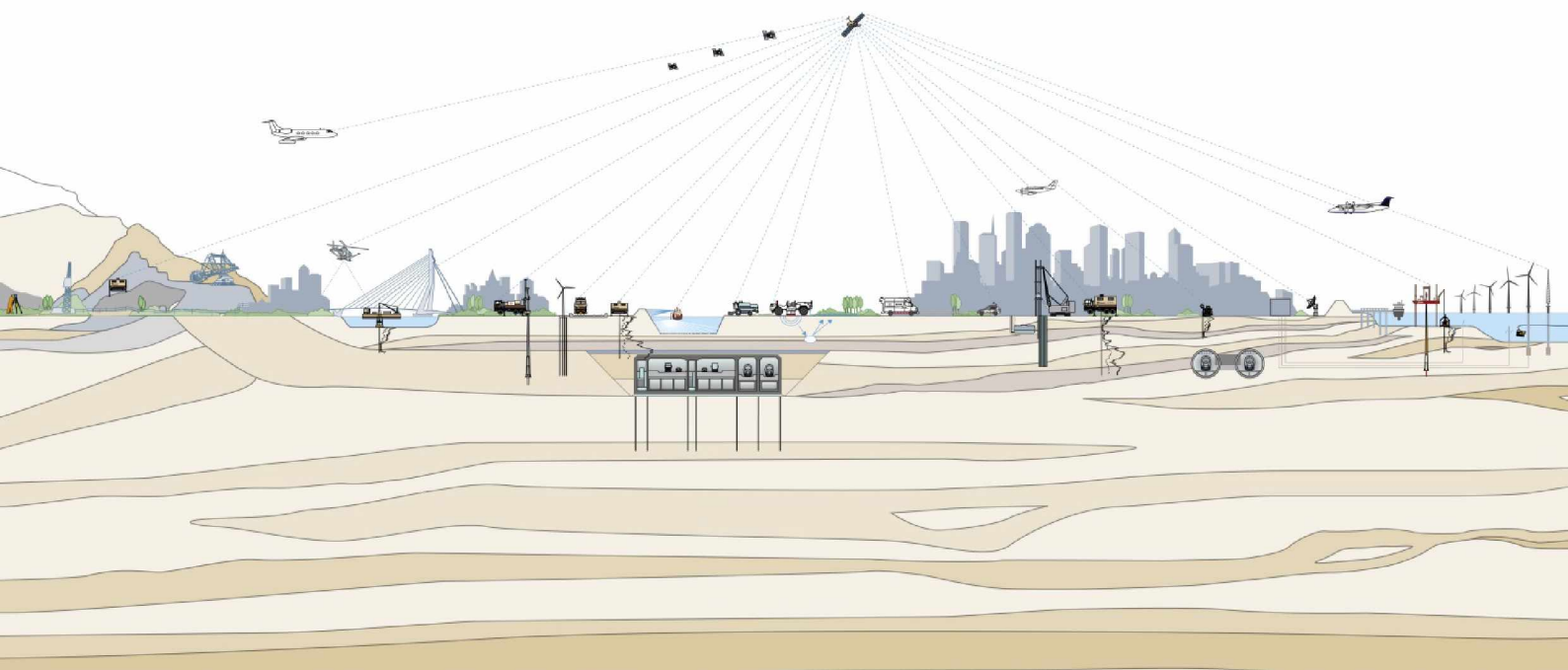


**Analyse barrièrewerking
Verbouwing Van Eeghenstraat 104 Amsterdam**

Document Nr.: 1017-0145-000

Versie: 1.0

Datum: 1 februari 2019



Opdrachtgever Camelot Europe
Meerenakkerplein 5
5652 BJ Eindhoven

Datum 23 juni 2017 tot en met 1 juli 2017
grondonderzoek

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
Veurse Achterweg 10
2264 SG Leidschendam
T.: 070 31 11414

Projectleider ir. XXXXXXXXXX
Manager Geo-Consultancy
020 65 10800

Versiebeheer

1.0	Wijzigingen in ontwerp (kelder ondieper)	MRD	IVB	MJP	01-02-2019
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
1.1	Overzicht van versiewijzigingen	1
2.	PROJECTOMSCHRIJVING	2
2.1	Projectlocatie	2
2.2	Afmetingen, niveaus en uitvoeringswijze	2
3.	GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE	4
3.1	Beschikbare grond(water)onderzoeken	4
3.2	Bodemopbouw en geohydrologische schematisering	4
3.3	Oppervlaktewaterpeil	4
3.4	Grondwaterstand en stijghoogte	5
	3.4.1 Grondwaterstroming	5
4.	ONDERGRONDSE BARRIÈRES	7
4.1	Huidige situatie	7
4.2	Toekomstige situatie na realisatie kelder	7
5.	ANALYSE BARRIEREWERKING	9
5.1	Voorwaarden barrièrewerking	9
5.2	Voorwaarde 1: De omvang van de barrière	9
5.3	Voorwaarde 2: De diepte van de barrière	9
5.4	Voorwaarde 3: Bodemgesteldheid	9
5.5	Voorwaarde 4: De mate van horizontale grondwaterstroming	9
5.6	Conclusie	10

BIJLAGEN

- A. GEOTECHNISCH GRONDONDERZOEK**
- B. STIJGHOOGTEDATA WATERNET PEILBUIZEN**
- C. APPENDIX BARRIEREWERKING**

1. INLEIDING

Fugro ontving van Camelot Europe de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek en het uitbrengen van diverse geotechnische en geohydrologische adviezen. Het grondonderzoek en de adviezen hebben betrekking op de verbouwing van een woning aan de Van Eeghenstraat 104 te Amsterdam.

Na realisatie van de éénlaagse parkeerkelder naast de woning vormen deze kelder en de (permanente) damwanden rondom deze kelder een barrière tegen grondwaterstroming. In voorliggende rapportage zijn de resultaten gepresenteerd van de analyse naar de effecten van deze barrière op de grondwaterstand in de omgeving. Deze rapportage bestaat uit een:

- projectomschrijving (Hoofdstuk 2),
- geohydrologische inventarisatie (Hoofdstuk 3),
- inventarisatie van de huidige en toekomstige barrières rond de projectlocatie (Hoofdstuk 4),
- kwalitatieve toetsing van de kelder aan de voorwaarden voor het optreden van barrièrewerking (Hoofdstuk 5).

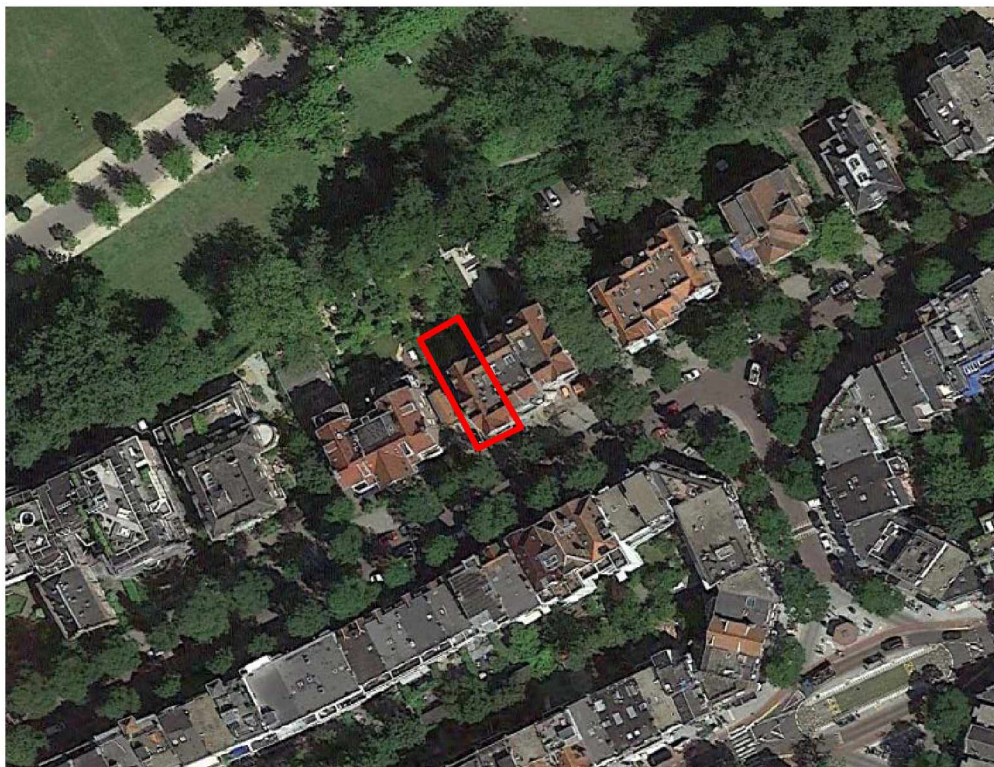
1.1 Overzicht van versiewijzigingen

Door Fugro is eerder een analyse barrièrewerking uitgebracht onder nummer 1017-0145-000.R02v3, d.d. 26-10-2017. Na het uitbrengen van deze rapportage zijn wijzigingen in het ontwerp van de werkzaamheden doorgevoerd. Ten opzichte van het vorige ontwerp wordt er niet langer een kelder onder de huidige bebouwing aangelegd. Daarnaast zal de parkeerkelder slechts één verdieping bedragen, waardoor het aanlegniveau van de kelder en de liftput 2,9 m minder diep zal zijn.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

2.1 Projectlocatie

Het project betreft de verbouwing van het woonhuis aan de Van Eeghenstraat 104 te Amsterdam. Onderdeel van de verbouwing is de realisatie van een éénlaagse parkeerkelder naast de woning. Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten $X = 119.730$ m en $Y = 485.530$ m. De projectlocatie is in figuur 2.1 op een luchtfoto weergegeven.



Figuur 2.1: Projectlocatie Van Eeghenstraat 104 te Amsterdam (rood, bron: Google Earth)

2.2 Afmetingen, niveaus en uitvoeringswijze

Door de opdrachtgever zijn diverse tekeningen van architectenbureau OZ aangeleverd:

- Plattegronden kelder t/m beletage, bladnummer 99-01, versie G en J, 11-12-2018;
- Doorsneden, bladnummer 66-01, versie D, 11-12-2018;
- Doorsneden, bladnummer 99-21, versie F, 11-12-2018;
- Doorsneden, bladnummer 99-22, versie G, 11-12-2018;
- Doorsneden, bladnummer 99-23, versie D, 11-12-2018.

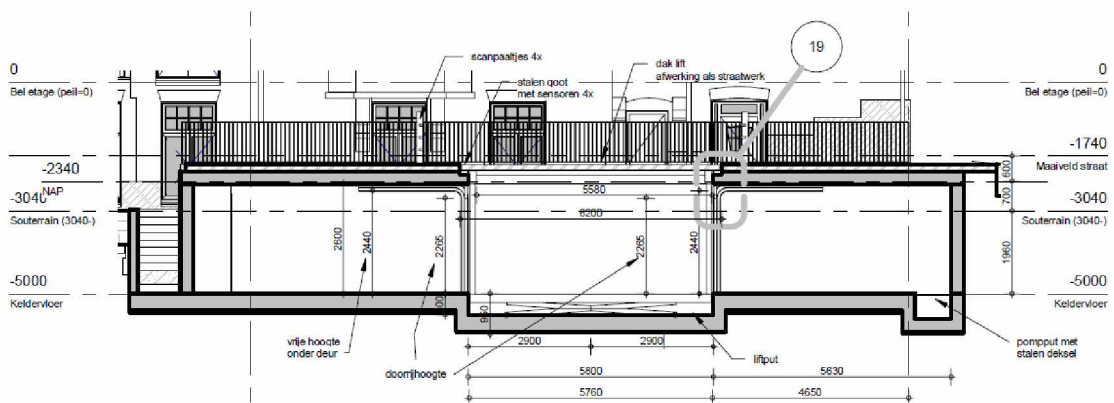
Aan de hand van bovengenoemde tekeningen zijn voor het project relevante afmetingen en niveaus afgeleid zoals zijn weergegeven in tabel 2-1.

De kelder wordt aangelegd binnen een rondom met grond- en waterkerende damwanden gesloten bouwput. Het inbrengniveau van de damwanden bedraagt NAP -10,5 m. Voor meer informatie omtrent de damwanden wordt verwezen naar het damwandadvies. Naar verwachting worden de damwanden na voltooiing van de kelder niet getrokken (uitgangspunt in dit rapport).

Tabel 2-1: Afmetingen en ontgravingsniveaus.

Onderdeel	Afmetingen bodem werkput l x b [ca. m]	Peil [m NAP]	Aanlegniveau		Ontgravingsniveau (incl. grondverbetering) [m NAP]
			[m peil]	[m NAP]	
Keldervloer	19,8 x 3,7	+2,34	-5,50	-3,16?	-3,6
Autoliftput	6,4 x 3,7		-5,95	-3,61	-3,9
Pompput	1,5 x 1,5		-5,95	-3,61	-3,9

De dwarsdoorsnede van de te realiseren parkeerkelder met daarop aangegeven de autoliftput (midden) en de pompput (rechts) is weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.2: Lengtedoorsnede parkeerkelder

3. GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE

3.1 Beschikbare grond(water)onderzoeken

Bij de analyse naar barrièrewerking is gebruik gemaakt van de volgende grond(water)onderzoeken:

- 4 sonderingen tot ca. MV -25 m, waarvan 1 met meting van de waterspanning (Fugro, juni 2017);
- 2 handboringen tot ca. MV -3 m, inclusief plaatsing peilbuis en enkele grondwaterstandsmetingen (Fugro, juni 2017);
- Langjarige stijghoogtemetingen van Waternet (4 freatische peilbuizen binnen ca. 150 m afstand van de projectlocatie).

Het grondonderzoek van Fugro is gepresenteerd in de Geotechnisch Veldwerkrapportage welk als bijlage A aan voorliggende rapportage is toegevoegd. Een locatieoverzicht en tijd-stijghoogtegrafieken van de peilbuizen van Waternet zijn in bijlage B gepresenteerd.

3.2 Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Op basis van de resultaten van bovengenoemd grondonderzoek en REGIS II v2.1 (TNO) is de bodemopbouw (geohydrologisch) geschematiseerd en weergegeven in tabel 3-1. Uit het grondonderzoek blijkt dat in de Van Eeghenstraat vanaf maaiveld een 5 m dik zandpakket (wegcunet) aanwezig is, terwijl aan de lageregelegen achterzijde van de woning nauwelijks sprake is van een topzandlaag.

Tabel 3-1: Schematisering bodemopbouw

Laag	o.k. laag [ca. m NAP]	Bodembeschrijving	Typering
0	+0,2 à -1,3*	Maaiveld	Infiltratieoppervlak
1	-2,0 à -4,5**	Zand	Topzandlaag
2	-4,2 à -4,9	Veen	Waterremmende laag
	-7,5 à -8,0	Klei	
3	-9,5	Wadzand	Beperkt watervoerend pakket
4	-11,9 à -12,0	Klei en veen	Waterremmende laag
5 t/m 7	-40***	Zand	Eerste en tweede zandlaag

* Aan de straatzijde van de projectlocatie ligt het maaiveld op ca. NAP +0,2 m, dit is een stuk hoger dan het maaiveldniveau aan de achterzijde van de projectlocatie (ca. NAP -1,3 m).

** Het wegcunet aan de voorzijde van de woning bestaat uit een 5 m dik pakket zand, terwijl bij de handboring achter de woning vanaf maaiveld slechts 0,4 m zandig materiaal is aangetroffen.

*** Op ca. NAP -17 m worden de eerste en tweede zandlaag van elkaar gescheiden door een dunne kleilaag.

3.3 Oppervlaktewaterpeil

Op ca. 100 m ten noorden van de projectlocatie ligt in het Vondelpark een vijver. Het oppervlaktewaterpeil van de vijver wordt door Waternet beheerst op NAP -2,45 m. Dit is ca. 2 m lager dan het stadsboezempeil van Amsterdam op ca. NAP -0,4 m.

3.4 Grondwaterstand en stijghoogte

Om inzicht te krijgen in de grondwaterstand op de projectlocatie zijn stijghoogtegegevens opgevraagd uit de Waternetdatabase (Bijlage B) en zijn op de projectlocatie twee peilbuizen geplaatst, waarin de grondwaterstand 3 keer (om de week) is ingemeten (tabel 3-2).

Uit de grondwaterstandsmetingen op de projectlocatie blijkt dat de ontwateringsdiepte aan de straatzijde (HB1) ruim voldoende is (gemeten 1,9 à 2,0 m, minimaal 1,5 o.b.v. de hoge uitgangsgroundwaterstand). Aan de achterzijde van de woning, waar het maaiveld ca. 1,2 m lager ligt, is de ontwateringsdiepte echter een stuk minder (gemeten 0,7 à 0,8 m).

Tabel 3-2: Resultaten grondwaterstandsmetingen

Peilbuis	Filterafstelling [m NAP]	Meting grondwaterstand [m NAP]		
		4 juli 2017	19 juli 2017	31 juli 2017
HB1	-1,8 tot -2,8	-1,8	-1,7	-1,7
HB2	-2,9 tot -3,9	-1,8	-1,7	-1,8
Peilbuis	Filterafstelling [m NAP]	Ontwateringsdiepte		
HB1	-1,8 tot -2,8	2,0	1,9	1,9
HB2	-2,9 tot -3,9	0,8	0,7	0,8

Op basis van deze informatie zijn voor de projectlocatie maatgevende grondwaterstanden en stijghoogten ingeschat (tabel 3-3).

Tabel 3-3: Raming grondwaterstand en stijghoogte op de projectlocatie

Laag	Hoog [NAP m]	Gemiddeld [NAP m]	Laag [NAP m]
1	-1,3	-1,6	-1,9
3*	-1,3 à -1,8	-1,6 à -2,1	-1,9 à -2,4
5 + 7	-2,7	-2,9	-3,1

*Opgemerkt wordt dat geen stijghoogtegegevens beschikbaar zijn van de wadzandlaag (laag 3). Aangenomen wordt dat de stijghoogte in de wadzandlaag maximaal gelijk is aan de freatische grondwaterstand, of ca. 0,5 m lager. Dit betreft een aanname.

De dikgedrukte waarden in tabel 3-3 worden als uitgangsgroundwaterstand beschouwd voor de berekening van de bemaling, maar mogen niet zonder meer worden gebruikt voor andere (ontwerp)doeleinden.

3.4.1 Grondwaterstroming

Uit de grondwaterstandsdata van de Waternet peilbuizen blijkt dat sprake is van een grondwaterverhang tussen het Vondelpark (lage grondwaterstand) en de Van Eeghenstraat en Willemsparkweg (hoge grondwaterstand). Hieruit wordt afgeleid dat het freatisch grondwater vanaf de wegen richting het park stroomt (noordelijke gerichte grondwaterstroming). Omdat de grondwaterstroming richting het park plaatsvindt in klei- en veenlagen (een topzandlaag ontbreekt) kan ervan uit worden gegaan dat de snelheid van de stroming beperkt is.

De gemiddelde grondwaterstand op de projectlocatie is ongeveer 1,3 m hoger dan de gemiddelde stijghoogte in de 1^e zandlaag. Derhalve is sprake van een wegzijgingssituatie van het grondwater naar de 1^e zandlaag (ca. 0,25 à 0,40 mm/dag).

topzandlaag) en de wadzandlaag (laag 3). De omvang van de barrière is ca. 20 m x 4 m. Onder de naastgelegen panden zijn geen, of slechts kleine kelders (nummers. 106 t/m 110) aanwezig. Daarom is geen sprake van een aaneengesloten barrière onder meerdere panden.

Gezien de ligging van de parkeerkelder naast de woning van nr. 104 wordt ook in de (verdere) toekomst het risico op een aaneengesloten barrière onder meerdere panden als beperkt gezien.

5. ANALYSE BARRIÈREWERKING

5.1 Voorwaarden barrièrewerking

Na realisatie vormt de kelder een barrière tegen grondwaterstroming. Of deze barrière kan leiden tot stijgingen en/of dalingen van de grondwaterstand in de omgeving is afhankelijk van de volgende voorwaarden (toegelicht in de appendix barrièrewerking (Bijlage C)):

1. De omvang van de barrière (inclusief belendende barrières) die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

In de volgende paragrafen wordt aangegeven in hoeverre aan deze voorwaarden wordt voldaan. Alleen wanneer aan alle voorwaarden wordt voldaan kunnen stijgingen en/of dalingen van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de kelder.

5.2 Voorwaarde 1: De omvang van de barrière

De omvang van de permanente damwandconstructie rondom de parkeerkelder bedraagt ca. 20 bij 4 m. De constructie sluit niet aan op barrières onder de buurpanden. Omdat het grondwater vanaf de Van Eeghenstraat in de richting van het Vondelpark stroomt (dwars op de korte zijde van de damwandconstructie), bedraagt de maatgevende barrière tegen grondwaterstroming ca. 4 m. Bij een dergelijk smalle barrière wordt slechts een zeer beperkt effect op de grondwaterstand verwacht.

5.3 Voorwaarde 2: De diepte van de barrière

De permanente damwanden sluiten zowel de topzandlaag (voor zover sprake is van een topzandlaag) als de wadzandlaag over de gehele hoogte af. De eerste zandlaag wordt niet afgesloten door de damwanden.

5.4 Voorwaarde 3: Bodemgesteldheid

Onder de topzandlaag is een waterremmend pakket aanwezig van ca. 4 m tot 7 m dik. Onder de wadzandlaag is een waterremmend pakket aanwezig van ca. 3 m dik. Door de aanwezigheid van deze waterremmende pakketten kan een stijging en/of daling van de grondwaterstand in de topzandlaag niet worden gecompenseerd door een toename van de wegzijging/kwel. Onder de straat is een 5 m dik, goed doorlatend zandpakket aanwezig. De blokkade van de afstroom van grondwater richting het Vondelpark wordt hierdoor gecompenseerd door een toename van de afstroom van grondwater door het wegcunet.

5.5 Voorwaarde 4: De mate van horizontale grondwaterstroming

Uit de grondwaterstandsdata van de Waternet-peilbuizen blijkt dat in de huidige situatie sprake is van grondwaterstroming vanaf de Van Eeghenstraat naar het Vondelpark (noordelijk gericht). Omdat onder de woningen aan de Van Eeghenstraat geen watervoerend, freatisch zandpakket aanwezig is, zal de stroming door klei- en veenlagen plaatsvinden en zal de stroomsnelheid beperkt zijn. In de wadzandlaag

zal naar verwachting eveneens (beperkte) grondwaterstroming plaatsvinden in de richting van het Vondelpark.

5.6 Conclusie

Gezien de beperkte breedte van de barrière in relatie tot de stromingsrichting en de verwachte beperkte mate van horizontale stroming van het grondwater over de percelen, is de verwachting dat er als gevolg van het realiseren van de parkeerkelder geen tot maximaal zeer beperkte veranderingen in de grondwaterstand/stijghoogte (maximaal <0,1 m) zullen optreden beperkt tot op het eigen perceel.

BIJLAGEN

- A. GEOTECHNISCH GRONDONDERZOEK**
- B. STIJGHOOGTEDATA WATERNET PEILBUIZEN**
- C. APPENDIX BARRIEREWERKING**

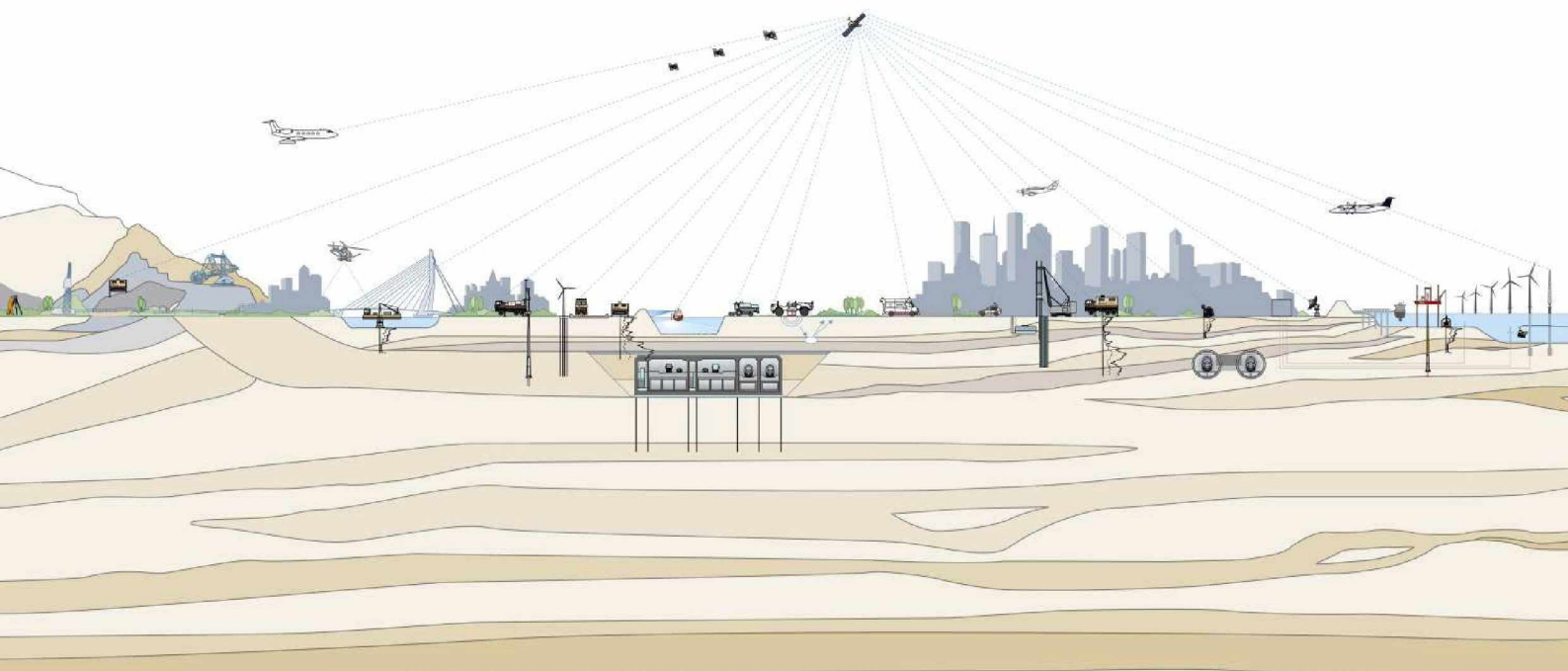
A. GEOTECHNISCH GRONDONDERZOEK

Geotechnisch onderzoek
Verbouwing/ uitbreiding Van Eeghenstraat 104 Amsterdam

Document Nr.: 1017-0145-000

Versie: 1.0

Datum: 5 juli 2017



Opdrachtgever Camelot Europe
Meerenakkerplein 5
5652 BJ Eindhoven

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

Projectleider ir. XXXXXXXXXX

Versiebeheer

1.0	Initiële versie	BVI	RFE	MJP	5-7-2017
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

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

RAPPORTAGE OVERZICHT

Projectomschrijving: Verbouwing/ uitbreiding Van Eeghenstraat 104 Amsterdam
Projectnummer: 1017-0145-000

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte m tov	Grondwater- stand m tov	Opmerking
	X	Y	NAP	NAP	
DKM1	119741.2	485520.0	0.17		Knikgevaar
DKM2	119730.4	485536.9	-0.86	-1.96	
DKMP3	119721.9	485542.4	-0.88	-1.88	
DKM4	119719.9	485553.3	-1.28	-2.28	
HB1	119731.7	485526.9	0.22	-2.28	Maximale wegdrukkracht
HB2	119719.3	485543.2	-0.97	-2.17	
HB_PB1			0.22	-1.81	
HB_PB2			-0.89	-1.82	
Bovenkant dorpel			-0.72		zij ingang Huisnr. 104

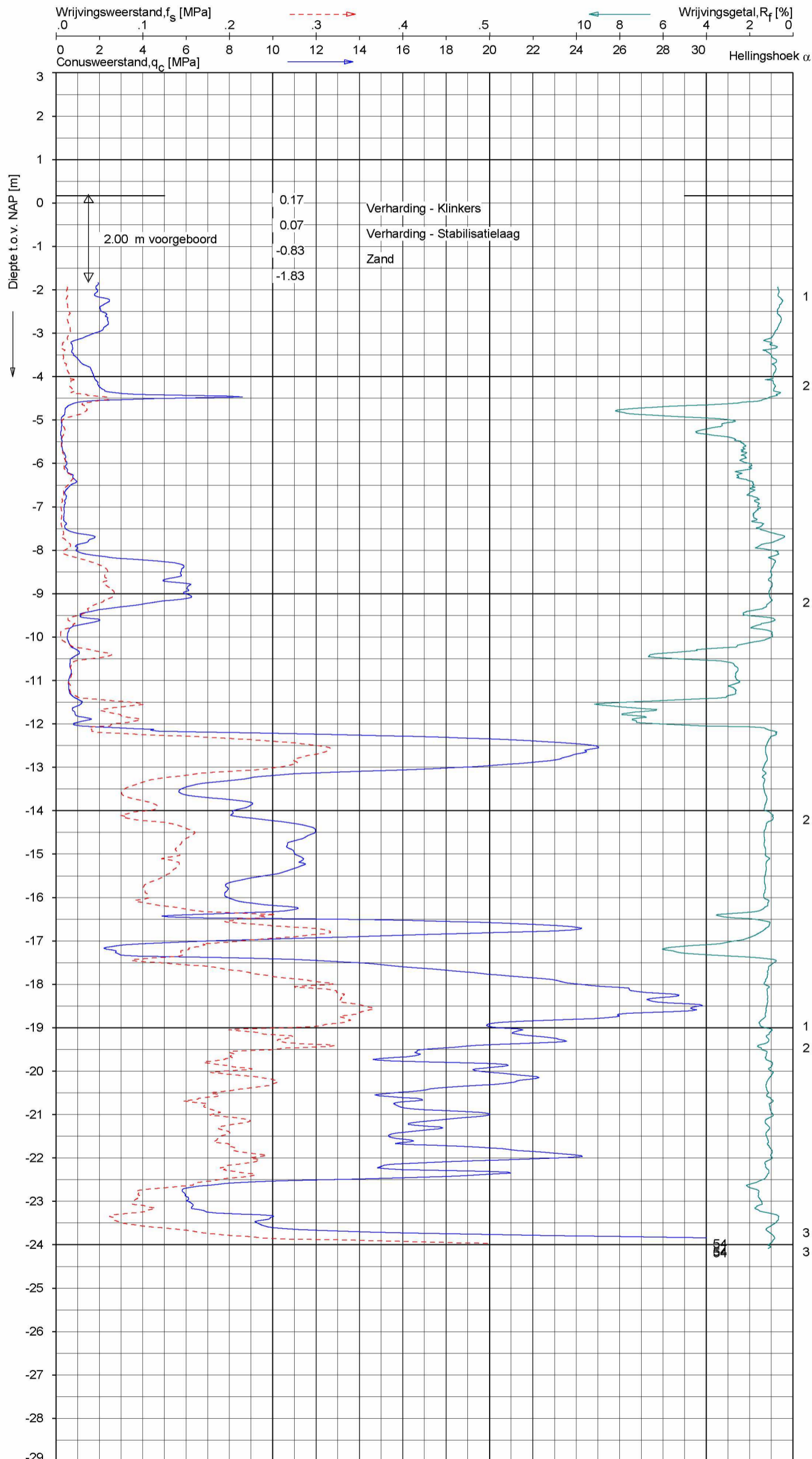


SITUATIE

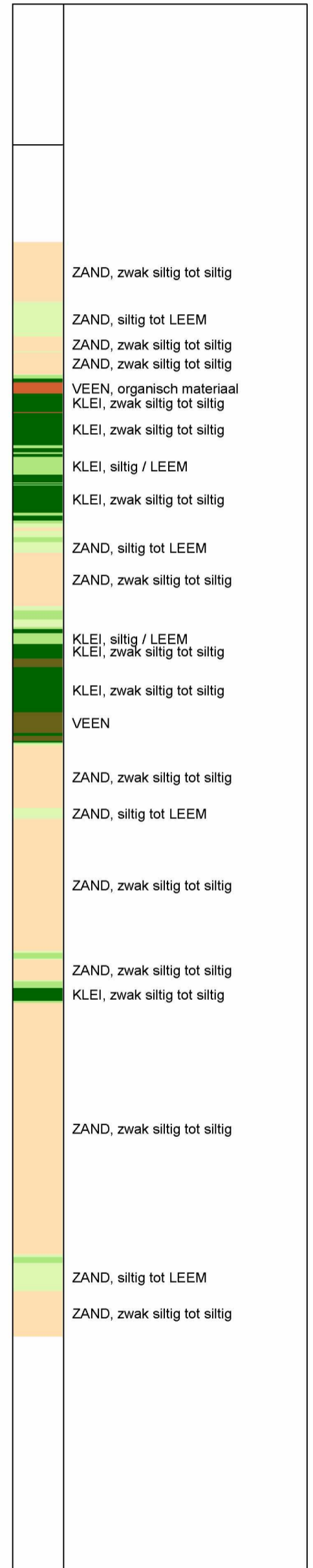
VERBOUWING/ UITBREIDING VAN EEGHENSTRAAT 104 AMSTERDAM

Opdr.: 1017-0145-000

Bijl.: 1



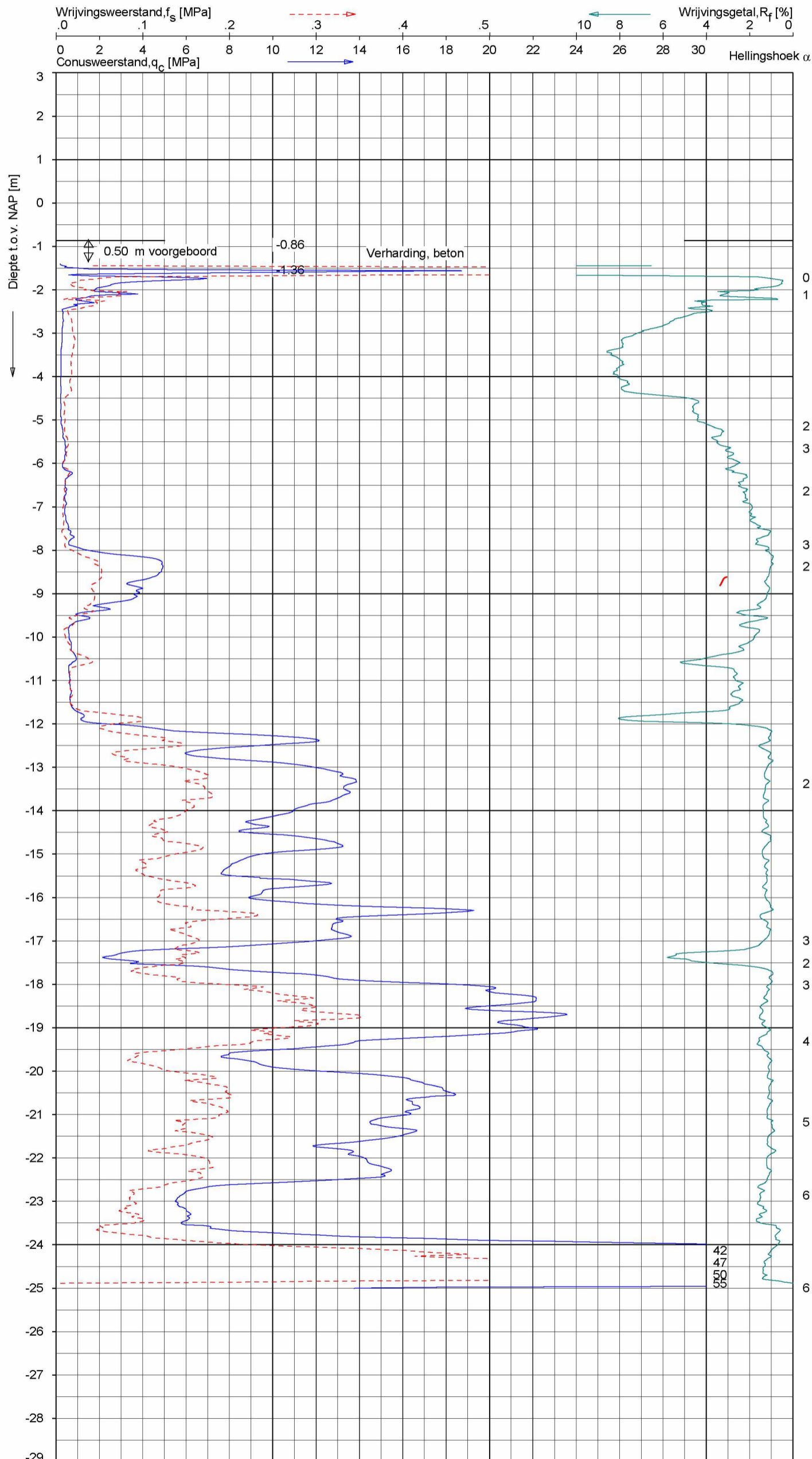
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



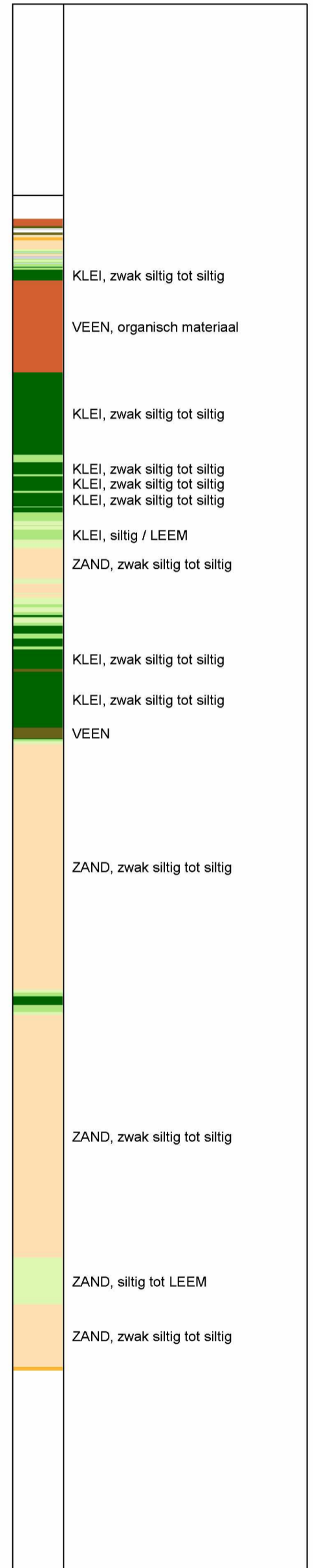
Opg.: DRD d.d. 26-Jun-2017 Coord.: X=119741.2m Y=485520.0m Systeem: RD
 Get.: B.VILKAITYTE d.d. 05-Jul-2017 MV = NAP +0.17m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1817
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 VERBOUWING/ UITBREIDING VAN EEGHENSTRAAT 104 AMSTERDAM

Opdr. 1017-0145-000
 Sond. DKM1



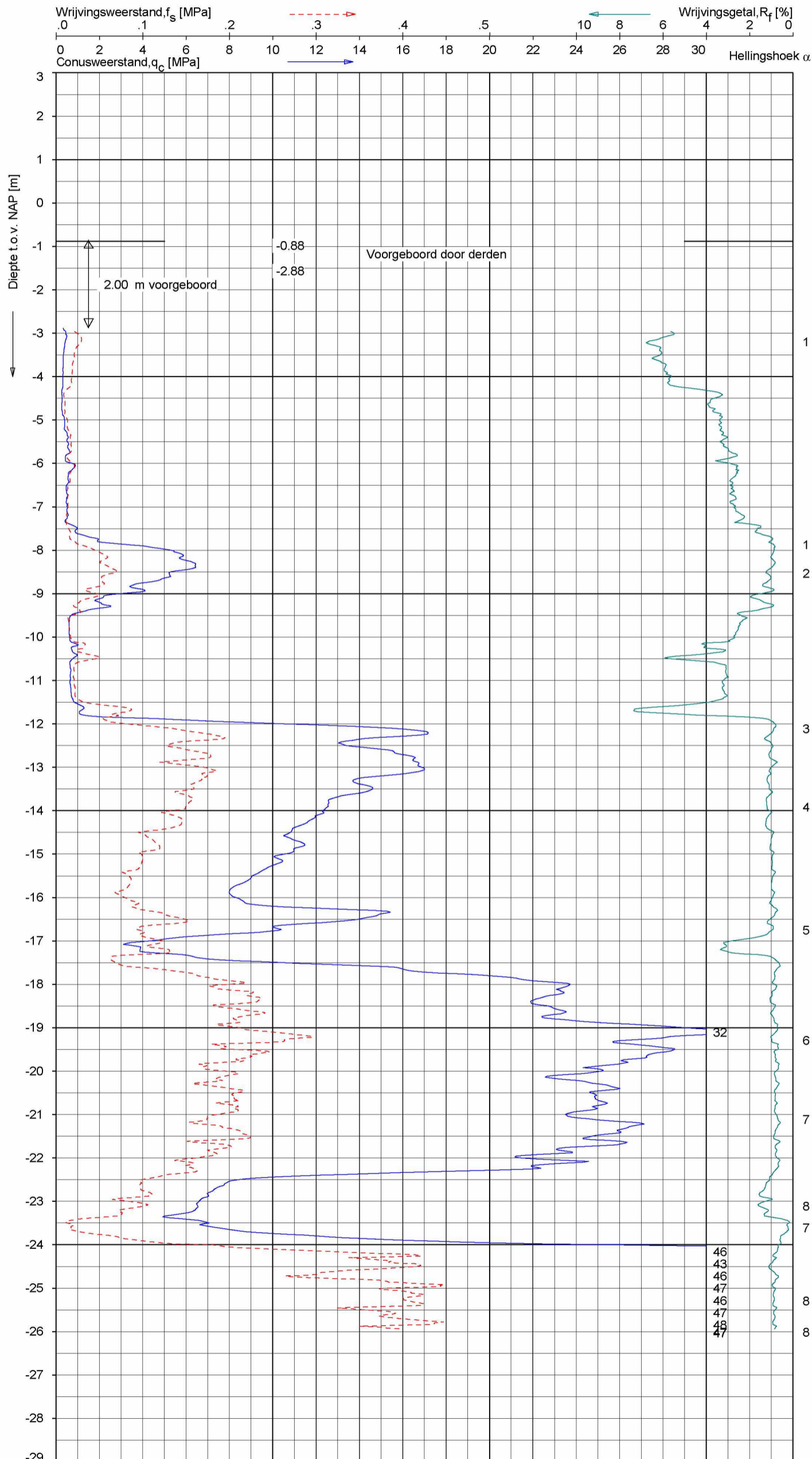
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



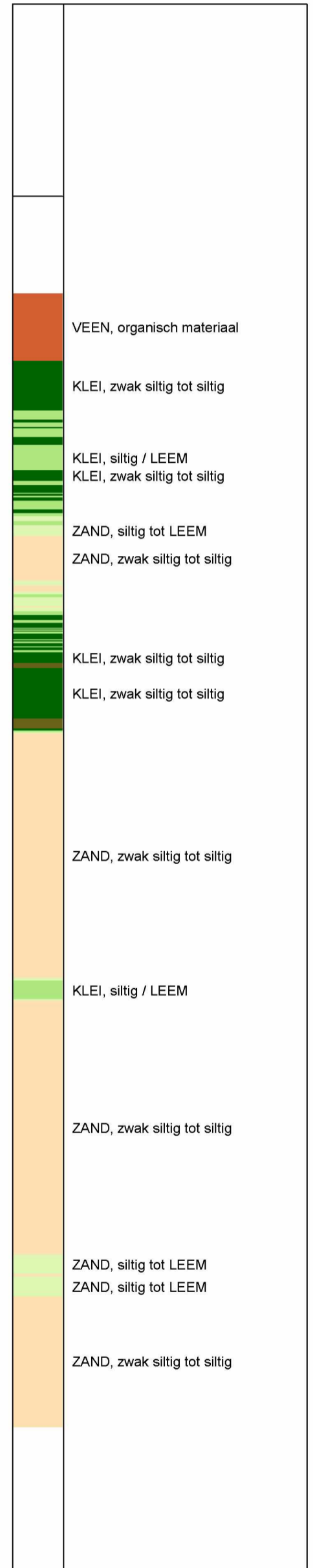
Opg.: YDL/JBK d.d. 30-Jun-2017 Coord.: X=119730.4 m Y= 485536.9 m Systeem: RD
 Get.: B.VILKAITYTE d.d. 05-Jul-2017 MV = NAP -0.86 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1347
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 VERBOUWING/ UITBREIDING VAN EEGHENSTRAAT 104 AMSTERDAM

Opdr. 1017-0145-000
 Sond. DKM2



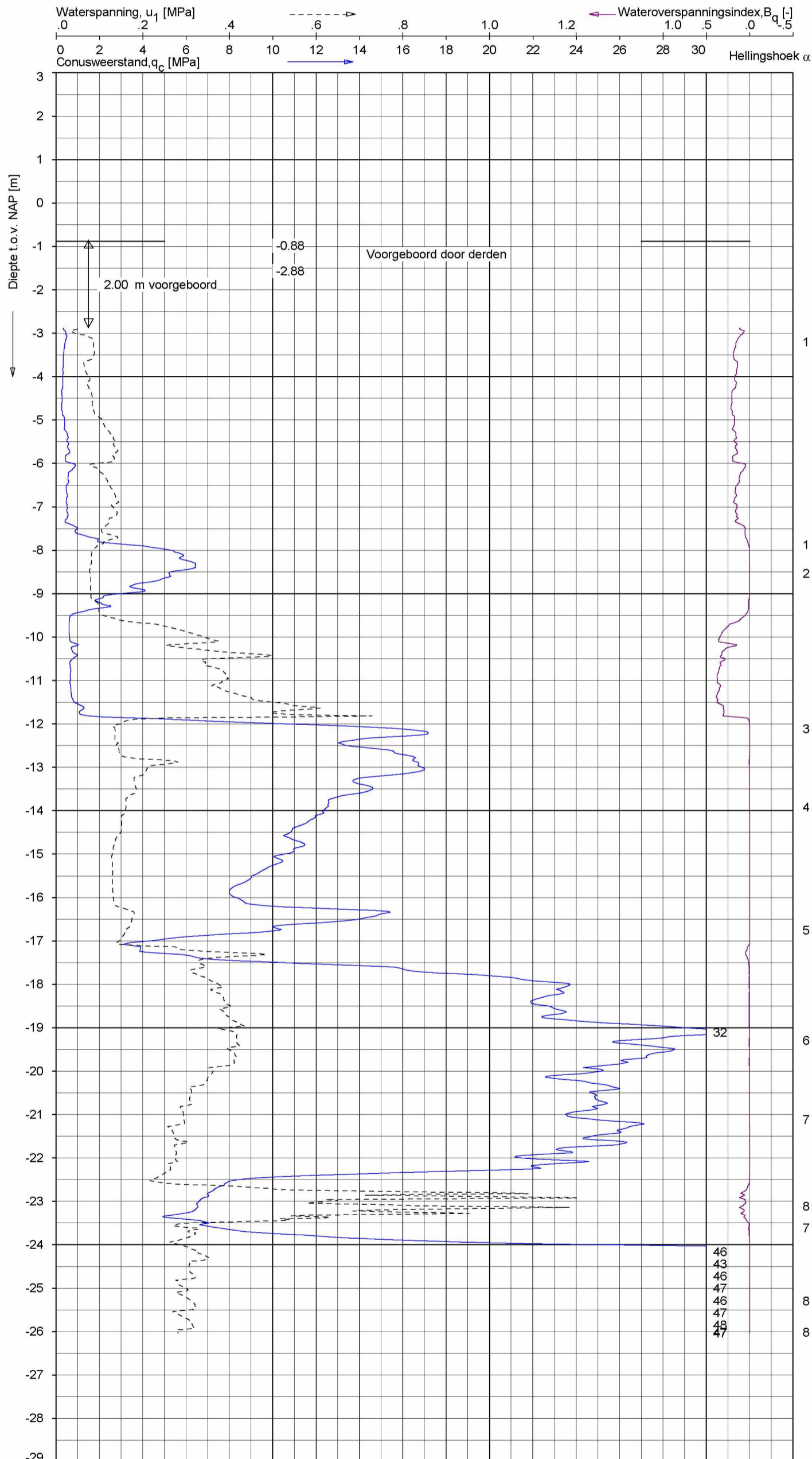
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



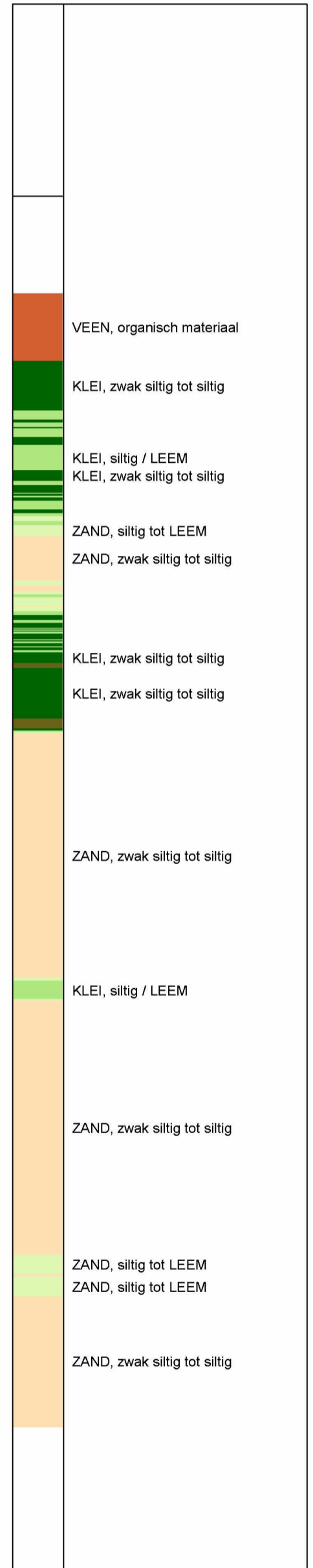
Opg.: YDL/JBK d.d. 30-jun-2017 Coord.: X=119721.9m Y=485542.4m Systeem: RD
 Get.: P.GOMMER d.d. 05-jul-2017 MV = NAP -0.88 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-2578
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 VERBOUWING/ UITBREIDING VAN EEGHENSTRAAT 104 AMSTERDAM

Opdr. 1017-0145-000
 Sond. DKMP3



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

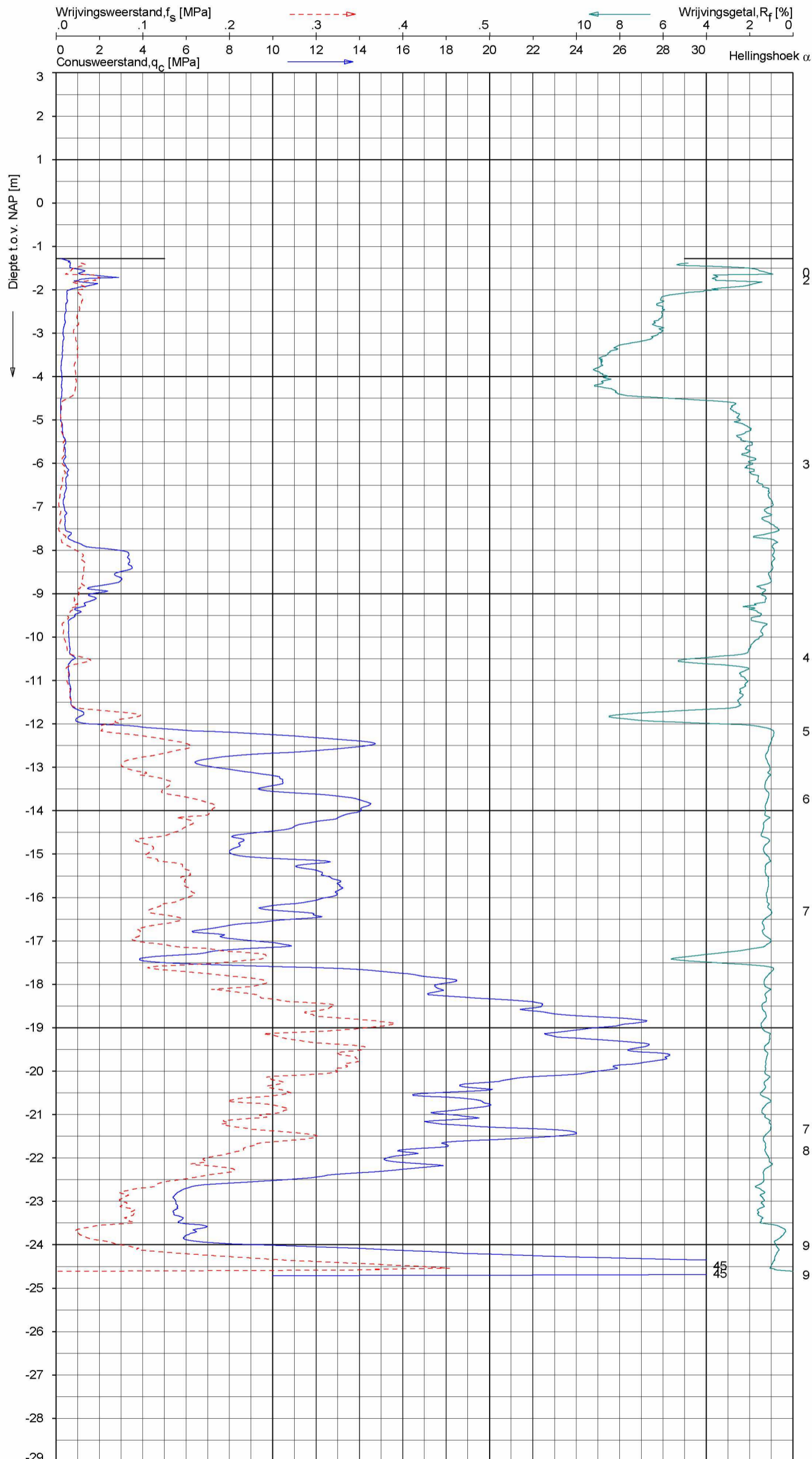


Opg.: YDL/JBK d.d. 30-jun-2017 Coord.: X=119721.9m Y=485542.4m Systeem: RD
 Get.: P.GOMMER d.d. 05-jul-2017 MV = NAP -0.88 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-2578
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

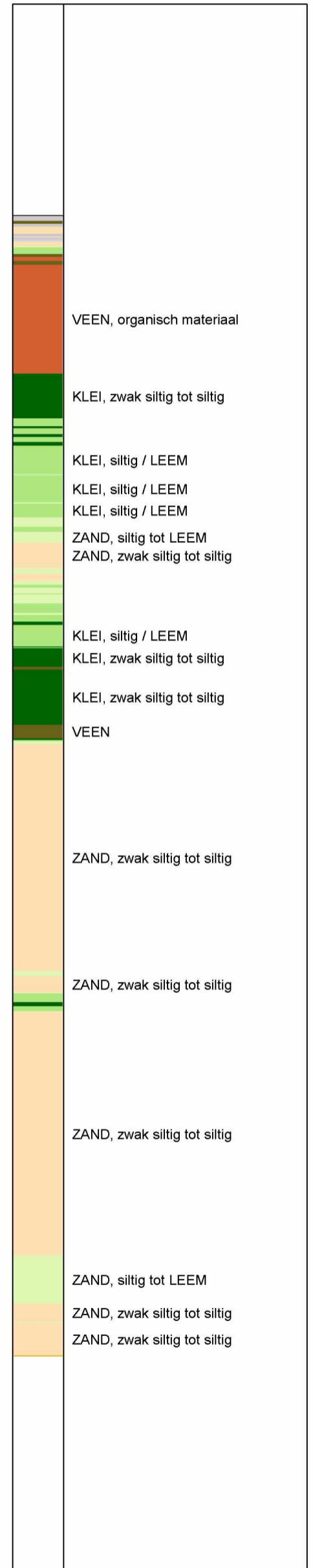
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

VERBOUWING/ UITBREIDING VAN EEGHENSTRAAT 104 AMSTERDAM

Opdr. 1017-0145-000
 Sond. DKMP3



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



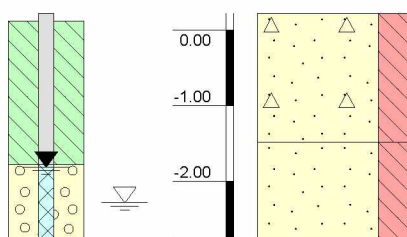
Opg.: CHM/JBK d.d. 23-Jun-2017 Coord.: X=119719.9m Y= 485553.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: B.VILKAITYTE d.d. 05-Jul-2017 MV = NAP -1.28m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1215 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 VERBOUWING/ UITBREIDING VAN EEGHENSTRAAT 104 AMSTERDAM

Opdr. 1017-0145-000
 Sond. DKM4

Boring: HB1

Peilbuis 1 Referentie (m tov NAP)


Veldclassificatie

Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104

0.22 tot -1.48 Zand, matig fijn, sterk siltig, volledig puin grijs

-1.48 tot -2.78 Zand, matig fijn, sterk siltig, licht bruin

Algemene opmerking:

X: 119731.7

GWS (m tov NAP): -2.28

MV (m tov NAP): 0.22

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 23-06-2017

Y: 485526.9

GHG (m tov NAP):

bk PB1 (m tov NAP): 0.22

WS PB1 (m tov NAP): -1.81

Boormeester: chm

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

Geclassificeerd door: chm

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

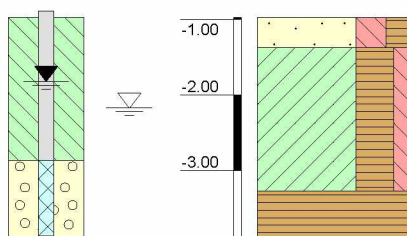
bk PB4 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Boring: HB2

Peilbuis 1 Referentie (m tov NAP)

Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.97 tot -1.37 Zand, matig fijn, sterk siltig, matig humeus, donker bruin

-1.37 tot -3.27 Klei, zwak siltig, uiterst humeus, matig stevig bruin

-3.27 tot -3.97 Veen, mineraalarm, matig stevig bruin

Algemene opmerking:

X: 119719.3

GWS (m tov NAP): -2.17

MV (m tov NAP): -0.97

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 23-06-2017

Y: 485543.2

GHG (m tov NAP):

bk PB1 (m tov NAP): -0.89

WS PB1 (m tov NAP): -1.82

Boormeester: chm

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

Geclassificeerd door: chm

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

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 GeoServices 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.

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 nieuwe 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 mm^2 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 mm^2 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. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2 .

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.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* 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.

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

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Presentatie sondeergegevens

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.

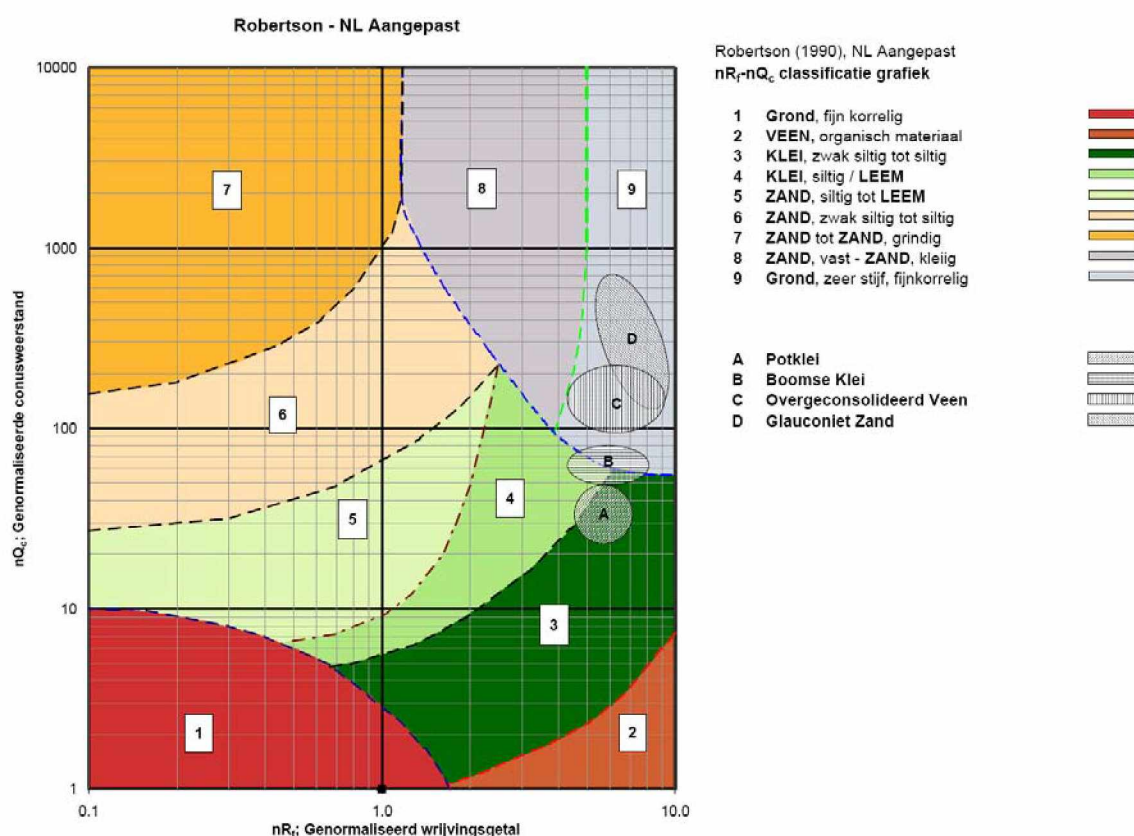
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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



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

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

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.

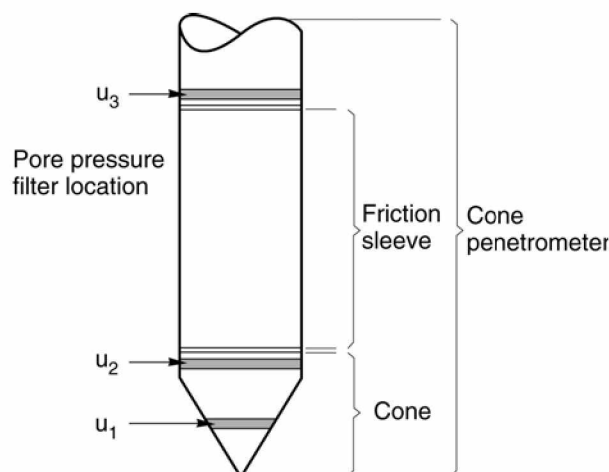
Andere conustypen

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	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	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 (*piëzoconus*) 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 1). 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 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontlucht 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 membraam, 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 wateroverspanningindex 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:

$$B_q = \beta \cdot (u_1 - u_0) / q_{net} \quad \text{of} \quad B_q = (u_2 - u_0) / q_{net}$$

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 = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ 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/m^3 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 overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0 ¹⁾ - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dilatant gedrag	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 zand overeen met circa 1/2 uur à 3/4 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, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt 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 onderstaande tabel.

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort ^b	Interpretatie ^c
1	TE 2	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	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	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	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 Voor 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) ($q_c < 3$ MPa) B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10$ MPa) C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3$ MPa) en zeer dichte zanden ($q_c > 20$ MPa) D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3$ MPa) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20$ 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 onmogelijk 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. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met $q_c < 3$ MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties 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) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. 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 conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	Meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	

Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.

Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheden van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingklasse 3 volgens de ISO norm.

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

Grind

- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

Zand

- Zand, kleilig
- Zand, zwak siltig
- Zand, matig siltig
- Zand, sterk siltig
- Zand, uiterst siltig

Veen

- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleilig
- Veen, sterk kleilig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

Klei

- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

Leem

- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

- Zwak humeus
- Matig humeus
- Sterk humeus
- Zwak grindig
- Matig grindig
- Sterk grindig
- Puin

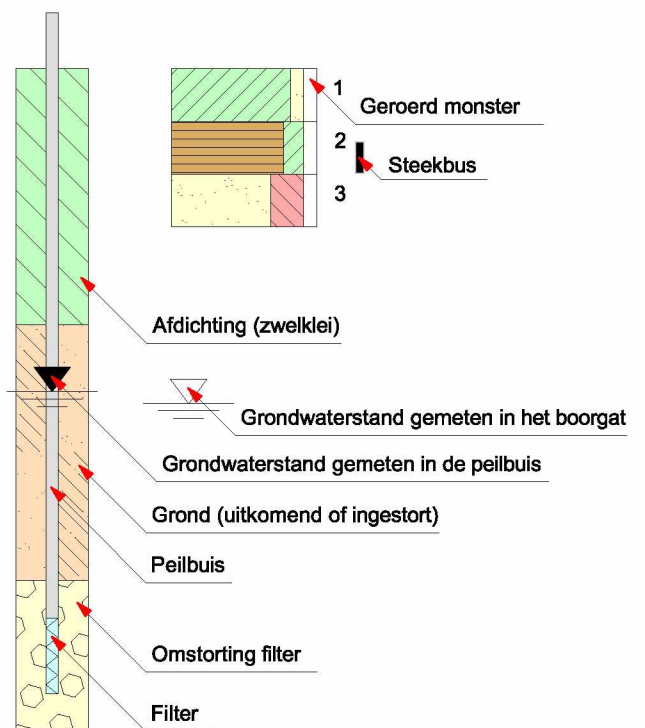
Sonderingen

- 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

Peilbuis

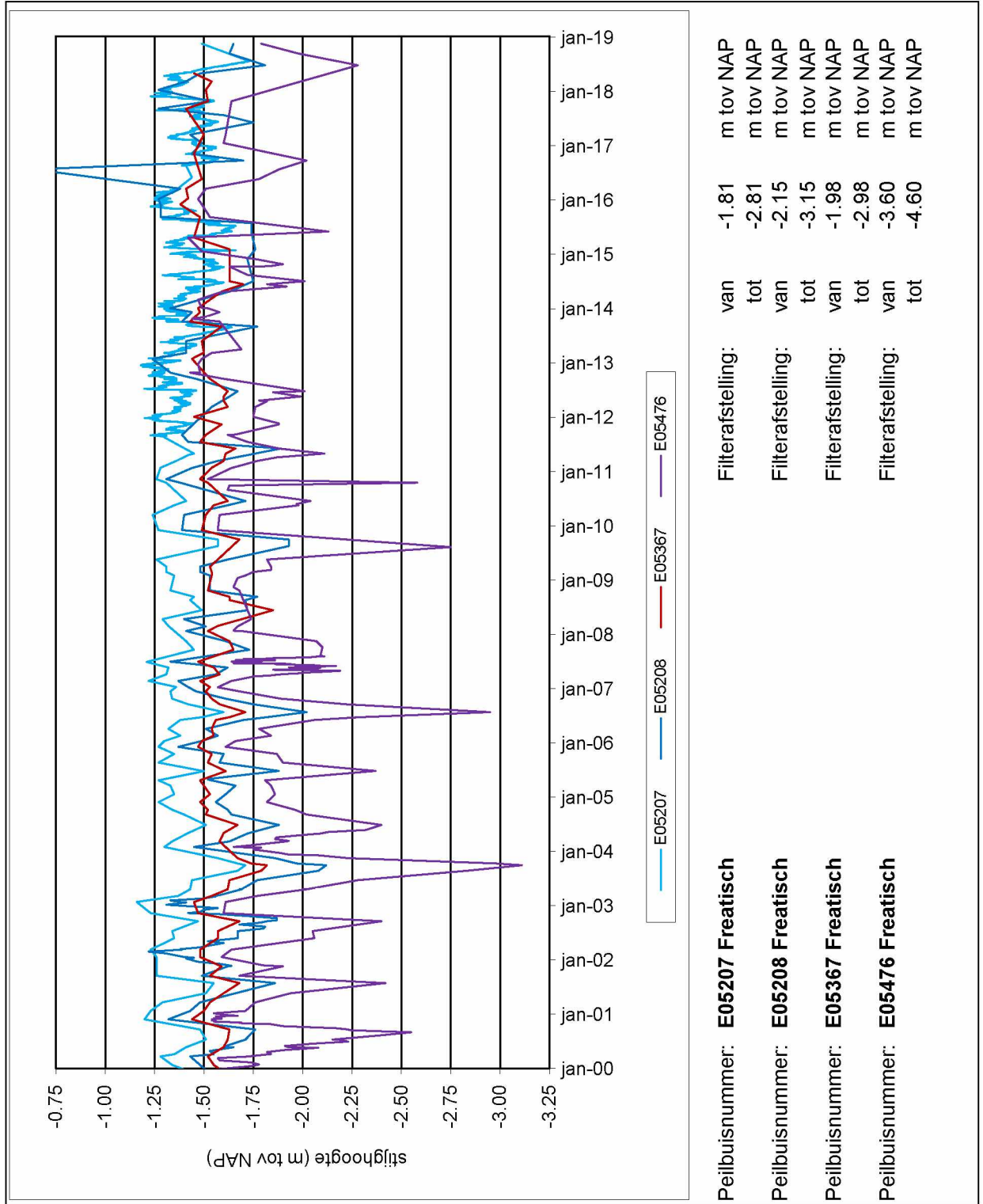


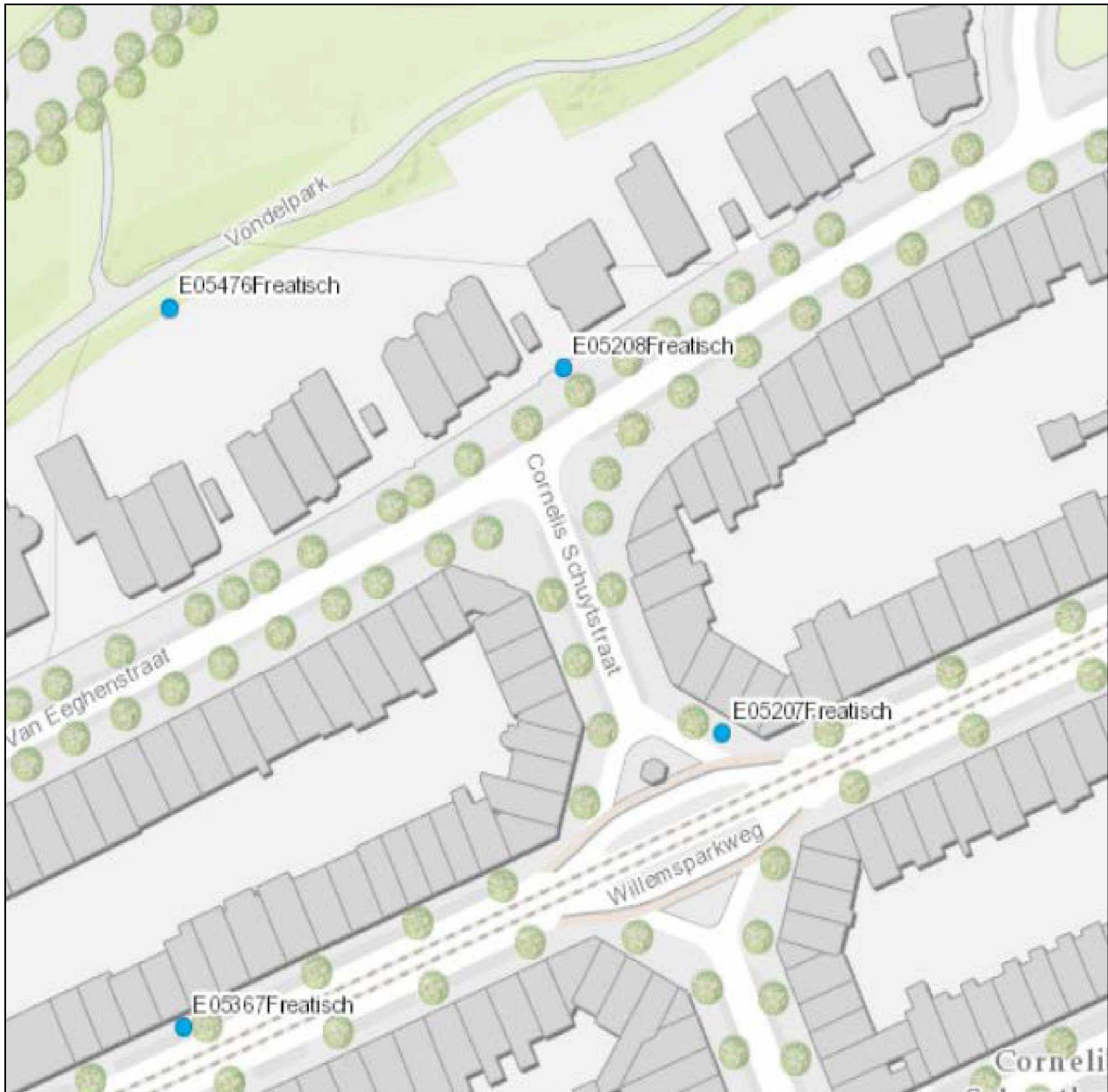
B. STIJGHOOGTEDATA WATERNET PEILBUIZEN

**Waternet
Grondwater**

Tijd-stijghoogtelijnen

Periode van: 1-1-2000 tot: 1-1-2019 Referentie: NAP



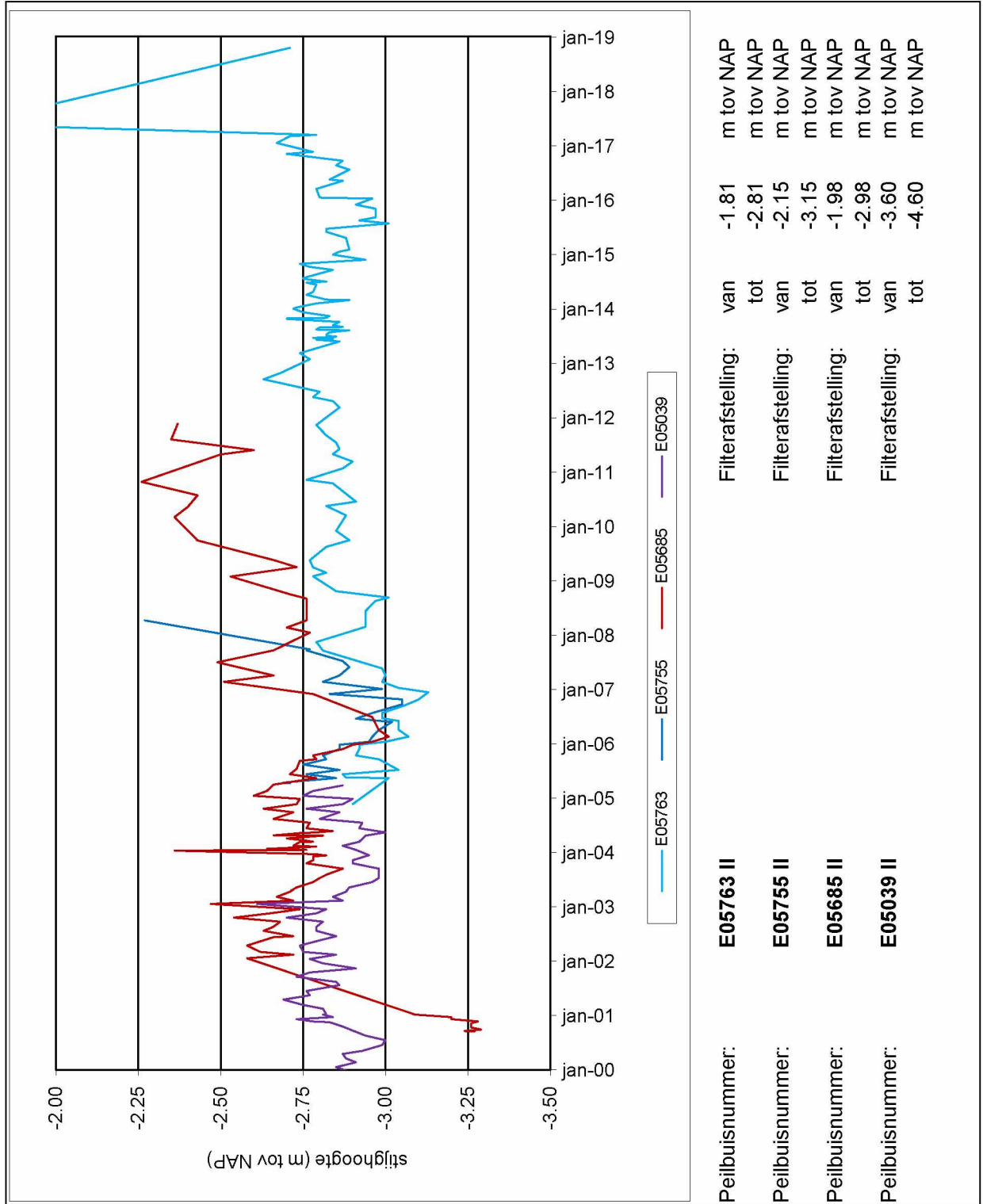


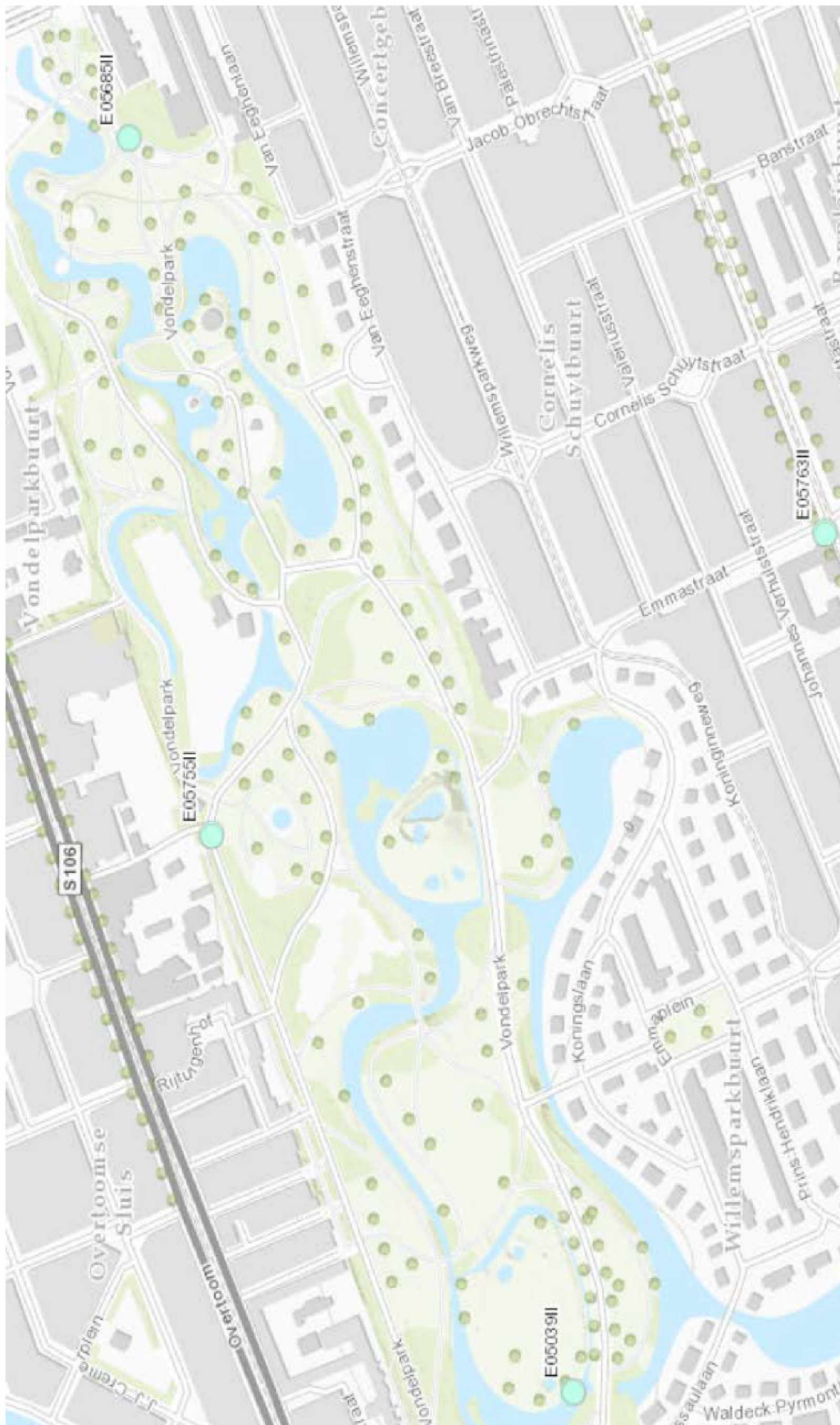
**Waternet
Grondwater**

Tijd-stijghoogtelijnen

Referentie: NAP

Periode van: 1-1-2000 tot: 1-1-2019





C. APPENDIX BARRIÈREWERKING

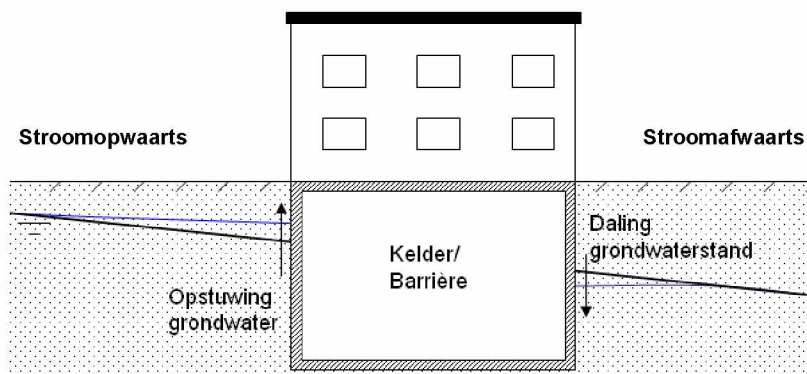
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Deze bijlage geeft een uitleg van het begrip barrièrewerking en van de omstandigheden die nodig zijn om barrièrewerking te laten optreden.

Definitie barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand (of stijghoogte) wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand.

Grondwater stroomt. Dit kan zijn op lokale schaal, waarbij regenwater in de grond zakt en afstroomt richting de omliggende watergangen, of op grotere schaal, waarbij regenwater na infiltratie in diepere grondlagen tientallen kilometers stroomt richting de zee. Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan die stroming in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde (linkerzijde figuur 1) en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde (rechterzijde figuur 1).



Figuur 1: Principe barrièrewerking

De mate waarin barrièrewerking optreedt, is afhankelijk van een viertal factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

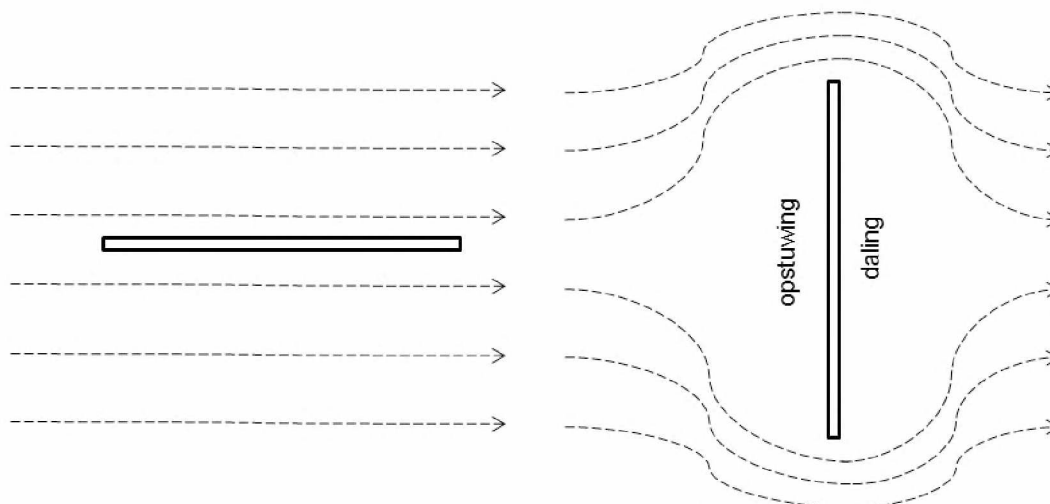
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwning en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

1. Omvang en oriëntatie barrière

De grootte van de constructie (grondoppervlak) bepaalt de mate waarin het grondwater wordt gehinderd.

Kleine kelders (bijvoorbeeld onder een normale rijtjeswoning van ca. 5 x 10 m) hebben op zichzelf geen significante invloed op de grondwaterstroming. Het water kan namelijk makkelijk om de barrière heen stromen. Grote kelders, of dicht naast elkaar gelegen kleine kelders, kunnen wel barrièrewerking tot gevolg hebben.

Naast de omvang van de kelder is ook de oriëntatie van de kelder in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater van belang (zie figuur 2). Lange en smalle kelders of tunnels die parallel aan de grondwaterstromingsrichting liggen hebben slechts een beperkte invloed. De rede is dat het grondwater niet om de constructie heen hoeft te stromen, maar langs de constructie zijn weg kan vervolgen en zodoende minimaal gehinderd wordt. Bij constructies die grotere afmetingen hebben dwars op de stromingsrichting, moet het grondwater een veel langere weg afleggen na het plaatsen van de barrière, waardoor opstuwing en daling van de grondwaterstand kan optreden.

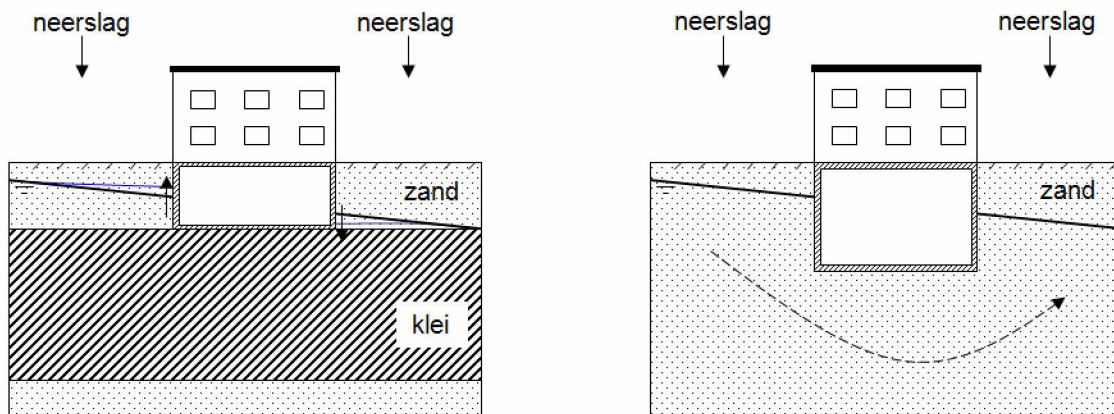


Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

2. Diepte barrière

De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw. Uit door Fugro gemaakte berekeningen volgt, dat een ondergrondse constructie de grondwaterstroming pas echt hindert, wanneer een groot deel (ongeveer 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten.

Figuur 3 geeft hiervoor 2 voorbeelden. Aan de linkerkant sluit een 1-laags kelder een zandlaag volledig af, waardoor het grondwater niet meer onder de kelder door kan stromen. De rechterzijde toont een diepere 3-laags kelder, welke slechts een deel van de zandlaag afsluit. In de laatste situatie kan het grondwater via een relatief korte omweg onder de kelder doorstromen en ontstaat geen overlast.

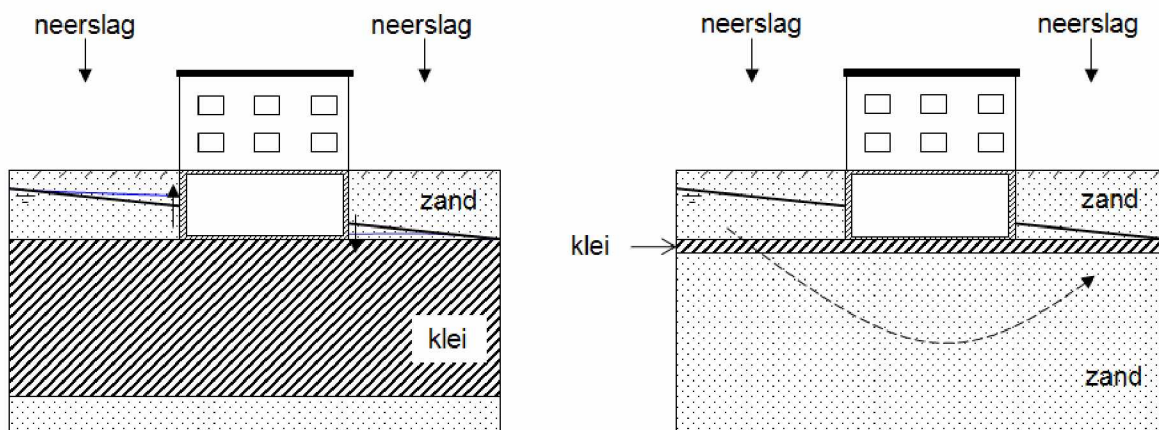


Figuur 3: Merkbare opstuwung kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

3. Dikte van ondiepe klei-/veenlagen

Wanneer een kelder een groot deel van een watervoerende zandlaag afsluit, is de mate van barrièrewerking gerelateerd aan de dikte (weerstand) van de onderliggende waterremmende bodemlagen.

Klei- en veenlagen belemmeren verticale stroming, waardoor grondwater moeilijker onder de constructie door kan stromen. Dikkere klei-/veenlagen (met een hogere weerstand) zorgen voor een grotere belemmering van de verticale stroming en daarmee voor meer risico op barrièrewerking (zie figuur 4).

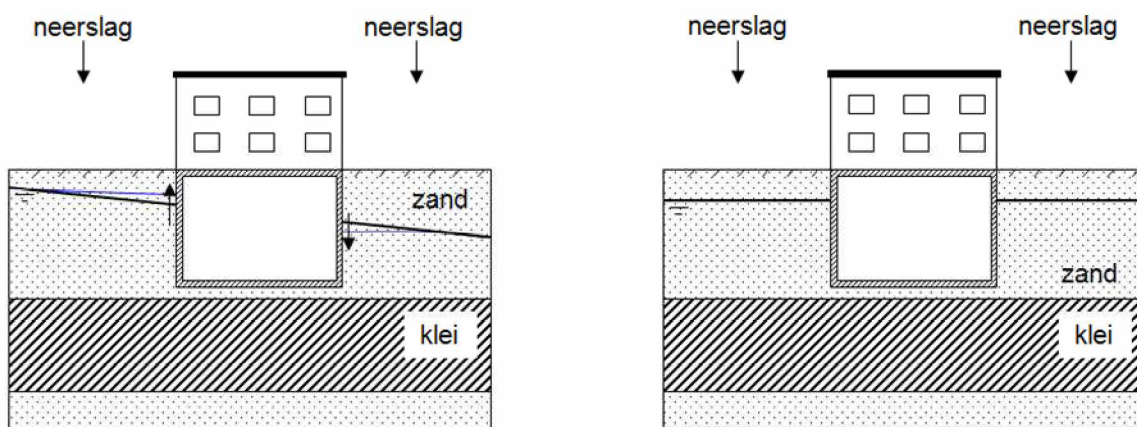


Figuur 4: De mate van barrièrewerking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

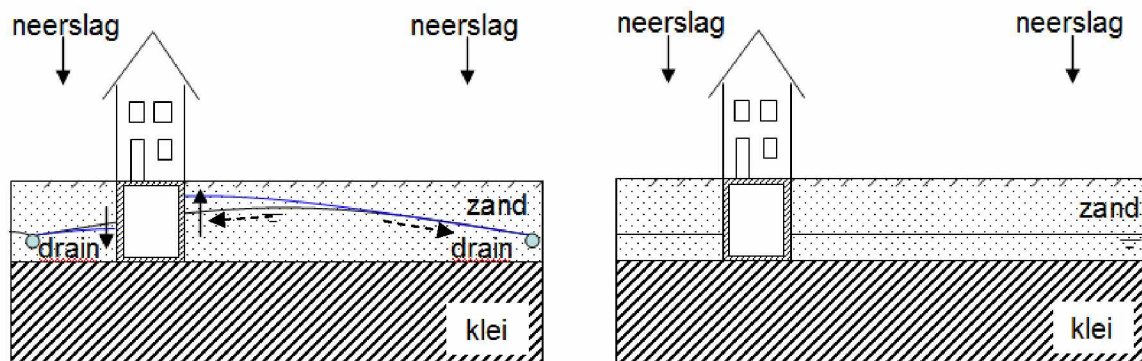
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

Horizontale grondwaterstroming ontstaat door verschillen in de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie. Water stroomt van een hoge grondwaterstand (of stijghoogte) naar een lagere grondwaterstand (of stijghoogte). Wanneer de grondwaterstandsverschillen in de omgeving minimaal zijn, ontstaat geen opstuwing en daling van de grondwaterstand.



Figuur 5: Opstuwing is afhankelijk van de horizontale grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen.

In veel bebouwde gebieden bestaat de grondwaterstroming hoofdzakelijk uit neerslag die afstroomt richting nabij gelegen ontwateringsmiddelen (zoals drainage of watergangen). Tussen de ontwateringsmiddelen ligt de grondwaterstand hoger, dit wordt opbolling genoemd. Wanneer de opbolling significant is kan door het plaatsen van een kelder eveneens opstuwing ontstaan (figuur 6 links). Bij beperkte opbolling is de grondwaterstroming minimaal en heeft het plaatsen van een kelder weinig effect op de grondwaterstand (figuur 6 rechts).



Figuur 6: Opstuwing is afhankelijk van de grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen, welke wordt beïnvloed door drainage en sloten.