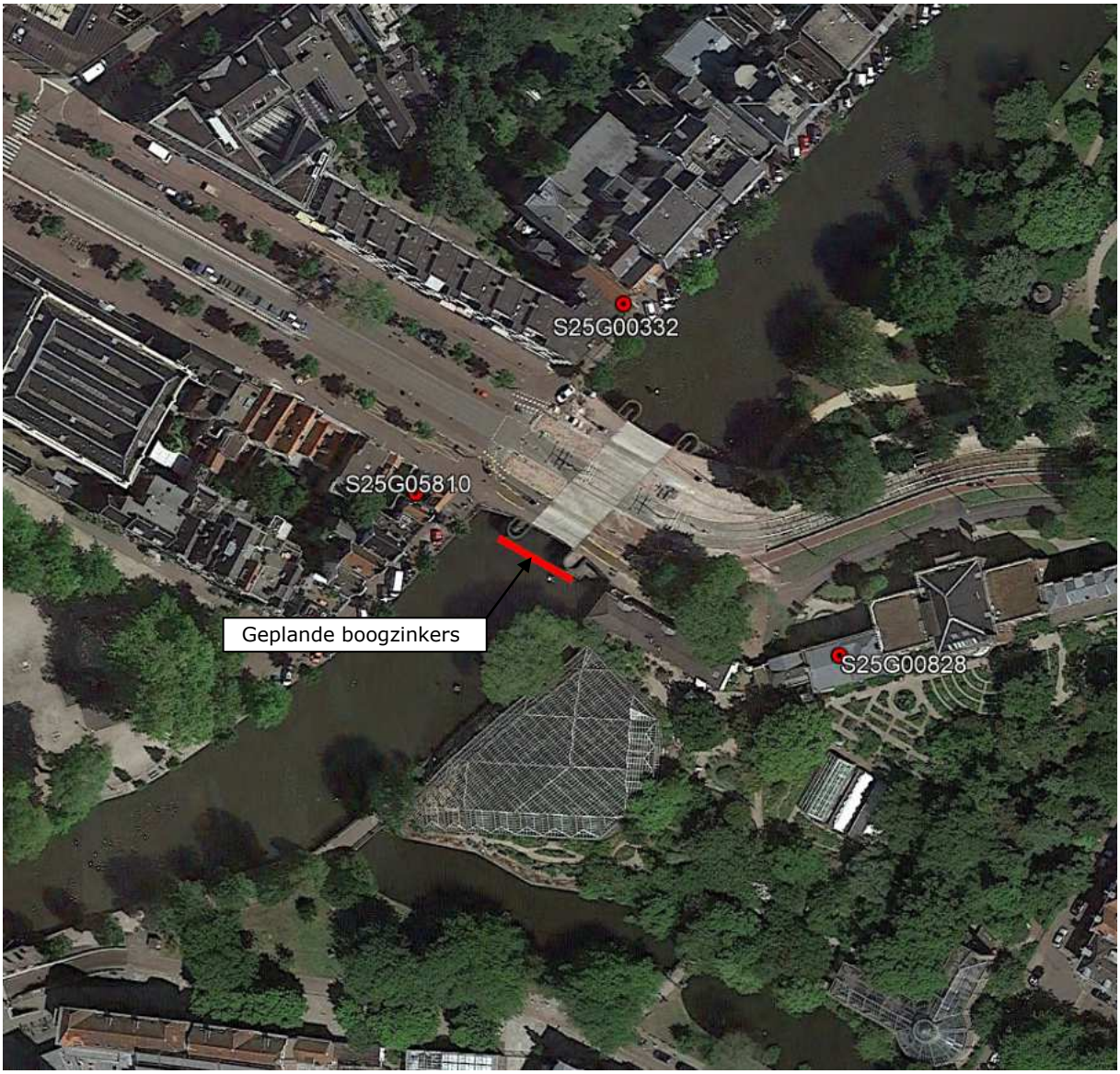
Opdrachtgever: waterOnet

Vergunningstekening	Tekening: VT02
Omschrijving : Boogzinker	Getekend: D. Hamstra
Aanbrengen : 2 Stuks Ø125mm PE100 SDR11, lengte ca 19.7m	Gecontroleerd: S. Hoogerdijk
Plaats : Amsterdam	Datum: 02-03-2018
Locatie : Vanaf Muiderstraat naar Plantage Middenlaan, onder de Nieuwe Herengracht door langs de Hortusbrug	Schaal: 1:5/1:100/1:500
	Formaat: A1

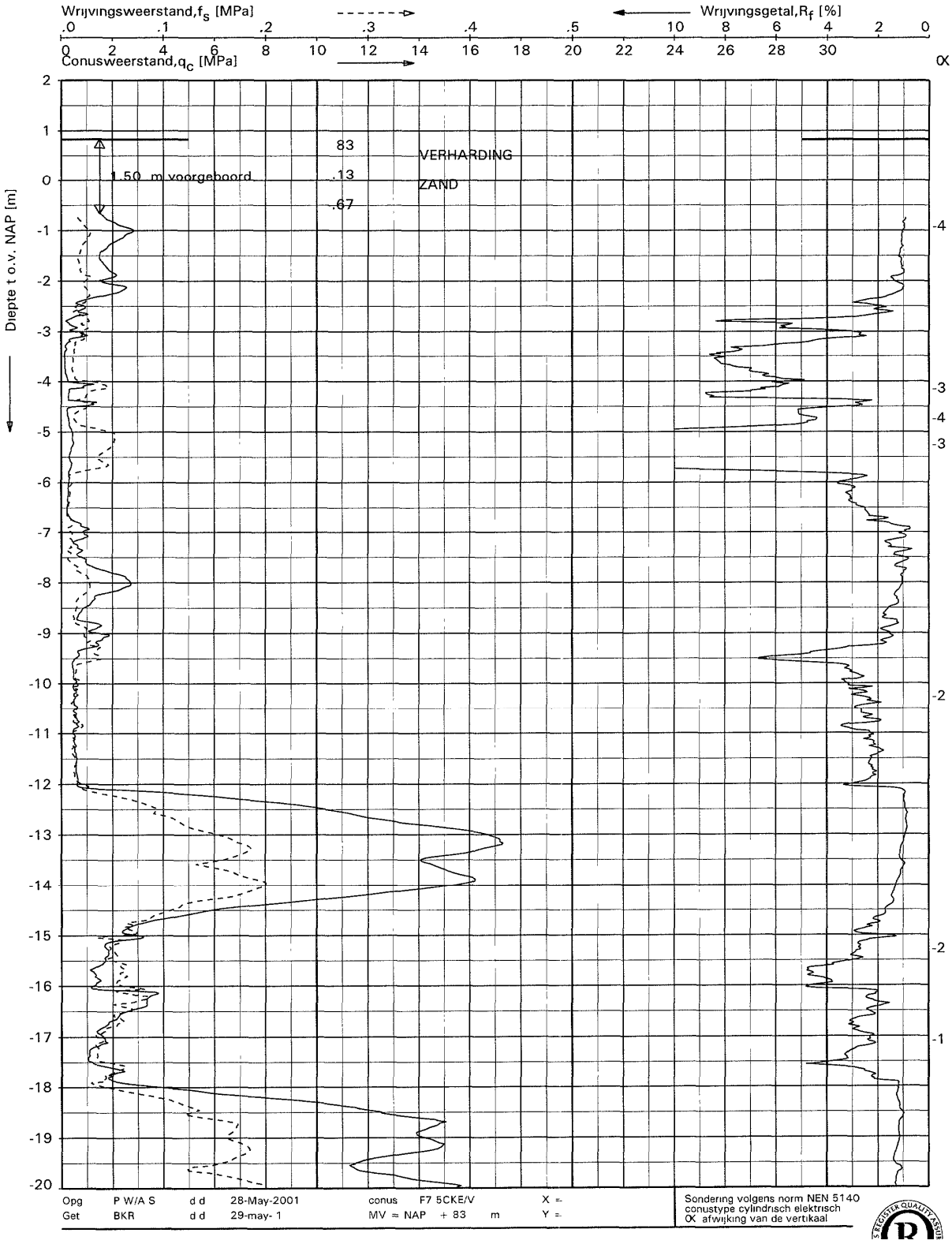
Projectnr. InfraDesk: 2018-028-0002

Projectnr. opdrachtgever: -

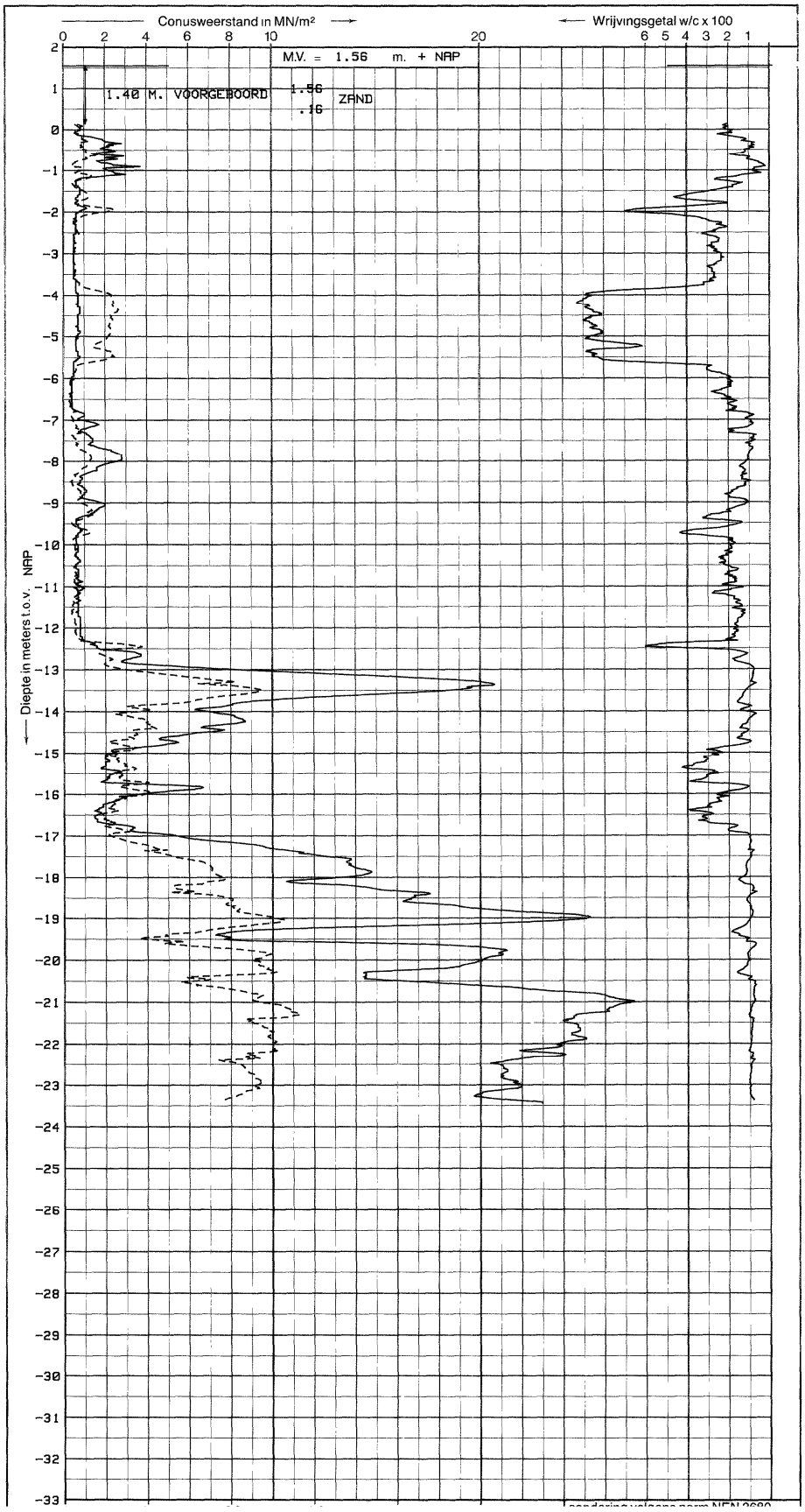
BIJLAGE II Bodemonderzoeken



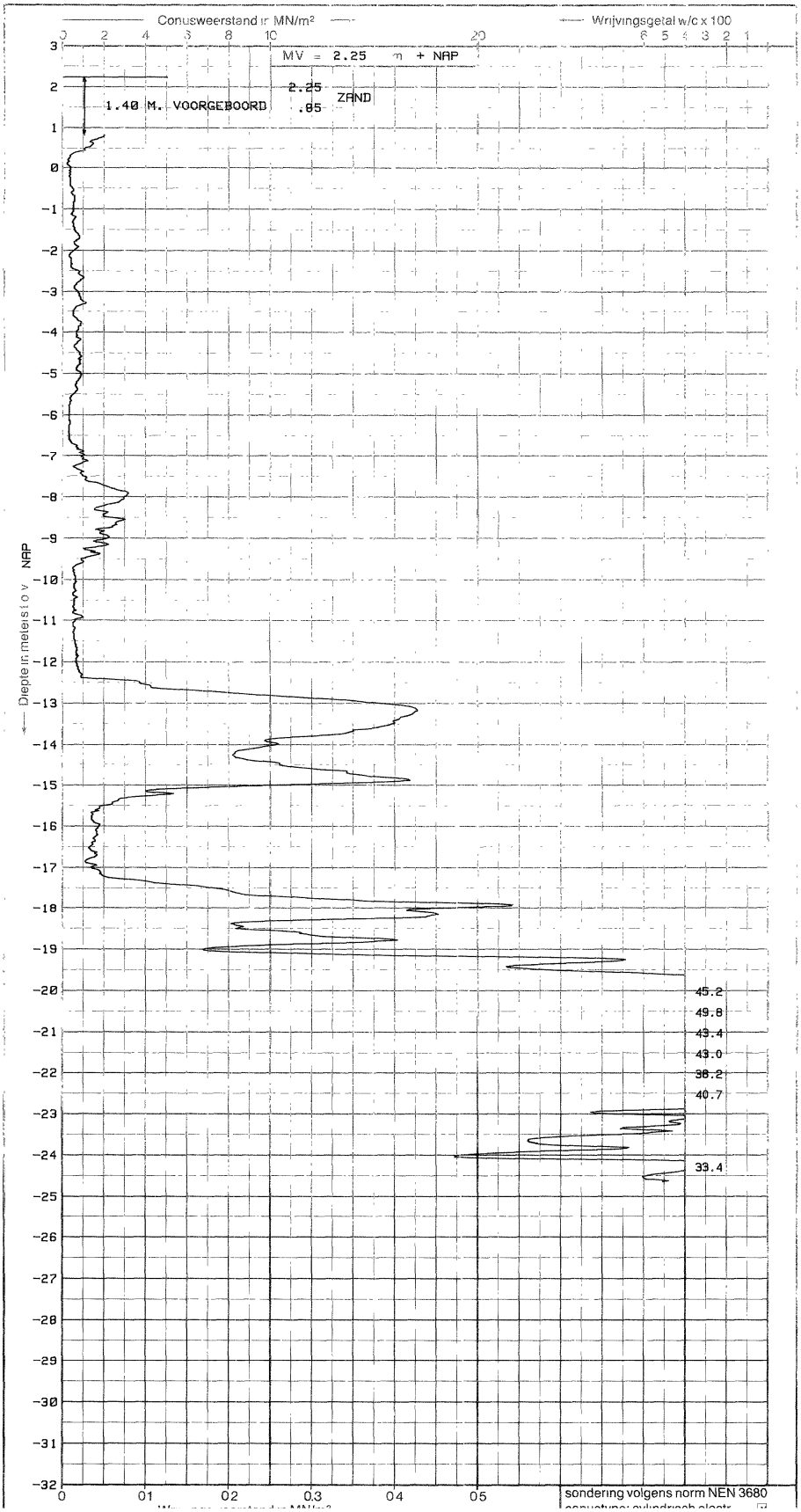
Afbeelding: Overzicht gebruikte bodemonderzoeken (bron: www.dinoloket.nl)



Afbeelding: Sondering S25G00332



Afbeelding: Sondering S25G00828



Afbeelding: Sondering S25G05810

BIJLAGE III Sterkteberekening

Memo

Omschrijving
Welvreugd Drilling heeft InfraDesk gevraagd om sterkteberekeningen te realiseren ten behoeve van twee geplande boogzinkers parallel langs Hortusbrug, nabij de Muiderstraat en de Plantage Middenlaan te Amsterdam. Middels deze boogzinkers zal tweemaal één Ø125mm PE-mantelbuis worden aangebracht. De geometrie van de boogzinkers is identiek. Daarom is er één sterkteberekening opgesteld welke representatief is voor beide boogzinkers. De berekening is gerealiseerd met het programma Sigma van Adviesbureau Schrijvers.

Gebruikte gegevens
De input voor de sterkteberekening is gebaseerd op de bijgevoegde bodemonderzoeken (zie Bijlage II). De grondwaterstand is ingeschat op basis van het waterpeil in de te kruisen watergang, welke is vastgesteld middels GPS-metingen.

Bodemopbouw
Uit de bodemonderzoeken blijkt dat de bodemopbouw t.p.v. de geplande boogzinker bestaat uit verschillende grondlagen van veen, matige klei en leem. Op basis van GPS-metingen is het waterpeil in de te kruisen watergang vastgesteld op -0,40 meter N.A.P. Bij het realiseren van de berekeningen zijn de parameters van deze grondlagen aangehouden conform de NEN3650 en NEN6740.

Uitgangspunten
- In de berekening is niet gerekend met horizontale steundruk;
- In de berekening is het diepste punt getoetst, omdat de buis hier het zwaarst wordt belast.

Conclusies
- Uit de sterkteberekening blijkt dat de buis voor de geplande werkzaamheden voldoet.

Sterkteberekening van een doorpersing conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : 2018-028-0002-VT01
Projectonderdeel : Sterkteberekening boogzinker
Importantiefactor S : 1

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **125,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **11,4**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Aanleggegevens

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 4,11	m
G.W.S. t.o.v. maaiveld		= -4	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Verheeld

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Klei	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 0	kN/m^3
Volumiek gewicht natte grond	γ_n	= 16,5	kN/m^3
Volumiek gewicht water	γ_w	= 10	kN/m^3
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 32,5	°
Niet rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Geen verkeersbelasting ingevoerd
Rekenen met ontlastende invloed wegdek: Geen ontlastende invloed

	14-03-2018 09:50:17

1.0.0.0/01-2018/10-10335026

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 102,20	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 113,60	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 125,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 62,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 51,10	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 56,80	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 6.629.052,19	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 106.064,84	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 123,46	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 21,66	mm^3/mm^1

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.

3. Berekening van de veiligheidszone

Veiligheidszone = $4 \cdot H_{werk} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$ m

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

Leiding is drukloos:
$\sigma_p = 0,00$ N/mm^2

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:
$f_{rr} = 1,00$

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$q_n = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H - \gamma_w \cdot H$
$q_n = 1,1 \cdot 16,5 \cdot 4,11 - 10 \cdot 4,11 = 33,50$ kN/m^2
$Q_n = q_n \cdot D_o$
$Q_n = 33,50 \cdot 10^{-3} \cdot 125 = 4,19$ 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

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$
$M_q = 0,138 \cdot (4,19 + 0,00) \cdot 56,80$
$M_q = 32,82$ Nmm/mm^1

Spanning t.g.v. M_q

$\sigma_q = f_{rr} \cdot M_q / W_w$
$\sigma_q = 1,00 \cdot 32,82 / 21,66 =$ **1,52** N/mm^2

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

Leiding is drukloos
$\sigma_{ax} =$ **0** N/mm^2

1.0.0.0/01-2018/10-10335026

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{123{,}46}{113{,}6^3} = 0{,}0821 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}11} \text{ kN/m}^2$$

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: $\gamma = 1{,}5$

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 123{,}46}{113{,}60^3} = 1{,}56 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 123{,}46}{113{,}60^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,07** m grondwater boven de leiding

12. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

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

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

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (4{,}19 + 0{,}00) - 0{,}083 \cdot (1 - \sin(32{,}5°)) \cdot (4{,}19 + 0{,}00) + 0{,}048 \cdot 0{,}00) \cdot 56{,}80^3}{350 \cdot 123{,}46} = \mathbf{0{,}90} \text{ mm (= 0,79\%)}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · D_g = 0,08 · 1 · 113,60 = **9,09** mm

13. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$\sigma_{y2} = 0{,}65 \cdot 1{,}52 = \mathbf{0{,}98}$ N/mm²

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

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

$\sigma_x = 0{,}65 \cdot 0{,}00 = \mathbf{0{,}00}$ N/mm²

Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8{,}00 \cdot 1{,}00 = \mathbf{8{,}00}$ N/mm²

1.0.0.0/01-2018/10-10335026

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis