

Damwandadvies betreffende:

**van Eeghestraat 94-98  
te Amsterdam**

ons kenmerk 230491-vEe-D9/AAO  
datum 13 maart 2025

Opdrachtgever

5.1, 2, e

Naam	Functie	Paraaf
5.1, 2, e 5.1, 2, e	Geotechnisch Adviseur (auteur)	5.1, 2, e
5.1, 2, e	Geotechnisch Adviseur (controle)	5.1, 2, e

<b>INHOUDSOPGAVE</b>		bladzijde
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>2</b>
1.1	Het voorliggend rapport	2
1.2	Beknopte omschrijving van het bouwplan	2
1.3	Geotechnische categorie	3
<b>2</b>	<b>GRONDONDERZOEK EN BODEMOPBOUW</b>	<b>4</b>
2.1	Grondonderzoek	4
2.2	Bodemopbouw en bodemparameters	5
2.3	Grondwaterstand en open waterpeil	5
2.4	Stijghoogte van het grondwater (wadzand en 1 <sup>ste</sup> zandlaag)	5
<b>3</b>	<b>VERTICAAL BODEMEVENWICHT</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>DAMWANDADVIES</b>	<b>7</b>
4.1	Inleiding	7
4.2	Rekenmethodiek	7
4.3	Veiligheidsklasse en rekenfactoren	7
4.4	Fasering uitgraven bouwput	7
4.5	Damwand eigenschappen	8
4.6	Geometrie / bouwfases van de doorsneden	8
4.7	Berekeningsresultaten	10
4.8	Toetsing maximaal moment en vervorming	11
4.9	Monitoring	11
<b>5</b>	<b>UITVOERING</b>	<b>13</b>
 <b>BIJLAGEN</b>		
1	grondonderzoek	
2	grafiek stijghoogte in de wadzandlaag	
3	berekening verticaal evenwicht	
4	geometrie en resultaten D-Sheet Piling	

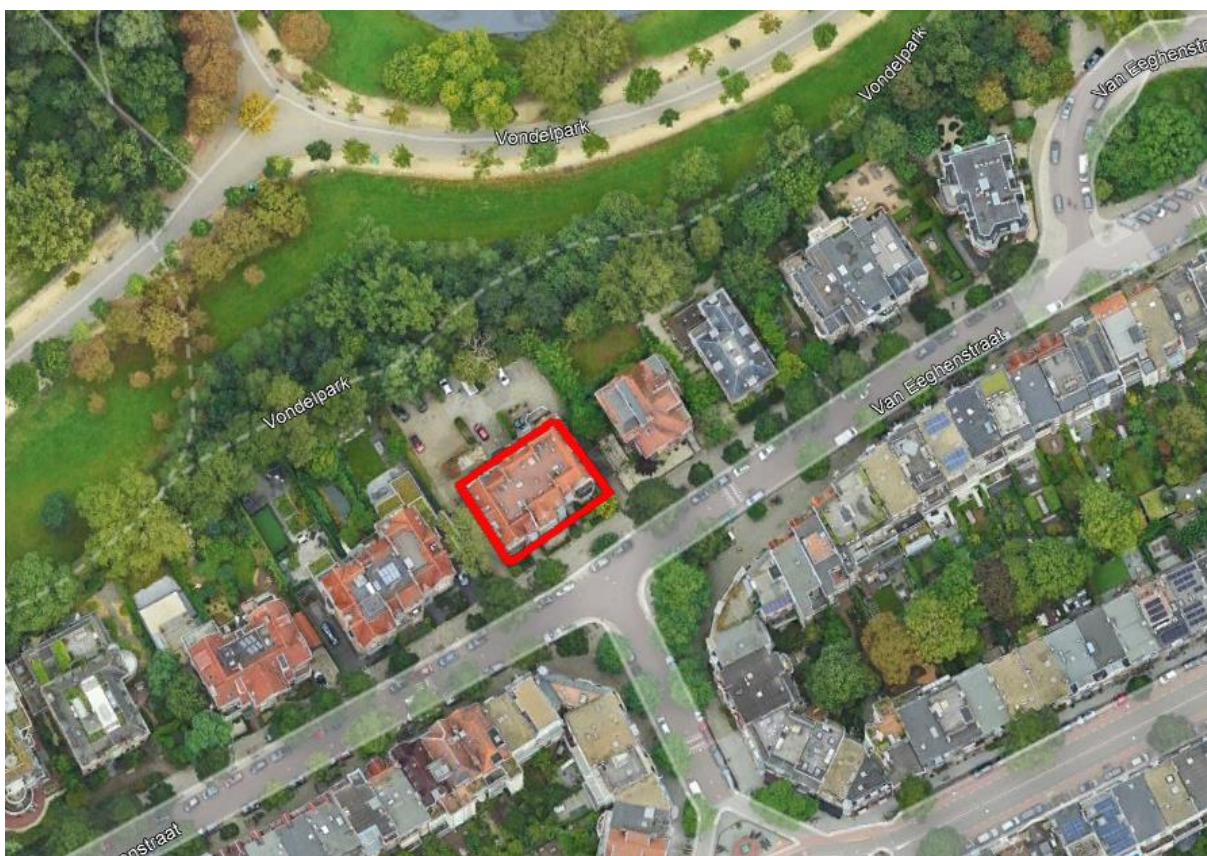
## 1 INLEIDING

### 1.1 Het voorliggend rapport

Ten behoeve van funderingsherstel in combinatie met de realisatie van een kelder onder de panden van Eeghestraat 94-98 te Amsterdam heeft de opdrachtgever ons bureau verzocht een damwandanalyse uit te voeren. De resultaten worden in het voorliggende rapport gepresenteerd.

### 1.2 Beknopte omschrijving van het bouwplan

In onderstaande figuur 1 is de ligging van de projectlocatie aangegeven.



figuur 1: Locatieoverzicht met contouren projectlocatie (bron: Google Earth)

Voor het vervullen van de opdracht is door de opdrachtgever informatie ter beschikking gesteld, bestaande uit ontwerptekeningen en dwarsdoorsneden.

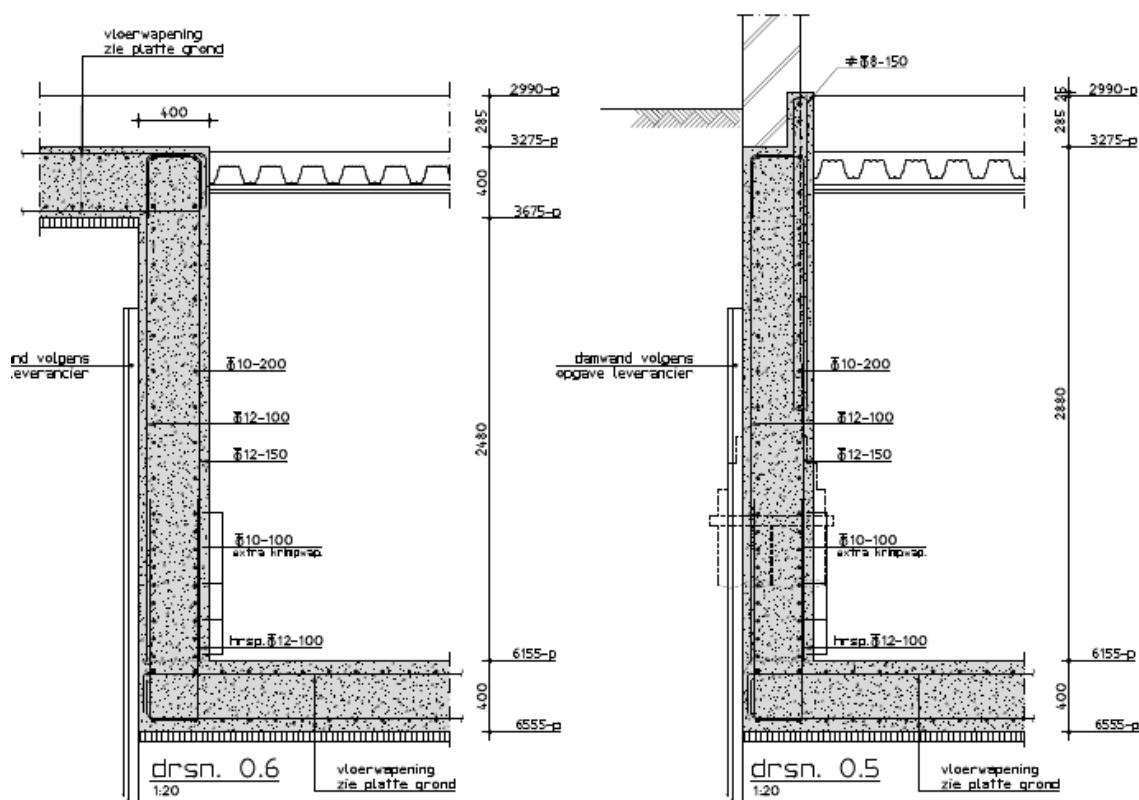
Conform opgave van de opdrachtgever is uitgegaan van de volgende geometrie:

Onderkant keldervloer	NAP -4,425 m;
Maximale ontgravingsdiepte	NAP -4,875 m;
Dikte grondverbetering	netto 0,3 m zand + 0,15 m werkvloer.

Het maaiveldniveau aan de achterzijde van het project is gelegen op ca. NAP -1,0 m. Aan de straatzijde is het maaiveld gelegen op ca. NAP +0,2 m.

De kelder wordt aangelegd middels de toepassing van damwanden. Deze damwanden blijven achter in de grond.

Een globale doorsnede van de toekomstige keldervloer en aanlegniveau zijn weergegeven op figuur 2 opgenomen.



figuur 2: Doorsnede van de toekomstige keldervloer en bestaande funderingsmuren (bron: constructeur)

Voor gegevens omtrent de constructie verwijzen wij u naar de berekeningen en tekeningen van de constructeur.

*N.B. De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. Bovenstaande omschrijving vormt de basis voor dit advies. Geadviseerd wordt om de uitgangspunten te verifiëren, alvorens de adviesresultaten in het ontwerp toe te passen. Tjaden Adviesbureau staat niet in voor juistheid van door derde verstrekte informatie en gegevens.*

### 1.3 Geotechnische categorie

Het bouwplan is conform NEN 9997-1 § 2.1 ingedeeld in geotechnische categorie GC-2. Conform NEN 9997-1 § 3.2.3 dienen de sonderingen binnen de omtrek van het bouwplan, met een onderlinge afstand van niet meer dan 15 m à 25 m, te zijn gemaakt.

## 2 GRONDONDERZOEK EN BODEMOPBOUW

### 2.1 Grondonderzoek

Voor het opstellen van dit advies is gebruik gemaakt van grondonderzoek dat door derden is uitgevoerd. Het grondonderzoek heeft bestaan uit 4 sonderingen en 1 handboringen.

De sondeerpunten zijn op de situatietekening in de bijlagen aangegeven. Op basis van het grondonderzoek van derden is het maaiveldniveau vastgesteld op ca. NAP -1,0 m.

*N.B. Opgemerkt wordt dat het grondonderzoek door derden is uitgevoerd, Tjaden Grondmechanica staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van het door derden uitgevoerde grondonderzoek.*

De sonderingen zijn met een elektrische kleefmantelconus uitgevoerd en voldoen aan NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 3. Met een hellingmeter is de afwijking van de verticaal gemeten. Bij de sonderingen is tevens de plaatselijke wrijving gemeten. De plaatselijke wrijving en het wrijvingsgetal worden op de betreffende sondeergrafieken weergegeven. Het wrijvingsgetal is het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de conusweerstand. Voor de bodem beneden de grondwaterstand geeft het wrijvingsgetal een indicatie van de grondsoorten (tabel 1).

*tabel 1: Indicatie van de grondsoorten op basis van de conusweerstand en het wrijvingsgetal*

grondsoort	conusweerstand (MPa)		wrijvingsgetal (%)			
grind en grof zand	>	10	0,2	-	0,6	
fijn zand	>	5	0,6	-	1,4	
zand, silthoudend	>	4	0,8	-	1,4	
zand, kleihoudend	>	2	1,0	-	2,0	
klei	0	-	5	2,0	-	7,0
veen	0	-	5	5,0	-	12,0

## 2.2 Bodemopbouw en bodemparameters

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de gehanteerde volume gewichten en sterkte parameters (representatieve waarden). De parameters zijn bepaald op basis van de sonderingen, NEN 9997-1 tabel 2b en beschikbare informatie uit ons archief.

*tabel 2: Grondeigenschappen – volumegewicht en sterkteparameters*

Grondsoort	Diepte vanaf [m NAP]	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\varphi'$ [°]	$\delta$ [°]	$K_{h,\text{rep}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]		
						$K_{h,1}$	$K_{h,2}$	$K_{h,3}$
ZAND toplaag	ca. -1,0	18,0 / 20,0	0	30,0	20,0	6.000	3.000	1.500
VEEN	ca. -2,5	11,0 / 11,0	5	15,0	0	1.000	500	250
KLEI siltig	ca. -4,5	16,0 / 16,0	1	22,5	15,0	2.400	1.200	600
KLEI licht zandhoudend	ca. -6,0	17,0 / 17,0	0	25,0	16,7	3.000	1.500	750
ZAND wadafzetting	ca. -7,75	18,0 / 18,0	0	27,5	18,3	4.000	2.000	1.000
KLEI siltig	ca. -9,0	15,0 / 15,0	1	22,5	15,0	2.400	1.200	600
VEEN basis holocene afzetting	ca. -11,75	12,0 / 12,0	5	15,0	0	1.500	750	375
ZAND (zeer) vast gepakt	ca. -12,0	19,0 / 21,0	0	32,5	21,7	30.000	15.000	7.500

### *Toelichting bij tabel 2:*

$\gamma$  en  $\gamma_{\text{sat}}$  = volumiek gewicht;  $\gamma_{\text{sat}}$  = verzadigd;  
 $c'$  = effectieve cohesie;  
 $\varphi'$  = effectieve hoek van inwendige wrijving;  
 $\delta$  = wandwrijvingshoek;  
 $K_{h,\text{rep}}$  = horizontale beddingsconstante.

## 2.3 Grondwaterstand en open waterpeil

De grondwaterstand is aangehouden op ca. NAP -1,6 m. Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zijn fluctuaties mogelijk. De aangehouden grondwaterstand kan niet voor ontwerpdoeleinden worden gehanteerd.

## 2.4 Stijghoogte van het grondwater (wadzand en 1<sup>ste</sup> zandlaag)

Door ons bureau is een peilbuis in de wadzandlaag (beginnend op ca. NAP -7,75 m) geplaatst. Gedurende 4 weken is de stijghoogte gemonitord, waarbij een stijghoogte van ca. NAP -1,75 m is ingemeten. De grafiek met daarin het verloop van de stijghoogte gedurende deze 4 weken is opgenomen in bijlage 2.

Op basis van gegevens uit het DINO-loket is de stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket (beginnende op ca. NAP -12,0 m) aangehouden op ca. NAP -2,5 m.

De gehanteerde grondwaterstand en stijghoogte zijn bedoeld voor de berekeningen in deze rapportage en kunnen niet voor andere (ontwerp)doeleinden worden gebruikt.

### 3 VERTICAAL BODEMEVENWICHT

Het verticale bodemevenwicht dient 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 opbarstberekningen. 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.

Het verticale bodemevenwicht is voor 2 situaties beschouwd.

- In eerste instantie wordt ontgraven tot NAP -4,425 m (onderzijde keldervloer).
- Vervolgens wordt vaks-/strooksgewijs ontgraven tot NAP -4,875 m. Tijdens de ontgraving wordt direct 0,3 m zand als grondverbetering aangebracht tot NAP -4,575 m.

De uitgangspunten en resultaten en berekeningen voor beide situaties zijn gepresenteerd in onderstaande tabellen en opgenomen in bijlage 3.

tabel 3: Uitgangspunten en resultaten opbarstberekening

Van [NAP m]	Tot [NAP m]	Grondsoort	Dikte laag [m]	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Totaal [kN/m <sup>2</sup> ]
-4,425	-4,5	VEEN	0,08	11,0	0,8
-4,5	-6,0	KLEI, siltig	1,43	16,0	24,0
-6,0	-7,75	KLEI zandhoudend	1,75	17,0	29,8
Opbarstniveau					-4,425
Gronddruk onder ontgraving					54,6
Totale neerwaartse gronddruk(inclusief materiaalfactor 0,9)					49,1
Opwaartse waterdruk bij stijghoogte van NAP -1,75 m					60,0
Veiligheidsfactor [N]					<b>0,82</b>
Toegestane stijghoogte [m NAP]					-2,8

tabel 4: Uitgangspunten en resultaten opbarstberekening

Van [NAP m]	Tot [NAP m]	Grondsoort	Dikte laag [m]	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Totaal [kN/m <sup>2</sup> ]
-4,575	-4,875	ZAND, grondverbetering	0,3	19,0	5,7
-4,875	-6,0	KLEI, siltig	1,125	16,0	18,0
-4,675	-7,75	KLEI zandhoudend	1,75	17,0	29,8
Opbarstniveau					-4,575
Gronddruk onder ontgraving					53,5
Totale neerwaartse gronddruk(inclusief materiaalfactor 0,9)					48,2
Opwaartse waterdruk bij stijghoogte van NAP -1,75 m					60,0
Veiligheidsfactor [N]					<b>0,80</b>
Toegestane stijghoogte [m NAP]					-2,9

Uit de opbarstberekening blijkt dat de veiligheid tegen opbarsten onvoldoende is ( $N < 1$ ). De stijghoogte in de wadzandlaag dient te worden verlaagd tot ca. NAP -2,9 m.

## 4 DAMWANDADVIES

### 4.1 Inleiding

Door toepassing van grond- en waterkerende damwanden wordt een gesloten bouwput gecreëerd. Gezien de projectlocatie en de bodemopbouw is besloten uit te gaan van een stalen damwand.

### 4.2 Rekenmethodiek

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 9997-1. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de uiterste-grenstoestand (UGT) en de bruikbaarheids-toestand (BGT). Tevens is gebruik gemaakt van de CUR-publicatie 166 Damwandconstructies.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma D-Sheet Piling, versie 18.2, van Deltares. Dit programma is gebaseerd op een liggermodel ondersteund door een bedding van ongekoppelde grondveren.

### 4.3 Veiligheidsklasse en rekenfactoren

De constructie is conform NEN 9997-1 art. 9.1.1 ingedeeld in veiligheidsklasse **RC1**.

De rekenwaarde-grondeigenschappen worden in dit geval bepaald met behulp van de volgende partiële materiaalfactoren:

- tangens hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{m;\varphi}$	=	1,15
- cohesie	$\gamma_{m;c}$	=	1,15
- beddingsconstante	$\gamma_{m;E}$	=	1,30

De rekenwaarden van het ontgravniveau en van de (grond-)waterstanden zijn aan de hand van de volgende partiële geometriefactoren bepaald:

- kerende hoogte	$\Delta_{kh}$	=	10 %
- grondwaterstand lage zijde	$\Delta_{gws,lz}$	=	0,20 m
- grondwaterstand hoge zijde	$\Delta_{gws,hz}$	=	0,05 m

### 4.4 Fasering uitgraven bouwput

Nadat de damwand is aangebracht, wordt de bouwput tot ca. NAP -18,5 m ontgraven om een boven stempelraam aan te kunnen brengen.

Vervolgens wordt de bouwput ontgraven tot het ontgravniveau van NAP -4,425 m en wordt de grondverbetering en de werkvloer aangebracht. In deze fase zal in de bouwput, rondom tegen de damwand aan, een grondwal aanwezig blijven tot NAP -2,3 m en tot ca. 4 m uit de damwand.

Vervolgens wordt strookgewijs de grondwal ontgraven, waarna per strook direct een grondverbetering wordt aangebracht en een werkvloer wordt gestort. Zodoende wordt de damwand op de werkvloer afgestempeld.

#### 4.5 Damwand eigenschappen

In de berekeningen is uitgegaan van stalen damwanden, profiel PAL 3050 met staalkwaliteit S235. Twee damwanden worden op elkaar gelast waardoor de damwand kan stuiken. Hierdoor is sprake van een reductiefactor van 74% á 84% de sterkte eigenschappen van de damwand. De volgende aangepaste eigenschappen zijn aangehouden:

- EI = 1.472 kNm<sup>2</sup>/m<sup>1</sup> (reductiefactor van 84%);
- W = 135 cm<sup>3</sup>/m<sup>1</sup> (reductiefactor van 74%).

#### 4.6 Geometrie / bouwfases van de doorsneden

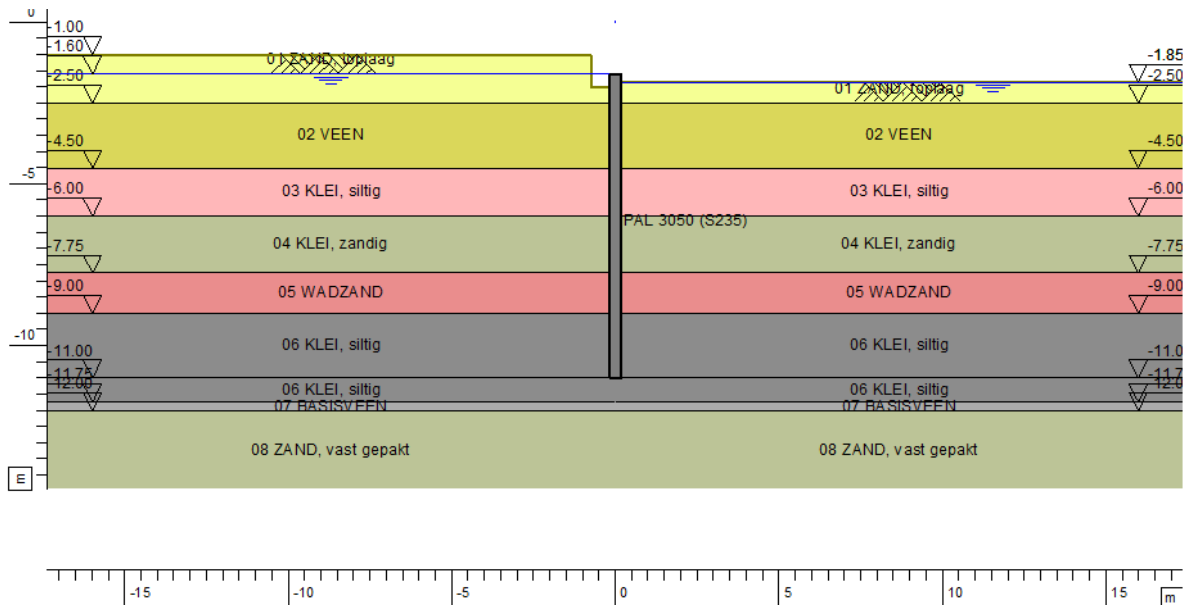
De volgende uitgangspunten en geometrie zijn aangehouden:

Maaiveld actieve zijde	: NAP -1,0 m;
Onderzijde keldervloer	: NAP -4,425 m;
Maximale ontgraving grondverbetering	: NAP -4,875 m, 0,3 m zand + 0,15 m werkvloer;
Grondwaterstand	: NAP -1,6 m;
Verlaagde grondwaterstand	: NAP -4,65 m;
Stijghoogte in het wadzand	: van NAP -1,75 m verlagen naar NAP -2,9 m;
Stijghoogte 1 <sup>ste</sup> watervoerende pakket	: NAP -2,5 m;
Bovenstempel niveau	: NAP -1,85 m;
Bovenbelasting	: geen;
Bovenzijde damwand	: NAP -1,6 m;
Installatieniveau damwand	: NAP -11,0 m;
Lengte damwand	: 9,4 m.

De berekening aan de achterzijde is in de berekeningen gehanteerd. Aan de voorzijde is het maaiveldniveau op ca. NAP +0,2 m gelegen. Aan de voorzijde dient het maaiveldniveau eerst te worden verlaagd, door ontgraving onder talud, tot NAP -1,0 m. Zodoende wordt een vergelijkbare situatie gecreëerd als aan de achterzijde.

### Bouwfase 1

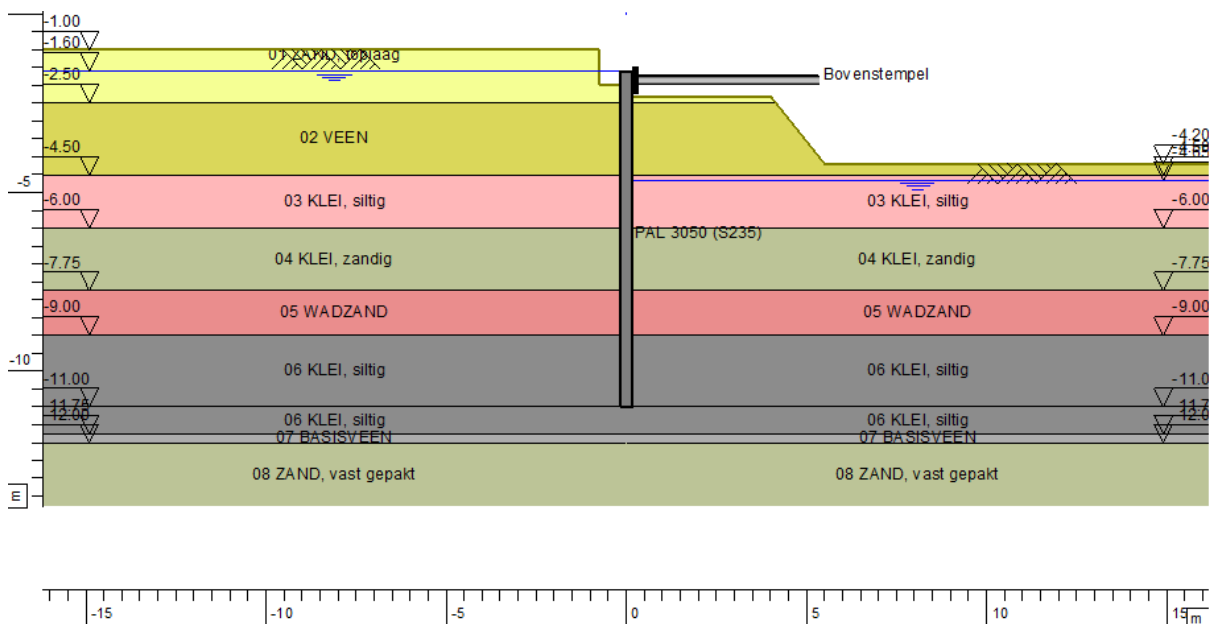
Nadat de damwand is aangebracht wordt ontgraven tot ca. NAP -1,85 m en wordt het bovenstempel op NAP -1,85 m aangebracht.



figuur 3: Bouwfase 1, ontgraving tot ca. NAP -1,85 m

### Bouwfase 2

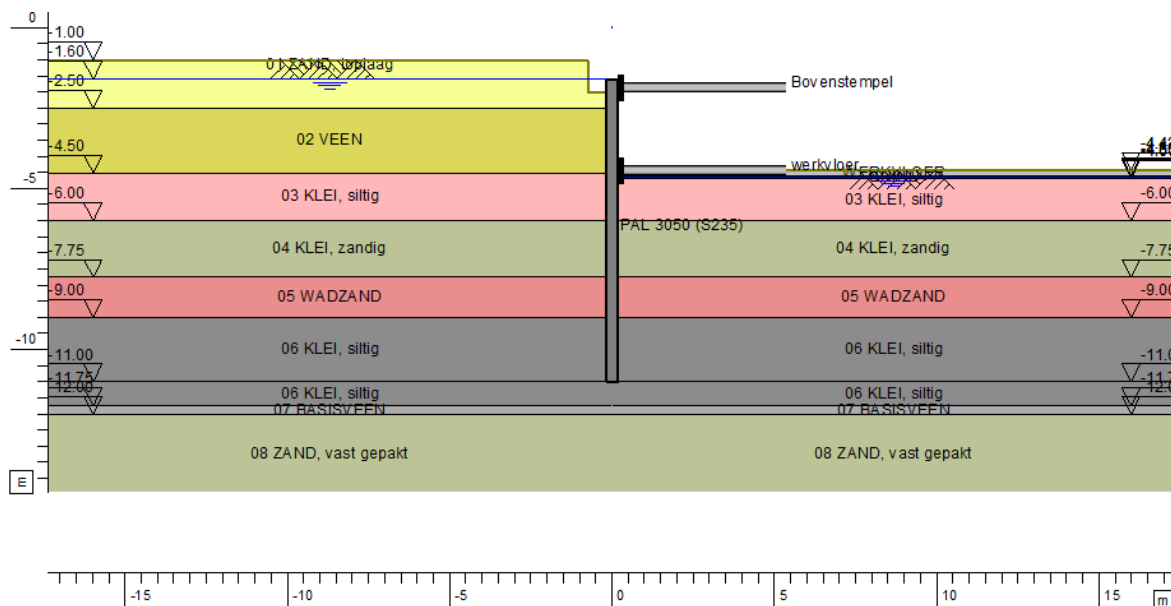
Vervolgens wordt de bouwkuip ontgraven tot NAP -4,425 m, waarbij tegen de damwand een grondwal aanwezig blijft met de bovenzijde op NAP -2,3 m. Deze grondwal loopt door tot 4 m uit de damwand.



figuur 4: Bouwfase 2, ontgraving tot NAP -4,425 m, waarbij een grondwal tegen de damwand aanwezig blijft

### Bouwfase 3

Vervolgens wordt de grondwal in stroken ontgraven, waarna per strook direct een grondverbetering van, 0,3 m zand en een werkvloer met een dikte van 0,15 m wordt aangebracht. zodoende wordt de damwand afgestempeld op de keldervloer.



figuur 5: bouwfase 3, maximale ontgraving met afstempeling vloer op damwand

### 4.7 Berekeningsresultaten

In tabel 5 zijn de berekeningsresultaten samengevat. In de tabel zijn de doorsnede, damwandprofiel en installatieniveau opgenomen.

tabel 5: Samenvatting van de berekeningsresultaten

staalprofiel / onderzijde	Bouwfase	Grenstoestand	$M_{s;d}$ [kNm/m <sup>1</sup> ]	$p_{max;stempel}$ [kN/m <sup>1</sup> ]	$p_{max;kelder}$ [kN/m <sup>1</sup> ]	verplaatsing [mm]
PAL 3050 S235 NAP -11,0 m L = 9,4 m	1	UGT	3	---	---	---
		BGT	3	---	---	4
	2	UGT	25	13	---	---
		BGT	11	<b>22</b>	---	20
	3	UGT	<b>25</b>	20	<b>53</b>	---
		BGT	14	19	50	<b>21</b>

**Toelichting bij tabel 5:**

- $M_{s;d}$  = rekenwaarde optredende maximaal veldmoment,
- $p_{max;stempel}$  = maximale stempelkracht op NAP -1,85 m,
- $p_{max;kelder}$  = maximale kracht op de keldervloer/onderstempel op NAP -4,425 m,
- verplaatsing = maximaal berekende uitbuiging.

In bijlage 4 zijn de geometrie van de verschillende bouwfases en de berekeningsresultaten opgenomen.

#### **4.8 Toetsing maximaal moment en vervorming**

Conform 9.7.1(l, m en n) van NEN 9997-1 dienen momenten en krachten in de constructie te worden getoetst aan de materiaal gebonden normen NEN-EN 1993.

##### ***Momenten***

Voor de momenten moet worden voldaan aan  $M_{s;d} < M_{r;d}$ . Voor de maatgevende situatie is de rekenwaarde van het maatgevende moment  $M_{s;d} = 25 \text{ kNm/m}^1$ . De rekenwaarde van de sterkte  $M_{r;d}$  is in dit geval  $32 \text{ kNm/m}^1$  (profiel PAL 3050 met staalkwaliteit S235 en rekening houdend met de axiale kracht in de damwand en een reductiefactor van 74% op het weerstandsmoment), zodat voldaan is aan de gestelde sterkte-eis.

##### ***Vervorming***

De maximale uitbuiging ( $u_{max}$ ) is voor de BGT berekend op 21 mm. Opgemerkt wordt dat aan de actieve zijde direct naast de damwand maaiveldzakkingen zijn te verwachten, orde grootte gelijk aan de maximale uitbuiging.

#### **4.9 Monitoring**

Geadviseerd wordt om vooraf en tijdens de werkzaamheden de omgeving en met name de aanwezige bebouwing te monitoren. Gedacht kan worden aan het aanbrengen van meetbouten, deformatiemetingen en een vooropname.

Daarnaast wordt geadviseerd om in de straat meetpunten aan te brengen en deze gedurende de bouwwerkzaamheden te monitoren om eventuele verzakkingen tijdig op te merken. Indien noemenswaardige verzakkingen worden gemonitord dient de bouwput gevuld te worden met zand, om instabiliteit tegen te gaan.

## 5 DRAAGKRACHT VAN DE DAMWAND

De tijdelijke damwand wordt tevens belast door een verticaal kracht vanuit het stempelraam. Derhalve is in dit hoofdstuk het draagvermogen van de damwand bepaald. De in paragraaf 4.1 vermelde, en in de berekening gehanteerde, karakteristieken dienen te zijn ontleend aan statische belastingsproeven conform NEN 9997-1 § 7.5.2.

### 5.1 Uitgangspunten van een vrijstaande op druk belaste damwand

De draagkracht is op de volgende uitgangspunten gebaseerd:

- **de draagkracht is bepaald per strekkende meter;**
- de draagkracht van een verticaal geplaatste en axiaal op druk belaste damwand wordt bepaald volgens de norm NEN 9997-1 "Geotechnisch ontwerp van constructies";
- momenten, horizontale en trekbelastingen zijn niet beschouwd;
- de volgende factoren worden aangehouden;

	$\alpha_p$	$\alpha_s$	$\beta$	$s$
PAL 3050 stalen damwand	0,7	0,004	1,0	0,62

- het bouwplan betreft een niet-stijf bouwwerk; in verband daarmee wordt de correlatiefactor bepaald op  $\xi_3 = 1,39$  (NEN 9997-1 tabel A.10a);
- de partiële weerstandsfactor voor de op druk belaste damwand bedraagt  $\gamma_R = 1,20$  (NEN 9997-1 A.3.3.2);
- aangezien het een tijdelijke damwand betreft zijn geen negatieve kleefbelasting verdisconteerd;
- de netto draagkracht van de damwand dient hoger te zijn dan de centrisch aangrijpende maximale belasting vanuit de constructie:  $F_{C;d} + F_{nk;d} < R_{C;d}$ . Hiermee is tevens voldaan aan uiterste grenstoestand. De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de damwand onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

De damwand wordt tot ca. NAP -11,0 m geïnstalleerd inde kleilaag. Van NAP -8,0 m tot ca. NAP -9,5 m wordt een zandlaag doorkruist. De damwand zal enkel uit deze laag positieve wrijving en daarmee draagvermogen creëren. Voor deze laag is een conservatieve gemiddelde conusweerstand van ca. 2,5 MPa aangehouden.

De bij dit niveau behorende rekenwaarde van de draagkracht is bepaald aan de hand van de bovengenoemde uitgangspunten en is in onderstaande tabel opgenomen.

tabel 6: Installatieniveau en rekenwaarde van de draagkracht:

- PAL 3050

Sondering nummer	Installatieniveau in m t.o.v. NAP	<b>Draagkracht per strekkende meter damwand</b>
		$R_{C;net;d}$ in kN
		Equivalentente schachtomtrek = 0,512 m
DKM1 t/m 4	-11,0	20

Toelichting bij tabel 6:

$R_{C;net;d}$  = rekenwaarde netto geotechnische draagkracht **per strekkende meter damwand**.

## 6 UITVOERING

Er dient tijdens het aanbrengen en het eventuele verwijderen van de damwand rekening te worden gehouden met het verdichten van de zandlagen. Dit kan enige maaiveldzakkingen teweeg brengen binnen een invloedsgebied van globaal 2 à 4 m uit de damwand.

Om eventuele maaiveldzettingen als gevolg van het verwijderen van de damwand te beperken / voorkomen, wordt geadviseerd de damwand als verloren te beschouwen. Het eventueel trekken van de damwanden dient zodanig te geschieden dat een minimale hoeveelheid grond wordt opgehaald. Geadviseerd wordt de profielen voor het trekken enigszins los te wrikken.

Initiële vervormingen van de damwand en de stempelramen moet worden voorkomen, door de ruimte tussen de damwand, gordingen en stempels op te vullen en de stempels onder spanning te zetten. Het stempelraam dient voldoende stijf te zijn.

De ruimte tussen de damwand en de kelder dient zo zorgvuldig mogelijk te worden aangevuld met zand dat door middel van aantrillen wordt verdicht. Een zorgvuldige uitvoering zal de effecten door het trekken van de damwand positief beïnvloeden. Tevens wordt aanbevolen de ruimte te vullen met grondwater. Het waterniveau dient binnen/buiten de damwand even hoog staan alvorens de damwand te trekken.

In het vertrouwen u hiermede van dienst te zijn geweest, verblijven wij,

Tjaden Adviesbureau voor Grondmechanica B.V.

5.1, 2, e

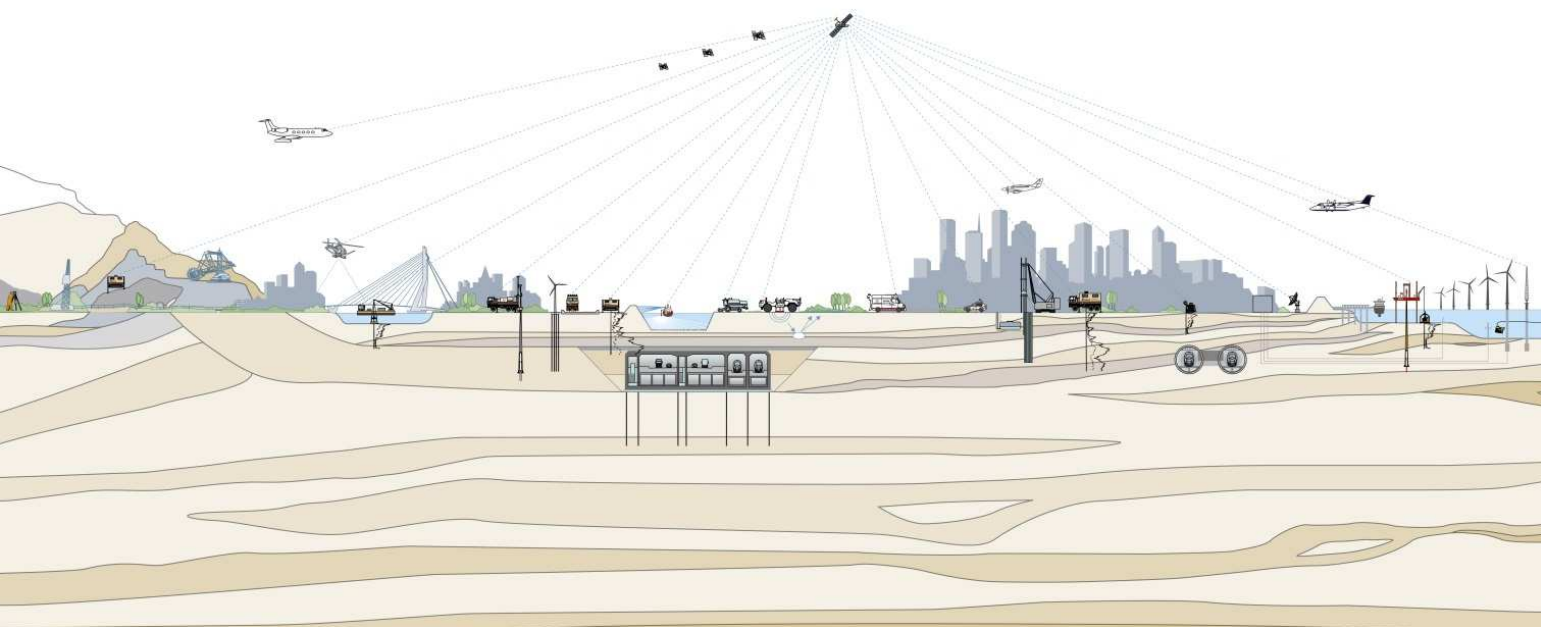
5.1, 2, e 5.1, 2, e

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

Document Nr.: 9017-1572-001

Versie: 2.0

Datum: 5 maart 2019



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
<b>Rev</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Opgesteld</b>	<b>Gecontroleerd</b>	<b>Goedgekeurd</b>	<b>Datum</b>

**INHOUDSOPGAVE**

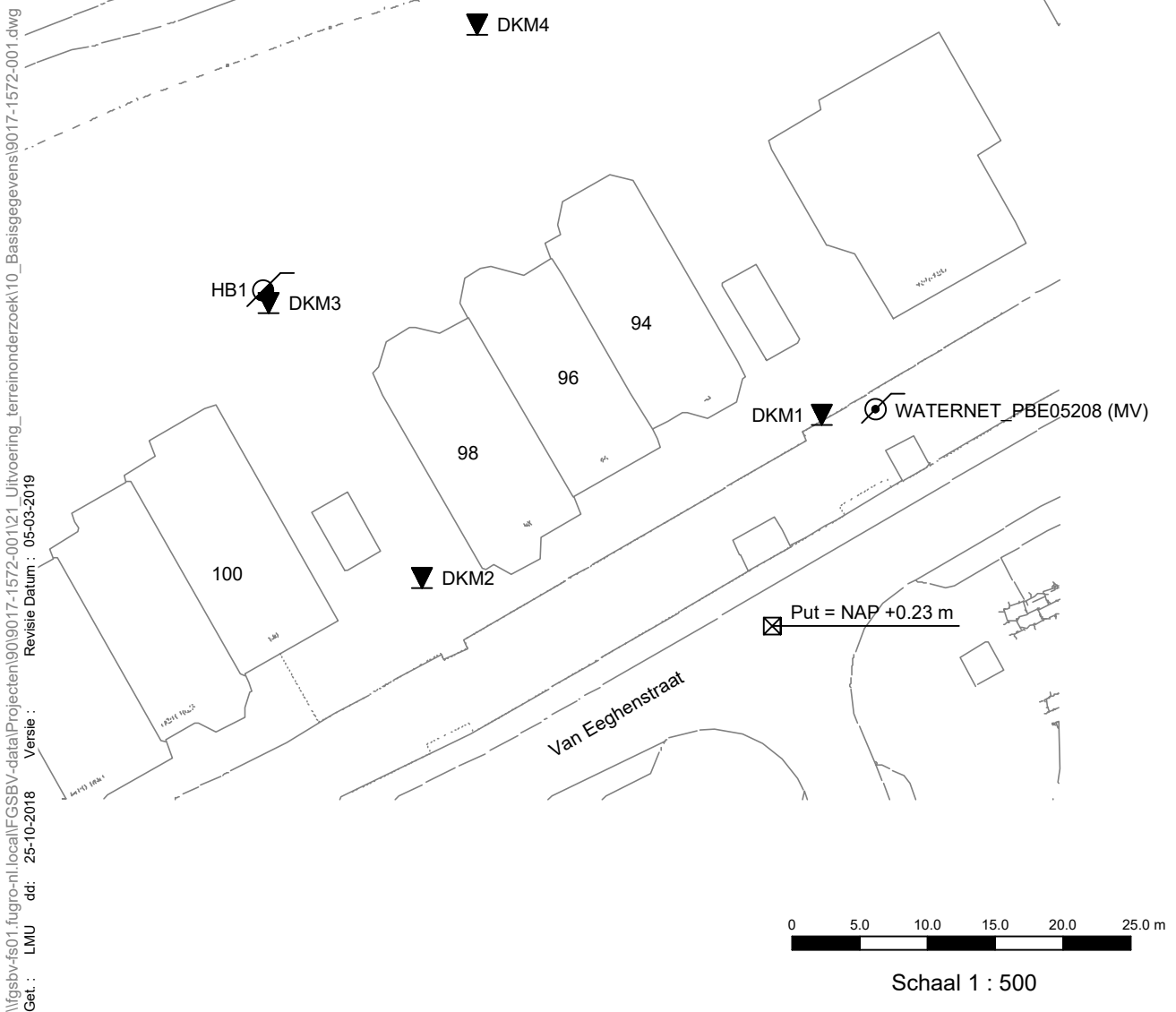
- 1. RAPPORTAGE OVERZICHT**
- 2. SITUATIETEKENING**
- 3. ONDERZOEKSDATA**
- 4. TOELICHTING GEOTECHNISCH ONDERZOEK**
- 5. CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN**
- 6. LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN**

## 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		



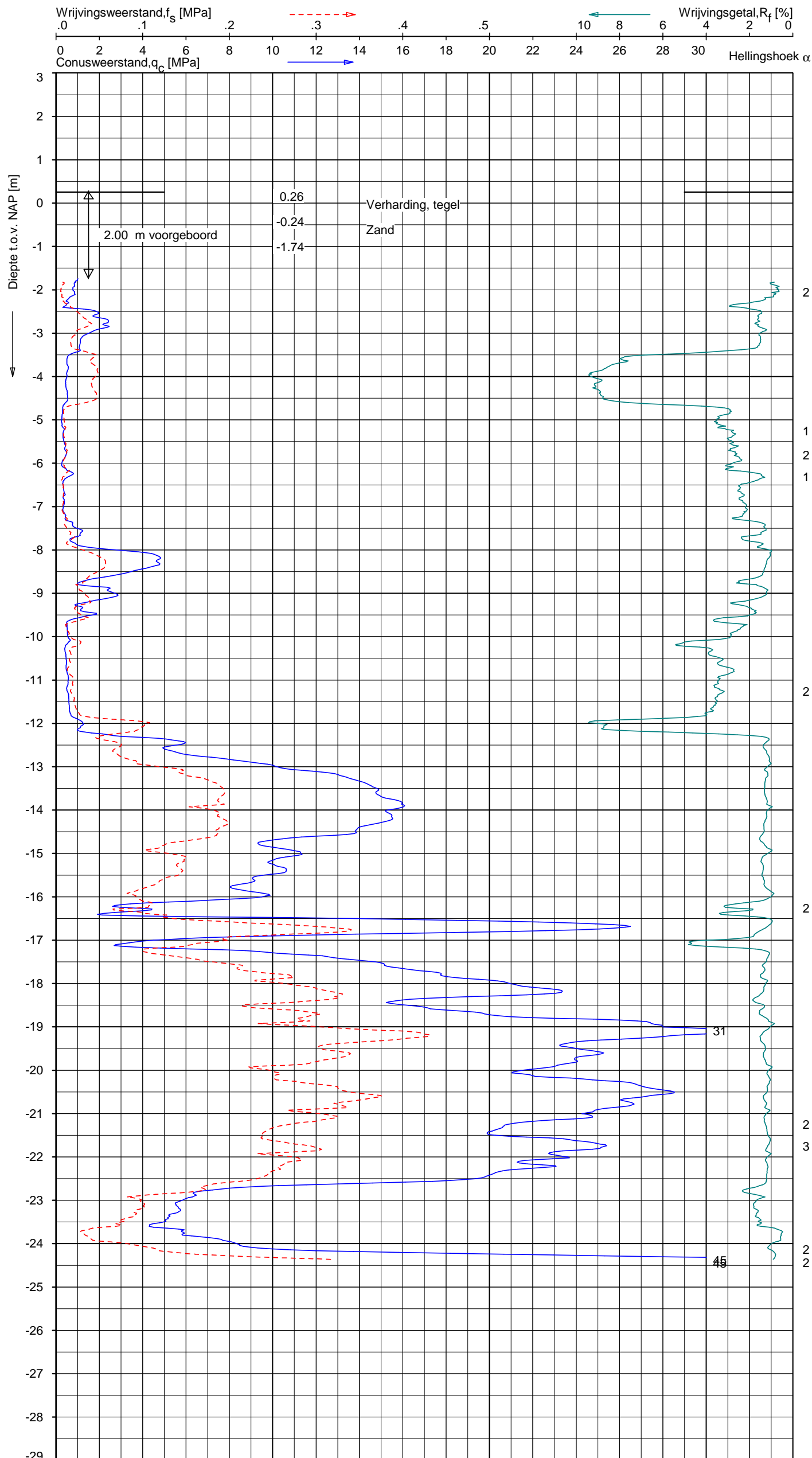
Wijziging A	05-03-2019	DKM1	LMU
-------------	------------	------	-----

SITUATIE

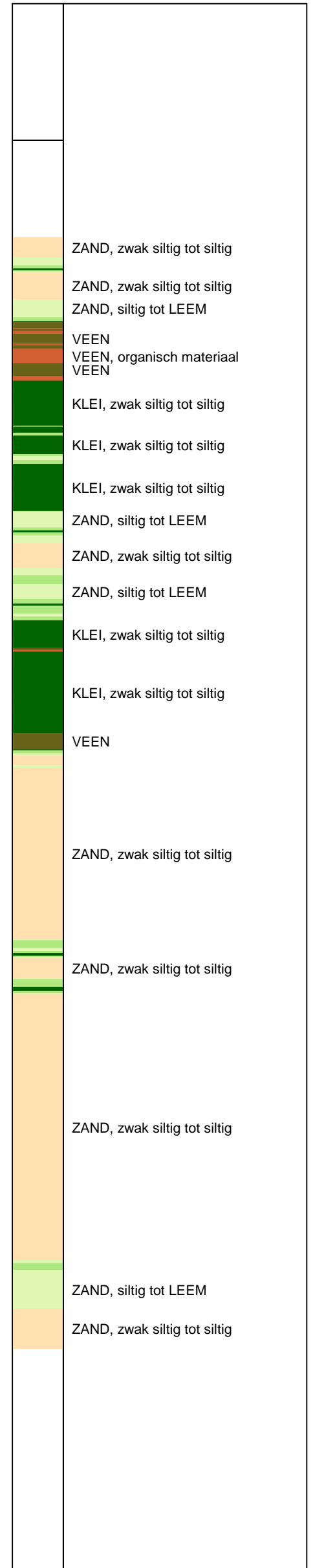
VAN EEGHENSTRAAT 94-98 TE AMSTERDAM

Opdr. : 9017-1572-001

Bijl. : 1A



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

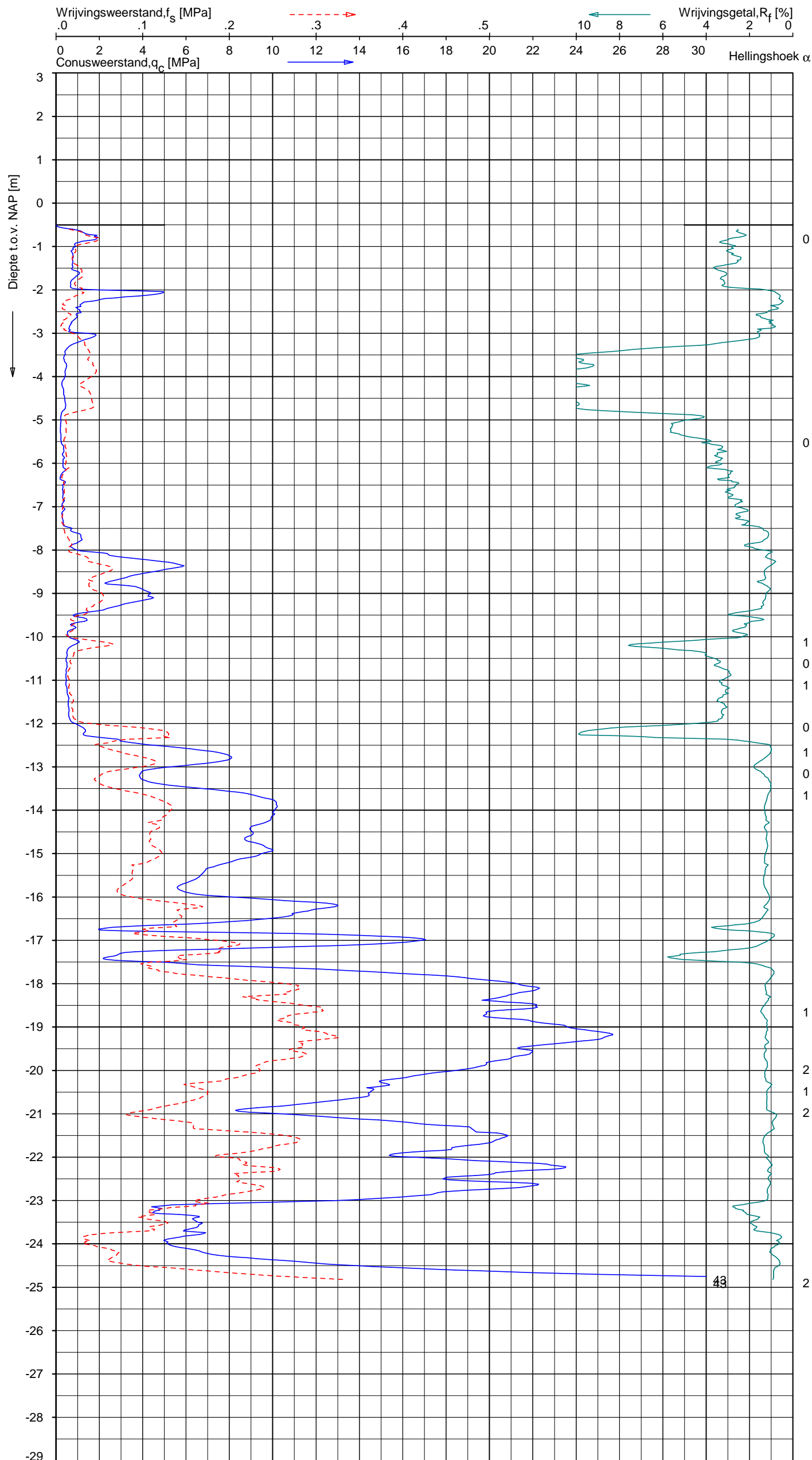


Opg. : AVS d.d. 01-mrt-2019 Coord.: X=119785.4 m Y=485556.5 m Systeem: RD  
 Get. : Murenaite d.d. 05-mrt-2019 MV = NAP +0.26 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3041  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895 mm<sup>2</sup>

**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.)

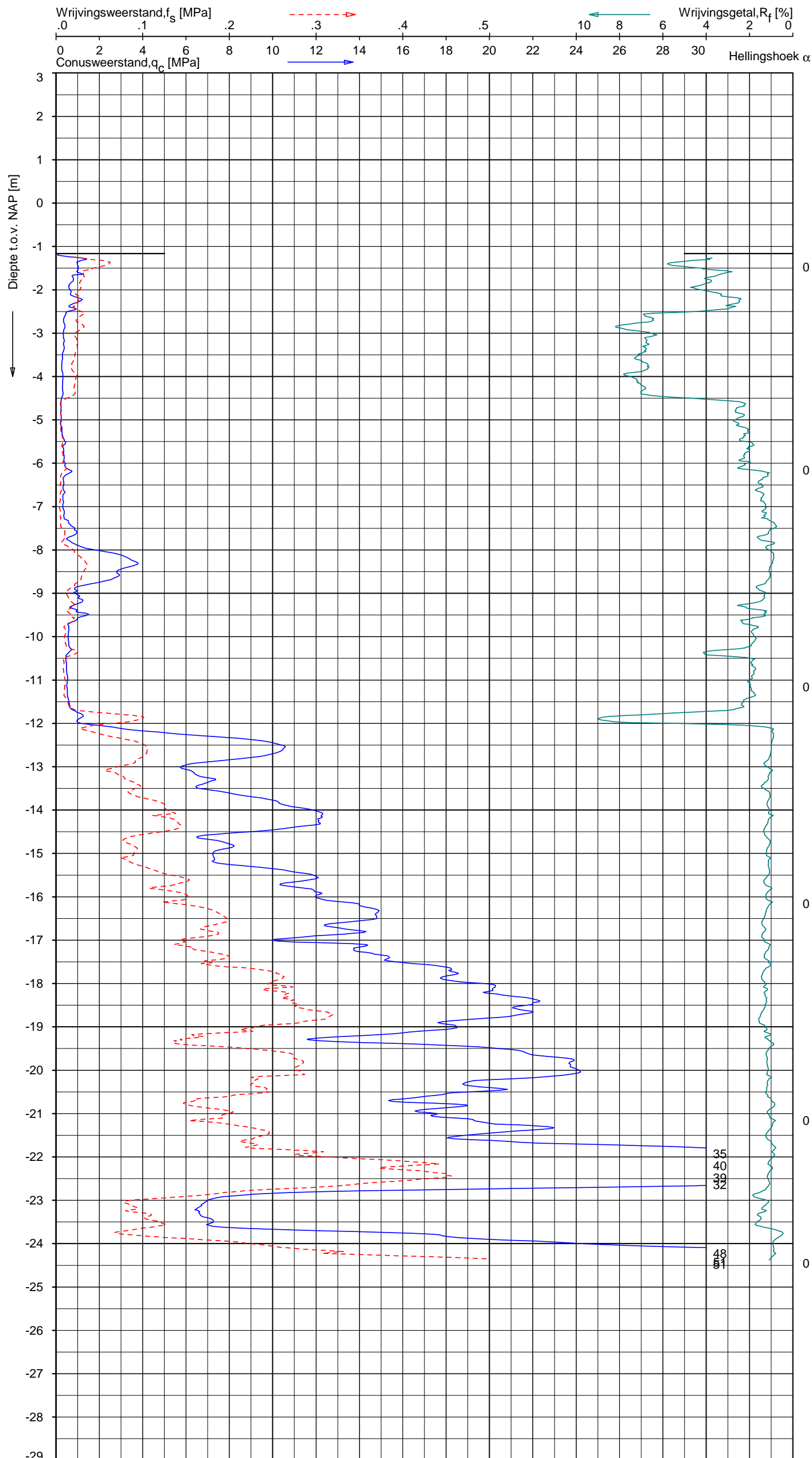


Opg. : SC/JSL d.d. 24-okt-2018 Coord.: X=119755.9m Y=485544.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : LMURENAITE d.d. 25-okt-2018 MV = NAP -0.50m Conus:CP15-CF75SO2 1701-2392 Toepassingsklasse 2. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

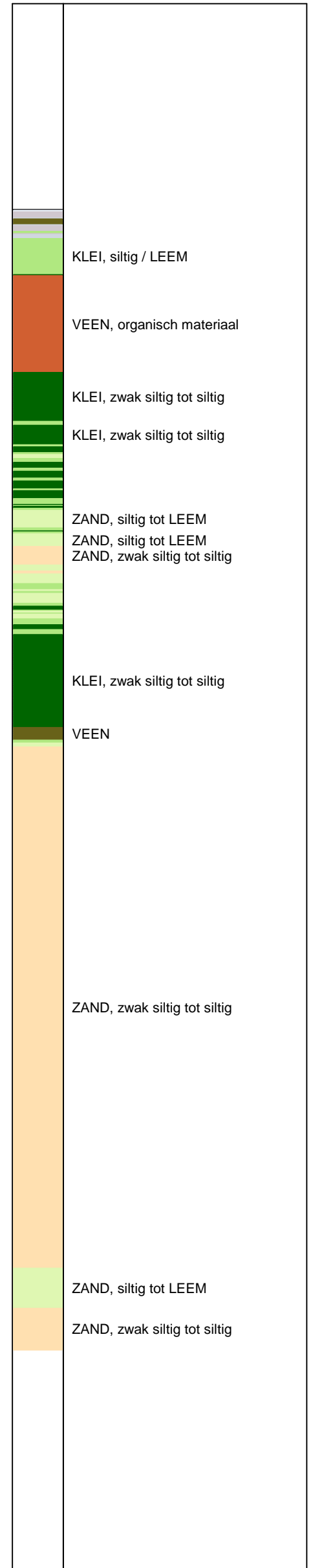
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

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.)

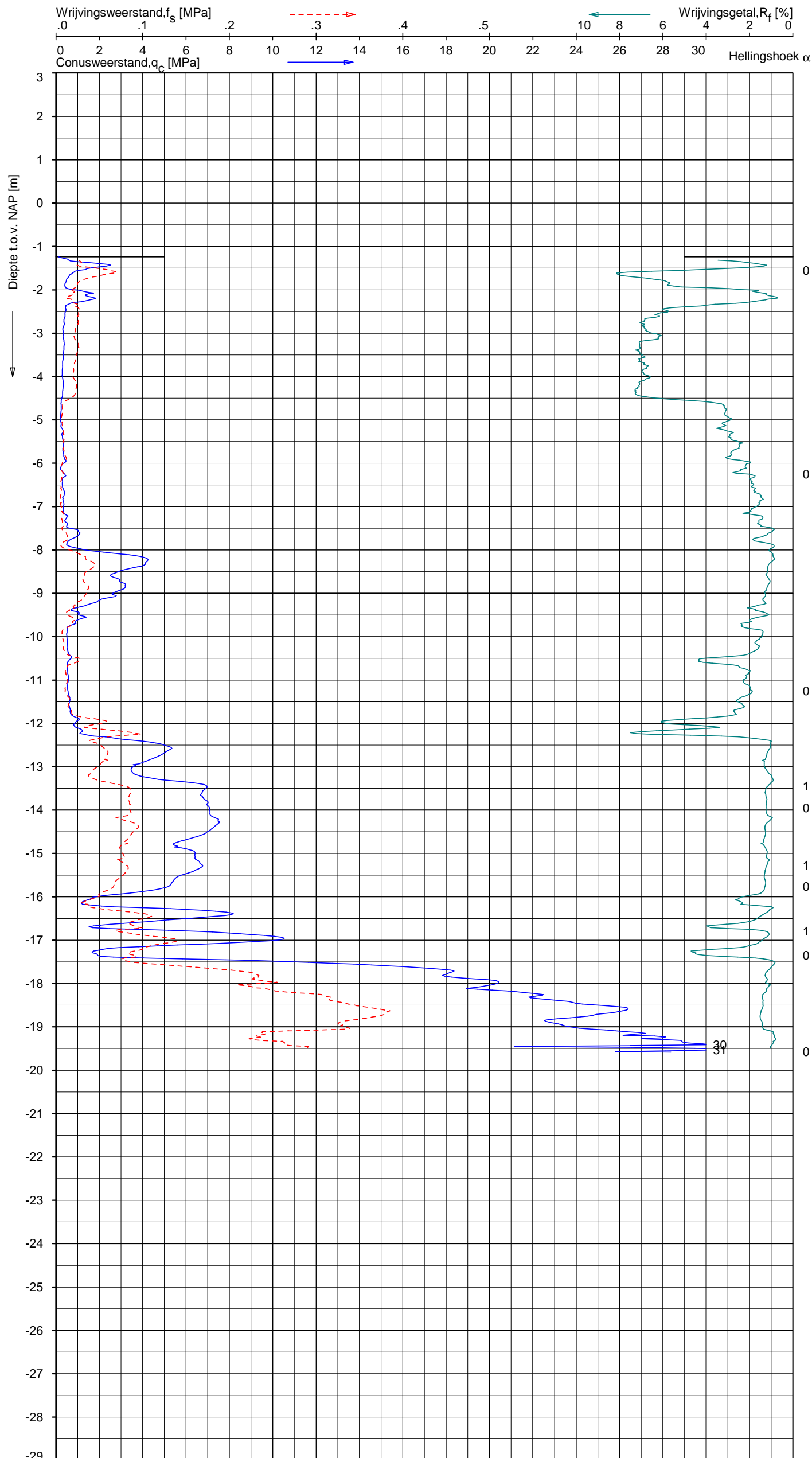


Opg. : SC/JSL d.d. 24-okt-2018 Coord.: X=119744.5m Y=485564.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : LMURENAITE d.d. 25-okt-2018 MV = NAP -1.16m Conus: CP15-CF75SO2 1701-2392 Toepassingsklasse 2. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> =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

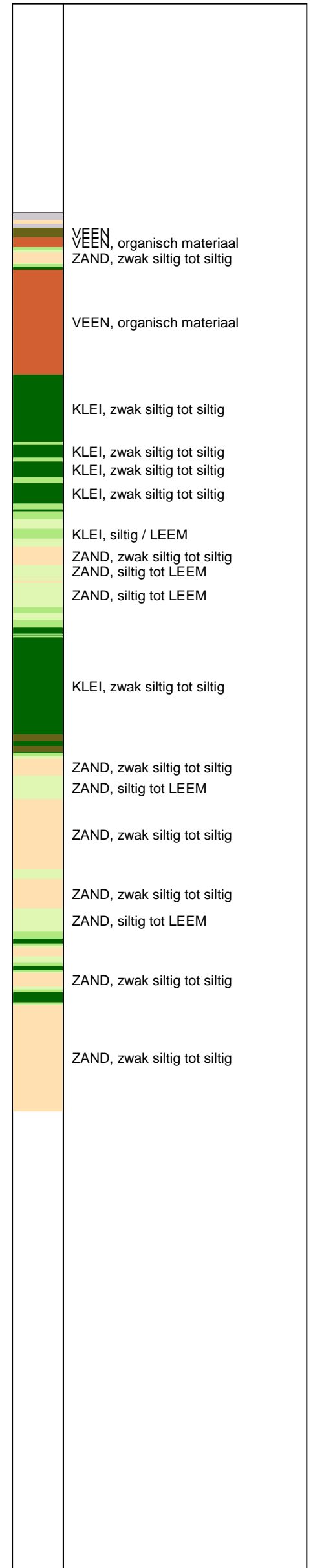
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

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<sub>c</sub> = 1510 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895 mm<sup>2</sup>

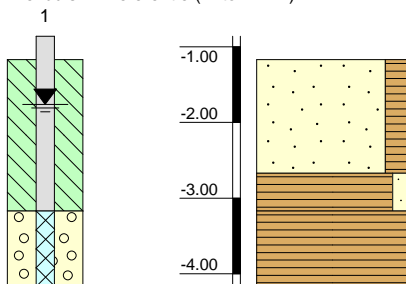
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

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

Y: 485565.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

GHG (m tov NAP):

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 mm<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm<sup>2</sup> en een manteloppervlak van 20000 mm<sup>2</sup>.

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. Onderzoek<sup>1</sup> 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.

---

<sup>1</sup> 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]<sup>2</sup>, 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**

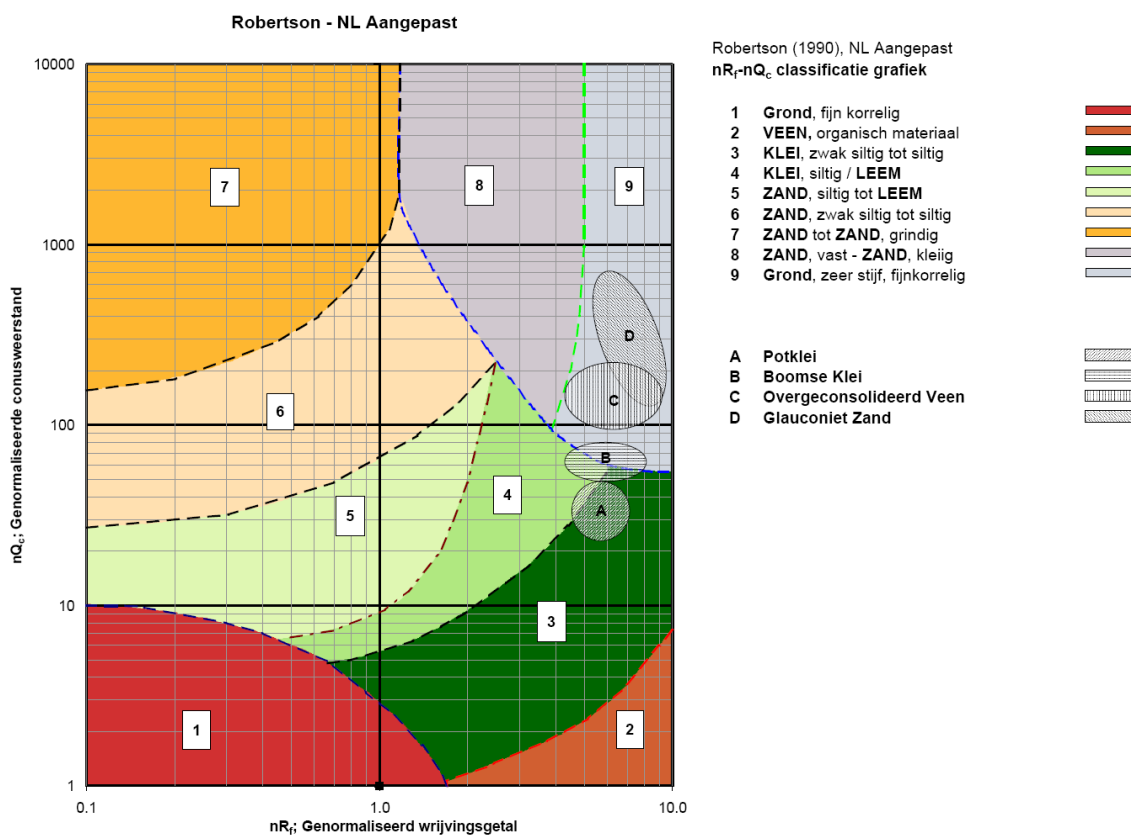
In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor  $q_t$  de waarde van  $q_c$  gebruikt.

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;

<sup>2</sup> Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8<sup>2</sup>

- 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.

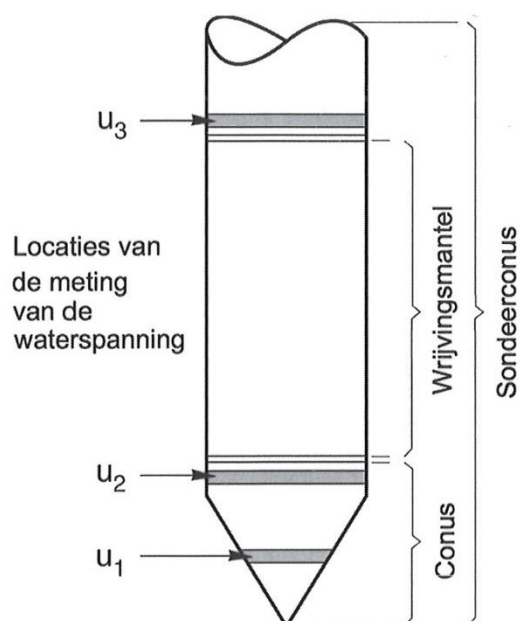
De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen 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"> <li>■ registreren waterremmende lagen;</li> <li>■ indicatie stijghoogte grondwater;</li> <li>■ classificatie / gelaagdheid bodem.</li> </ul>
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ blindganger onderzoek;</li> <li>■ onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers);</li> <li>■ onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen;</li> <li>■ onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.</li> </ul>
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens;</li> <li>■ onderzoek verspreiding verontreiniging.</li> </ul>
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ warmteoverdracht in de bodem;</li> <li>■ bepaling temperatuurgradiënt.</li> </ul>
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ machinefunderingen;</li> <li>■ windturbinefunderingen.</li> </ul>
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ heitrillingen;</li> <li>■ verkeerstrillingen</li> </ul>
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen</li> </ul>
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen</li> </ul>

## 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 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 membraam 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:

- $\beta$  = 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;
- $\sigma_{v0}$  = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m<sup>3</sup> 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  $\beta$ -factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	$\beta$ -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 – 0,8
Licht over geconsolideerde klei	0,5 – 0,7
Sterk over geconsolideerde klei	0,0 <sup>1</sup> – 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 – 0,6
Leem, vast en dilatant gedrag	0,0 <sup>1</sup> – 0,2
Zand, siltig, los gepakt	0,2 – 0,4

<sup>1</sup> 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 <sup>a</sup>	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort <sup>b</sup>	Interpretatie <sup>c</sup>
1	TE2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conus weerstand</li> <li>■ Mantel wrijving</li> <li>■ Waterspanning</li> <li>■ Helling</li> <li>■ Sondeerlengte</li> </ul>	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"> <li>■ Conus weerstand</li> <li>■ Mantel wrijving</li> <li>■ Waterspanning</li> <li>■ Helling</li> <li>■ Sondeerlengte</li> </ul>	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"> <li>■ Conus weerstand</li> <li>■ Mantel wrijving</li> <li>■ Waterspanning <sup>d</sup></li> <li>■ Helling</li> <li>■ Sondeerlengte</li> </ul>	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"> <li>■ Conus weerstand</li> <li>■ Mantel wrijving</li> <li>■ Sondeerlengte</li> </ul>	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

<b>Noot 1:</b>	
Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.	
<b>Noot 2:</b>	
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) behoeft 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><b>Grind</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Grind, siltig</li> <li> Grind, zwak zandig</li> <li> Grind, matig zandig</li> <li> Grind, sterk zandig</li> <li> Grind, uiterst zandig</li> </ul> <p><b>Zand</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Zand, kleilig</li> <li> Zand, zwak siltig</li> <li> Zand, matig siltig</li> <li> Zand, sterk siltig</li> <li> Zand, uiterst siltig</li> </ul> <p><b>Veen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Veen, mineraalarm</li> <li> Veen, zwak kleilig</li> <li> Veen, sterk kleilig</li> <li> Veen, zwak zandig</li> <li> Veen, sterk zandig</li> </ul> | <p><b>Klei</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Klei, zwak siltig</li> <li> Klei, matig siltig</li> <li> Klei, sterk siltig</li> <li> Klei, uiterst siltig</li> <li> Klei, zwak zandig</li> <li> Klei, matig zandig</li> <li> Klei, sterk zandig</li> </ul> <p><b>Leem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Leem, zwak zandig</li> <li> Leem, sterk zandig</li> </ul> <p><b>Overige toevoegingen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Zwak humeus</li> <li> Matig humeus</li> <li> Sterk humeus</li> <li> Zwak grindig</li> <li> Matig grindig</li> <li> Sterk grindig</li> <li> Puin</li> </ul> |
|--|---|

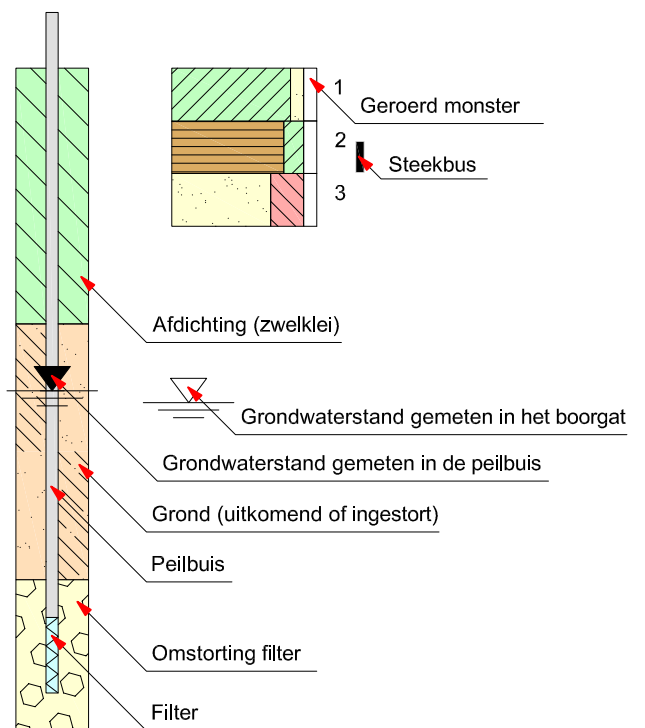
## Sonderingen

- 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

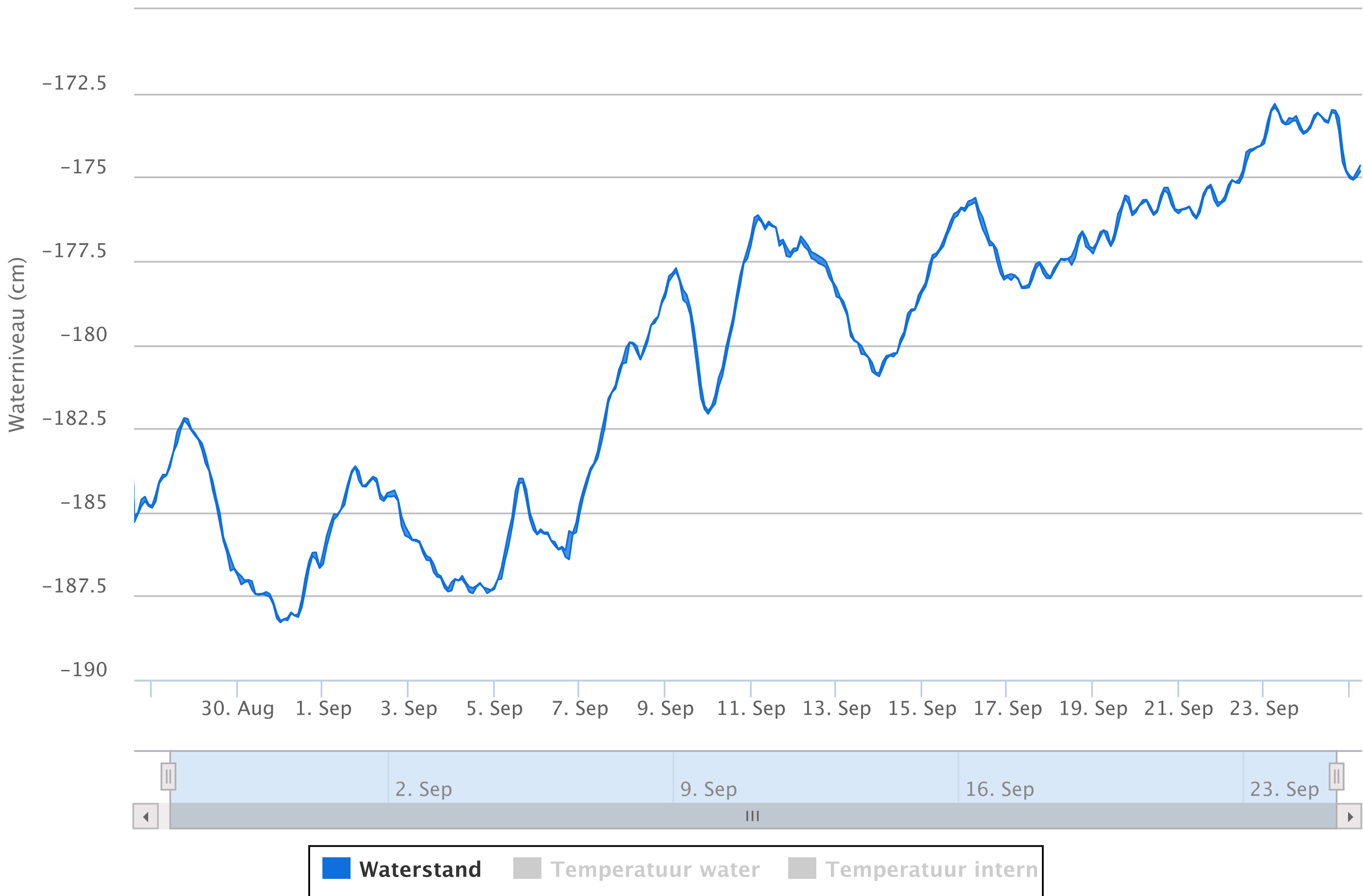
## Toegevoegde metingen

- 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



# Meetpunt "9708 - 722"(21050427)



### Berekening verticaal evenwicht conform NEN 9997-1

Project naam	Van Eeghenstraat
Project nummer	230491
Locatie	Amsterdam
Onderdeel	ontgraving kelder
Sondering	
Opgesteld door	5.1, 2, e

Maaiveldniveau	-1.60	m NAP
Ontgravingsniveau	-4.425	m NAP
Stijghoogte	-1.75	m NAP
Referentie niveau	-7.75	m NAP
Taludwerking	nee	
Breedte (sleuf)	20	m
Taludhelling	1 :	vert - hor
breedte helling		m
Factor		[-]

### Gronddruk boven ontgravingsniveau

Van [m NAP]	Tot [m NAP]	Dikte [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]
-1.60	-2.50	0.90	ZAND	18.0	16.2
-2.50	-4.425	1.93	VEEN	11.0	21.2

### Gronddruk onder ontgravingsniveau

Van [m NAP]	Tot [m NAP]	Dikte [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]
-4.425	-4.500	0.08	veen	11.0	0.8
-4.500	-6.000	1.50	KLEI, siltig	16.0	24.0
-6.000	-7.75	1.75	Klei, zandhoudend	17.0	29.8
-7.75					

Totale gronddruk boven ontgraving	0	kN/m <sup>2</sup>
Gronddruk Boussinesq	0	kN/m <sup>2</sup>
Totale gronddruk onder ontgraving	54.7	kN/m <sup>2</sup>
Totaal	54.7	kN/m <sup>2</sup>
Totale gronddruk inclusief veiligheidsfactor van	0.9	49.2 kN/m <sup>2</sup>

### Berekening opwaartse waterdruk

Volumiek gewicht water	10.0	kN/m <sup>3</sup>
Opwaartse waterdruk	60	kN/m <sup>2</sup>

### Resultaten berekening verticaal evenwicht

Veiligheidsfactor	0.82	[-]
Spanningsbemaling nodig	ja	
Benodigde stijghoogte verlaging tot	-2.83	m NAP
Verlaging van de stijghoogte	1.08	m

**Berekening verticaal evenwicht conform NEN 9997-1**

Project naam	Van Eeghenstraat
Project nummer	230491
Locatie	
Onderdeel	
Sondering	
Opgesteld door	5.1, 2, e

Maaiveldniveau	-1.60	m NAP
Ontgravingsniveau	-4.575	m NAP
Stijghoogte	-1.75	m NAP
Referentie niveau	-7.75	m NAP
Taludwerking	nee	
Breedte (sleuf)	20	m
Taludhelling	1 : 0.361111	vert - hor
breedte helling		m
Factor		[-]

**Gronddruk boven ontgravingsniveau**

Van [m NAP]	Tot [m NAP]	Dikte [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]
-1.60	-2.50	0.90	ZAND	18.0	16.2
-2.50	-4.425	1.93	VEEN	11.0	21.2
					0.0

**Gronddruk onder ontgravingsniveau**

Van [m NAP]	Tot [m NAP]	Dikte [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]
-4.575	-4.875	0.30	ZAND	19.0	5.7
-4.875	-6.000	1.13	KLEI, siltig	16.0	18.0
-6.000	-7.75	1.75	Klei, zandhoudend	17.0	29.8
-7.75					

Totale gronddruk boven ontgraving	0	kN/m <sup>2</sup>
Gronddruk Boussinesq	0	kN/m <sup>2</sup>
Totale gronddruk onder ontgraving	53.5	kN/m <sup>2</sup>
Totaal	53.5	kN/m <sup>2</sup>
Totale gronddruk inclusief veiligheidsfactor van	0.9	48.2 kN/m <sup>2</sup>

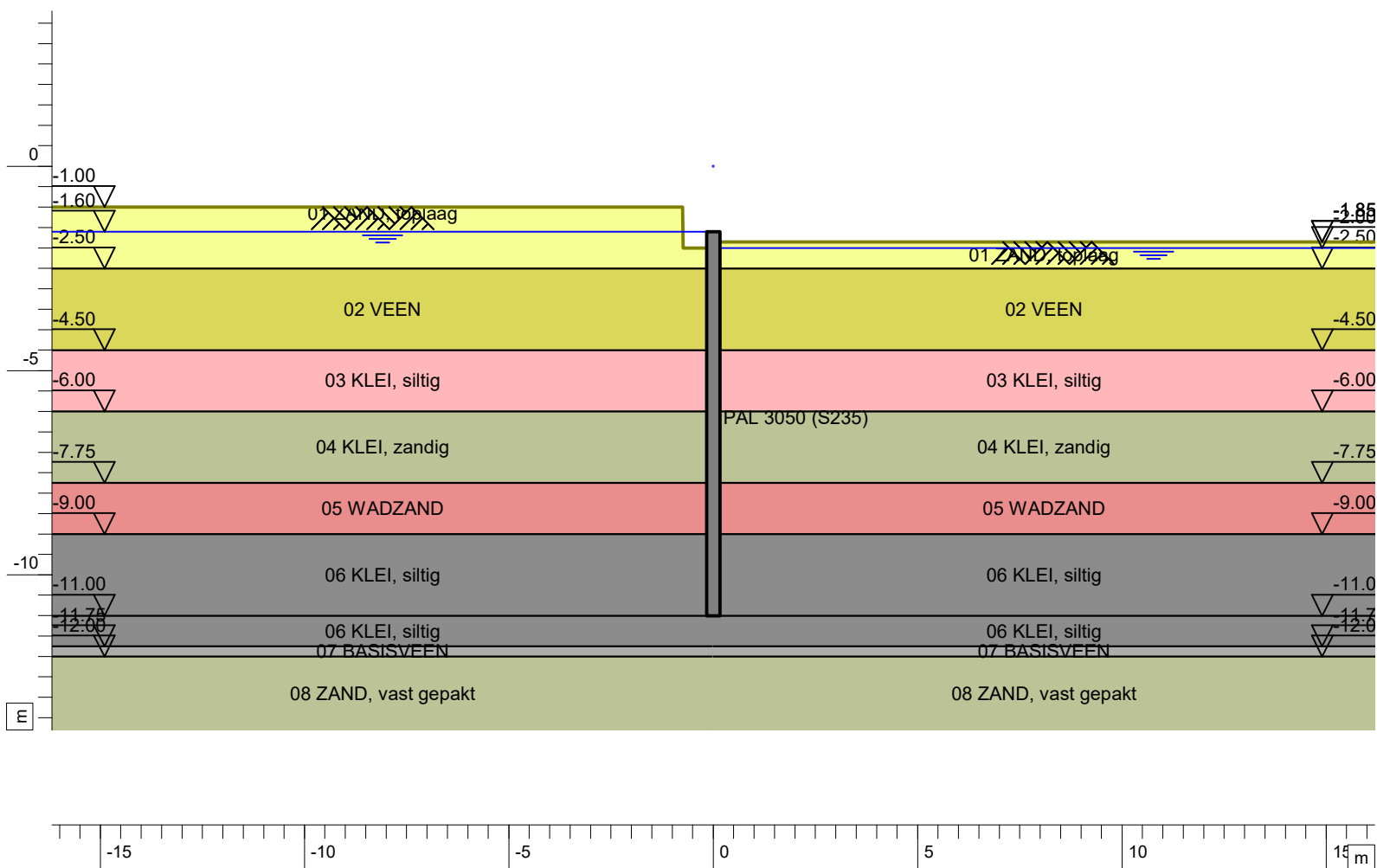
**Berekening opwaartse waterdruk**

Volumiek gewicht water	10.0	kN/m <sup>3</sup>
Opwaartse waterdruk	60	kN/m <sup>2</sup>

**Resultaten berekening verticaal evenwicht**

Veiligheidsfactor	0.80	[-]
Spanningsbemaling nodig	ja	
Benodigde stijghoogte verlaging tot	-2.93	m NAP
Verlaging van de stijghoogte	1.18	m

## Outline - Stage 1: 1 Installatie damwand + bovenstempeling



D:Sheet Piling 24.1 : damwand berekening diep (13-03-2025).shl

Phone  
Email

date  
13-3-2025

drw:

Van Eeghestraat 94-98 te Amsterdam

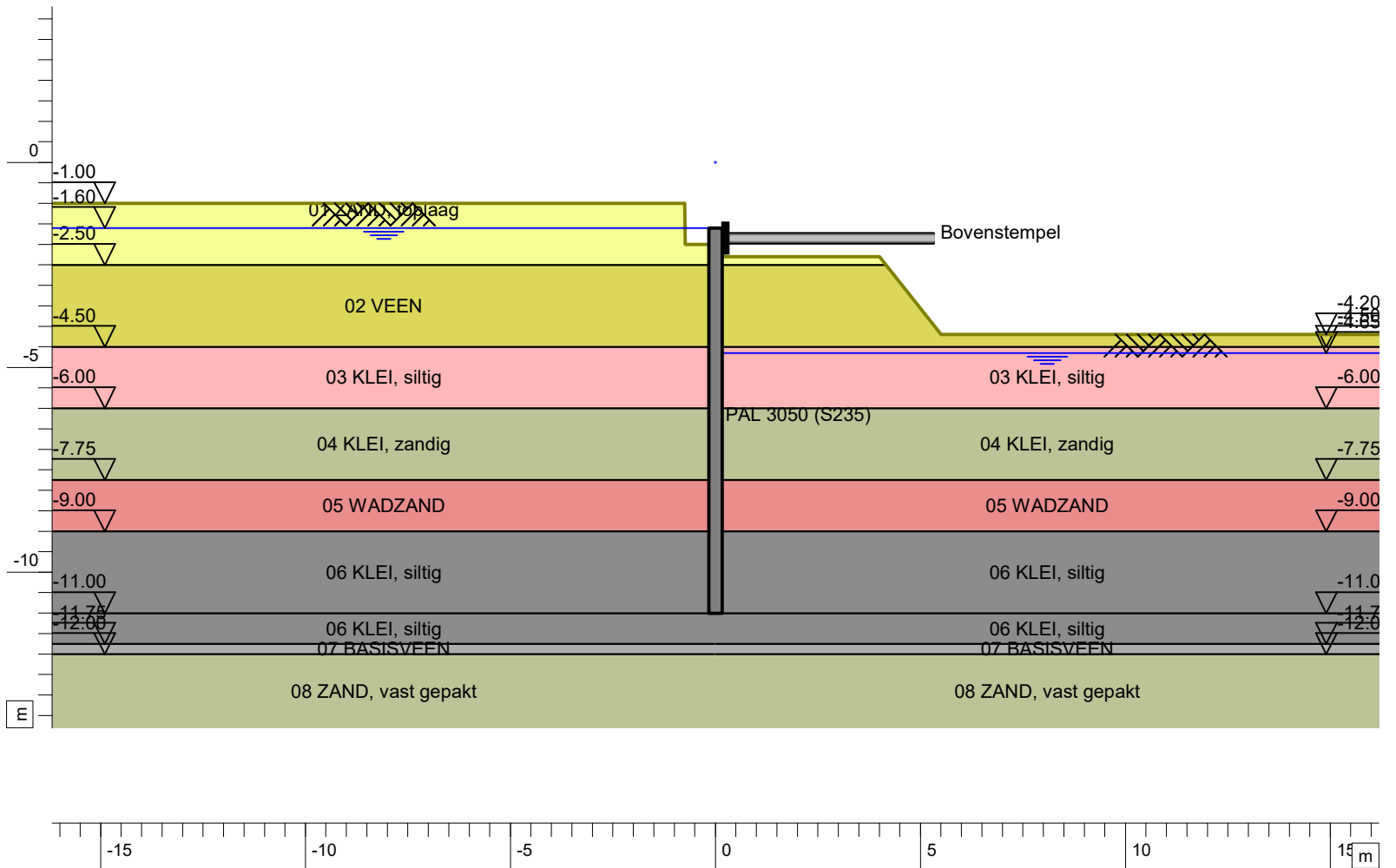
PAL 3050 S325 (reductiefactor 86%)

Installatie = NAP -11,0 m, L = 9,4 m

Annex -

form.  
A3

## Outline - Stage 2: 2 Ontgraving met steunbermen



Van Eeghestraat 94-98 te Amsterdam  
 PAL 3050 S325 (reductiefactor 86%)  
 Installatie = NAP -11,0 m, L = 9,4 m

Phone  
 Email

D:Sheet Piling 24.1 : damwand berekening diep (13-03-2025).shl

13-3-2025  
 date

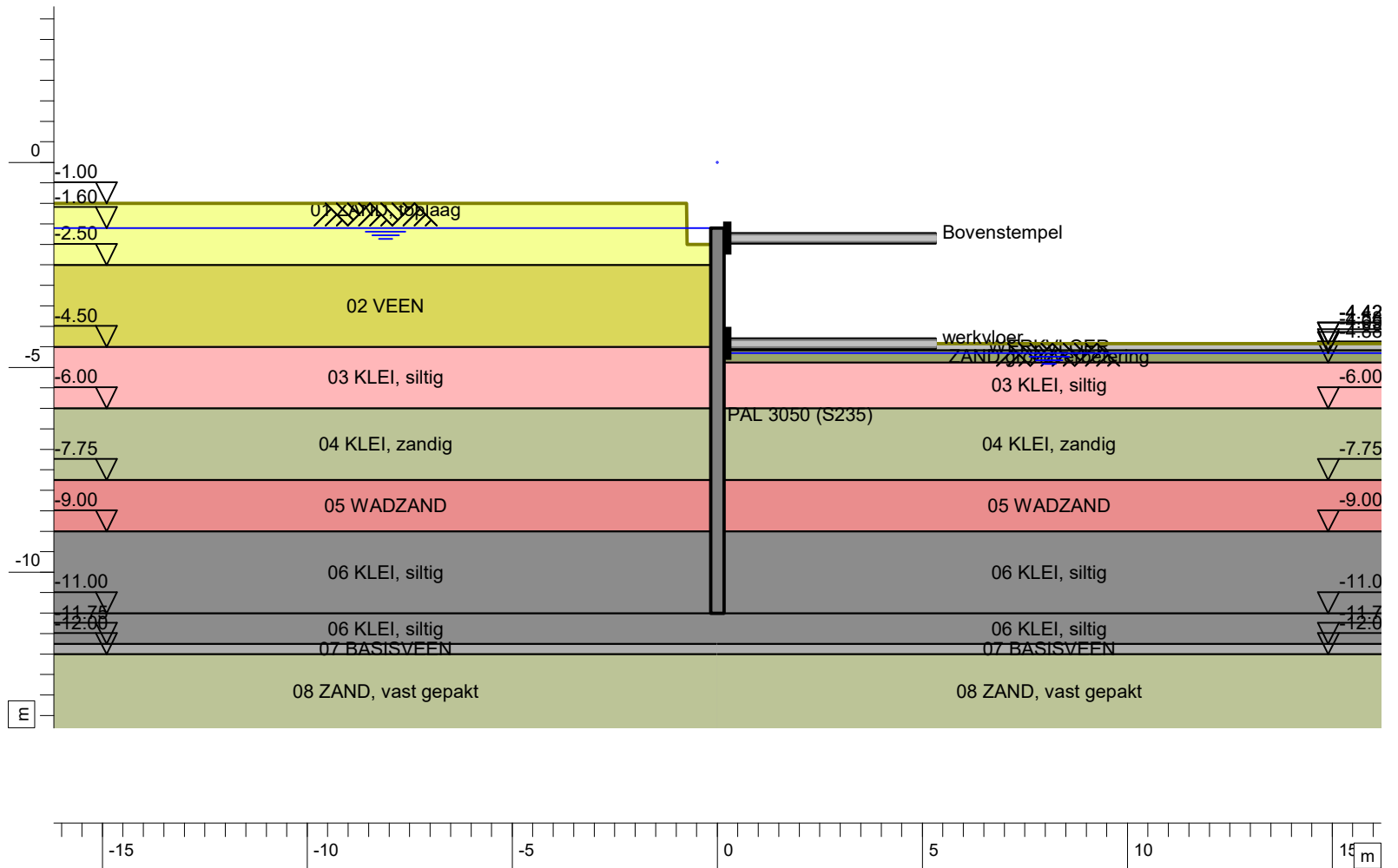
Annex -

A3  
 form.

drw.

ct.

## Outline - Stage 3: 3 Ontgraving volledig met glijstempel



D-Sheet Piling 24.1 : damwand berekening diep (13-03-2025).shl

Phone  
Email

date  
13-3-2025

drvr.

Van Eeghestraat 94-98 te Amsterdam

PAL 3050 S325 (reductiefactor 86%)

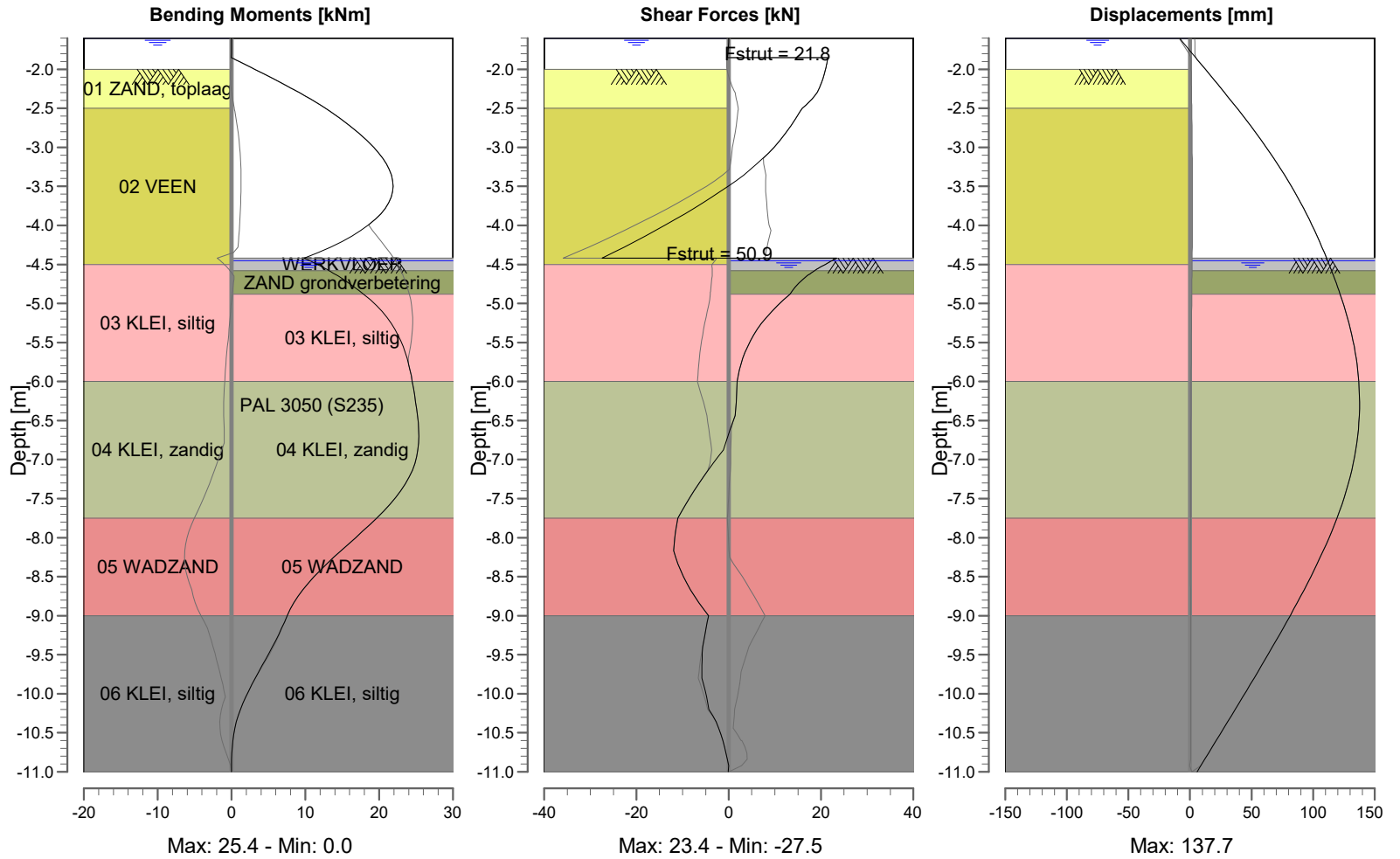
Installatie = NAP -11,0 m, L = 9,4 m

Annex -

form.  
A3

# Moments/Forces/Displacements - Stage 3: 3 Ontgraving volledig met glijstempel

## Step 6.1 - Partial factor set: RC 1



Van Eeghestraat 94-98 te Amsterdam  
 PAL 3050 S325 (reductiefactor 86%)  
 Installatie = NAP -11,0 m, L = 9,4 m

Phone  
 Email

13-3-2025  
 date

D:\Sheet Piling 24.1 : damwand berekening diep (13-03-2025).sht

Annex -

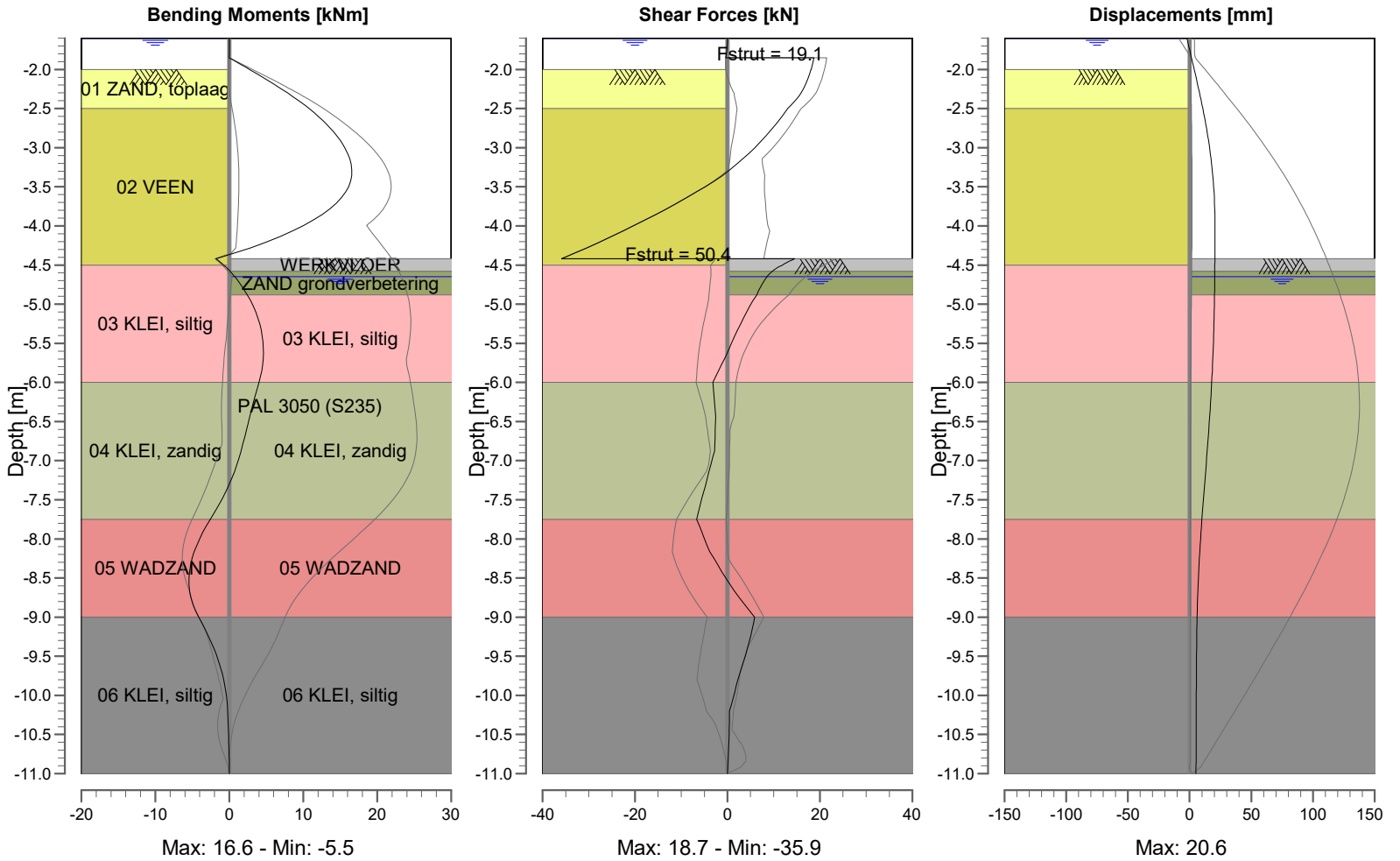
A3  
 form.

ct.

drv.

# Moments/Forces/Displacements - Stage 3: 3 Ontgraving volledig met glijstempel

Step 6.5 x factor - Partial factor set: RC 1



Van Eeghestraat 94-98 te Amsterdam  
 PAL 3050 S325 (reductiefactor 86%)  
 Installatie = NAP -11,0 m, L = 9,4 m

Phone  
 Email

13-3-2025  
 date

D:\Sheet Piling 24.1 : damwand berekening diep (13-03-2025).sht

Annex -

A3  
 form.

ct.

drw.