



Bemalingsadvies

Project : Van Eeghenstraat 94-98

Opdrachtgever : 5.1, 2, e

Kenmerk : 230491-B2/ARJ

24 april 2025

5.1, 2, e

Datum : : 24 april 2025
Project : : Van Eeghenstraat 94-98
Kenmerk : : 230491-B2/ARJ

Naam	Functie	Paraaf
5.1, 2, e	Adviseur/Teamleider Hydrologie	5.1, 2, e

Telefoon
E-mail

5.1, 2, e
5.1, 2, e [tjadenadvies.nl](mailto:5.1, 2, e@tjadenadvies.nl)

INHOUDSOPGAVE

		bladzijde
1	INLEIDING	1
1.1	Projectlocatie	1
1.2	Afmetingen en niveaus	2
2	BODEMOPBOUW EN GEOHYDROLOGIE	3
2.1	Bodemopbouw	3
2.2	Oppervlaktewater	3
2.3	Grondwaterstand en stijghoogte	3
2.4	Grondwaterkwaliteit	5
3	BEMALING	6
3.1	Gesloten bouwput	6
3.2	Benodigde verlaging van de grondwaterstand	6
3.3	Verticaal bodemevenwicht	6
3.4	Principe-opzet van de bemaling	7
3.5	Debiet van de bemaling	7
4	INVLOED IN DE OMGEVING	9
4.1	Verlagingen grondwaterstand omgeving	9
4.2	Omgevingsaspecten	9
4.3	Maaiveldzakking	9
4.4	Bebouwing	10
4.5	(Ondergrondse) infrastructuur	10
4.6	Groenvoorzieningen	10
4.7	Grondwaterverontreiniging	10
4.8	Bodemenergiesystemen	10
5	MONITORING	11
6	ADVIES- EN AANDACHTSPUNTEN	12
Bijlage A	Sonderingen Fugro	A

1 INLEIDING

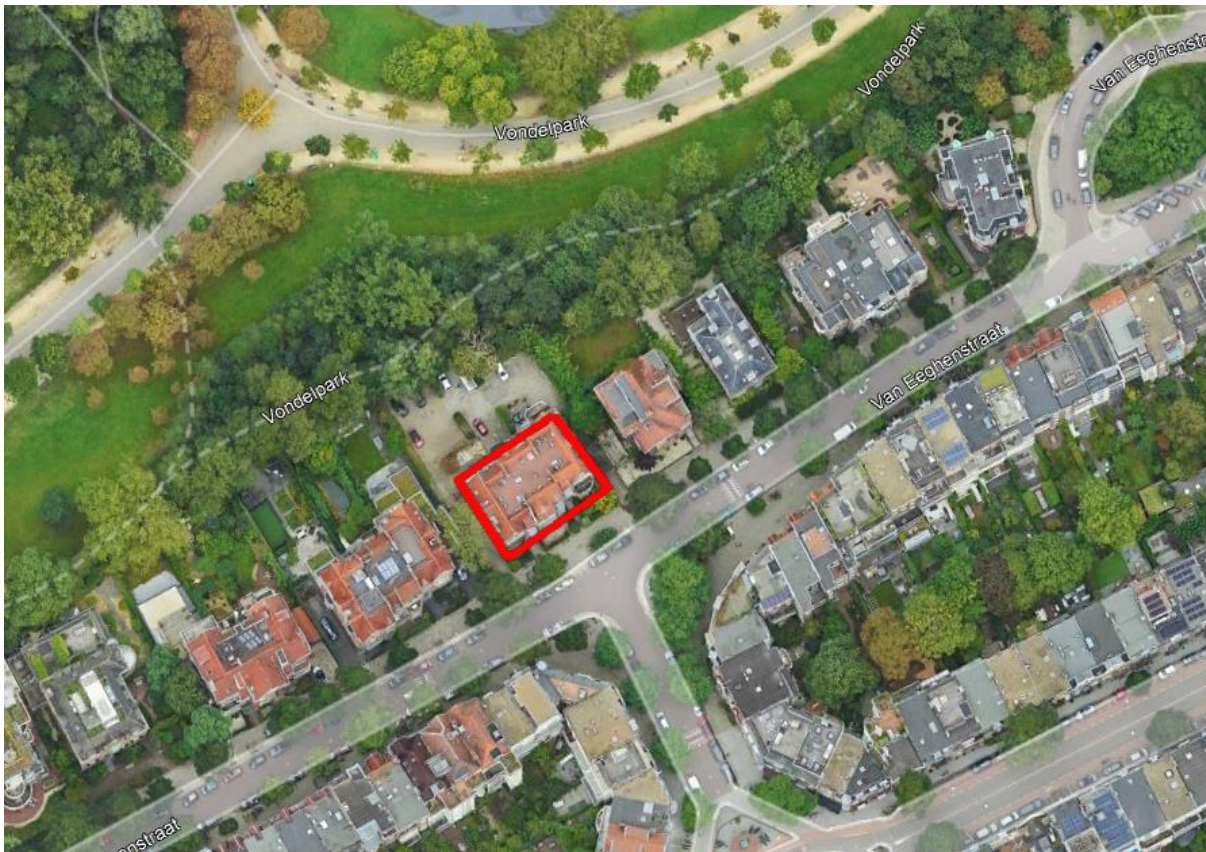
Dit bemalingsadvies heeft betrekking op de onderkeldering van de panden aan de Van Eeghenstraat 94 t/m 98 in Amsterdam. Het bemalingsadvies bevat de volgende onderdelen:

- Berekeningen van de verticale stabiliteit van de bouwputbodem.
- Berekeningen van het onttrekkingsdebiet en invloedsgebied van de bemaling.
- Een voorstel voor de toe te passen bemalingswijze.
- Een beschouwing van de effecten van de bemaling op de omgeving.
- Advies over de toe te passen monitoring.

Dit bemalingsadvies is opgesteld conform het "Protocol 12010 Voorbereiden melding of vergunningsaanvraag", onderdeel van de "BRL SIKB 12000 Tijdelijke grondwaterbemaling".

1.1 Projectlocatie

Het project is gelegen aan de Van Eeghenstraat 94 t/m 98 te Amsterdam. De globale RD - coördinaten bedragen $X = 119.770$ m en $Y = 485.560$ m. In Figuur 1 is de ligging van de projectlocatie op een ondergrond aangegeven.



Figuur 1: Locatieoverzicht. Bron achtergrond: Google Earth.

1.2 Afmetingen en niveaus

Conform opgave van de opdrachtgever gaan wij uit van:

- Onderkant keldervloer: NAP -4,425 m.
- Dikte grondverbetering: 0,3 m zand + 0,15 m werkvloer.
- Maximale ontgravingsdiepte: NAP -4,875 m.
- Lengte x breedte kelder: circa 29 m x 18 m.



2 BODEMOPBOUW EN GEOHYDROLOGIE

2.1 Bodemopbouw

Door Fugro zijn rondom de kelder 4 sonderingen uitgevoerd tot een diepte van circa NAP -25 m (zie bijlage A). Op basis van deze sonderingen is de bodemopbouw geschematiseerd zoals weergegeven in Tabel 1. In deze tabel zijn tevens de gehanteerde geohydrologische parameters gepresenteerd. De Z-lagen betreffen matig tot goed doorlatende (watervoerende) bodemlagen zoals zand en grind. De C-lagen betreffen slecht doorlatende (waterremmende) bodemlagen zoals klei, leem en veen.

Tabel 1: Geïnterpreteerd bodemprofiel

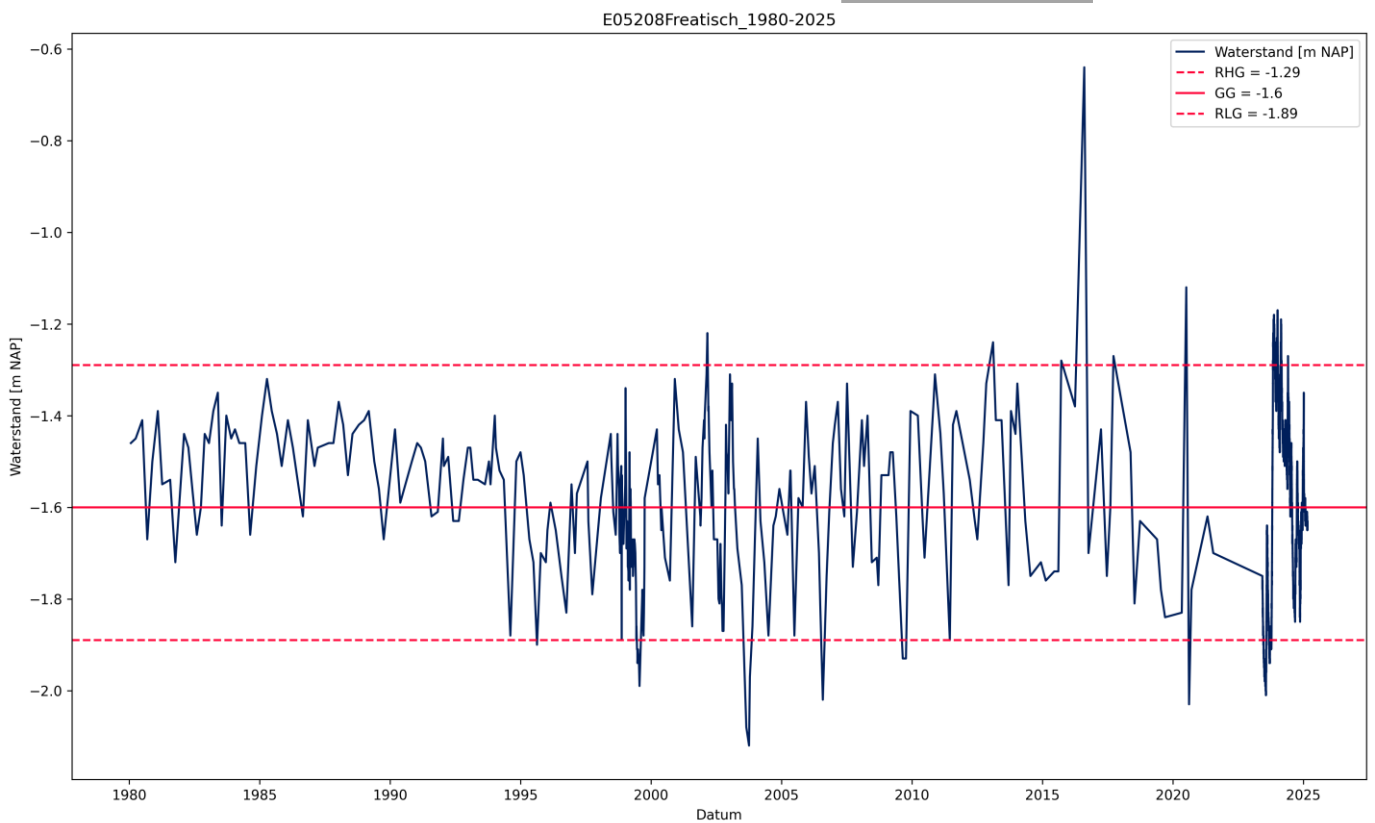
Diepte vanaf [NAP m]	Bodembeschrijving	Geohydrologie	Geohydrologische parameter
-1,0 à +0,2	Maaiveldhoogte	Drainageweerstand	c = 150 dagen
-1,0 à +0,2	Zand, toplaag	Watervoerend (Z1)	kD = 2 à 4 m ² /dag
-2,5 à -3,0	Veen	Waterremmend (C1)	c = 1.000 dagen
-4,5 à -4,7	Klei		
-7,8	Zand (wadzandlaag)	Watervoerend (Z2)	kD = 5 à 10 m ² /dag
-9,0 à -9,5	Klei		
-11,7 à -12,0	Veen	Waterremmend (C1)	c = 2.500 dagen
-12,2 à -12,4	Zand, 1 ^e watervoerend pakket	Watervoerend (Z3)	n.v.t.

2.2 Oppervlaktewater

De dichtstbijzijnde watergang is gelegen op circa 80 m ten noorden van de projectlocatie. Door het Waterschap Amstel Gooi en Vecht wordt het waterpeil beheerst op NAP -2,45 m.

2.3 Grondwaterstand en stijghoogte

In de straat voor de woning staat een freatische peilbuis van Waternet waarin de grondwaterstand van 1980 tot 2025 is gemeten (Figuur 2). Op basis van de meetresultaten gaan wij in dit bemalingsadvies uit van een Representatief Hoge Grondwaterstand (RHG) van NAP -1,29 m, een gemiddelde grondwaterstand van NAP -1,60 m en Representatief Lage Grondwaterstand (RLG) van NAP -1,89 m. Om inzicht te krijgen in de stijghoogte in de wadzandlaag (Z2-laag) hebben wij in deze laag een peilbuis geplaatst en de stijghoogte gedurende een periode van 4 weken gemeten. Hieruit blijkt dat de stijghoogte in de wadzandlaag circa NAP -1,75 m bedraagt (Figuur 3). De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket bedraagt op basis van Waternet peilbuis E05549 III (nabij Museumplein) circa NAP -2,6 m.



Figuur 2: Tijd-grondwaterstandsgrafiek Waternet peilbuis E05208-Freatisch



Figuur 3: Tijd-stijghoogtegrafiek Tjaden peilbuis P1

2.4 Grondwaterkwaliteit

Door APS-Milieu B.V. is op de locatie een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd (Projectcode R19-B094, februari 2019). Tijdens dit onderzoek is grondwater bemonsterd dat matig verontreinigd is met minerale olie. In het rapport wordt door APS aanbevolen aanvullend onderzoek uit te voeren naar deze verontreiniging.

Het brak zout grensvlak (1.000 mg/l chloride) bevindt zich op een diepte van circa NAP -150 m (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, via grondwatertools.nl). Op basis hiervan verwachten wij dat het ondiepe grondwater zoet is.

3 BEMALING

3.1 Gesloten bouwput

De kelder wordt gerealiseerd binnen een rondom met grond- en waterkerende damwanden gesloten bouwput. De onderzijde van de damwand komt op NAP -11,0 m. De onderzijde van de damwand bevindt zich hiermee in de slecht waterdoorlatende C2-laag, waardoor het freatische pakket (Z1-laag) en de wadzandlaag (Z2-laag) in horizontale richting worden afgesloten. Voor meer informatie over de damwand verwijzen wij naar het separaat uitgebrachte damwandadvies.

3.2 Benodigde verlaging van de grondwaterstand

De grondwaterstand dient tot NAP -4,875 m (onderzijde grondverbetering) te worden verlaagd. Dit komt neer op een verlaging van circa 3,6 m ten opzichte van de aangehouden RHG.

3.3 Verticaal bodemevenwicht

Het verticale bodemevenwicht dient in alle bouwfasen en op alle diepte-niveaus gewaarborgd te zijn. Het gaat daarbij met name om het verticale evenwicht van cohesieve bodemlagen die, vooral in verticale richting, relatief slecht doorlatend zijn; dit betreft meestal klei-, leem-, en veenlagen. Het verticaal bodemevenwicht is getoetst met behulp van opbarstberekeringen. De berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN-9997-1/C1. Conform de norm is rekening gehouden met partiele materiaalfactor (veiligheidsfactor) van 0,9 op de neerwaartse gronddruk. De uitgangspunten en resultaten van de berekening zijn gepresenteerd in Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2: Uitgangspunten en resultaten opbarstberekening (wadzandlaag)

Van [NAP m]	Tot [NAP m]	Grondsoort	Dikte laag [m]	Volumiek gewicht [kN/m ³]	Totaal [kN/m ²]
-4,875	-6,0	Klei, siltig	1,125	16,0	18,0
-6,0	-7,75	Klei, zandig	1,75	1,70	29,8
Gronddruk onder ontgraving					47,8
Totale neerwaartse gronddruk (inclusief materiaalfactor 0,9)					43,0
Opwaartse waterdruk bij stijghoogte van NAP -1,75 m					60,0
Veiligheidsfactor [N]					0,72
Toegestane stijghoogte [m NAP]					-3,45
Benodigde verlaging [m NAP]					1,70

Tabel 3: Uitgangspunten en resultaten opbarstberekening (1^e watervoerend pakket)

Van [NAP m]	Tot [NAP m]	Grondsoort	Dikte laag [m]	Volumiek gewicht [kN/m ³]	Totaal [kN/m ²]
-4,875	-6,0	Klei, siltig	1,125	16,0	18,0
-6,0	-7,75	Klei, zandig	1,75	1,70	29,8
-7,75	-9,0	Zand	1,25	18,0	22,5
-9,0	-11,75	Klei siltig	2,75	15,0	41,3
-11,75	-12,0	Veen	0,25	12,0	3,0
Gronddruk onder ontgraving					114,5
Totale neerwaartse gronddruk (inclusief materiaalfactor 0,9)					103,1
Opwaartse waterdruk bij stijghoogte van NAP -2,6 m					94,0
Veiligheidsfactor [N]					1,10
Toegestane stijghoogte [m NAP]					-1,70
Benodigde verlaging [m NAP]					n.v.t.

Uit de opbarstberekening blijkt dat de veiligheid tegen opbarsten vanuit de wadzandlaag onvoldoende is ($N < 1$). De stijghoogte in de wadzandlaag dient met 1,70 m te worden verlaagd. Na aanbrengen van de grondverbetering van 0,3 m zand volstaat een verlaging tot NAP -2,9 m (1,2 m verlaging). De veiligheid tegen opbarsten vanuit het eerste watervoerend pakket is ruim voldoende. De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket hoeft niet te worden verlaagd.

3.4 Principe-opzet van de bemaling

3.4.1 Freatische pakket

Wij adviseren de bouwput tijdens het ontgraven leeg te malen met een klokpomp/dompelpomp. Door de opdrachtgever is aangegeven dat grondverbetering onder de keldervloer wordt uitgevoerd met zand met een zeer hoge doorlatendheid. Dit in het kader van de regelgeving omtrent grondwater neutrale kelderbouw. De grondwaterstandsverlaging kan dan in stand worden gehouden met 2 verzamelputten in de grondverbetering waar vandaan het grondwater met de klokpomp/dompelpomp wordt afgevoerd.

3.4.2 Wadzandlaag

Wij adviseren om de stijghoogte in de wadzandlaag te verlagen met verticale ontlastfilters en daarbij uit te gaan van de volgende principe-opzet:

- Geperforeerde deel filters afgesteld tussen NAP -8,0 m en NAP -10,0 m.
- Filters aan de binnenzijde van de damwand in de damwandkassen.
- Onderlinge afstand tussen de filters van circa 6 meter.
- Filters tijdens het ontgraven mee afzagen op het ontgravingsniveau.
- Filters laten overlopen in de bouwput, waarna het water met de horizontale drainage (zie paragraaf 3.4.1) wordt afgevoerd.

Bij ontgravingen beneden NAP -3,3 m is sprake van onvoldoende veiligheid tegen opbarsten. De ontlastfilters dienen daarom vanaf een ontgravingsniveau van NAP -3,3 m of hoger te worden aangebracht (let op: er kan dan meteen water omhoog komen). Wij adviseren in het midden van de put één extra filter te plaatsen welke niet met het ontgravingsniveau mee wordt afgezaagd. Dit filter dient ter controle van de stijghoogte de wadzandlaag in het midden van de put. Zodra de stijghoogte in dit filter is verlaagd tot NAP -3,45 m of lager, kan de bouwput tot het eindniveau van NAP -4,875 m worden ontgraven. Het extra filter in de put kan dan worden afgedicht en weggewerkt onder de werkvloer. Indien het verlagingniveau van NAP -3,45 m in de put niet wordt gehaald kunnen extra ontlastfilters worden geplaatst.

3.5 Debiet van de bemaling

Voor het berekenen van het onttrekkingsdebiet en de verlagingen in de omgeving hebben wij een grondwatermodel opgesteld met computerprogramma MicroFEM. Bij de berekeningen hebben wij de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- bodemparameters conform Tabel 1;
- een hoge grondwaterstand tijdens uitvoering;
- een damwandweerstand van 100 dagen (Z1-laag en Z2-laag);
- stationaire bemaling.

De benodigde verlagingen en berekende debieten zijn in Tabel 4 weergegeven.

Tabel 4: Benodigde verlaging en berekend waterbezwaar

Onderdeel	Verlaging [m]	Debiet [m ³ /uur]
Ontgraven (eenmalig leegmalen)	n.v.t.	5
Keldervloer	3,6 (Z1-laag) 1,7 (Z2-laag)	1 à 2

3.5.1 Lozing op vuilwaterriool

Wij stellen voor het onttrokken grondwater te lozen op het vuilwaterriool. Uit het Omgevingsplan van de gemeente volgt dat de concentratie onopgeloste stoffen maximaal 300 mg/liter mag bedragen.

3.5.2 Regelgeving

Op basis van de planning (onttrekkingsduur) kan het totale onttrekkingsdebiet worden bepaald. Zodra het totale onttrekkingsdebiet en de onttrekkingsduur zijn vastgesteld dienen de onttrekking en lozing te worden getoetst aan de regelgeving uit de Waterschapsverordening van Amstel Gooi en Vecht en het Omgevingsplan van de gemeente Amsterdam.

4 INVLOED IN DE OMGEVING

4.1 Verlagen grondwaterstand omgeving

Als gevolg van de onttrekking treden in de omgeving van de bouwput verlagen op. De berekende verlagen hebben wij in Tabel 5 gepresenteerd.

Tabel 5: Berekende verlagen t.o.v. hoge grondwaterstand/stijghoogte

Afstand van de bouwput [m]	Freatische toplaag (Z1-laag) [m]	Wadzandlaag (Z2-laag) [m]
0	0,10	0,25
5	0,05	0,20
20		0,15
30		0,10
70		0,05

4.2 Omgevingsaspecten

Het verlagen van de grondwaterstand kan nadelige gevolgen hebben voor de omgeving. In Tabel 6 hebben wij een overzicht gepresenteerd van alle relevante omgevingsaspecten die binnen het invloedsgebied van de onttrekking aanwezig zijn.

Tabel 6: Overzicht omgevingsaspecten

Omgevingsaspect	Bron	Aanwezig
Bebouwing	BAG (kadaster)	Ja
Kabels- en leidingen	Geen bron	Ja (verwachting)
Wegen	Google Maps/Streetview	Ja
Spoor	Google Maps/Streetview	Nee
Waterkeringen	Legger waterschap	Nee
Grondwaterverontreinigingen	Bodeminformatie op kaart Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied en verkennend bodemonderzoek APS-Milieu B.V. (projectcode R19-B094, februari 2019)	Ja
Rijksmonumenten	Atlas leefomgeving	Ja
Grondwaterbeschermingsgebied	Atlas leefomgeving	Nee
Beschermde natuurgebieden (Natura2000 en EHS)	Atlas leefomgeving	Nee
Groenvoorziening	PDOK luchtfoto	Ja
Archeologische terreinen	Archeologische monumenten kaart-2014	Nee
Bodemenergiesystemen	www.wkotool.nl	Ja
Onttrekkingen van derden	www.wkotool.nl	Nee
Brak/zout grondwater	www.grondwatertools.nl	Nee

In de onderstaande paragrafen beschrijven wij de effecten van de onttrekking op de omgevingsaspecten die aanwezig zijn binnen het invloedsgebied.

4.3 Maaiveldzakking

Verlagen van de grondwaterstand beneden de natuurlijke lage waarde kunnen leiden tot het optreden van zettingen in samendrukbare bodemlagen (met name klei en veen) die onder de grondwaterspiegel aanwezig zijn. Deze zettingen leiden tot zakking van het maaiveld. De verlagen van de grondwaterstand en stijghoogte blijven

direct buiten de bouwkuip beperkt tot maximaal 0,10 m (grondwaterstand) en 0,2 m (stijghoogte). Bij een uitvoering in een zeer droge periode kunnen deze verlagingen in theorie leiden tot het optreden van beperkte maaiveldzakkingen van circa 3 mm (resultaat indicatieve berekening met D-Settlement).

4.4 Bebouwing

Aan weerszijden van de projectlocatie is op korte afstand bestaande bebouwing aanwezig. Dit betreft bebouwing uit 1902 (Van Eeghenstraat 92, tevens een Rijksmonument) en bebouwing uit 1907 (Van Eeghenstraat 100). Deze panden zijn naar verwachting op houten palen gefundeerd. Uit de "SBR Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstands daling op de bebouwing" volgt dat de gebouwzakking bij houten paalfunderingen 5 tot 40% bedraagt van de berekende maaiveldzakking. Uitgaande van 40% bedraagt de gebouwzakking van de panden circa 1 mm (bij uitvoering in een zeer droge periode). De theoretische schadecategorie komt dan uit op 1 (er bestaat een zeer geringe kans op zeer lichte schade).

4.5 (Ondergrondse) infrastructuur

In het trottoir en onder de weg zijn naar verwachting diverse kabels en leidingen aanwezig. De maaiveldzakking is berekend op 3 mm. Uit de F530-Bouwkuipen in stedelijk gebied volgt dat ondergrondse leidingen 10 mm (brosse leidingen) tot 50 mm (ductiele leidingen) zakking moeten kunnen ondergaan. Op basis van dit uitgangspunt beschouwen wij de zakkingen als acceptabel.

4.6 Groenvoorzieningen

Rondom de bouwput zijn diverse bomen aanwezig. Bij een uitvoering in een zeer droge periode kan het wenselijk zijn om de bomen binnen circa 20 m afstand van de bouwput van extra water te voorzien.

4.7 Grondwaterverontreiniging

Door APS-Milieu B.V. is op de locatie een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd (Projectcode R19-B094, februari 2019). Tijdens dit onderzoek is grondwater bemonsterd dat matig verontreinigd is met minerale olie. In het rapport wordt door APS aanbevolen aanvullend onderzoek uit te voeren naar deze verontreiniging. De peilbuis waarin de verontreiniging is aangetroffen, staat op circa 2 m afstand van de damwand. Mogelijk wordt een beperkte hoeveelheid met minerale olie verontreinigd grondwater onttrokken. Van verplaatsing van de verontreiniging is geen sprake (de onttrekking vindt min of meer plaats in de verontreiniging).

Uit de bodeminformatie op kaart van de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied blijkt dat verder binnen het invloedsgebied van de onttrekking geen grondwaterverontreinigingen aanwezig zijn.

4.8 Bodemenergiesystemen

Op circa 40-50 m afstand van de onttrekking zijn 4 gesloten bodemenergiesystemen aanwezig (Van Eeghenstraat 106). De onttrekking zorgt ervoor dat in de Z2-laag ter plaatse van de systemen een (extra) grondwaterstroming opgang komt. Hierdoor zal het rendement van de warmtewisselaar van de systemen in de Z2-laag minimaal afnemen. De warmtewisselaars zijn echter tot veel grotere diepten aangebracht (120 m, op basis van wkotool.nl). Op deze diepte wordt de warmte uitwisseling met het grondwater niet meer beïnvloed door de onttrekking. Het overall rendementsverlies is hierdoor verwaarloosbaar.

5 MONITORING

Uit hoofdstuk 4 blijkt dat de effecten van de onttrekking op de omgeving beperkt zijn. Om deze reden kan met een beperkte monitoringsinspanning worden volstaan. Deze kan bestaan uit:

- 2 freatische peilbuizen (Z1-laag) en 2 peilbuizen met filter in de wadzandlaag (Z2-laag) ter controle van de waterdichtheid van de bouwput (zie Figuur 4). De grondwaterstand/stijghoogte in de peilbuizen dient minimaal dagelijks (op werkdagen) te worden gemeten. Bij voorkeur worden de peilbuizen voorzien van automatische sensoren. Signaal- en alarmwaarden dienen te worden bepaald op basis van de nulmeting (ten minste 1 week voor start onttrekking te starten).
- Monitoring van het onttrekkings- en lozingsdebiet met geijkte debietmeters. De onttrokken hoeveelheden grondwater dienen dagelijks in een logboek te worden geregistreerd.



Figuur 4: Indicatieve locatie peilbuizen (freatisch pakket en wadzandlaag)

6 ADVIES- EN AANDACHTSPUNTEN

Op basis van de voorgaande hoofdstukken presenteren wij hieronder onze belangrijkste advies- en aandachtspunten:

Op basis van de planning (onttrekking sduur) kan het totale onttrekkingsdebiet worden bepaald. Zodra het totale onttrekkingsdebiet en de onttrekking sduur zijn vastgesteld dienen de onttrekking en lozing te worden getoetst aan de regelgeving uit de Waterschapsverordening van Amstel Gooi en Vecht en het Omgevingsplan van de gemeente Amsterdam.

Bijlage A *Sonderingen Fugro*

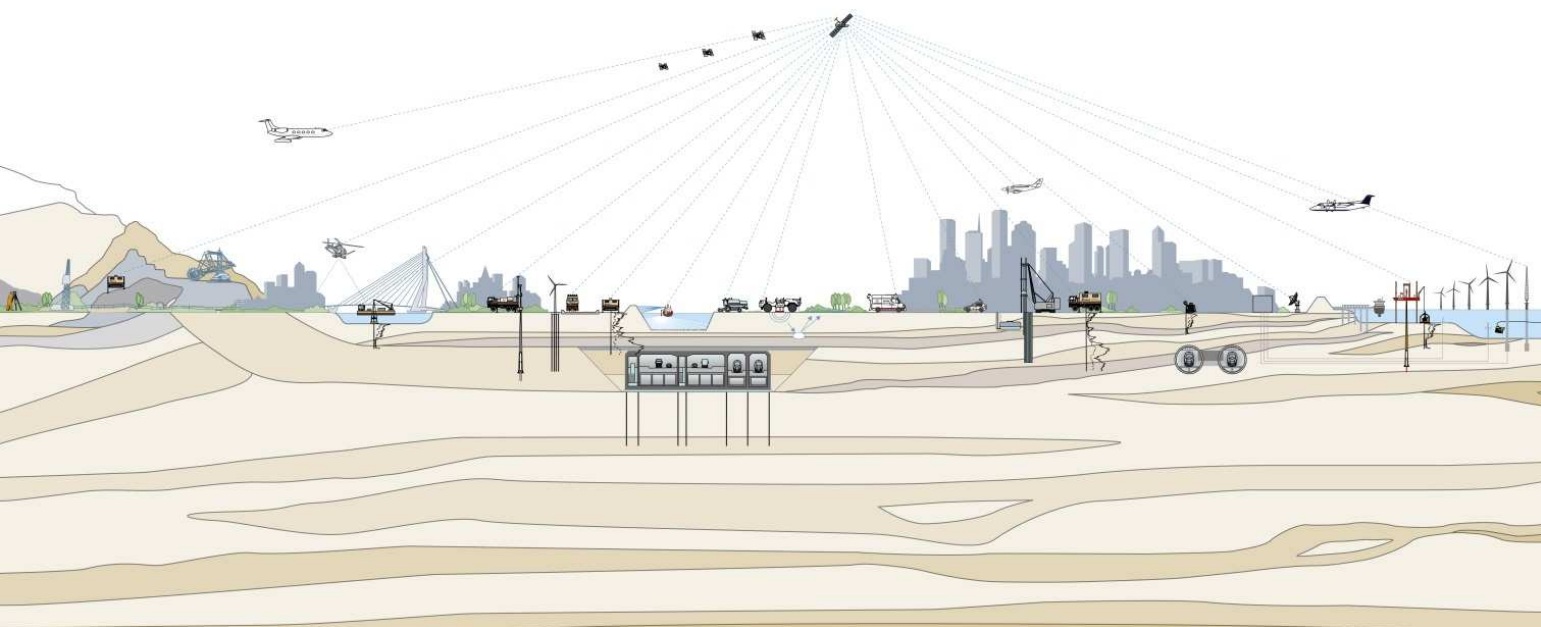


**Geotechnisch onderzoek
Van Eeghenstraat 94-98 te Amsterdam**

Document Nr.: 9017-1572-001

Versie: 2.0

Datum: 5 maart 2019



5.1, 2, e

Opdrachtgever

5.1, 2, e

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
 Zekeringstraat 41a
 1014 BV Amsterdam
 T 020 65 10800

Projectleider

5.1, 2, e

Versiebeheer

1.0	Initiële versie	5.1, 2, e	5.1, 2, e	5.1, 2, e	25-10-2018
2.0	DKM1	5.1, 2, e	5.1, 2, e	5.1, 2, e	05-03-2019
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

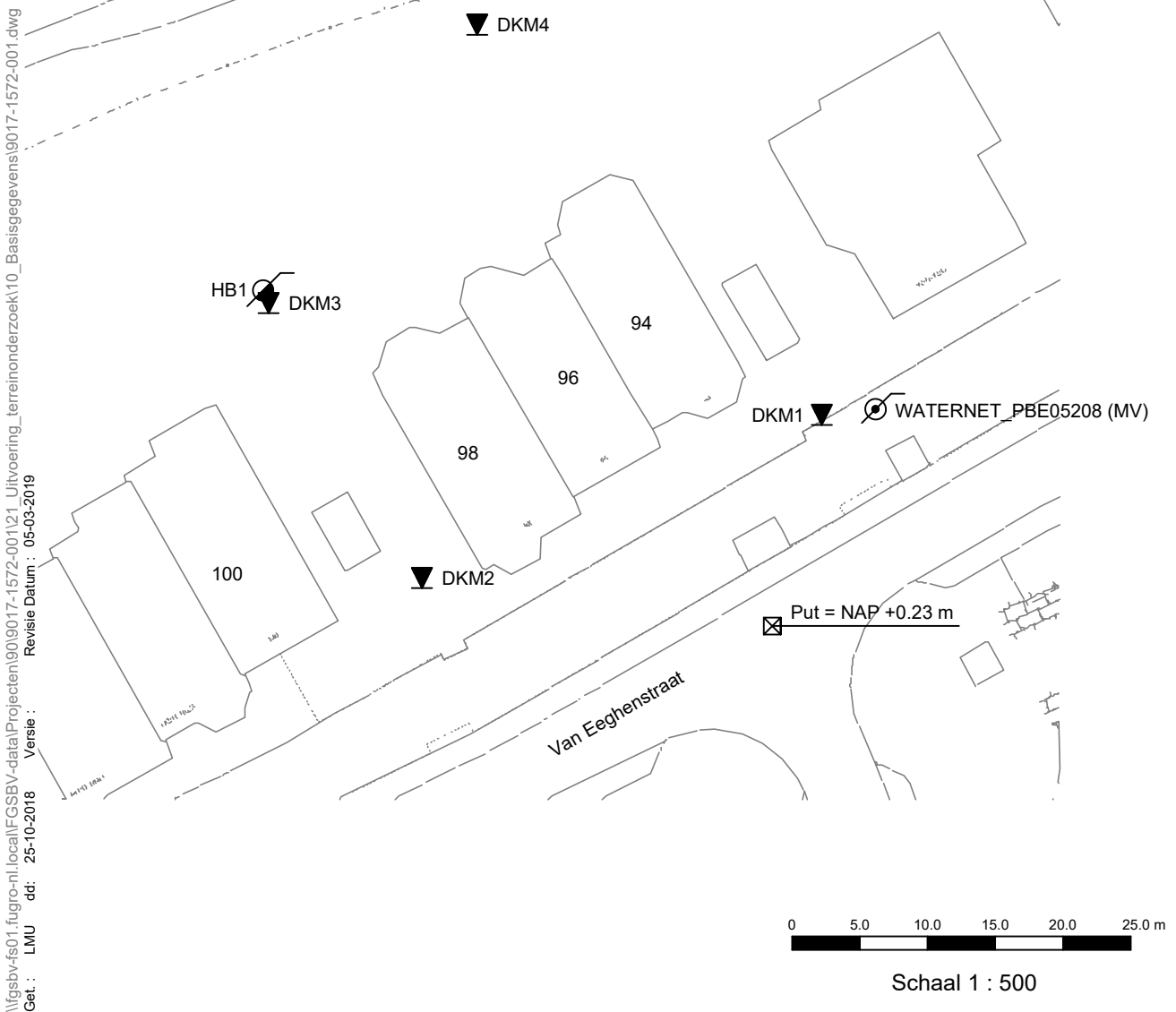
- 1. RAPPORTAGE OVERZICHT**
- 2. SITUATIETEKENING**
- 3. ONDERZOEKSDATA**
- 4. TOELICHTING GEOTECHNISCH ONDERZOEK**
- 5. CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN**
- 6. LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN**

RAPPORTAGE OVERZICHT



Projectomschrijving: Van Eeghenstraat 94-98 te Amsterdam
Projectnummer: 9017-1572-001

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m)	Grondwater- stand (m)	Opmerking
	X	Y	t.o.v. NAP	t.o.v. NAP	
DKM1	119785.4	485556.5	+0.26		
DKM2	119755.9	485544.5	-0.50	-2.00	
DKM3	119744.5	485564.8	-1.16	-1.96	
DKM4	119759.9	485585.3	-1.23	-2.13	Gestaakt, onvoldoende reactiekracht
HB1	119744.1	485565.6	-1.17		
HB1_PB1			-0.86	-1.76	
WATERNET_PBE05208 (MV)	119789.3	485556.8	+0.21		
WATERNET_PBE05208 (BKPB)			+0.16	-1.84	
Put	119781.7	485540.8	+0.23		



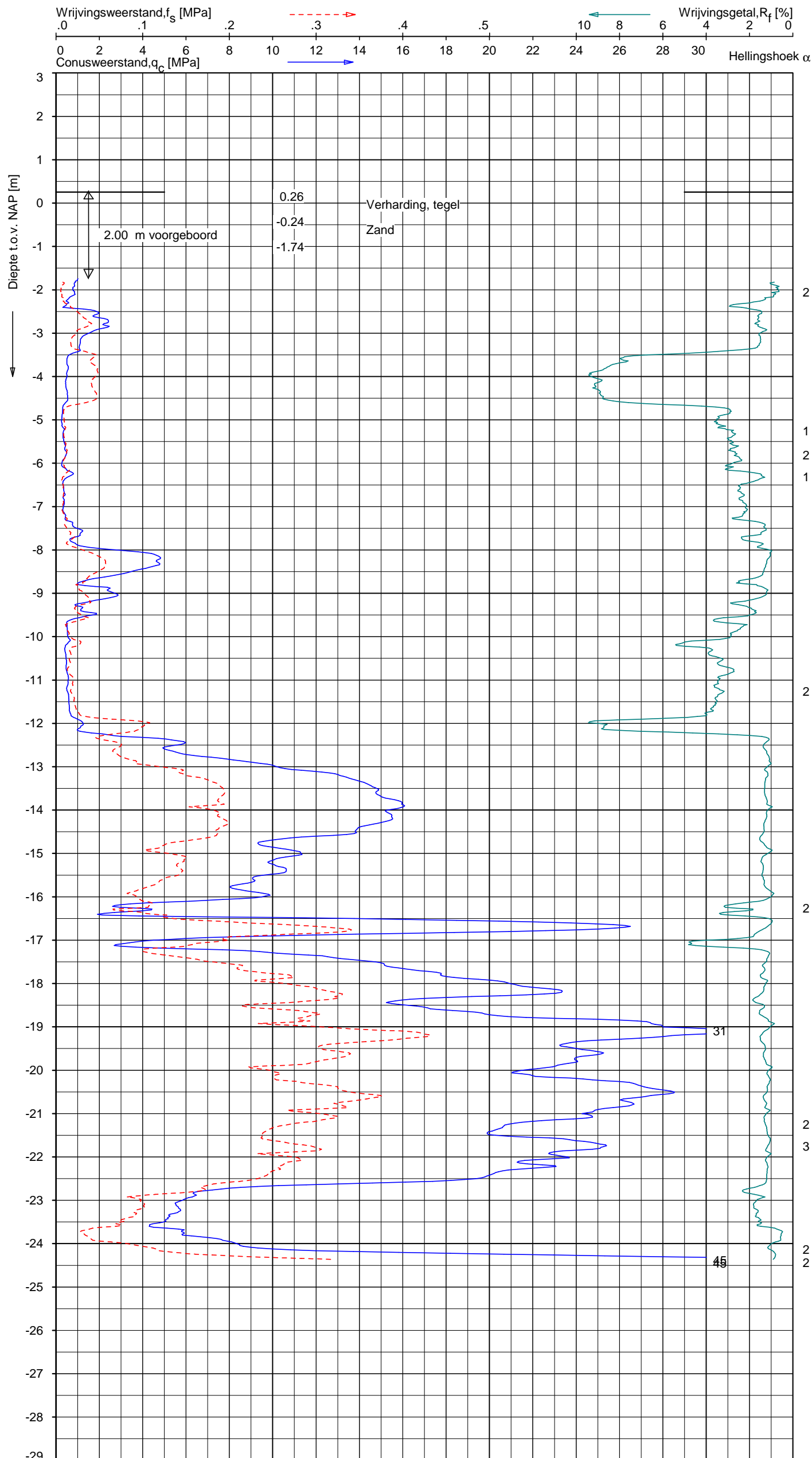
Wijziging A	05-03-2019	DKM1	LMU
-------------	------------	------	-----

SITUATIE

VAN EEGHENSTRAAT 94-98 TE AMSTERDAM

Opdr. : 9017-1572-001

Bijl. : 1A



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

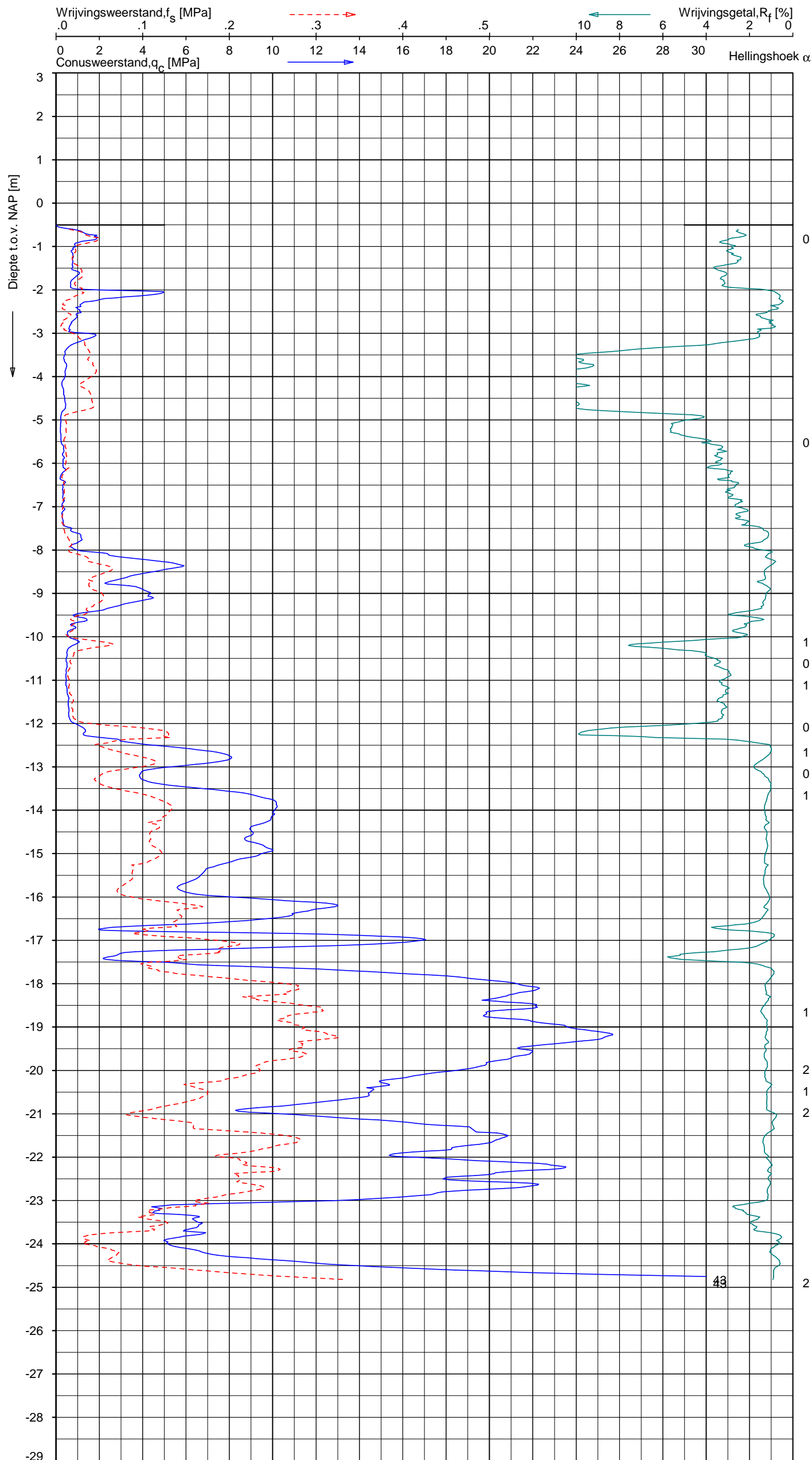


Opg. : AVS d.d. 01-mrt-2019 Coord.: X=119785.4 m Y=485556.5 m Systeem: RD
 Get. : Murenaite d.d. 05-mrt-2019 MV = NAP +0.26 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3041
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

VAN EEGHENSTRAAT 94-98 TE AMSTERDAM

Opdr. 9017-1572-001
 Sond. DKM1



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

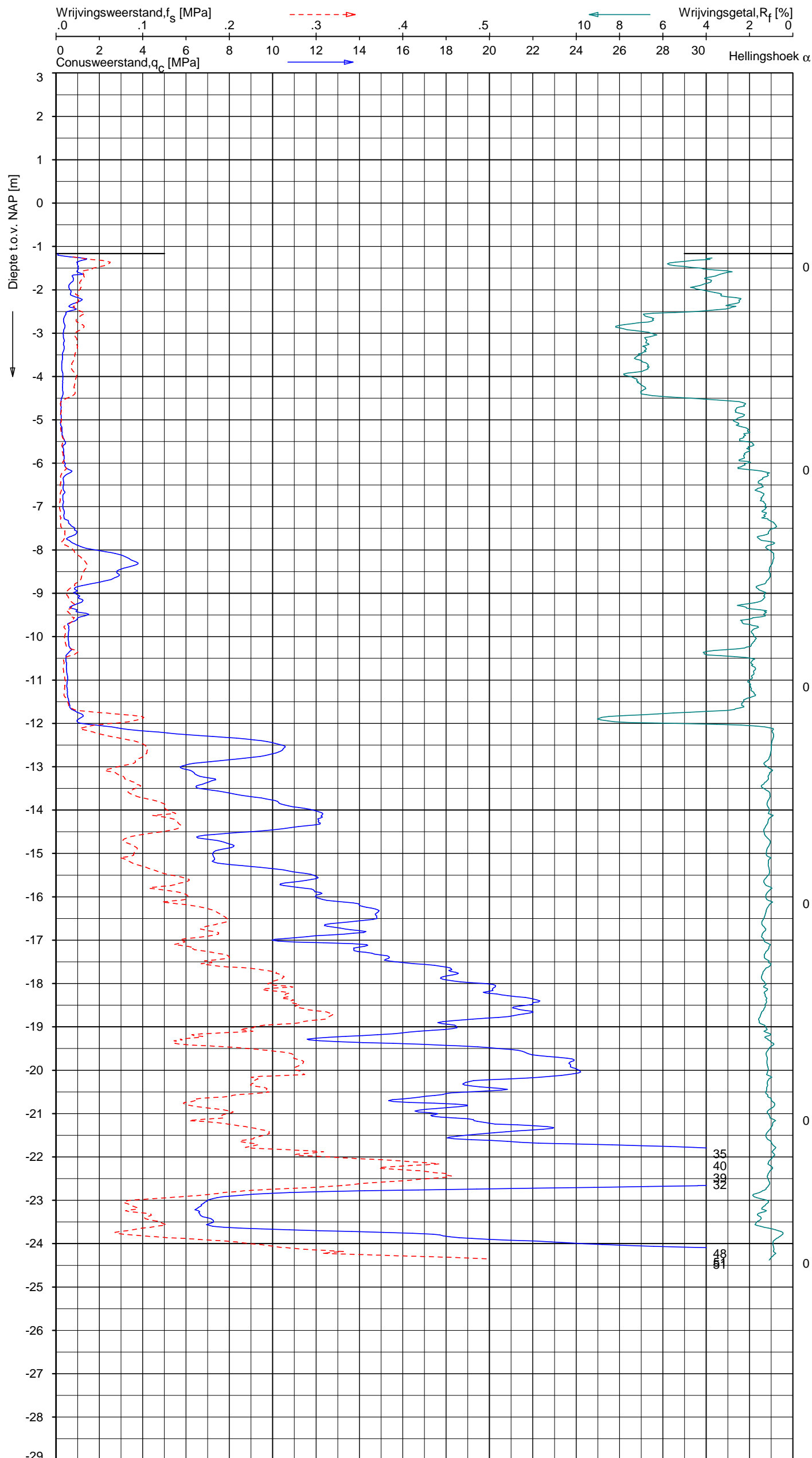


Opg.: SC/JSL d.d. 24-okt-2018 Coord.: X=119755.9m Y=485544.5m Systeem: RD
 Get.: LMURENAITE d.d. 25-okt-2018 MV = NAP -0.50m Conus: CP15-CF75SO2 1701-2392
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

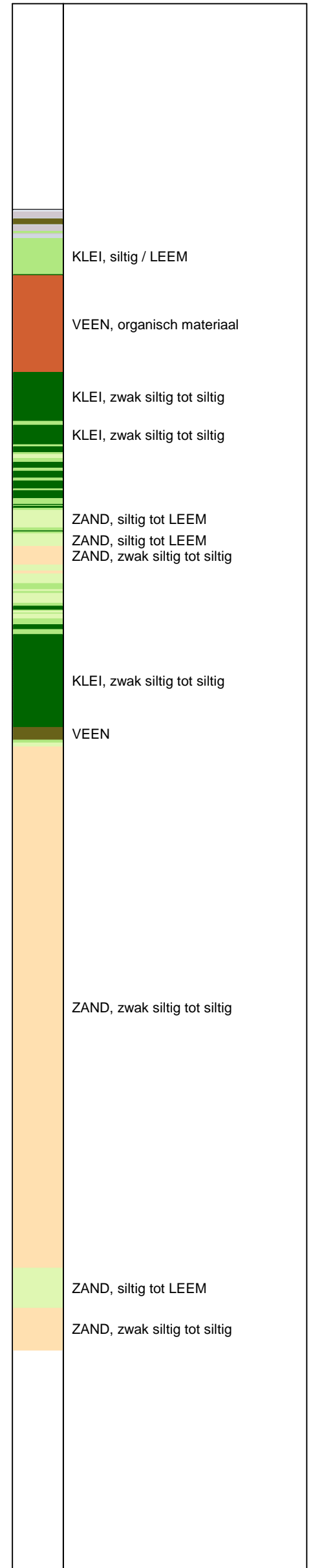
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

VAN EEGHENSTRAAT 94-98 TE AMSTERDAM

Opdr. 9017-1572-001
 Sond. DKM2



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

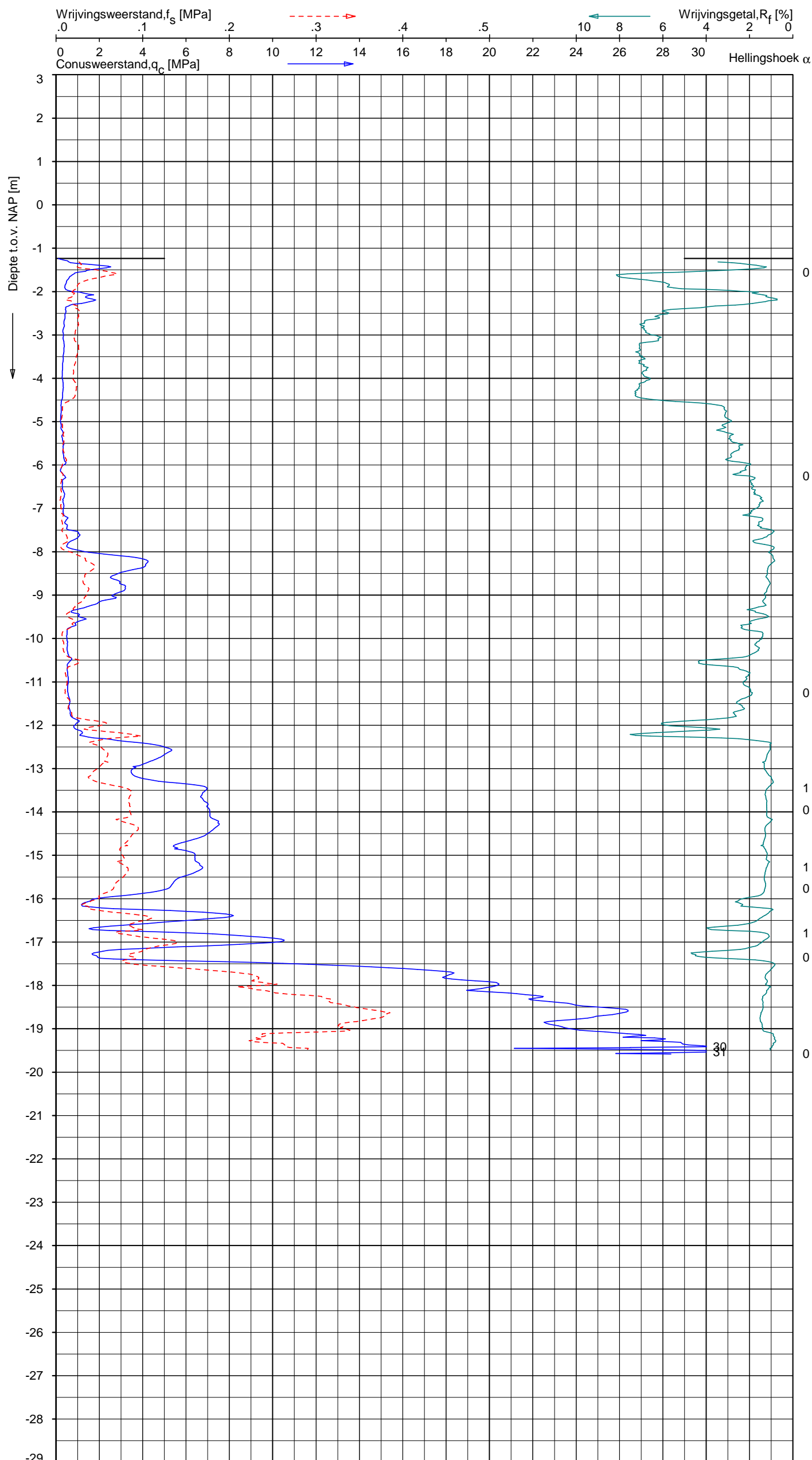


Opg. : SC/JSL d.d. 24-okt-2018 Coord.: X=119744.5m Y=485564.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LMURENAITE d.d. 25-okt-2018 MV = NAP -1.16m Conus: CP15-CF75SO2 1701-2392 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

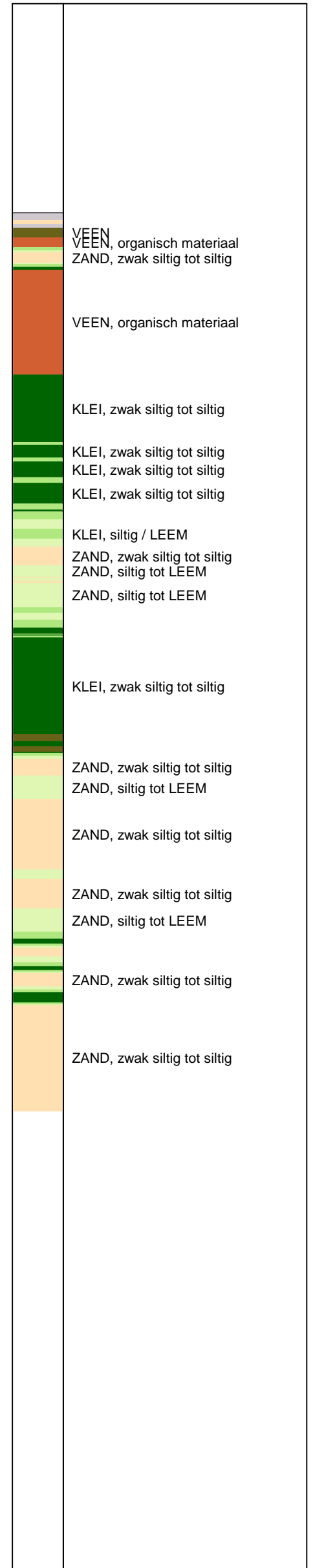
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

VAN EEGHENSTRAAT 94-98 TE AMSTERDAM

Opdr. 9017-1572-001
 Sond. DKM3



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



Opg.: SC/JSL d.d. 24-okt-2018 Coord.: X=119759.9m Y=485585.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LMURENAITE d.d. 25-okt-2018 MV = NAP -1.23m Conus: CP15-CF75SO2 1701-2392 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

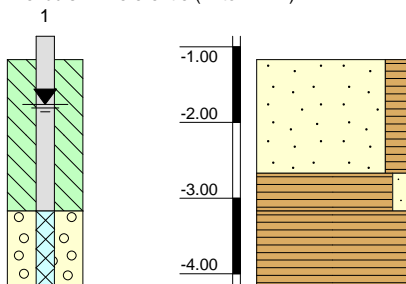
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

VAN EEGHENSTRAAT 94-98 TE AMSTERDAM

Opdr. 9017-1572-001
 Sond. DKM4

Boring: HB1

Peilbuis Referentie (m tov NAP)



Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

-1.17 tot -2.67 Zand, matig grof, matig humeus, donker grijs

-2.67 tot -3.17 Veen, zwak zandig, slap zwart

-3.17 tot -4.17 Veen, mineraalarm, slap bruin

Algemene opmerking:

X: 119744.1

GWS (m tov NAP):

Y: 485565.6

GHG (m tov NAP):

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -1.17

bk PB1 (m tov NAP): -0.86

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorloeistof:

WS PB1 (m tov NAP): -1.76

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 24-10-2018

Boormeester: jsl

Geclassificeerd door: jsl

Coördinaten en hoogte van de onderzoekspunten

Indien de hoogte en coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD bedragen de maximale afwijking van de meting van de coördinaten ca. 10 cm en de maximale afwijking van de meting van de hoogte ca. 5 cm. Bij projecten waarbij de sonderingen zijn gerefereerd aan een lokaal vast punt bedraagt de maximale afwijking in de hoogte ca 5 cm. De maximale afwijking in de maatvoering doormiddel van traditioneel uitzetten met een meetband bedraagt ca. 25 cm.

Indien de onderzoekslocaties niet zijn gerefereerd aan een vaste referentiehoogte wijkt het onderzoek af van de gestelde eisen in de NEN-EN-ISO 22476-1.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Sonderen

Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Boren

Mechanisch boorwerk wordt verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis wordt verwijderd met behulp van een puls (niet-cohesieve gronden) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden).

Bij handboren wordt gebruik gemaakt van een edelmanboor (cohesieve gronden) en een handpuls (niet-cohesieve gronden).

De werkzaamheden worden uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1.

Peilbuizen worden gepresenteerd op de betreffende boorstaten. De boringen met peilbuis zijn met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

Ongeroerde monsternamen bij het mechanisch boren kan plaatsvinden door:

- een Ackermann steekbus te slaan of te drukken
- een Pistonbus te drukken
- een Gelpush monster te drukken

Bij handboren worden ongeroerde monsters genomen met een Van der Horst steekapparaat.

De tijdens het boren genomen geroerde monsters worden in het veld globaal geclassificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters gedetailleerd geclassificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratorium-classificatie, is de laboratoriumclassificatie bepalend.

Op de classificatie van grond is de NEN 5104 van toepassing.

(Grond)waterstand

De gemeten (grond)waterstand(en) betreffen een eenmalige opname en zijn bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

Kwaliteitsborging

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro NL Land B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.

De kalibratiesheet(s) van de gebruikte conus(sen) kunnen op verzoek worden toegestuurd.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

MEETTECHNIEK

De standaard bij Fugro toegepaste conus is de “elektrische kleefmantelconus”, waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving – Veldproeven – Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting* van toepassing als vervanging van NEN 5140, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm² met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm² boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag tussen 500 en 2000 mm² variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een manteloppervlak van 20000 mm².

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in NEN-EN-ISO 22476-1 vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen heeft een lengte van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepteaanduiding als gevolg van “scheef sonderen” wordt voorkomen.

INTERPRETATIE VAN DE SONDERINGEN MET PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEERSTAND

Meting van zowel de conusweerstand q_c als de plaatselijke wrijvingsweerstand f_s maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

¹ Lunne and Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *benen* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

Grondsoort	Wrijvingsgetal in %	Grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen en gelden deze waarden niet.

PRESENTATIE SONDEERGEDEVENS

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens Robertson [1990]², die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangparameters.

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand f_s en conusweerstand q_c , indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

Genormaliseerde conusweerstand:

$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal:

$$nR_f = \frac{100 \cdot f_s}{q_t - \sigma_{v0}}$$

Vergelijking 2

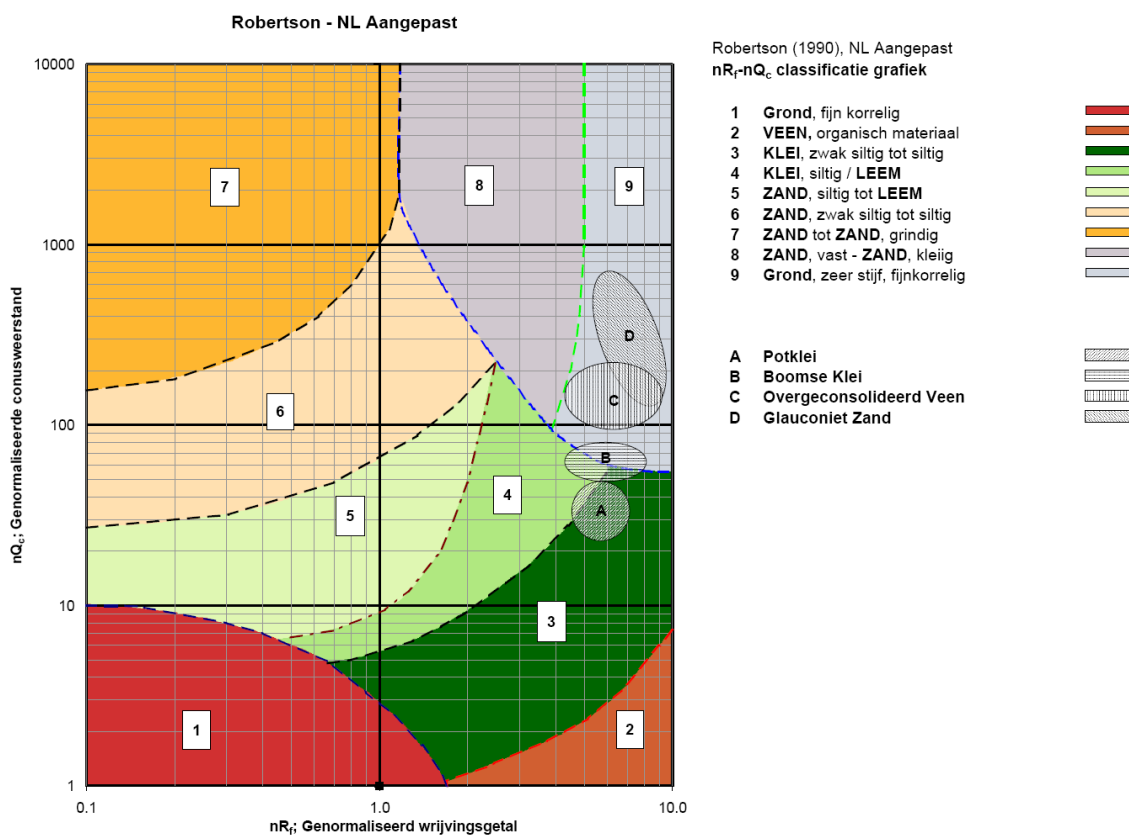
In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor q_t de waarde van q_c gebruikt.

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven;

² Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8²

- er is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5 \text{ MPa}$ en $R_f > 5 \%$ wordt de grond als veen geïdentificeerd.



Figuur 1

Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden 1 tot en met 9.

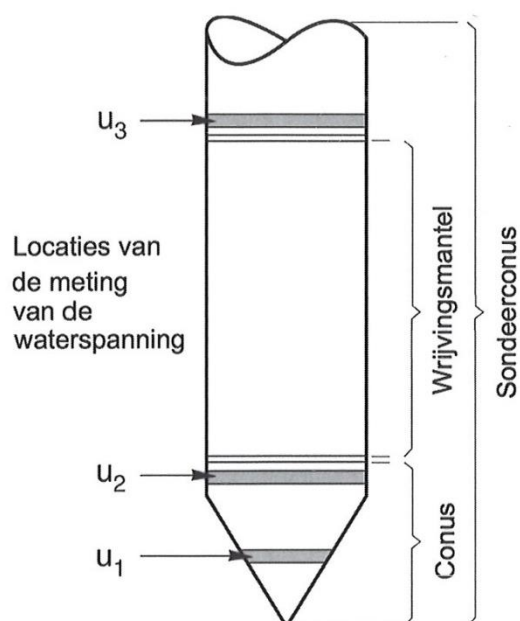
De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

ANDERE CONUSTYPEN

Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	<ul style="list-style-type: none"> registreren waterremmende lagen; indicatie stijghoogte grondwater; classificatie / gelaagdheid bodem.
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	<ul style="list-style-type: none"> blindganger onderzoek; onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers); onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen; onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	<ul style="list-style-type: none"> indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens; onderzoek verspreiding verontreiniging.
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> warmteoverdracht in de bodem; bepaling temperatuurgradiënt.
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> machinefunderingen; windturbinefunderingen.
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> heitrillingen; verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

WATERSPANNINGSSONDERINGEN



Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (piëzo-conus) is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen (zie figuur 2). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.

Figuur 2

UITVOERINGSWIJZE

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontluicht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraan, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

Indien het grondwater relatief ondiep aanwezig is, wordt bij voorkeur voorgeboord tot het niveau van de grondwaterspiegel teneinde luchttoetreding te voorkomen. Hiermee wordt ook de kans op beschadiging en in de grond achterblijven van het rubber membraan verkleind.

INTERPRETATIE

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f_s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningsindex B_q .

De resultaten van de waterspanningsmeting tijdens het sonderen vormen uit grondmechanisch en geohydrologisch oogpunt een belangrijke extra informatiebron voor de interpretatie van de bodemopbouw. Door combinatie van de meting van de conusweerstand en de waterspanning, bij voorkeur samen met de plaatselijke wrijvingsweerstand, wordt optimaal gebruik gemaakt van de sondeertechniek en kan het benodigde aanvullend grondonderzoek efficiënter worden gepland.

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is. Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1 -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

WATEROVERSPANNINGINDEX B_q

Met de wateroverspanningindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net} , zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekeninghoudend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \frac{\beta \cdot (u_1 - u_o)}{q_{net}}$$

Vergelijking 3

$$Bq = \frac{(u_2 - u_0)}{q_{net}}$$

Vergelijking 4

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 . Standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \{ \beta (u_1 - u_0) + u_0 \}$ voor een filter in de conuspunt;
 = $q_c + (1-a) u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m³ en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing in de punt;
- u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing achter de punt;
- u_0 = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β -factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 – 0,8
Licht over geconsolideerde klei	0,5 – 0,7
Sterk over geconsolideerde klei	0,0 ¹ – 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 – 0,6
Leem, vast en dilatant gedrag	0,0 ¹ – 0,2
Zand, siltig, los gepakt	0,2 – 0,4

¹ Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.

DISSIPATIETEST

Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt. Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat in klei overeen met circa 1/2 uur. Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond. Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

KLASSENINDELING EN-ISO 22476-1

Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 "Electrical cone and piezocone testing" ontwikkeld. In de norm EN-ISO 22476-1 is de nauwkeurigheid van de meetresultaten gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd. In de Europese tabel van sondeerclassen worden de sondeerclassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie volgende tabel.

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort ^b	Interpretatie ^c
1	TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte 	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G,H
2	TE1 TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte 	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Waterspanning ^d ■ Helling ■ Sondeerlengte 	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Sondeerlengte 	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

Noot 1:	
Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.	
Noot 2:	
Uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.	
a	De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.
b	Volgens ISO 14688-2: A homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) (typische gronden met $q_c < 3$ MPa); B gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$); C gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte zanden ($q_c > 20 \text{ MPa}$); D zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$).
c	G Vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid. G* Indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid. H Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid. H* Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid.
d	Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand niet realistisch om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen.

Voor sondering in toepassingsklasse 1 worden speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik toegepast. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van recente kalibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) hoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan EN-ISO 22476-1.

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

Boringen / Peilbuizen

- Handboring nog niet uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring nog niet uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen
- Boring uitgevoerd door derden
- Boring uitgevoerd met peilbuis door derden
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd

Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

Type sonderingen

- D Diepsondering
- HS Handsondering
- S Slagsondering

Legenda / Terminologie

- | | |
|--|---|
| <p>Grind</p> <ul style="list-style-type: none"> Grind, siltig Grind, zwak zandig Grind, matig zandig Grind, sterk zandig Grind, uiterst zandig <p>Zand</p> <ul style="list-style-type: none"> Zand, kleilig Zand, zwak siltig Zand, matig siltig Zand, sterk siltig Zand, uiterst siltig <p>Veen</p> <ul style="list-style-type: none"> Veen, mineraalarm Veen, zwak kleilig Veen, sterk kleilig Veen, zwak zandig Veen, sterk zandig | <p>Klei</p> <ul style="list-style-type: none"> Klei, zwak siltig Klei, matig siltig Klei, sterk siltig Klei, uiterst siltig Klei, zwak zandig Klei, matig zandig Klei, sterk zandig <p>Leem</p> <ul style="list-style-type: none"> Leem, zwak zandig Leem, sterk zandig <p>Overige toevoegingen</p> <ul style="list-style-type: none"> Zwak humeus Matig humeus Sterk humeus Zwak grindig Matig grindig Sterk grindig Puin |
|--|---|

Sonderingen

- Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Slagsondering uitgevoerd
- Handsondering uitgevoerd
- Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
- Multigrondwatersondering uitgevoerd
- Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
- Sondering met bolconus uitgevoerd
- Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
- Waterspanningsmeter uitgevoerd
- Sondering uitgevoerd door derden
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
- Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
- Hellingmeterbuis uitgevoerd

Toegevoegde metingen

- KM Meting van de plaatselijke kleef
- P Meting van de waterspanning
- M Meting van de magnetische veldsterkte
- G Meting van de geleidbaarheid
- S Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
- T Meting van de temperatuur

