

**Rapportage Waterbouw**  
**Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot**

Documentnummer: 1218-0096-120

Versie: 3.1

Datum: 27 augustus 2019



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Opdrachtgever    Rijkswaterstaat  
                          PPO  
                          Postbus 3119  
                          2001 DC Haarlem

Datum                22 Augustus 2019

Opdrachtnemer    Fugro NL Land B.V.  
                          Blaeulaan 60A  
                          3528 AD Utrecht  
                          T 030 60 28175

Projectleider        Ing [REDACTED]  
                          Senior consultant Waterbouw  
                          T 06 [REDACTED]

Opstellers           Ir [REDACTED], Ir [REDACTED], Ing [REDACTED]

Controleur          Ir [REDACTED]

**Versiebeheer**

1.0	Ruw concept	MH			14-06-2019
2.0	Definitief, Bemerkingen RWS verwerkt	MH/CMS/RMA	RMA	BRJ	04-07-2019
3.0	Definitief, Bemerkingen RWS verwerkt	MH/CMS/RMA	RMA	BRJ	22-07-2019
3.1	Definitief, Bemerkingen RWS verwerkt	MH/CMS/RMA	RMA	BRJ	27-08-2019
<b>Rev</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Opgesteld</b>	<b>Gecontroleerd</b>	<b>Goedgekeurd</b>	<b>Datum</b>

## Inhoudsopgave

<b>1.</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Projectbeschrijving	1
1.2	Locatiebeschrijving	1
1.3	Beschikbare informatie	2
1.4	Scope	3
1.5	Doel van het document	3
1.6	Leeswijzer	3
<b>2.</b>	<b>TERREIN EN BODEMGESTELDHEID</b>	<b>4</b>
2.1	Inleiding	4
2.2	Geotechnisch onderzoek 2018-2019	4
2.3	Interpretatie onderzoek	6
2.3.1	Inleiding	6
2.3.2	Zuidelijke dam	7
2.3.3	Baggerspeciedepot	12
<b>3.</b>	<b>UITGANGSPUNTEN</b>	<b>17</b>
3.1	Normen en richtlijnen	17
3.2	Veiligheidsfilosofie	17
3.3	Geometrie	17
3.4	Opbouw zuidelijke dam	18
3.5	Opbouw west-, noord- en oostelijke dam	19
3.6	Grondparameters	20
3.7	(Grond)waterstanden en stijghoogten	21
3.8	Bovenbelastingen	22
<b>4.</b>	<b>BEOORDELING BAGGERBAARHEID BAGGERSPECIE</b>	<b>23</b>
4.1	Inleiding	23
4.2	Slibdichtheid	23
4.3	Consistentie	24
4.4	Baggerbaarheid	28
<b>5.</b>	<b>BEOORDELING MACROSTABILITEIT</b>	<b>31</b>
5.1	Aanpak beoordeling stabiliteit	31
5.2	Schematisering en onzekerheden zuidelijke dam	31
5.3	Stabiliteit zuidelijke dam	32
5.4	Stabiliteit west-, noord- en oostelijke dam	33
<b>6.</b>	<b>BEOORDELING ZETTINGSVLOEIING</b>	<b>35</b>
6.1	Mechanisme zettingsvloeiing	35
6.2	Verwekingsvloeiing	37
6.2.1	Relatieve dichtheid	37
6.2.2	Beoordeling verwekingvloeiing	40

<b>7.</b>	<b>BEOORDELING BRESVLOEIING</b>	<b>41</b>
7.1	Inleiding	41
7.2	Grondgesteldheid	41
7.3	Bresanalyse	43
7.3.1	Gradering van de baggerspecie	43
7.3.2	Baggerproductie (verhaalsnelheid)	43
7.3.3	Analyse	44
7.3.4	Aandachtspunten:	47
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>51</b>
8.1	Terrein en bodemonderzoek	51
8.2	Conclusies baggerbaarheid	51
8.3	Conclusies macrostabiliteit	51
8.4	Conclusies zettingsvloeiing	52
8.5	Conclusies bresanalyse	52
<b>9.</b>	<b>AANBEVELINGEN:</b>	<b>53</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>54</b>
	<b>BIJLAGEN</b>	<b>1</b>
<b>A.</b>	<b>VELD- EN LABORATORIUMONDERZOEK</b>	<b>1</b>
<b>B.</b>	<b>RESULTATEN STABILITEITBEREKENINGEN</b>	<b>1</b>
<b>C.</b>	<b>RELATIEVE DICHTHEID SONDERINGEN</b>	<b>1</b>
<b>D.</b>	<b>INTERPRETATIE BORINGEN</b>	<b>1</b>
<b>E.</b>	<b>INTERPRETATIE BINNENTEEEN ZUIDELIJKE DAM</b>	<b>1</b>
<b>F.</b>	<b>DWARSPROFIELEN BAGGERSPECIEDEPOT</b>	<b>1</b>



## **1. INLEIDING**

Op 5 november 2018 ontving Fugro te Utrecht van Rijkswaterstaat te Haarlem, de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek en het opstellen van een advies omtrent het ontmantelen van het baggerspecie depot Averijhaven.

### **1.1 Projectbeschrijving**

Rijkswaterstaat heeft het voornemen om het baggerspeciedepot Averijhaven te ontmantelen om zo ruimte te bieden voor toekomstige ontwikkelingen in het havengebied van IJmuiden. De in dit depot geborgen, verontreinigde baggerspecie moet hiertoe worden overgebracht naar het baggerspeciedepot IJsselooog of slufteer.

### **1.2 Locatiebeschrijving**

Het baggerspeciedepot Averijhaven ligt aan de noordzijde van het Noorderbuitenkanaal in IJmuiden (zie figuur 1-1). Het wordt gevormd door een voormalig havenbekken met een toenmalige bodemdiepte van ca. NAP -16,5 m (lokaal NAP -19 m) en bevat zwaar verontreinigde baggerspecie (ca. 800.000 m<sup>3</sup>). Het depot wordt omringd door staalslakedijken met een kruinhoogte van ca. NAP +15 m. Het baggerspeciedepot is in fasen opgevuld en de dijkhoogte is gefaseerd verhoogd. De huidige bodemdiepte bedraagt op basis van ladinggegevens uit 2015 op de diepst gelegen delen ca. NAP 0 m. Het dagelijkse waterpeil in het depot ligt rond de NAP+8,20 m à NAP+8,40 m.



**Figuur 1-1: Locatie Averijhaven depot (bron: Bing Maps)**

### **1.3 Beschikbare informatie**

De volgende informatie is door de opdrachtgever beschikbaar gesteld en beschikbaar uit eerdere onderzoeken:

- [1] Risicoanalyse ontmanteling baggerspeciedepot Averijhaven te IJmuiden, kenmerk 1215-0083-000\_34.R01, Fugro, februari 2016
- [2] Toelichting op Risicoanalyse Baggerspeciedepot Averijhaven, kenmerk 1215-0083-000.B01/BMB, Fugro, 23 februari 2016
- [3] Dwarsprofielen TATA, kenmerk 2012369-01, TATA Steel, 2013
- [4] Loding Averijhavendepot 2015, kaartnummer 2015-52099, Rijkswaterstaat, 28 juli 2015
- [5] Averijhavendepot IJmuiden, MIRT Planstudie, Deelrapport Bodem- en Waterbodem, Rijkswaterstaat, DHV, maart 2012
- [6] Metingen aanvullend onderzoek Averijhavendepot, kenmerk 1207446-000-ZWS-0006, Deltares, mei 2013
- [7] Waterbodemonderzoek Slibdepot Averijhaven te Velsen-Noord, AZE/KVW/BB062340.3840160, BAM Infra, 13 december 2006
- [8] Boringen Certicon, Projectnummer P2013-0042, Certicon, maart 2013
- [9] Boringen en peilbuizen Witteveen+Bos, projectcode IJM11.10, Witteveen+Bos, oktober 1996
- [10] Tekening Aanleg dam met rijweg in Averijhaven, 13400-S-1, Oranjewoud, 22 juli 1989
- [11] Isolatie studie Averijhaven, Rijkswaterstaat, 11 mei 1995
- [12] Controlesonderingen t.b.v. dam Averijhaven Hoogovens Velsen-Noord, U-0398, Fugro, oktober 1990
- [13] Veldwerk en laboratoriumonderzoek Averijhaven IJmuiden, M-0239, Fugro, december 1994
- [14] Geotechnisch grondonderzoek en advies betreffende Stabiliteit en zetting dammen slibdepot Averijhaven te IJmuiden, M-0239/10, versie 1.0, Fugro, 25 april 1997
- [15] Bestekstekeningen slibdepot voormalige Averijhaven, NHTZ-1998-77010 t/m -77017, Rijkswaterstaat, 1998
- [16] Tekening NHKA-1985-38020, Rijkswaterstaat, 12 augustus 1985
- [17] Controlesonderingen t.b.v. dam Averijhaven Hoogovens Velsen Noord, Fugro U-0398, oktober 1990
- [18] Technische notitie Gevoeligheidsanalyse stabiliteit dammen Averijhaven, Fugro 1218-0096-120.m01, februari 2019
- [19] Geotechnisch vervolg onderzoek Averijhavendepot 1218-0096-000 d.d.29-04-2019
- [20] OPENIJ-1.003.993 Grondinterperptatierapport zettingsvloeiing, definitief d.d.07-09-2016
- [21] OPENIJ-1.004.018 Veiligheidsfilosofie zettingsvloeiing, definitief d.d.26-09-2016
- [22] OPENIJ-1.004.190 Zettingsvloeiingsanalyse Fuikwand Noorderbinnentoeleidingskanaal, definitief d.d.06-10-2016
- [23] OPENIJ-1.004.737 Analysemethode zettingsvloeiing, definitief d.d.29-09-2016
- [24] Loding Averijhavendepot 2019, Rijkswaterstaat, 2019 in ASCII aangeleverd
- [25] Grondwaterkaart nr. 24 Zandvoort, TNO, 1979

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.



#### **1.4 Scope**

Bij het uitbaggeren kunnen de taluds rondom het depot instabiel worden doordat de kerende hoogte van de dijken groter wordt dan dat deze nu is. Hierdoor zouden de faalmechanisme macro-instabiliteit, verwekingsvloeiing en bresvloeiing kunnen optreden. In 2016 is door Fugro een verkennend onderzoek uitgevoerd naar deze faalmechanismen. Naar aanleiding van conclusies en aanbevelingen uit dat rapport heeft Rijkswaterstaat aan Fugro gevraagd om nader onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek bestaat uit de volgende onderdelen:

- Uitvoeren van grond- en laboratoriumonderzoek;
- Beoordeling baggerbaarheid van de baggerspecie;
- Beoordeling macrostabiliteit van de dammen rondom het depot;
- Beoordeling zettingsvloeiing voor deelmechanismen verwekingsvloeiing en bresvloeiing.

#### **1.5 Doel van het document**

Het doel van het advies is het beantwoorden en onderbouwen van de vraag of de baggerspecie in het depot veilig gebaggerd kan worden, zodanig dat de stabiliteit van de ringdijk voldoende is en blijft. Hiertoe zullen in dit rapport indien nodig beheersmaatregelen worden benoemd.

Daarnaast dient het onderzoek inzicht te geven in de eigenschappen van de baggerspecie ten aanzien van de baggerbaarheid.

#### **1.6 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 is een beschrijving opgenomen van het recent uitgevoerde veld- en laboratoriumonderzoek naar de samenstelling en (sterkte) eigenschappen van het materiaal in de dammen en het baggerspeciedepot. Op basis hiervan en de resultaten van in het verleden uitgevoerde onderzoeken is in dit hoofdstuk ook een interpretatie van gegevens opgenomen. De uitgangspunten voor de berekeningen en analyses zijn opgenomen in hoofdstuk 3. Hoofdstukken 4 tot en met 6 omvatten achtereenvolgens de beoordeling op baggerbaarheid, macrostabiliteit en zettingsvloeiing.

Op basis van de uitgevoerde berekeningen en analyses zijn in de hoofdstuk 8 de conclusies en in hoofdstuk 9 de aanbevelingen opgenomen.

## **2. TERREIN EN BODEMGESTELDHEID**

### **2.1 Inleiding**

In het verleden zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd om inzicht te krijgen in de bodemgesteldheid van en rondom het baggerspeciedepot. De onderzoeken (tabel 2-1) hebben zich vooral gericht op de opbouw van de dammen en de baggerspecie in het depot. De belangrijkste resultaten van de verschillende onderzoeken zijn meegenomen in de voorbereiding van het veldonderzoek van 2018-2019. Vervolgens is op basis van de veldresultaten van de uitgevoerde onderzoeken en informatie aangeleverd door Rijkswaterstaat inzake de bouw van de dammen een interpretatie uitgevoerd naar de laagopbouw van de dammen en de baggerspecie in het depot. Een overzicht van de uitgevoerde onderzoeken is gegeven in tabel 2 1.

**Tabel 2-1: Uitgevoerde onderzoeken baggerspeciedepot Averijhaven**

NR	Onderzoek
1	Controlesonderingen t.b.v. dam Averijhaven Hoogovens Velsen Noord, Fugro U-0398, oktober 1990 [17]
2	Veldwerk en laboratoriumonderzoek Averijhaven IJmuiden, M-0239, Fugro, december 1994 [13]
3	Boringen en peilbuizen Witteveen+Bos, projectcode IJM11.10, Witteveen+Bos, oktober 1996 [9]
4	Geotechnisch grondonderzoek en advies betreffende Stabiliteit en zetting dammen baggerspeciedepot Averijhaven te IJmuiden, M-0239/10, versie 1.0, Fugro, 25 april 1997 [14]
5	Averijhaven te IJmuiden, M-0239/10, versie 1.0, Fugro, 25 april 1997 [14]
6	Waterbodemonderzoek Slibdepot Averijhaven te Velsen-Noord, AZE/KVW/ BB062340. 3840160, BAM Infra, 13 december 2006 [7]
7	Averijhavendepot IJmuiden, MIRT Planstudie, Deelrapport Bodem- en Waterbodemonderzoek, Rijkswaterstaat, DHV, maart 2012 [5]
8	Boringen Certicon, Projectnummer P2013-0042, Certicon, maart 2013 [8]
9	Onderzoeken OPENIJ [20 t/m 23]

### **2.2 Geotechnisch onderzoek 2018-2019**

Voorafgaand aan het geotechnisch (veld) onderzoek is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de stabiliteit van de dam en kaden. Doel van de gevoeligheidsanalyse [18, 22] was om het geplande grondonderzoek zo efficiënt als mogelijk uit te voeren, door inzichtelijk te maken welke (grond) parameters veel invloed hebben op de stabiliteit, en wat de onzekerheid is met betrekking tot deze parameters. Uit de gevoeligheidsanalyse en daaropvolgend startoverleg veldwerk d.d.14-02-2019 is door Rijkswaterstaat en Fugro gezamenlijk de conclusie getrokken dat de opbouw en sterkte van de materialen van de binnentoe van de zuidelijk dam maatgevend is in de stabiliteitsanalyse en dus nader dient te worden onderzocht. Uiteindelijk is het volgende aanvullende grondonderzoek uitgevoerd bestaande uit:

- a) 46 sonderingen met de valconus (VAL) in het baggerspeciedepot
- b) 8 sonderingen met meting van de waterspanning (DKMP) op de oost-, noord- en westdam. Hiervan zijn er 4 niet tot einddiepte uitgevoerd in verband met obstakels.
- c) 2 boringen ter plaatse van binnentalud (depotzijde zuidelijke dam) op taludniveau van NAP-3m;
- d) 2 boringen ter plaatse van binnentalud (depotzijde zuidelijke dam ) op taludniveau van NAP-10m
- e) 1 boring ter plaatse van kruin;
- f) 2 boringen ter plaatse van binnentalud (depotzijde west en oost talud) op taludniveau van NAP-3m ten behoeve van het nemen van baggerspeciemonsters en het nemen van zandmonsters
- g) 1 boring in het midden van het baggerspeciedepot



Uiteindelijk is het aanvullende grondonderzoek grotendeels uitgevoerd conform de hiervoor omschreven scope of work met daarbij 3 wijzigingen:

- 1 boring ter plaatse van de kruin (zie item e) is niet uitgevoerd omdat deze een lage prioriteit had en er in het 17-daagse uitvoeringsprogramma onvoldoende gelegenheid was om deze boring nog uit te voeren;
- Op het binnentalud (depotzijde zuidelijke dam) is 1 extra boring (B2E) uitgevoerd op taludniveau van NAP-3,0 m. Reden: bij het boren op de geplande locatie ( B2D) is de boring vroegtijdig gestaakt vanwege harde staalslakken;
- De locatie van 1 boring (zie item f) is verplaatst naar het midden van het baggerspeciedepot (boring B3Bb). Dit omdat boring (B1) vroegtijdig gestaakt is vanwege gemeten hoge concentraties aan (methaan) gas tijdens de het boren. Om de dieper gelegen baggerspecie te bemonsteren is besloten om boring B3Bb te verplaatsen.

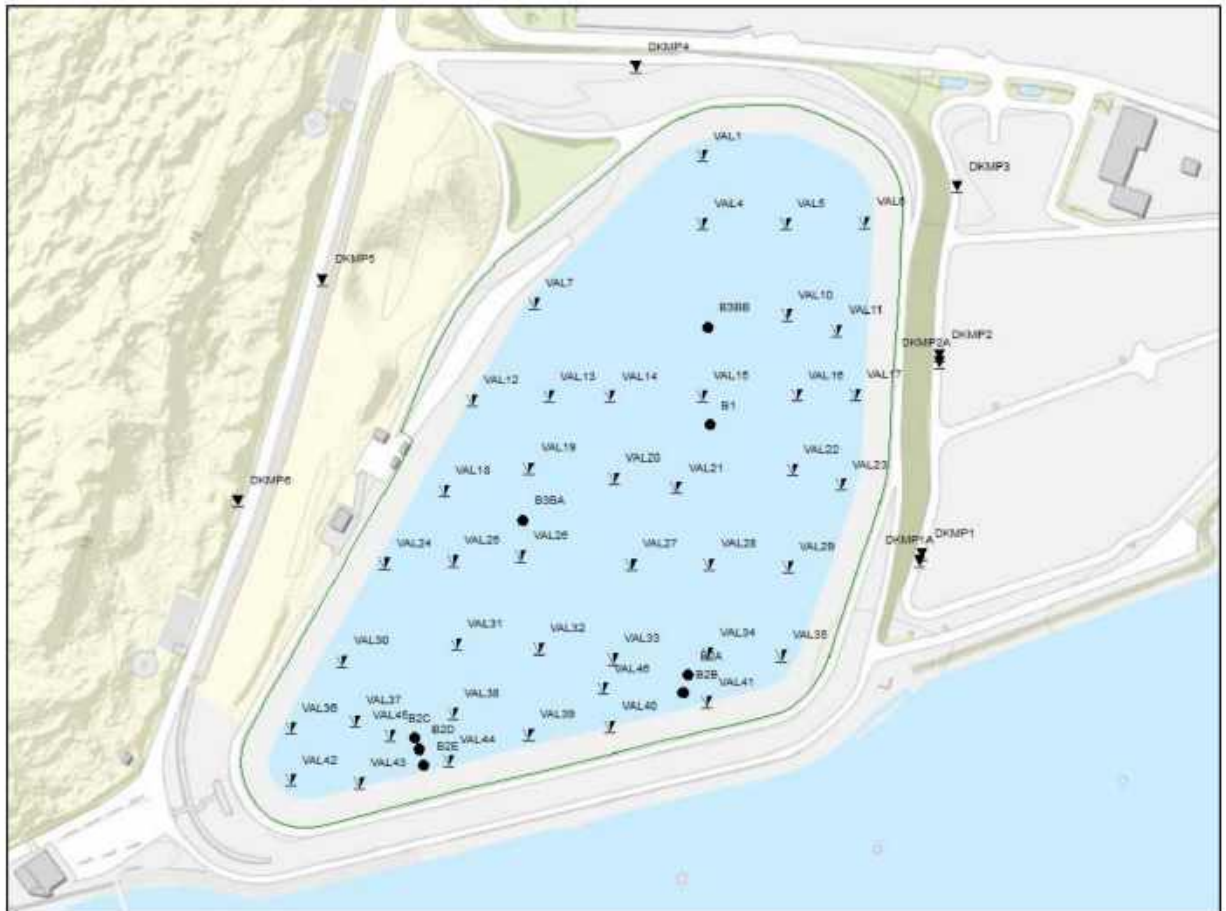
Resumerend heeft het uitgevoerde aanvullende grondonderzoek bestaan uit:

- 46 sonderingen met de valconus (VAL) in het baggerspeciedepot;
- 8 sonderingen met meting van de waterspanning (DKMP) naast de oost-, noord- en westdam;
- 8 mechanische boringen (B) in het onderwatertalud van de zuidelijke dam en in het baggerspeciedepot.

Het laboratoriumonderzoek heeft bestaan uit:

- Classificatie van ongeroerde monsters;
- Bepaling volumegewicht en watergehalte;
- Bepaling van de Atterbergse grenzen;
- Bepaling van de korrelverdeling.

De resultaten hiervan, eventuele afwijkingen van de opdracht en opmerkingen zijn gepresenteerd in de bijlage A In figuur 2-1 zijn de locaties van het uitgevoerde grondonderzoek weergegeven. Deze figuur is opgenomen ten behoeve van het geven van een overzichtelijk inzicht in de locaties het uitgevoerde onderzoek. In bijlage A is deze kaart op een groter formaat opgenomen, waarbij de nummers van de onderzoekspunten beter leesbaar zijn.



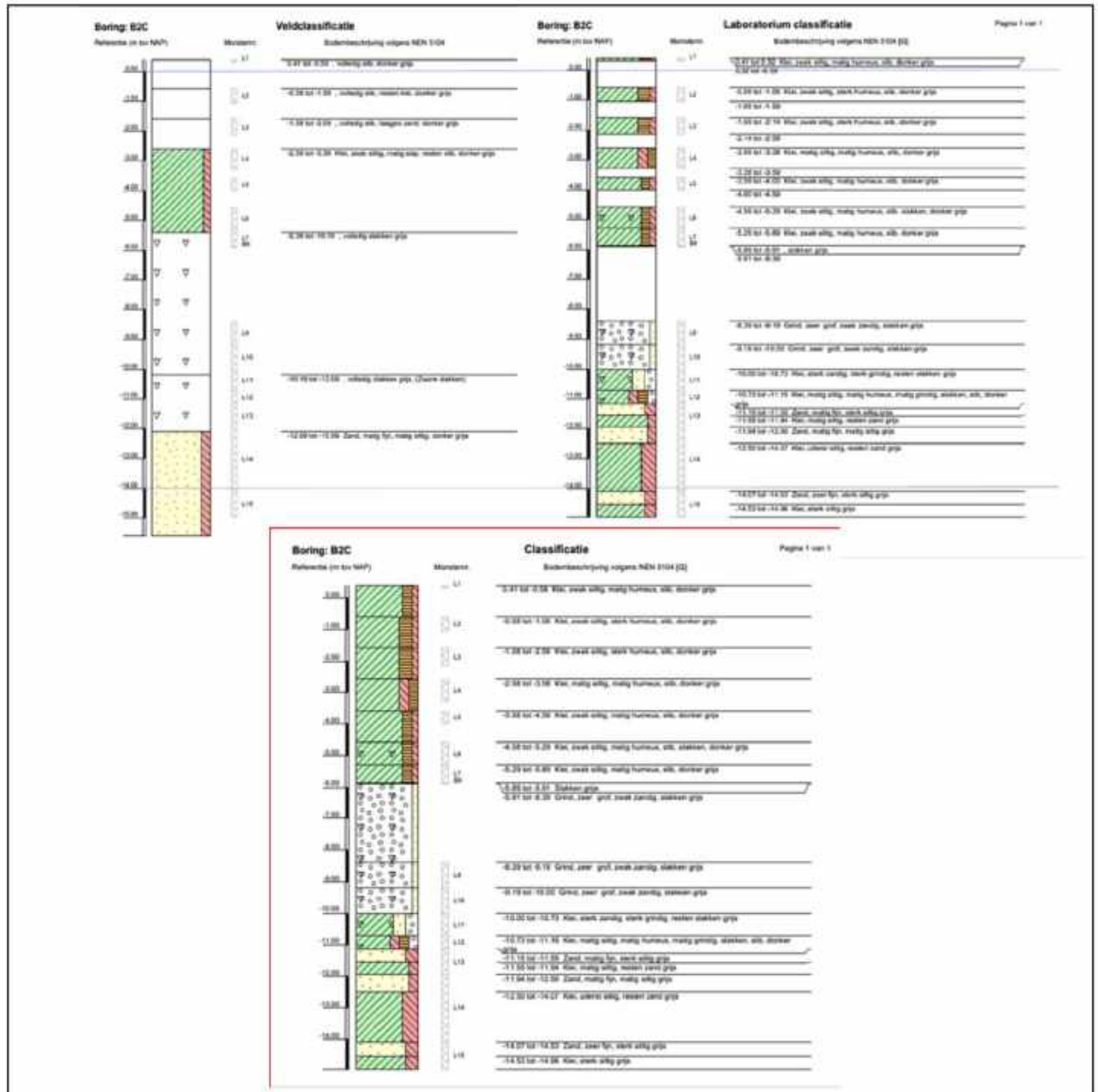
**Figuur 2-1: Locaties grondonderzoek (zie bijlage A voor groter formaat)**

## **2.3 Interpretatie onderzoek**

### **2.3.1 Inleiding**

De boringen zijn uitgevoerd met een Rotary drill ECOFORE CE603 C om zo door staalslakken heen te kunnen boren. Het bemonsteren van de grondlagen is uitgevoerd door het steken van liners. Met wisselend succes is het gelukt om de liners van ca 1 m lengte volledig met materiaal te vullen. Wanneer het materiaal te grof of niet cohesief genoeg was bleek het moeilijk te zijn om met de genoemde boormethode volledig gevulde liners te produceren. Dit heeft geresulteerd in de boorbeschrijving Lab classificaties, die niet de gehele boring dekken. Op basis van de veldbeschrijving, de (hand) beschreven boorlogs en de laboratoriumclassificatie is een interpretatie van de boringen opgesteld. In figuur 2-2 is hier een voorbeeld van gegeven zie ook bijlage D.





Figuur 2-2: Voorbeeld beschrijving boorstaten Bijlage D

De interpretatie betreft in principe een lab classificatie aangevuld met informatie uit het veld. Opmerkelijk is dat er soms een groot verschil is tussen een classificatie van de grond in het veld en een classificatie van de grond in het laboratorium. Een mogelijk oorzaak daarvan is dat bijvoorbeeld sterk siltige klei in het veld lastig te onderscheiden is van fijn zand met eventueel afwisselende kleilaagjes.

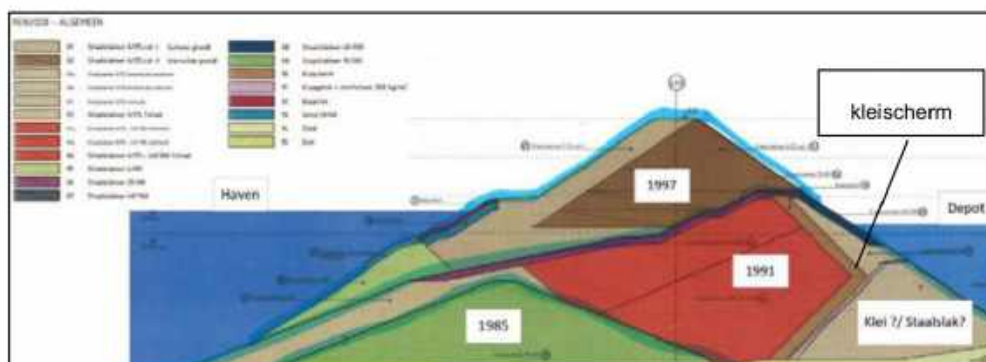
### 2.3.2 Zuidelijke dam

Voor de analyse van de zuidelijke dam is gebruik gemaakt van de volgende informatie:

Nr.	Bron	Informatie die verkregen is
[3]	Tekeningen TATA-steel	In deze tekeningen is de opbouw van de dam weergegeven waarbij de verschillende fasen van ophoging inzichtelijk zijn gemaakt. Deze tekening is waarschijnlijk gebaseerd op ontwerptekeningen van de dam
[11]	Rapport Isolatiestudie 1995, RWS	Hierin is informatie opgenomen over de aanleg van de 1 <sup>e</sup> ophoging in 1991. Daar is aangegeven dat eerst is geprobeerd om het aanwezige slib bij de teen te verdrijven door aanbrengen van de zware staalslakken, echter toen dit niet lukte is besloten om het slib weg te graven.
[15] [16]	Ontwerptekeningen aanleg dam 1985, en 2 <sup>e</sup> ophoging in 1998	Hierin is aangegeven dat er een kleikern/kleischerm aanwezig is met een dikte van ca. 1 m in de dam.
[12] [13] [14]	Rapportages Fugro uit 1990, 1994, 1997	Het rapport uit 1990 geeft aan dat er sonderingen zijn uitgevoerd bij de dam, echter zijn deze sonderingen niet meer beschikbaar. In het rapport uit 1994 zijn de lab-resultaten op staalslak beschreven, zijn resultaten van PB-metingen ter controle waterdichtheid dam beschreven, en zijn de resultaten van boringen en sonderingen opgenomen. In het rapport uit 1997 is de invloed van de ophoging qua zettingen en stabiliteit beschreven.
[8]	Boringen Certicon 2013	Op basis van 4 boringen waarbij op een hoogte van NAP +5,0 m verticaal het talud in is geboord blijkt dat vanaf een diepte van NAP -7 à -8 m klei aanwezig. Bij boring 2 en 4 is rond NAP ook klei aangetroffen. De aangeboorde klei kan de volgens tekening aanwezige kleikist/kern betreffen, maar deze is dan omvangrijker dan op tekening aangegeven.
[19]	Boringen Fugro 2019	Uit de boringen en het laboratorium onderzoek blijkt dat de onderzochte staalslakken uit de binnenteen van de zuidelijke dam sterk hoekig zijn. Er is geen sprake van verguisde staalslak maar van een mengsel van staalslakken waarbij de poriën gevuld zijn met klei.

De geometrie van het baggerspeciedepot (voormalig haven) is door de jaren heen veranderd. De Averijhaven is in 1967 gegraven voor het afmeren van schepen die in de problemen waren gekomen en op reparatie wachtten. De haven kreeg een bodemdiepte van NAP -12 m en werd later verdiept tot NAP -16,50 m. Vanaf 1979 is verontreinigde baggerspecie in de Averijhaven gestort. Het baggerspeciedepot is in fasen in de vroegere Averijhaven ingericht. In 1985 is een drempel in de mond van de haven gelegd (onder water, ca. NAP -6 m). In 1991 is de drempel verhoogd tot ca. NAP +6 m waardoor de Averijhaven afgesloten werd voor de scheepvaart. Omstreeks 1997 is de dam opnieuw verhoogd tot NAP +15 m.

In figuur 2-3 is op basis van [3] "Dwarsprofielen TATA, kenmerk 2012369-01, 2013" het tijdspad van de bouw van de dam weergegeven. Uit de beschikbare data is de binnenteen opgebouwd uit staalslak, maar mogelijk zijn slibinsluitingen aanwezig. Verder is er een zekere kans aanwezig dat er delen van de kleischerm terug te vinden zijn in de binnenteen.



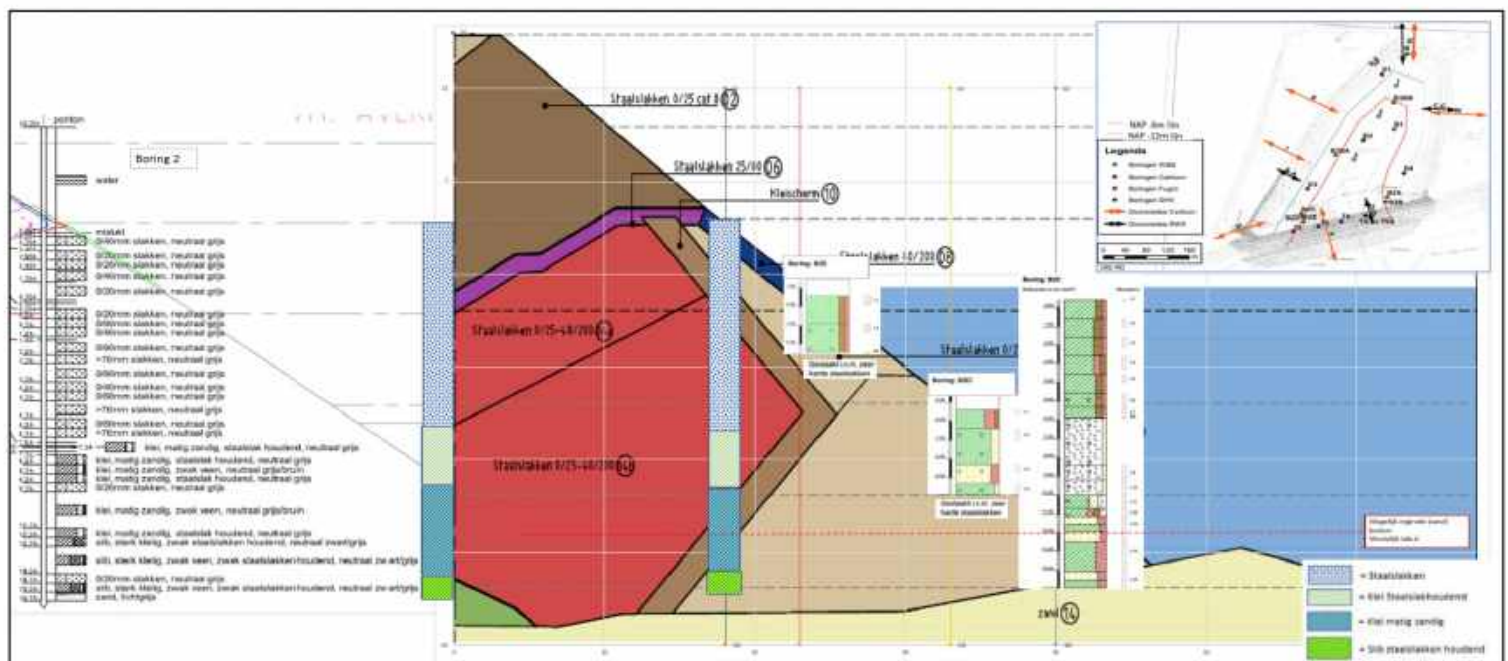
**Figuur 2-3: Opbouw Zuidelijke dam Bron ref 3**



Het in 2013 opgestelde dwarsprofiel van de zuidelijke dam [3] is als onderligger gebruikt voor het presenteren van het beschikbare grondonderzoek aangevuld met het recent uitgevoerd veldwerk.

In figuur 2-4 zijn de resultaten weergegeven van de boringen B2C, B2E, B2D en boring T2 van Certicon. In de figuur is tevens een kaartje opgenomen van het depotontwerp [10] met daarin de locaties van de aanwezige boringen. Hieruit blijkt dat de boringen in de aansluiting van het onderwatertalud van de zuidelijke dam op de westelijke dam zijn aangebracht. Boring B3C laat zien dat op NAP -6,0 m, NAP -9,0 m en NAP -10,0 m volledig slakken zijn aangetroffen. Vanaf Nap -10,0 m tot NAP -12,00 m is een mengsel van klei, baggerspecie, zand en slakken aangetroffen. Na NAP -12,0 m verandert de grondopbouw naar klei met afwisselende zandlaagjes, Vanaf NAP -15,0 m is alleen zand aangetroffen zie ook bijlage A.

Te plaatse van boring B2D is vanaf NAP -6,0 m brokken staalslakken 0/40mm aangetroffen waarvan de poriën tussen de staalslakbrokken gevuld zijn met zandige klei (geconsolideerde baggerspecie). Op een diepte van NAP -10,0 m is de boring is gestaakt vanwege zeer harde (vastgekitte) staalslakken. Boring B2E geeft een vergelijkbaar beeld. Ook hier is een mengsel van brokken staalslakken met klei / baggerspecie aangetroffen vanaf NAP -1,0 m tot circa NAP -2,5 m, daarna is de boring gestaakt vanwege zeer harde (vastgekitte) staalslakken.

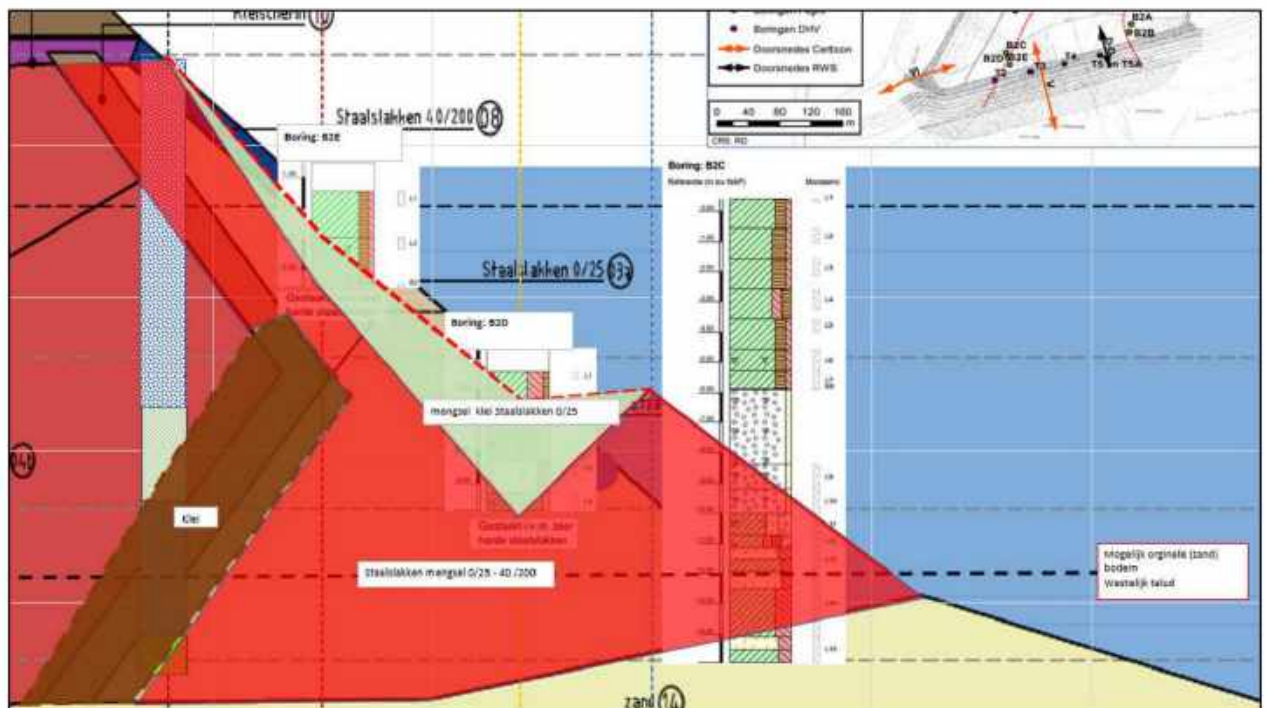


**Figuur 2-4: Resultaten Boringen T3, B2C, B2D en B2E zie ook Bijlage E**

Op basis van het grondonderzoek gecombineerd met de voorgeschiedenis wordt geconcludeerd dat :

- Het kleischerm tussen NAP+1,0 m een NAP -5,0 m niet is aangetroffen;
- Op basis van boring T2 de dikte van het resterende kleischerm circa 2 à 3 m bedraagt en uit klei sterk staalslak houdend bestaat;
- De binnenteen bestaat uit een mengsel van brokken staalslakken vermengd met klei, harde (vastgekitte) staalslakken 0/40mm en fijnere staalslakken 0/25mm;
- het talud ter plaatse van de aansluiting iets flauwer verloopt dan dat het ontwerp van de zuidelijk dam doet vermoeden. Dit verklaart onder ander de diepte waarop in boring B2C slakken zijn aangetroffen. De verwachting was dat op basis van het ontwerp er pas op NAP-10,0 m slakken zouden worden aangetroffen. De actuele situatie laat zien dat een laag slakken is aangetroffen tussen NAP -5,0 m a NAP-6,0 m en NAP -11,0 m a NAP-12,0 m.

In figuur 2-5 is op basis van hiervoor omschreven onderzoeksresultaten een aangepaste schematisatie opgesteld voor de binnenteen geldend ter plaatse van boring B2C.



**Figuur 2-5: Bodemschematisatie binnenteen ter plaatse van boring B2C**

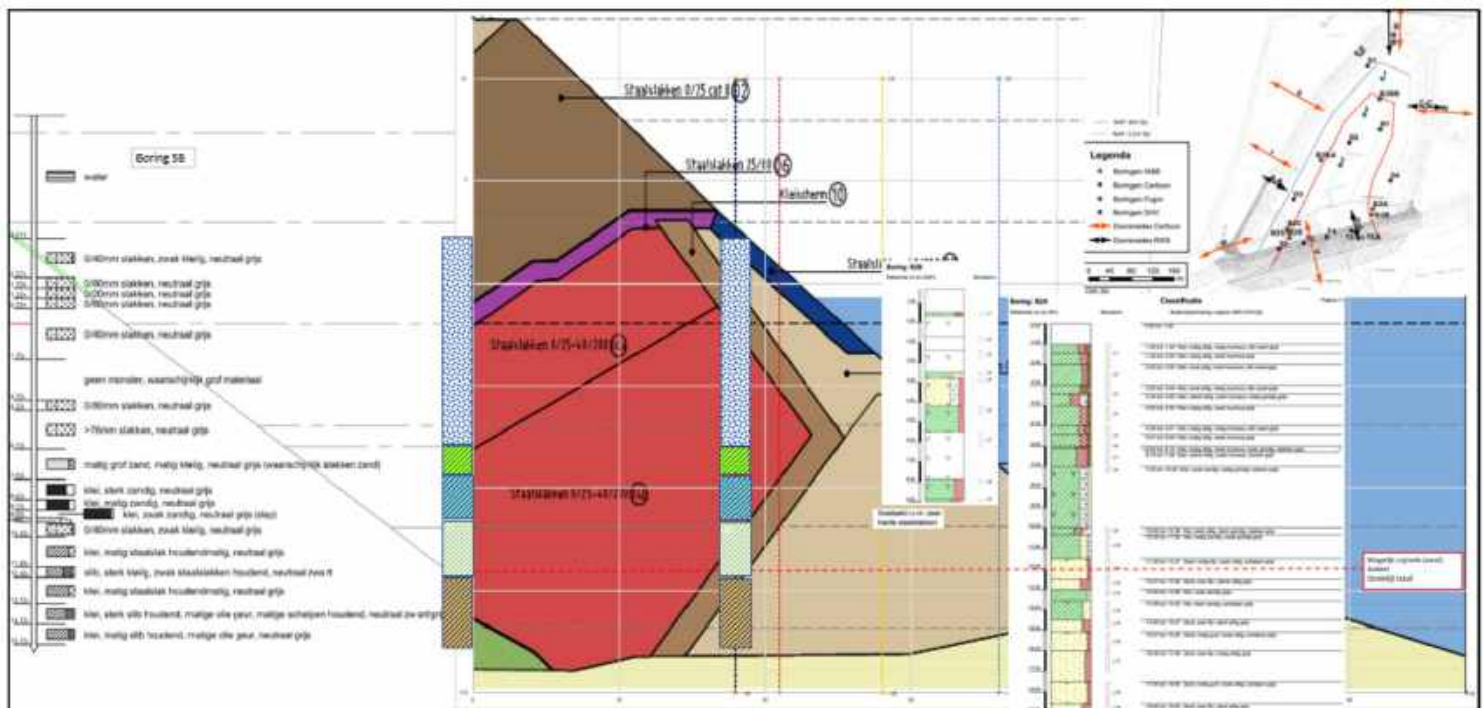
Ter plaatse van boring B2A, B2B en boring 5B (Certicon) is een vergelijkbare situatie aangetroffen als hiervoor omschreven (figuur 2-6). De boringen B2A en B2B laten zien dat de binnenteen bestaat uit een mengsel van klei en staalslakken 0/25mm. Vervolgens is men in de kern van de binnenteen gestuit op zeer harde staalslakken (boring B2B). Er is klei aangetroffen in boring B2B (NAP -4,0 m t/m/ NAP-5,0 m) en in boring 5B wat kan duiden op een kleischerm.



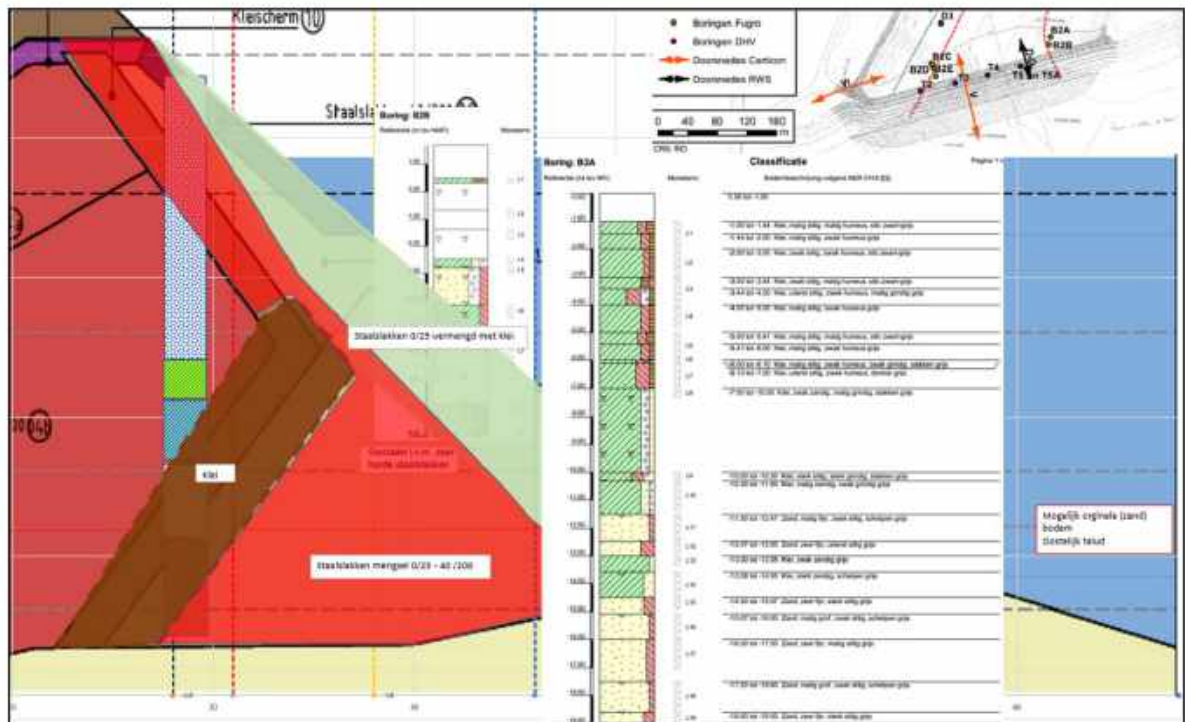
Op basis van het grondonderzoek is een volgend aangepaste schematisatie van de binnenteen voorgesteld .

- Een kleischerm tussen NAP+1,0 m een NAP -5,0 m niet is aangetroffen;
- Op basis van boring 5B is de dikte van het kleischerm geschat op circa 2 à 3 m dik. Het materiaal bestaat voornamelijk uit klei staalslak houdend en baggerspecie;
- De binnenteen bestaat hier uit:
  - een toplaag met een mengsel van klei /slib vermengd met staalslakken 0/25 mm. Er zijn geen brokken staalslakken aangetroffen;
  - een kern van harde (vastgekitte) staalslakken;
- Op basis van de boringen is de taludhelling vergelijkbaar als dat het ontwerp De bovenkant van de staalslaklaag al dan niet vermengd met klei, volgt het ontwerp redelijk.

Boring 5B en boring B2B hebben klei waarvan de dikte van de laag varieert 1 à 2 m. Een kleilaag (scherm) tussen NAP -5,0 m een NAP 0,0 m is niet aangetroffen. In figuur 2-7 is op basis van hiervoor omschreven onderzoeksresultaten een aangepaste schematisatie opgesteld voor de binnenteen geldend ter plaatse van boring B2A.



**Figuur 2-6: Resultaten Boringen T5B, B2A, B2B**



Figuur 2-7: Bodemschematisatie binnenteen ter plaatse van boring B2A

### 2.3.3 Baggerspeciedepot

Om inzicht te krijgen in de baggerbaarheid van de baggerspecie is een aanvullend veldonderzoek uitgevoerd bestaande uit 3 boringen specifiek gericht op het verzamelen van informatie inzake:

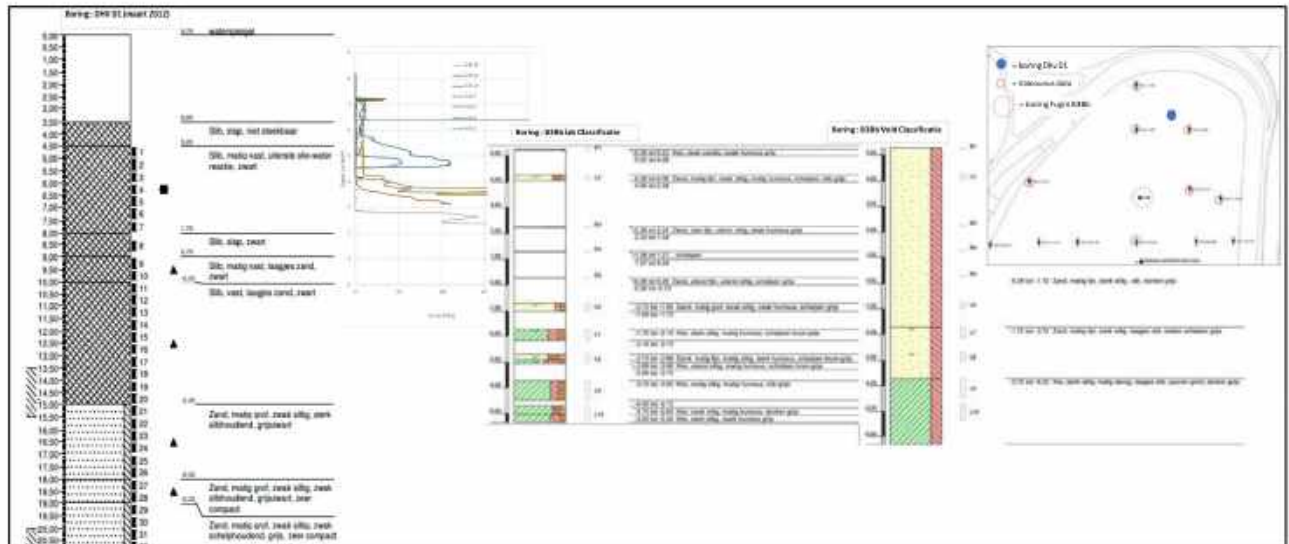
- Laagopbouw van de baggerspecie;
- De geotechnische eigenschappen van de baggerspecie;
- De laagopbouw van de ondergelegen insitu zandlagen;
- Vaststellen korrelverdeling door het nemen van zandmonsters van het oorspronkelijke haventalud.

In een latere fase van het project zijn valconussonderingen aan de veldwerkzaamheden toegevoegd met als primair doel inzicht te krijgen in de sterkte van de bovenste baggerspecielagen ten behoeve van het positioneren van het boorponton. Secundair doel van de valconus data is om inzicht te krijgen zijn in de overgang tussen gesedimenteerd en niet gesedimenteerde baggerspecie. In figuur 2-1 zijn de locaties aangegeven van de valconussen en de boringen B1, B3Bb, B3Ba.

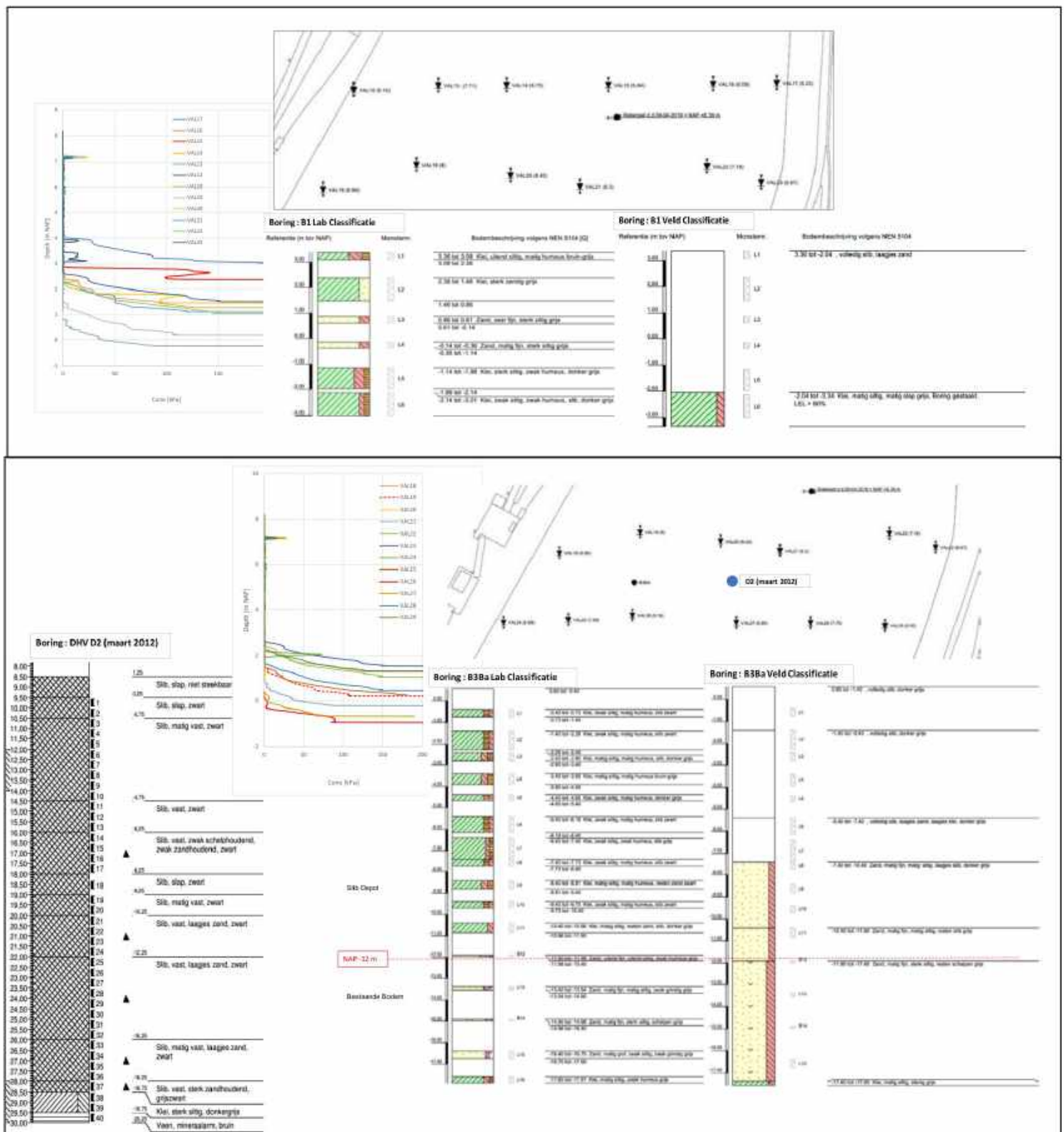
De waterstand in het depot tijdens het onderzoek betrof circa NAP+ 8,20 m. Boring B1 is uitgevoerd tot een diepte van NAP – 3,0m. Vanwege de gemeten hoge concentratie aan gas (LEL >99%) is boring B1 op NAP -3,0 m gestaakt zodat de voorziene diepte van NAP -19,0 m niet is bereikt. Boring B3Ba is halverwege teentalud uitgevoerd tot een verkende diepte van NAP -18,0 m. Zowel de baggerspecie als de insitu aanwezige zandlagen zijn bemonsterd. Boring B3Bb is tot een diepte van NAP -6,0 m uitgevoerd. Totaal zijn 14 baggerspeciemonsters geselecteerd voor beproeving in het laboratorium waar de Atterbergse grenzen, korrelverdelingen en ongedraineerde schuifsterkte met behulp van een torvane zijn bepaald. Op 5 baggerspeciemonsters na zijn bleek het materiaal na opening van de monsterbussen geschikt te zijn voor het bepalen van de Atterbergse grenzen. De 5 monsters die niet zijn beproefd bleken te zandig te zijn voor het bepalen van de Atterbergse grenzen.



De boringen (figuur 2-8 en figuur 2-9) laten zien dat de baggerspecie aan de noordzijde zandiger is dan de baggerspecie in het midden en ter plaatse van de zuidelijke dam. Beide figuren zijn ter illustratie onderstaand opgenomen. In bijlage A zijn deze figuren in verband met de leesbaarheid op een groter formaat opgenomen.

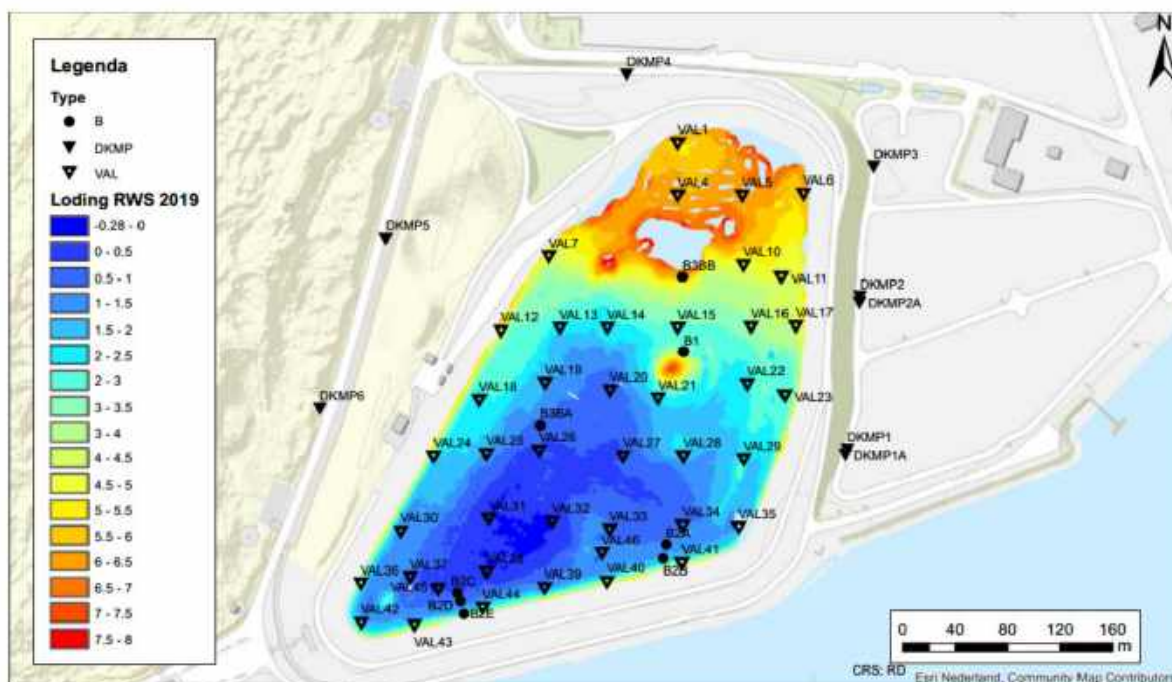


Figuur 2-8: Boorprofiel B3Bb (Fugro 2019) incl Boorprofiel D01 DHV 2012 [5]



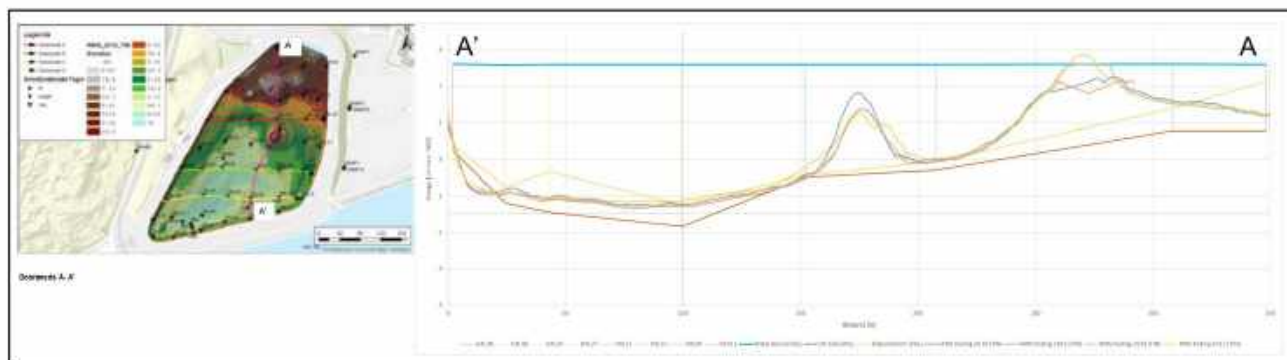
Figuur 2-9: Boorprofiel B1, B3Ba (Fugro 2019) incl Boorprofiel D2 DHV 2012 [5]

Op basis van de valconus data (bijlage A) zou de overgang tussen het zandig baggerspecie en het meer cohesieve baggerspecie ongeveer liggen op de valconus lijn (raai) VAL 12 t/m val 23 (figuur 2-10).

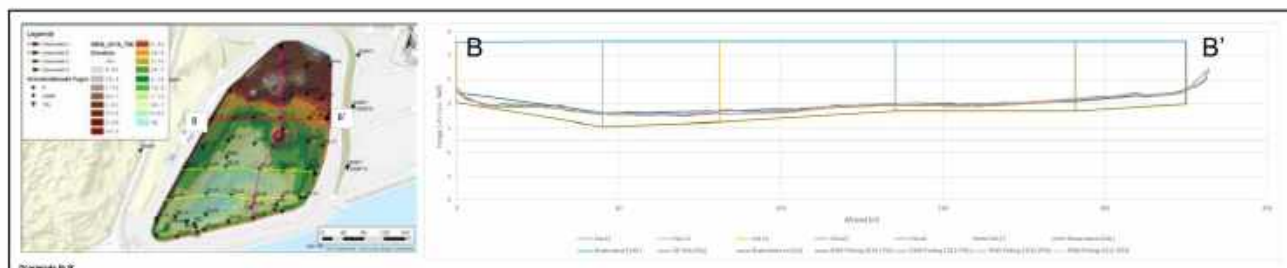


Figuur 2-10: locaties valconus incl loding RWS 2019

Door de opdrachtgever zijn peilingen van het jaar 2011, 2014, 2015 en 2019) beschikbaar gesteld. Om inzicht te krijgen in de ligging van de bovenkant van het bezonken baggerspecie in het depot, zijn een aantal profielen getekend met daarin de peilingen en valconusdata. In de onderstaande figuren zijn twee getekende dwarsprofielen weergegeven. De overige dwarsprofielen zijn weergegeven in Bijlage F.



Figuur 2-11: Voorbeeld doorsnede A-A' bijlage F



Figuur 2-12: Voorbeeld doorsnede B-B' bijlage F



Uit een vergelijking van de gegevens (bijlage F) valt op te maken dat de diepteregistratie van de valconusdata redelijk overeenkomt met de gemeten diepte van de peiling uit 2019 [24]. Uit de valconus meting valt af te leiden dat de vaste (bezonken) waterbodem op circa 1 à 2 m beneden de gepeilde waterdiepte van 2019 bevindt. De vaste bodem is hierbij gedefinieerd als de maximale valconusweerstand van ca 0,3 MPa à 0,5 MPa. zie ook bijlage A.

Let wel in de figuren is de vaste bodem geschematiseerd door de puntmetingen van de valconussen lineair met elkaar te verbinden. De werkelijke situatie tussen de meetpunten kan dus afwijken. Dit geldt vooral voor de metingen in het noordelijk deel van het depot daar waar de baggerspecie boven het waterniveau uitkomt. Zoals hiervoor is aangegeven is de verwachting dat in dit gedeelte van het depot de baggerspecie zandiger is.

### **3. UITGANGSPUNTEN**

Voor het opstellen van de adviezen met betrekking tot het Averijhavendepot zijn verschillende uitgangspunten en aannamen van belang. Deze worden in dit hoofdstuk beschreven en toegelicht.

#### **3.1 Normen en richtlijnen**

Voor het opstellen van het advies zijn de volgende normen en richtlijnen in acht genomen:

[NEN 9997-1, 2011] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1, algemene regels, december 2011.

#### **3.2 Veiligheidsfilosofie**

Voor de veiligheidsklasse van de dammen rondom het baggerspeciedepot is conform opgave van Rijkswaterstaat RC2 volgens de NEN9997-1 gehanteerd. Dit is onder andere van invloed op de veiligheidsfactoren die meegenomen dienen te worden in de sterkteparameters van grondlagen. Voor RC2 dienen conform tabel A.4a van NEN9997-1 de volgende factoren toegepast te worden:

- $\gamma_{tan\phi} = 1,25$
- $\gamma_{c'} = 1,45$

De stabiliteitseis voor macrostabiliteit bedraagt conform NEN9997-1 S.F. = 1,0 bij rekenwaarden van de grondparameters. Ook tijdens de bouwphase wordt een minimaal vereiste veiligheid van S.F. = 1,0 een veiligheidsklasse RC2 aangehouden, gezien de grote risico's vanuit milieuoogpunt.

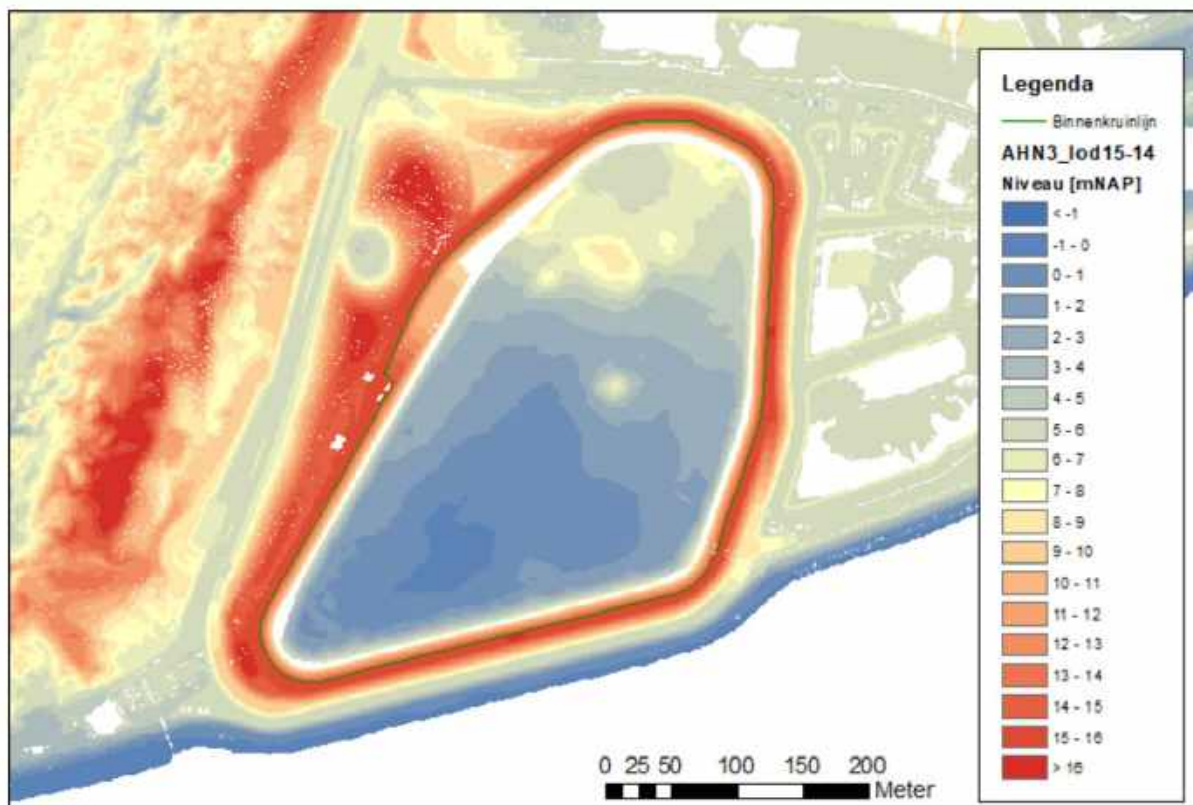
#### **3.3 Geometrie**

In paragraaf 2.3.2 is aangegeven hoe de geometrie van het baggerspeciedepot (voormalige haven) door de jaren heen is veranderd. In dit rapport is de huidige (ontwerp) geometrie van het Averijhavendepot en de omringende dammen gebaseerd op:

- Dwarsprofielen van TATA Steel: opbouw van de dammen [3];
- Lodingen uit 2014 en 2015: onderwatergeometrie van het depot [4];
- AHN2 en AHN3: geometrie van het depot boven water.
- Tekening Aanleg dam met rijweg in Averijhaven, 13400-S-1, Oranjewoud, 22 juli 1989 [10].

Voor de meest actuele geometrie is gebruik van AHN3 en de lodingen uit 2015 en 2019. Voor een ondiep deel dat ontbreekt in de lodingen van 2015 en 2019 is gebruik gemaakt van de lodingen uit 2014. De hoogte- en diepteligging van het depot en de dammen is gegeven in figuur 3-1.

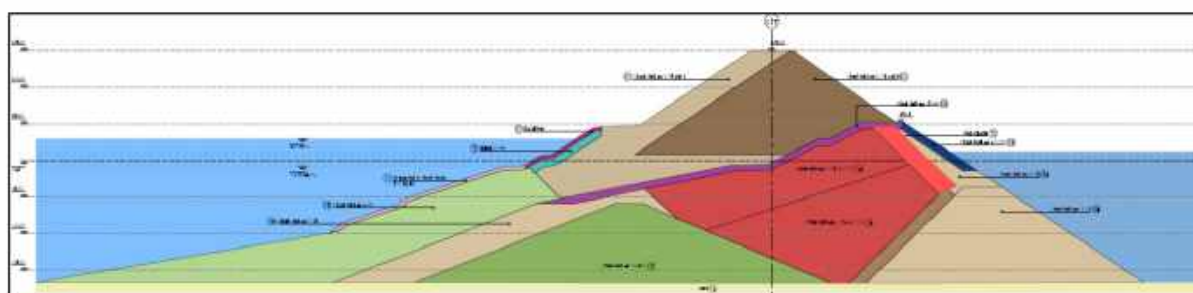
De kruinhoogte van de dammen om het depot heen bedraagt ca. NAP +15,0 m. Het zuidelijk deel van het depot heeft een diepte van ca. NAP 0 à +2 m. Het diepste deel is gelegen aan de zuidwestzijde van het depot. Het noordelijk deel van het depot is met een niveau van NAP +5 à +6 m een stuk ondieper. Het ondiepste deel heeft een niveau van ca. NAP +8 m en komt bijna boven water uit.



Figuur 3-1: Hoogte en diepteligging Averijhaven

### 3.4 Opbouw zuidelijke dam

Op basis van de paragraaf 2.3.2 uitgevoerde analyse is de geometrie van de binnenteen aangepast door de bovenloop van de klei scherm te laten vervallen en deze te vervangen door staalslakken. figuur 3-2.



Figuur 3-2: Aangepast principeddoorsnede van de zuidelijke dam (doorsnede IIX, [3])

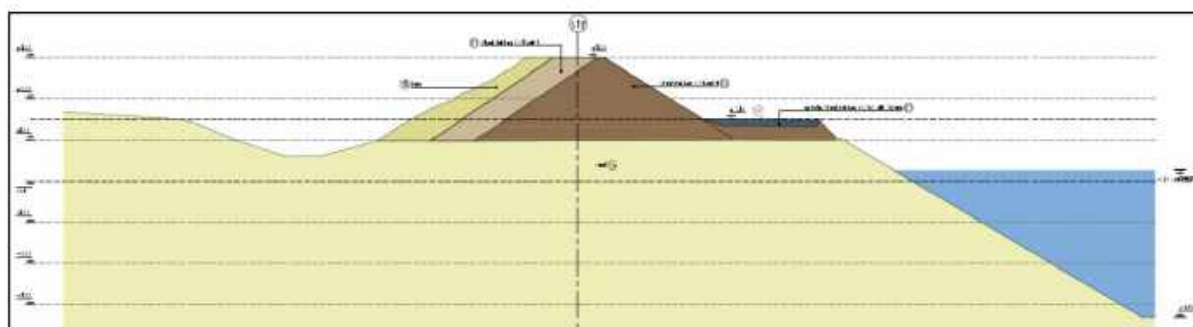


### 3.5 Opbouw west-, noord- en oostelijke dam

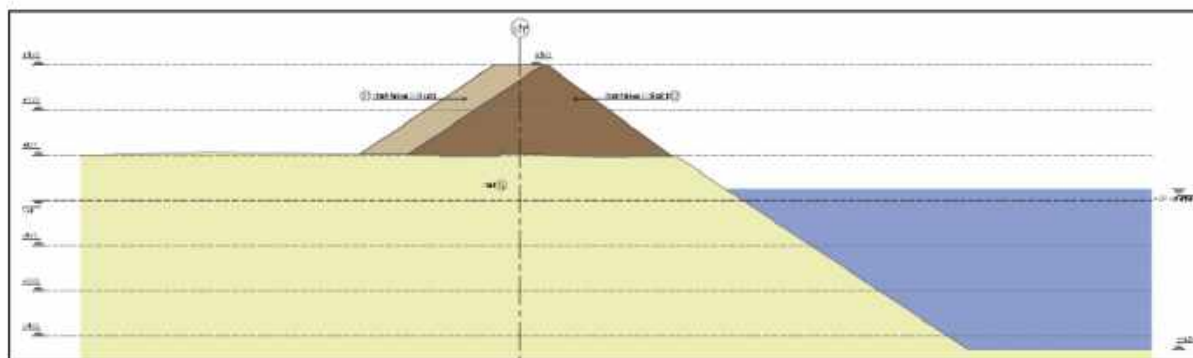
Voor de informatie over de noord- oost en westelijke dam zijn de volgende bronnen gehanteerd:

Nr.	Bron	Informatie die verkregen is
[10]	Tekening uit 1989 van Oranjewoud waarin theoretische geometrie haven is aangegeven	De originele diepte van de Averijhaven bedraagt NAP -16,5 m. De taludhelling vanaf een niveau van NAP -0,5 m naar beneden toe bedraagt 1:5 à 1:6. Vanaf een niveau van NAP -0,5 tot aan maaiveld (ca. NAP + 5 m), bedraagt de taludhelling 1:2.
[15]	Ontwerptekening uit 1998, RWS	Hierin is aangegeven er een bestaand folie aanwezig is vanaf een niveau van ca. NAP +15 m. Bij de aanleg van de dammen is ook een folie toegepast aan de binnenzijde
[3]	Dwarsprofielen TATA 2013	
[4]	Lodingen 2015, 2014, 2011	Op basis van de lodingen kan worden geconcludeerd dat de taludhelling vanaf NAP -0,5 m en hoger gemiddeld 1:2,5 bedraagt aan de oost- en westzijde. Aan de noordzijde zijn hiervan geen meetgegevens bekend, omdat de plas hier ondiep is en dit gedeelte van het talud bedekt is met baggerspecie.

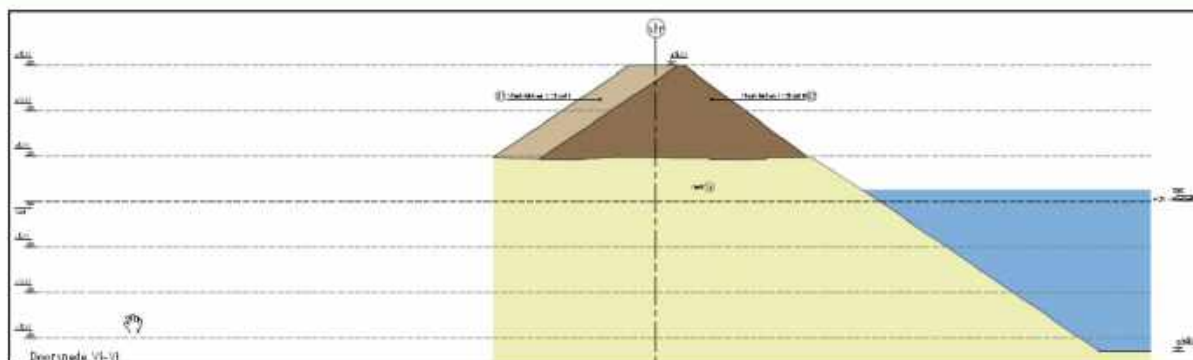
De dammen aan de west- oost en noordzijde (zie figuur 3-3, figuur 3-4 en figuur 3-5) van het depot zijn vanaf een niveau van ca. NAP +5 m opgebouwd uit staalslakken op de natuurlijke zandondergrond. Aan de westzijde liggen duinen tegen de dam aan en is over een deel van de dam een berm aanwezig.



Figuur 3-3: Principedoorsnede westelijke dam (doorsnede IV, [3])



Figuur 3-4: Principedoorsnede noordelijke dam (doorsnede V, [3])



Figuur 3-5: Principeddoorsnede oostelijke dam (doorsnede VI, [3])

### 3.6 Grondparameters

De sterkteparameters zijn gebaseerd op de tabel 2.b uit NEN9997-1+C2:2017 in geval van zand, klei en veen. Voor veen zijn relatief hoge sterkte-parameters toegepast aangezien deze laag diep ligt (basisveen) en dit materiaal naar verwachting een relatief hoge sterkte heeft. Uit boringen uit 1960 en 1969 (DinoLoket) blijkt dat de oorspronkelijke maaiveldhoogte circa NAP +7 m bedraagt een daardoor sterk overgeconsolideerd is.

Voor de staalslakken is door Fugro in 1994 [13] onderzoek gedaan naar de sterkte-eigenschappen door middel van triaxiaalproeven. Hierbij zijn monsters gehaald uit het depot (Pelt & Hooykaas in IJmuiden) waarmee de 2<sup>e</sup> ophoging in 1997 uitgevoerd zou gaan worden. Vervolgens is het materiaal bij verschillende dichtheden beproefd. Op basis van conservatieve aannames ten aanzien van de verdichting (90% van maximale Proctordichtheid) zijn de sterkteparameters bepaald. Ook is er van uitgegaan dat de staalslakken die onder water zijn gestort beperkt verdicht zijn. Daarnaast is veroudering opgetreden van de staalslakken, waardoor verkitting heeft plaats gevonden. In de berekeningen is daarom uitgegaan van de residuele sterkte van staalslakken.

Uit het recent uitgevoerde aanvullend grondonderzoek blijkt dat de samenstelling van met name de binnenteen van de zuidelijke dam sterk variabel is en zowel uit klei als uit staalslakken bestaat. De sterkte van deze binnenteen is van grote invloed op de berekende stabiliteit van het talud. Op deze materiaalsoort is aanvullend laboratoriumonderzoek uitgevoerd om meer inzicht te verkrijgen in de sterkteparameters. Uit de resultaten van deze triaxiaalproeven blijkt dat de hoek van inwendige wrijving varieert tussen  $\phi' = 38$  en  $43^\circ$ . De cohesie heeft een veel grotere variatie met een  $c' = 0$  tot  $20$  kPa. Deze resultaten vallen binnen de bandbreedte van de grondsoort staalslakken onder water met een  $c' = 5$  in tabel 3-1. Bij de beoordeling van de stabiliteit van de taluds is op de cohesie nog een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de invloed van de cohesie op de berekende stabiliteit. De resultaten van de aanvullend uitgevoerde triaxiaalproeven zijn opgenomen in bijlage A.

Bij sommige materialen neemt bij toenemende vervorming de schuifsterkte eerst toe tot een piekwaarde, om daarna weer af te nemen tot een lagere constante waarde, onafhankelijk van de vervorming. Deze laatste waarde wordt de residuele sterkte of de reststerkte genoemd. Uit het eerdere Fugro onderzoek blijkt dat dit gedrag ook bij staalslakken optreedt. Voor de sterkteparameters die hierbij horen is uitgegaan van de waarde bij een vervorming van 10%.



Voor gerijpte baggerspecie zijn de waarden gehanteerd zoals in de studie van Fugro uit 1997 zijn aangehouden. Deze waarden zijn gebaseerd op triaxiaalproeven. Voor ongerijpte baggerspecie zijn ook de waarden uit de Fugro-studie uit 1997 aangehouden, deze zijn gebaseerd op de resultaten van de gemeten sondeerwaarden (zeer lage conusweerstand gemeten).

De gehanteerde grondparameters zijn weergegeven in tabel 3-1.

**Tabel 3-1: Representatieve en reken waarden sterkteparameters**

Grondsoort	$\gamma/\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{rep}$ [kPa]	$c'_{rep}$ [°]	$\phi'_d$ [kPa]	$c'_d$ [°]
Staalslakken	23 / 26	39,4	23,6	33,31	16,28
Staalslakken (residuele sterkte)	23 / 26	40,1	7,7	33,97	5,31
Staalslakken (onder water, $c' = 5$ )*	23 / 26	35	7,25	29,26	5,0
Slib (ongerijpt)	12,5 / 12,5	0	5	0	3,45
Slib (gerijpt), zandig	14,5 / 14,5	24	2	19,61	1,38
Klei (scherm)	16,5 / 16,5	22,5	5	18,33	3,45
Klei	17 / 17	22,5	5	18,33	3,45
Veen	13 / 13	22,5	5	18,33	3,45
Zand, los tot matig gepakt	17 / 19	30	0	24,79	0
Zand, matig vast tot vast	19 / 21	35	0	29,26	0
<b>Opmerkingen:</b> $\gamma$ en $\gamma_{sat}$ = veldvochtig volumiek gewicht; sat = verzadigd $c'_{rep}$ / $c'_d$ = representatieve / rekenwaarde effectieve cohesie $\phi'_{rep}$ / $\phi'_d$ = representatieve / rekenwaarde effectieve hoek van inwendige wrijving * is geverifieerd aan de hand van triaxiaalproeven bijlage A					

### 3.7 (Grond)waterstanden en stijghoogten

Voor de waterstand in het depot is uitgegaan van de meest recente meting d.d. 9-4-2019 en bedraagt NAP +8,4 m. Dit is lager dan het niveau van NAP +10 m waar in eerdere onderzoeken van uit is gegaan. In verband met de werkzaamheden in de Averijhaven, is er van uitgegaan dat een geleidelijke<sup>1</sup> verlaging van de waterstand plaats zal vinden. Uitgegaan is van een minimaal peil van NAP 0 m. Wanneer dit vanuit de stabiliteitsberekeningen niet mogelijk blijkt, wordt de minimale waterstand afgeleid waarbij wel een stabiel binnentalud berekend wordt.

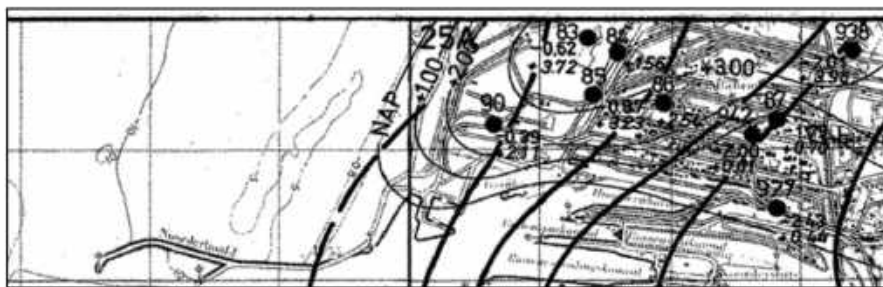
Voor de beoordeling wordt veiligheidshalve rekening gehouden met een verhoogde buitenwaterstand tijdens de ontmanteling. De buitenwaterstand is aangenomen op basis van de waternormalen afkomstig van RWS. Er is hierbij uitgegaan van een maatgevend hoog water van NAP +4,35 m bij een frequentie van 1x per 1.000 jaar. Uit de peilbuismetingen van 1994 en 1995 blijkt dat de freatische waterstand in de dam fluctueert met variaties in de buitenwaterstand (dagelijks getij). De respons is vertraagd (ruim 2 uur) en gedempt (maximaal 80% van de buitenwaterstand in 1994). Op basis van deze metingen is er van uitgegaan dat de freatische waterstand in de dam lineair verloopt tussen buiten- en binnenwaterstand. Voor de schematisering van de huidige situatie waarin een hoog waterpeil in het

<sup>1</sup> Door het baggeren zal het volume slib afnemen waardoor een waterstandsverlaging in het depot op zal treden. Voor de berekeningen is er van uitgegaan dat dit een geleidelijk proces is, en dat niet voorafgaand aan de baggerwerkzaamheden een plotselinge verlaging plaats zal vinden. Wanneer ten gevolge van het onttrekken van slib aan het depot de waterstand onder de aangegeven NAP 0 m zakt, dient dit te worden aangevuld

depot heerst, is er van uitgegaan dat er een zeer grote intredeweerstand in het talud aan de depotzijde bestaat, waardoor de hoge binnenwater in stand blijft. Voor deze situatie is een abrupt verloop geschematiseerd over de eerste meters van het talud

Voor de dagelijkse situatie is uitgegaan van een gemiddelde waterstand van NAP 0 m. Opgemerkt wordt dat mogelijk de waterdoorlatendheid van de dam door veroudering van de staalslakken veranderd (verminderd) is. De gekozen freatische lijn vormt daarmee een veilig (conservatief) uitgangspunt. Met eventuele opbolling door neerslag is geen rekening gehouden aangezien uit de peilbuismetingen blijkt dat de kern van de dam vrij goed draineert.

In verband met de mogelijke verlaging van de waterstand in het depot tot NAP 0 m, is ook de eventuele laterale toestroming vanuit het omliggende duingebied beschouwd. Uit peilbuismetingen op 1 à 2 km vanuit het depot (DINO loket) blijkt dat zowel het maaiveldniveau als het grondwatervniveau oplopen in noordelijke en oostelijke richting tot gemiddeld NAP +3 m. In 24 is de isohypsenkaart van de locatie opgenomen, waarin dit beeld bevestigd wordt. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat er mogelijk sprake kan zijn van een toestroming van kwelwater richting het depot, wanneer de waterstand in het depot onder NAP +1 à +2 m komt.



**Figuur 3-6: Isohypsenkaart IJmuiden (bron: Grondwaterkaart nr 24 Zandvoort, TNO 1979)**

Aan de hand van de metingen in de peilbuizen die onder de waterafsluitende grondlaag (klei- en veenlaag op circa NAP -18 m) zijn uitgevoerd, blijkt dat de zandlagen in de diepere zandondergrond nog sterker vertraagd (circa 5 uur) en tevens sterker gedempt (maximaal 50% respons) reageren op fluctuaties van de buitenwaterstand. Onder dagelijkse omstandigheden is uitgegaan van een gemiddelde stijghoogte van NAP 0 m in de zandondergrond. Onder maatgevende omstandigheden is uitgegaan van een stijghoogte van NAP +2,2 m (50% respons) onder de kruin van de zuidelijke dam. Deze stijghoogte verloopt onder 1:50 naar de gemiddelde stijghoogte onder het depot. Ter plaatse van de oostelijke, noordelijke en westelijke dam is daarom geen rekening gehouden met verhoging van de stijghoogte.

### **3.8 Bovenbelastingen**

Er wordt gerekend met een bovenbelasting van 15 kN/m<sup>2</sup> over een breedte van 2,5 m op de kruin van de dam. In de klei- en veenlagen wordt uitgegaan van een aanpassingspercentage van de waterspanning van 0%. Zandlagen en staalslakken zijn gedraineerd verondersteld.



#### **4. BEOORDELING BAGGERBAARHEID BAGGERSPECIE**

##### **4.1 Inleiding**

Op basis van de in het laboratorium bepaalde volumieke gewichten, zeefkrommes en Atterbergse grenzen is in dit hoofdstuk de baggerbaarheid van het baggerspecie beoordeeld. Tevens is een quick scan analyse uitgevoerd met betrekking tot de wijze van baggeren en de te verwachte uitleveringsfactoren. Opgemerkt wordt dat het merendeel van de gegevens is verkregen van de bovenste (boven NAP -8 à -10 m) meters van de sliblagen in het depot. Op basis van de resultaten van het veld- en laboratoriumonderzoek is vastgesteld dat er sprake is van een grote variatie in samenstelling (zandgehalte) en consolidatiegraad. Verwacht mag worden dat ook in de diepere lagen sprake is van een dergelijke spreiding.

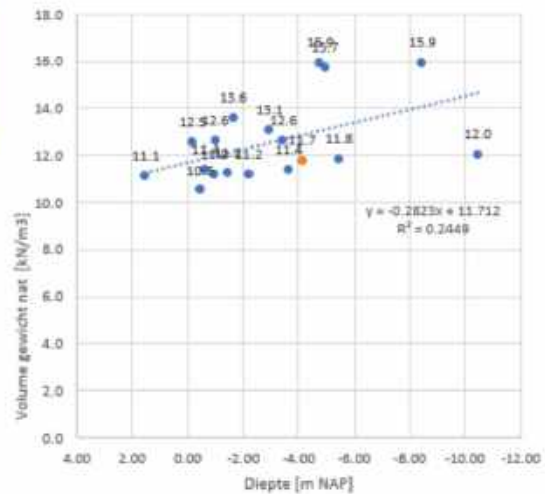
##### **4.2 Slibdichtheid**

Uit de beschikbare boringen blijkt dat het slib (baggerspecie) in het depot voornamelijk bestaat uit kleiig materiaal wat matig zandig tot zandig en matig humeus is. Uit volumegewichten (tabel 4-1) valt op te maken dat de volumieke gewichten van het baggerspecie variëren van ca. 11 kN/m<sup>3</sup> tot ca. 15 kN/m<sup>3</sup> à 17 kN/m<sup>3</sup>. (baggerspecie met staalslakken) De verwachting was dat er een trend te zien zou zijn in de opbouw van de dichtheden, waarbij de dichtheden toenemen met de diepte; de laagst gemeten dichtheden in de bovenste deel van de baggerspecie en de hogere waarden meer in het onderste deel van de baggerspecie. Tabel 4-1 laat zien dat de opbouw van de baggerspeciedichtheid in het depot gevarieerd is. Er is weliswaar een zekere trend te ontdekken naar hogere dichtheden in de diepte, maar gezien de beperkte data van de dieper gelegen baggerspecielagen is dit niet met zekerheid vast te stellen. Op basis van tabel 4-1 is er meer sprake van sterk wisselend patroon waarbij sprake is van een gemiddeld baggerspecie dichtheid van circa 1250 kg/m<sup>3</sup> met een bovengrens van 1600 kg/m<sup>3</sup> en een ondergrens van circa 1170 kg/m<sup>3</sup>. Het is goed mogelijk dat de verschillen in volumegewicht niet uitsluitend samenhangen met het consolidatiepercentage, maar tevens afhangen van de samenstelling van het materiaal. Nabij de oorspronkelijke stortlocatie is waarschijnlijk zandiger materiaal aanwezig met een relatief hoog volumegewicht. Het geschatte percentage vaste stof bedraagt gemiddeld 27 % d.s. met een boven- en een ondergrens waarde van 57 % d.s. respectievelijk 20 % d.s (e.e.a. conform student T- analyse).

Tabel 4-1: Baggerspeciedichtheden Averijhaven

Diepte t.o.v. NAP  (m)	Boring nummer	Monster nummer	Volume gewicht nat  ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> ) (Q)	% d.s. Bepaald  (%)	Volume gewicht droog  ( $\gamma_d$ ) (kN/m <sup>3</sup> ) (Q)	Water- gehalte  $w$ (%) (Q)
1.51	B1	L2	11.1	12.5	7.5	48.4
-0.19	B1	L4	12.5	29.6	9.7	29.7
-0.45	B3Ba	L1	10.5	3.7	3.5	196.7
-0.64	B2C	L2	11.4	15.8	3.4	231.0
-0.94	B2A	L2	11.2	13.4	3.2	252.0
-0.98	B2E	L2	12.6	30.1	4.9	156.3
-1.45	B3Ba	L2	11.2	14.1	3.3	243.4
-1.64	B2C	L3	13.6	39.8	5.4	152.3
-2.19	B1	L6	11.2	13.2	7.8	42.5
-2.94	B2A	L4	13.1	35.0	7.3	79.8
-3.45	B3Ba	L4	12.6	30.6	7.5	69.0
-3.64	B2C	L5	11.4	16.0	5.2	119.8
-4.77	B3Bb	L10	15.9	57.9	10.7	46.5
-4.94	B2A	L7	15.7	56.8	7.0	123.8
-5.45	B3Ba	L6	11.8	21.6	4.8	144.3
-8.45	B3Ba	L9	15.9	58.0	5.2	204.6
-10.45	B3Ba	L11	12.0	23.7	5.9	102.0

% d.s. = percentage droge stof op basis van een volumieke massa van vaste gronddelen van 2650 kg/m<sup>3</sup> en 1025 kg/m<sup>3</sup> voor water



#### 4.3 Consistentie

Nu is de verwerkbaarheid van baggerspecie mede afhankelijk van het type en de hoeveelheid kleideeltjes die er in het materiaal zit. Bij aanvang van het consolidatie proces heeft baggerspecie over het algemeen een consistentie index ( $I_c$ ) van ongeveer -2 ( $I_c = -2$ ), dus een watergehalte ruim boven de vloeigrens. Tijdens het consolideren neemt het watergehalte af tot beneden de vloeigrens. Een  $I_c$  van 0.6 betekent niets anders dan dat de geconsolideerde baggerspecie een watergehalte heeft in het plastische traject, en op 60% onder de vloeigrens zit. De vloeigrens (WL) heeft een  $I_c$  van 0 en de uitrolgrens (Wp) heeft een  $I_c$  van 1. Een  $I_c$  van boven de 1 betekent dat men in het vaste gebied zit en dat de geconsolideerde baggerspecie (klei) nog maar zeer moeilijk te verwerken is. De consistentie index wordt bepaald door de Atterbergse grenzen en het actuele watergehalte.

In tabel 4-2 zijn de resultaten weergegeven van aantal baggerspeciemonsters waarvan de Atterbergse grenzen, plasticiteitsindex ( $I_p$ ), consistentie index ( $I_c$ ) en liquiditeitsindex ( $I_L$ ) zijn bepaald

Tabel 4-2: Consistentie baggerspecie depot Averijhaven

Boring nummer	Monster nummer	Diepte t.o.v. NAP	Volume gewicht nat ( $\gamma$ )	Volume gewicht droog ( $\gamma_d$ )	Water- gehalte  $w$	Ongedr. Schuifsterkte  $t_{sch}$	Vloeigrens $w_L$	Uitrolgrens $w_P$	Plasticiteits index $I_p = w_P - w_L$	Consistentie index $I_c$	Liquiditeits index $I_L$	Afijn	$w_{max}$ bij $w_{max}$ 0,75	$w_{max}$ bij $w_{max}$ 0,60	D50 geheel fractie	D15 geheel fractie	Labclassificatie
		(m)	(kN/m <sup>3</sup> ) [Q]	(kN/m <sup>3</sup> ) [Q]	(%) [Q]	(kPa) T.V.									( $\mu$ )	( $\mu$ )	
B1	L2	1.51	11.10	7.48	48.4	26.0	46	27	18	-0.13	1.1	19	32	35	163	65	Klei, sterk zandig, grijs
B1	L4	-0.19	12.53	9.66	29.7		n.m	n.m	n.m			n.m	n.m	n.m			Zand, matig fijn, sterk siltig, grijs
B1	L6	-2.19	11.15	7.83	42.5	24.0	n.m	n.m	n.m			n.m	n.m	n.m	22	3	Klei, zwak siltig, zwak humeus, silt, donker grijs
B2A	L2	-0.94	11.17	3.17	252.0	3.0	231	61	170	-0.12	1.12	154	103	129			Klei, zwak siltig, zwak humeus, silt, zwart-grijs
B2A	L4	-2.94	13.05	7.26	79.8	2.8	101	56	46	0.47	0.53	59	67	74			Klei, matig siltig, zwak humeus, grijs
B2A	L7	-4.94	15.73	7.03	123.8										19	1.8	Klei, uiterst siltig, zwak humeus, donker grijs
B2C	L2	-0.64	11.35	3.43	231.0	4.5	216	58	157	-0.09	1.09	143	98	66			Klei, zwak siltig, sterk humeus, silt, donker grijs
B2C	L3	-1.64	13.56	5.37	152.3												Klei, zwak siltig, sterk humeus, silt, donker grijs
B2C	L5	-3.64	11.37	5.17	119.8	4.5	136	46	91	0.16	0.62	85	68	82			Klei, zwak siltig, matig humeus, silt, donker grijs
B2E	L2	-0.98	12.57	4.90	156.3												Klei, zwak siltig, matig humeus, silt, donker grijs
B3Ba	L1	-0.45	10.49	3.53	196.7												Klei, zwak siltig, matig humeus, silt, zwart
B3Ba	L2	-1.45	11.22	3.27	243.4												Klei, zwak siltig, matig humeus, silt, zwart
B3Ba	L4	-3.45	12.62	7.47	69.0												Klei, matig siltig, matig humeus, bruin-grijs
B3Ba	L6	-5.45	11.81	4.84	144.3		127	40	87	-0.20	1.20	78					Klei, zwak siltig, matig humeus, silt, zwart
B3Ba	L9	-8.45	15.91	5.22	204.6		46	24	22	-7.21	8.21	19			148	16	Klei, matig siltig, matig humeus, resten zand, zwart
B3Ba	L11	-10.45	11.99	5.93	102.0		115	42	74	0.18	0.82	70			39	5	Klei, matig siltig, resten zand, silt, donker grijs
B3Bb	L10	-4.77	15.90	10.71	48.5												Klei, zwak siltig, matig humeus, donker grijs

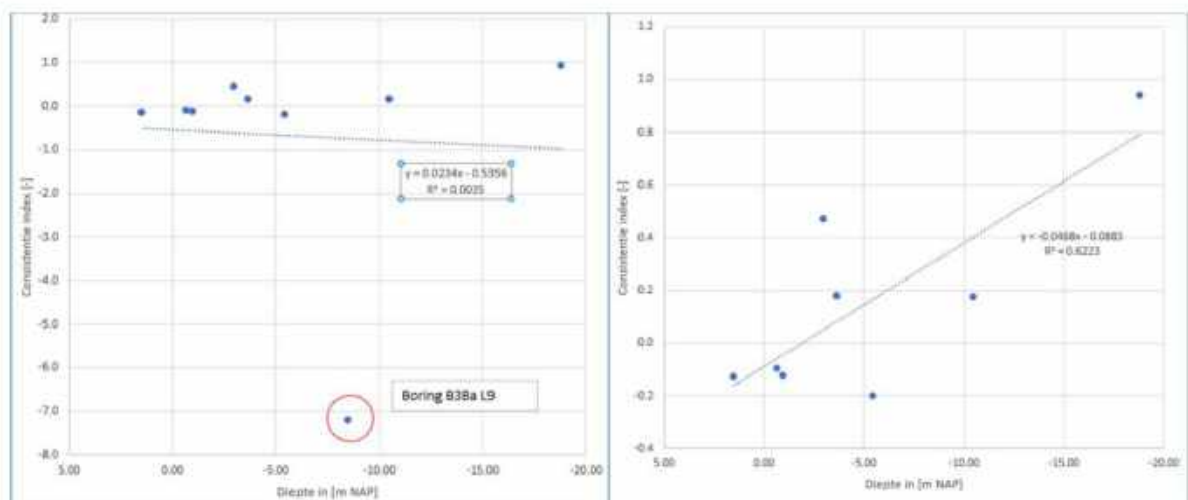
n.m. = niet mogelijk te veel zand



Uit tabel 4-2 blijkt dat de plasticiteitsindex ( $I_p$ ) van de baggerspecie laag is. Er is sprake van baggerspecie met een watergehalte ruim boven de vloeigrens tot baggerspecie in het onderste deel van het depot waar het watergehalte van het baggerspecie net onder de vloeigrens komt.

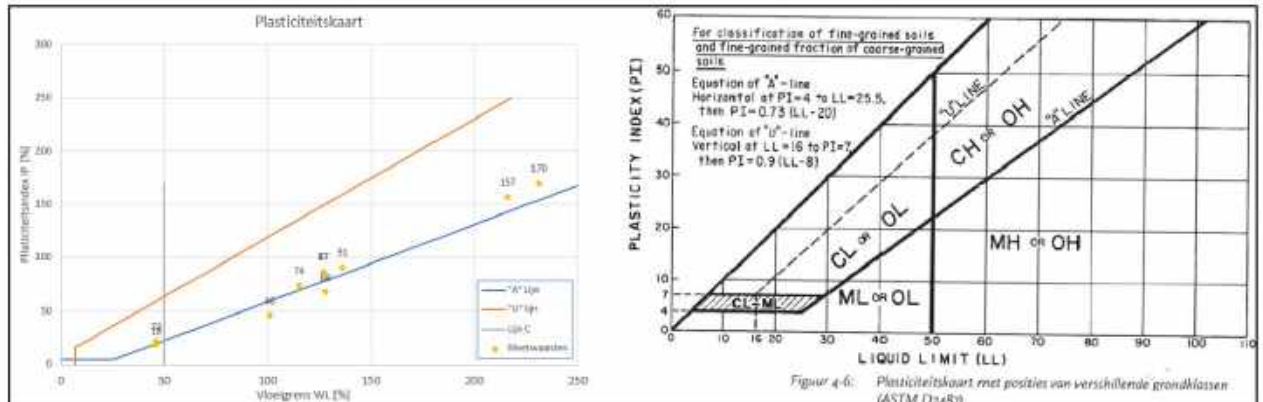
Bovenstaande duidt op ongeconsolideerde tot matig geconsolideerde baggerspecie. Het aangetroffen hoge gasgehalte in de baggerspecie kan onzes inziens één van de redenen zijn waarom de onderste baggerspecielaagen matig tot slecht geconsolideerd zijn. Tevens valt op dat bij een aantal grondmonsters (B1L2 en B1L6,) het volume gewicht nat laag is ten opzichte van het watergehalte. Normaliter zou men bij een verzadigd baggerspeciemonster met een  $W$  van 48% een nat volumegewicht van circa  $17 \text{ kN/m}^3$  verwachten. Wanneer nu wordt uitgegaan van een onverzadigd monster met een verzadigingsgraad van 0,5 dan blijkt dat bij een gemeten watergehalte van 48% een nat volumegewicht van circa  $11 \text{ kN/m}^3$  te horen. Deze waarden passen beter in het beeld dat de overige monsters geven van de baggerspecie.

Opvallend is dat monster L9 van boring B3Ba een zeer lage consistentie index ( $I_c$ ) heeft. Gezien de diepte en het bepaalde volumegewicht wordt getwijfeld aan de uitkomst. In figuur 4-1 zijn de resultaten bepaling consistentieindex ( $I_c$ ) naar diepte is uitgezet. In de figuur is te zien dat de  $I_c$  waarde van boring B3Ba L9 eruit springt ten opzichte van de rest zodat er onzes inziens sprake is van een uitbijter. Wanneer de het resultaat van boring B3Ba L9 niet wordt meegenomen dan blijkt dat er een zekere lineaire trend (afname  $I_c$  waarden met de diepte) is te ontdekken wat strookt met de verwachting. Opvallend is het relatief hoge watergehalte van dit monster, wat duidt op een vrij hoog percentage aan organische stof. Dit geeft mogelijk een verklaring voor de afwijkende  $I_c$ .



**Figuur 4-1: Relatie diepte versus consistentieindex**

De Casagrande plasticiteitskaart ASTM D2487 (figuur 4-2) geeft aan dat er sprake is van baggerspecie in het depot met hoge mate van samendrukbaarheid.

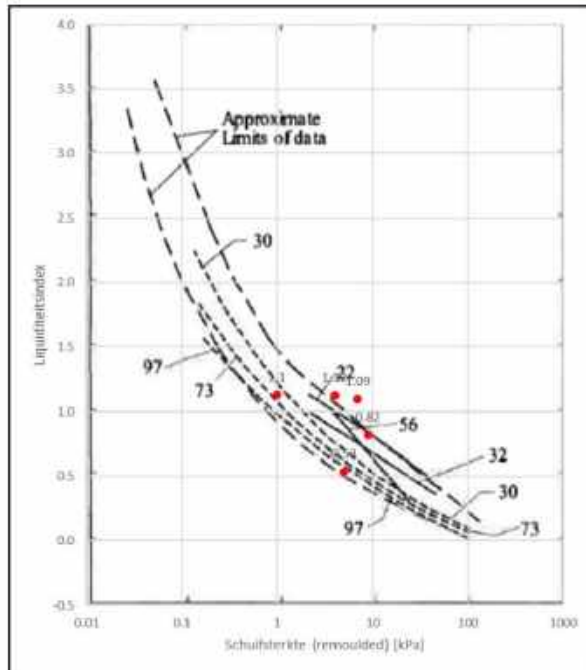


**Figuur 4-2: Plasticiteit baggerspecie Averijhaven Bron [VOUW 2010 deel 1 Grondmechanica]**

De bepaalde waarden zijn voornamelijk genomen in het midden en het zuidelijke gedeelte van het baggerspecie depot. Het noordelijk deel, daar waar de bovenkant van het baggerspecie op NAP +5,0 m à NAP +7,0 m is gelegen daar is sprake van sterk zandig baggerspecie. Zie ook paragraaf 2.3.3. (figuur 2-8). Opvallend is dat meetwaarden de A lijn redelijk volgt. De meetwaarden boven de A lijn geeft aan dat er sprake is van kleiige baggerspecie. Meetwaarden onder de A lijn geeft aan dat de baggerspecie meer als siltige grond (leem) kan worden geclassificeerd.

Op basis van  $I_c$  of  $I_L$  kan met behulp van correlaties (figuur 4-3) een schatting worden gemaakt de ongedraineerde schuifsterkte. Op basis van de relatie die Mitchell gevonden heeft kan op basis van de gemeten waarden en  $I_L$  de remoulded schuifsterkte ingeschat worden, welke varieert tussen 1 kPa en 10 kPa. In tabel 4-2 zijn eveneens de resultaten weergegeven van ongedraineerde schuifsterkte bepaald met een torvane. Te zien is dat er sprake is van baggerspecie met schuifsterkten variërend van 3 kPa tot aan 26 kPa.

De CUR 162 geeft aan dat de ongedraineerde schuifweerstand voor normaal geconsolideerde klei kan worden geschat met behulp van de door Skempton ontwikkelde relatie tussen de plasticiteitsindex en de ongedraineerde schuifweerstand. In tabel 4-3 is relatie volgens Skempton vergeleken met de gemeten torvane waarden. Uit een vergelijking tussen de gemeten torvane waarden en de met Skempton bepaalde ongedraineerde schuifsterkte mag onze inziens worden verwacht dat de ongedraineerde schuifsterkte in de dieper lagen van de baggerspecie tussen de 15 kPa en 25 kPa zal bedragen.



Figuur 4-3: Bepaling schuifsterkte volgens Mitchell

Tabel 4-3: Schatting Ongedraineerde schuifsterkte

Diepte t.o.v. NAP (m)	Boring nummer	Monster nummer	Plasticiteitsindex: $I_p = W_p - W_L$	Ongedr. Schuifsterkte $f_{undr}$ (kPa) T.V.	Ongedr. Schuifsterkte volgens Skempton	
					Op basis van $I_p$ $f_{undr}$ (kPa)	Op basis van $\sigma'_v$ $f_{undr}$ (kPa)
1.51	B1	L2	18	26	0.04	0.06
-0.19	B1	L4		24		0.57
-0.45	B3Ba	L1				0.73
-0.64	B2C	L2	157	4.5	1.94	0.84
-0.94	B2A	L2	170	3	2.52	1.02
-0.98	B2E	L2				1.05
-2.94	B2A	L4	46	2.8	2.08	2.22
-3.64	B2C	L5	91	4.5	4.25	2.85
-5.45	B3Ba	L6	87		6.67	4.64
-6.40	B3Ba	L7	87		8.31	5.78
-8.45	B3Ba	L9	22		5.65	8.85
-10.45	B3Ba	L11	74		15.93	12.45
-16.00						24.11

De schuifsterkte is van primair belang voor de krachten die bij het baggeren op de grond (baggerspecie) moet worden uitgeoefend om het materiaal te verpompen en of te ontgraven. Tevens wordt schuifsterkte tezamen in combinatie met de Atterbergse grenzen gebruikt om een schatting van de verwachte mate van verspoeling en of kleibavorming tijdens het verpompen van het materiaal indien gekozen wordt om het materiaal hydraulisch te transporteren. In handboek Dredging for engineers wordt de volgende vuistregel genoemd: Wanneer het materiaal voldoet aan alle volgende voorwaarden is er een grote kans op kleibavorming:

- $I_L$  groter dan 0,35 a 0.5 en kleiner dan 0.8 a 1.2;
- $I_p$  waarde heeft hoger dan 0,2 tot 0,3;
- insitu dichtheid heeft van 1500 – 1700 kg/m<sup>3</sup>;
- Een schuifsterkte groter dan 25 kPa.



Wanneer de waarden nu worden vergeleken met de resultaten van het baggerspecieonderzoek kan men voorzichtig stellen dat de kans op kleibalvorming tijdens het hydraulische verpompen van het materiaal beperkt is voor het baggerspecie in het bovenste gedeelte van het depot tot een diepte van circa NAP -5,0 m a NAP -8,0 m. Voor het baggeren van de dieper gelegen baggerspecielagen wordt de kans op kleibalvorming als klein aangemerkt gezien een lichte toename in schuifsterkte en lichte toename van de dichtheid. Hierbij wordt benadrukt dat dit richtwaarden zijn en dienen als zodanig te worden gebruikt.

#### **4.4 Baggerbaarheid**

Op basis van de voorgaande paragrafen kan een volgende ruwe indeling van het te baggeren materiaal worden gemaakt . Namelijk:

- Vanaf de waterbodem tot een diepte van NAP -5,0 à NAP-8,0m
  - Zuidelijk deel baggerspeciedepot
    - Overwegend baggerspecie dichtheid van 1100 kg/m<sup>3</sup> tot circa 1250 kg/m<sup>3</sup>
    - Matig zand houdend
    - Watergehalten meer dan 100%
    - Consistentieindexwaarden tussen -0,1 en 0,5
    - Schuifsterken tot 25 kPa
  - Noordelijk deel baggerspeciedepot
    - Sterk zandhoudend D<sub>50</sub> gemiddeld 78 µm
    - Geschatte dichtheid 1200 kg/m<sup>3</sup>
    - Schuifsterkten >25 kPa
- Vanaf NAP -5 à -8 m tot NAP-18 m (gebaseerd op geïnterpreteerde boringen in bijlage D)
  - Zuidelijk deel baggerspeciedepot
    - Overwegend baggerspecie dichtheid van 1200 kg/m<sup>3</sup> tot circa 1500 kg/m<sup>3</sup>
    - Matig tot sterk zandhoudend (verklaart deels hoge volumegewichten)
    - Watergehalten circa 100%
    - Consistentiewaarden tussen 0.2 soms hoger
    - Schuifsterken tot 25 kPa
  - Noordelijk deel baggerspeciedepot
    - Sterk zandhoudend D<sub>50</sub> gemiddeld 78 µm
    - Geschatte dichtheid van 1300 kg/m<sup>3</sup> tot circa 1600 kg/m<sup>3</sup>
    - Schuifsterkten > 25 kPa

Benadrukt wordt dat hier gegeven schematisatie een schatting betreft en in de uitvoerende fase te worden geverifieerd dient te worden. De schematisatie is alleen bedoeld om inzicht te krijgen in de afweging voor toe te passen baggermethoden. Voor de keuze van het type baggerwerktuig is gebruik gemaakt van beschikbare literatuur zoals Dredging for Sustainable Infrastructure CEDA/IADC 2018 en het Hydraulic Fill Manual Curnet 144 2012.

Op basis van kentallen, de locatie en het type te baggeren materiaal is gekozen om 3 baggermethoden nader te beschouwen. Namelijk :

- Hydraulische graver en/of knijper
- Snijkopzuiger
- Profielzuiger

De keuze voor een hydraulische graver en/of knijper is voornamelijk gebaseerd op de gedachte dat nauwkeurig baggeren nabij de (staalslak) taluds vereist is.

De opdrachtgever heeft aangegeven dat de taluds van het baggerspeciedepot na het baggeren van de verontreinigde baggerspecie moeten voldoen aan milieuklasse industrie. Indien de taluds van het depot moeten voldoen aan een milieukwaliteitsklasse industrie dan zal de aannemer daar rekening mee houden en mogelijk een deel van het oorspronkelijke haven talud /bodem mee baggeren. Men zal dus in de eindfase van het project mogelijk substantieel meer zand baggeren.

De keuze voor een snijkopzuiger en of profielzuiger is gebaseerd op de gedachte dat:

- De betreffende baggerspecielaag dik is en dus lastiger mechanisch te baggeren is;
- De baggerproducties van een snijkopzuiger / profielzuiger hoger zijn ten opzichte van het mechanisch baggeren en dus kostenverlagend werken zeker in combinatie met de afvoer van baggerspecie met middelgrote beun en/of hopperschepen;
- De baggerspecie rechtstreeks hydraulisch kan worden verpompt naar ontvangende hopperschepen zonder tussenkomst van een bakkenlaadinstallatie. Dit kan een voordeel zijn zeker wanneer er sprake is van gashoudend verontreinigd baggerspecie wat vanwege milieueisen met gesloten beunschepen (hoppers) moet worden afgevoerd.

In tabel 4-4 zijn op basis van CEDA literatuur enige kentallen opgesteld met betrekking tot het baggeren van de het slib/ zand. De hydraulische graver / knijper eventueel in combinatie met een grondpersinstallatie lijkt een interessante optie te zijn mits de stabiliteitsanalyse het toelaat dat het waterpeil in het depot mag worden verlaagd tot een nader te bepalen werkniveau. De uitlevering (bulking factor) is beduidend lager dan wanneer er gekozen wordt voor een snijkopzuiger en of profielzuiger. De verwachting is dat de beunschepen en of hopperzuigers waarschijnlijk hydraulische beladen dienen te worden met een gesloten beun in verband met milieueisen. Bij het mechanisch baggeren is dus vermoedelijk een grondpersinstallatie benodigd voor het beladen van de beunbakken, wat de bulking factor weer doet toenemen. Echter een grondpersinstallatie geeft de mogelijkheid om dit gecontroleerd te regelen.

Nadelen van een hydraulische graver en of knijper zijn:

- Baggerspecie met lage dichtheden baggert moeilijk;
- Een sterke afname van de baggerproductie bij een toename van de diepte;
- Sterke toename van de vertroebeling van het water in het depot zelf en dus een grote kans dat het in suspensie gebrachte baggerspecie sedimenteert op de net gebaggerde (schoon) taluds.

De hiervoor genoemde nadelen heeft een snijkopzuiger en/of profielzuiger weer niet.



**Tabel 4-4: Selectie baggermethoden**

Type water	Binnenwater				
Grondsoort	klei/silt				
Type materieel	Eenheid	Hydraulische graver	Knijper	Snijkopzuiger	Profiel zuiger
Waterdiepte	[m]	17	30	30	30
Project volume (situ m3 x1000)	[m <sup>3</sup> ]	500	275	geen limit	geen limit
Gevoelig voor obstakels (Brokken staalslakken)	[-]	gemiddeld	gemiddeld	gevoeliger	gevoelig
Baggermaauwkeurigheid	Horizontaal	0.5	1	2.5	>5
	Vertikaal	0.2 - 0.4	0.5	0.4 - 0.6	3
Productie per uur	[m <sup>3</sup> /uur]	100 - 200	50 -500	200 -500	100 -500
Concentratie	[%]	80	80	20 -70	10 -30
Residu laagdikte (mors)	[cm]	15 - 30	25	25	>100
Vertroebeling	[mg/l]	50 -200	50 -200	40 ->500	-
Uitlevering (situ m3 x factor)	[-]	1.05 - 1.2	1.05 - 1.2	1.0 - 1.7	1.2 - 1.7

Zoals opgemerkt is een snijkop en of profielzuiger wel in staat om zowel slib met hoge als met lage dichtheden te baggeren. De verwachte schuifsterkten zijn van dien orde grootte dat verwacht wordt dat deze niet maatgevend zijn voor de productie. Lastiger is om met een snijkopzuiger om effecten als uitlevering (wisselingen in baggerconcentratie), het bressen van de baggerspecie en zandlagen in de hand te houden. Zeker wanneer er sprake is van het baggeren van fijn tot zeer fijn zand. Hierop dient men passende maatregelen te nemen door bijvoorbeeld:

- De te baggeren laagdikte (en dus productie) aan te passen aan de omstandigheden;
- De verhaalsnelheid aan te passen aan het bresgedrag van het slib/ zand;
- Het installeren van bresboeien om onverwachts bressen tijdig te signaleren;
- Nabij de talud halend zuigen (in lagen) in plaats van profilerend zuigen.

## 5. BEOORDELING MACROSTABILITEIT

### 5.1 Aanpak beoordeling stabiliteit

In de notitie "Gevoeligheidsanalyse stabiliteit dammen Averijhaven" (Fugro, 26 februari 2019) is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met betrekking tot de opbouw van de dammen en de sterkte-eigenschappen van de materialen. Op basis van het aanvullend uitgevoerd grondonderzoek is de schematisering van de laagopbouw nader gedetailleerd (hoofdstuk 2). In onderstaande paragrafen is nader ingegaan op de schematisering en sterkte eigenschappen van de materialen in de dammen.

### 5.2 Schematisering en onzekerheden zuidelijke dam

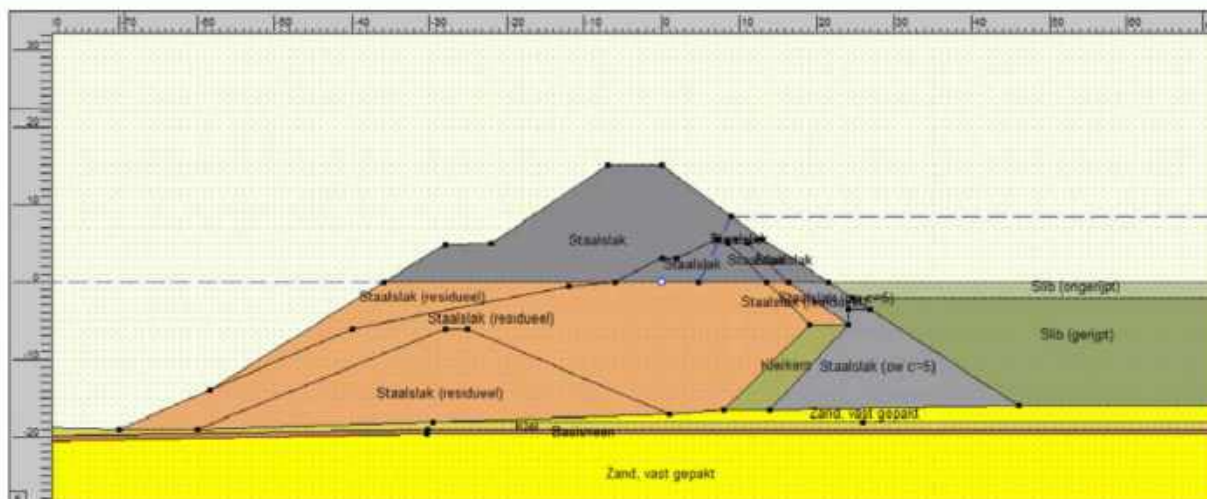
Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de samenstelling van de binnenteen van de zuidelijke dam niet eenduidig is en varieert tussen staalslakken en staalslakken vermengd met klei. Uit de eerder uitgevoerde gevoeligheidsanalyse (Fugro, 2019) blijkt dat de samenstelling van de teen grote invloed heeft op de stabiliteit van de dam. Vanwege de kleivoorkomens in deze laag zijn hieraan de sterkte eigenschappen van staalslakken met een cohesie van  $c' = 5$  kPa toegekend. Om inzicht te krijgen in de onzekerheid in deze sterkte eigenschappen en de variaties in samenstelling van deze laag, is een gevoeligheidsanalyse op de cohesie uitgevoerd ( $c' = 3$  en  $c' = 1$  kPa). Een gevoeligheidsanalyse op de hoek van inwendige wrijving ( $\phi'$ ) is niet uitgevoerd, omdat de variatie in deze parameter veel kleiner is en in de berekeningen met een ondergrenswaarde gerekend is (staalslak onder water  $\phi_d' = 29,26^\circ$ ).

Ook blijkt uit het recente onderzoek dat de bovenste verholen kleibekledingslaag mogelijk ontbreekt. Deze kleilaag is daarom uit de schematisering verwijderd. De onderste verholen kleilaag daarentegen is mogelijk tweemaal zo dik als op basis van de bestekstekeningen was afgeleid.

Mogelijk is lokaal ook de helling van het onderste binnentalud flauwer of zeer lokaal steiler dan 1:2. In de schematisering rekening gehouden met een lokaal steiler talud van maximaal 1v:1,5h, omdat tijdens het verwijderen van het baggerspecie ook per ongeluk materiaal van het binnentalud kan worden verwijderd. Omdat het niet wenselijk is dat het binnentalud door de baggerwerkzaamheden te veel beschadigd raakt en daardoor sterkte verliest (de staalslakken vormen momenteel een samenhangend geheel), is er van uitgegaan dat het 1:2 talud conform de aanlegtekeningen de grens voor het baggerwerk betekent.

De opbouw van de dam in de huidige situatie is geschematiseerd zoals weergegeven in figuur 5-1. Dit betreft de opbouw volgens de tekening van TATA, aangevuld met de recente inzichten zoals bovenstaand beschreven. Op basis van deze basisgeometrie zijn scenario's doorgerekend die betrekking hebben op de sterkte van de binnenteen.





Figuur 5-1: Schematisering zuidelijke dam in D-Geo Stability

### 5.3 Stabiliteit zuidelijke dam

De volgende situaties met betrekking tot het verwijderen van baggerspecie uit het depot zijn beschouwd:

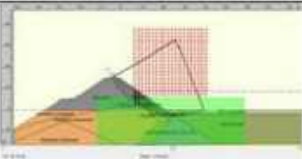
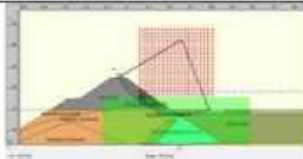
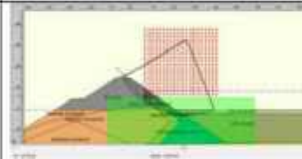
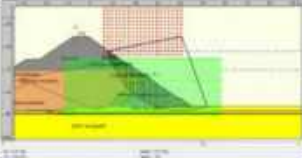
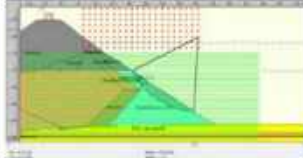
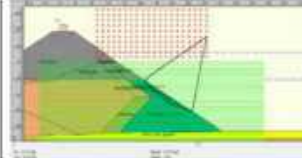
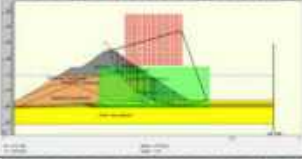
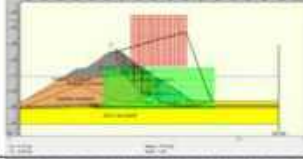
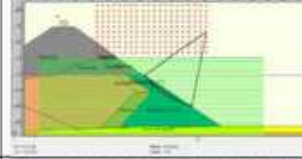
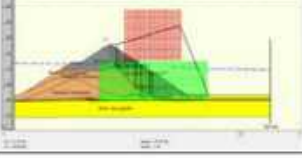
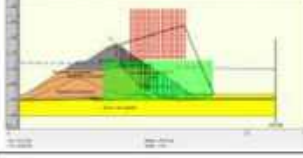
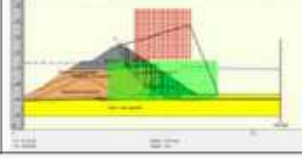
- Verwijderen van baggerspecie uit het depot bij huidig waterpeil (NAP +8,4 m);
- Verlagen van de waterstand in het depot naar NAP 0 m;
- Combinatie van bovenstaand met een verhoging van de buitenwaterstand naar maatgevend hoogwater.

In onderstaande tabel 5-1 is voor een aantal situaties de invloed van de cohesie op de berekende stabiliteit weergegeven. In tabel 5-2 zijn de bijbehorende glijcirkels weergegeven.

Tabel 5-1: Resultaten gevoeligheidsanalyse cohesie stabiliteit zuidelijke dam (eis  $\geq 1,0$ )

Beschrijving situatie	c' = 5	S.F.	c' = 3	S.F.	c' = 1	S.F.
Dagelijks, huidige situatie	1a	1,65	1b	1,63	1c	1,62
Dagelijkse situatie, baggerspecie verwijderd uit depot	2a	1,26	2b	1,19	2c	1,04
Dagelijks, waterstand depot verlaagd (NAP 0 m)	3a	1,09	3b	1,08	3c	1,04
MHW situatie	4a	1,04	4b	1,04	4c	1,03

Tabel 5-2: Berekende glijvlakken gevoeligheidsanalyse cohesie stabiliteit zuidelijke dam

Beschrijving situatie	$c' = 5$	$c' = 3$	$c' = 1$
Dagelijks, huidige situatie			
Dagelijkse situatie, baggerspecie verwijderd uit depot			
Dagelijks, waterstand depot verlaagd tot (NAP 0 m)			
MHW situatie			

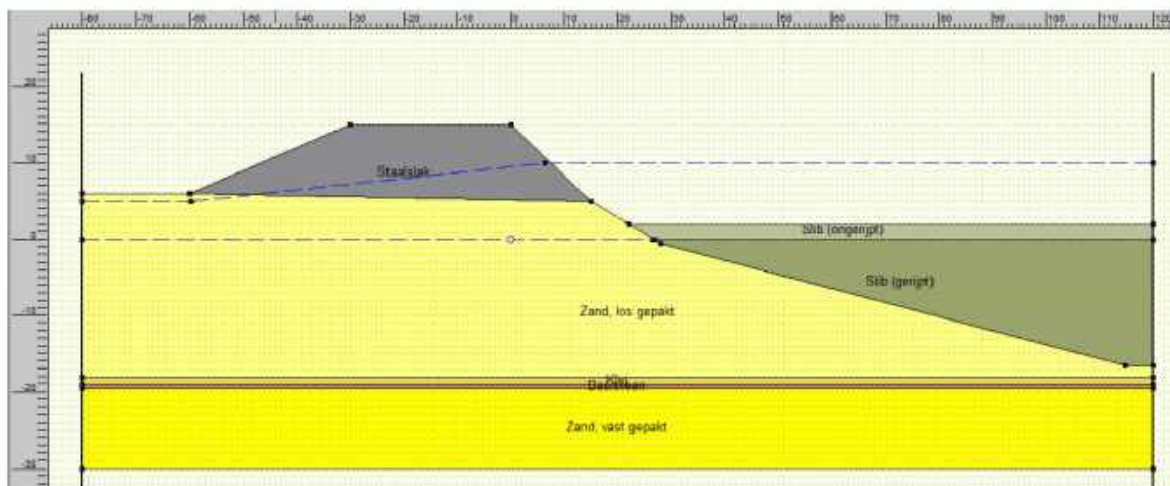
Uit de stabiliteitsberekeningen blijkt dat de stabiliteit van de dam in de huidige situatie ruim voldoende is. Het verwijderen van het baggerspecie zorgt echter voor een significante afname van de stabiliteit, de stabiliteit blijft in alle scenario's voldoende. Wel is te zien dat bij een lagere cohesie, de ligging van het maatgevend glijvlak wijzigt. Bij het verlagen van de waterstand in het depot neemt de stabiliteit van de dam met hogere cohesie ( $c' = 3$  à  $5$  kPa) verder af. Bij lagere cohesie ( $c' = 1$  kPa) verslechtert de stabiliteit niet nog verder en maar blijft het ondiepe glijvlak maatgevend.

Bij het verhogen van de buitenwaterstand naar MHW is de ligging van de maatgevende glijcirkel opnieuw diep en lijkt de cohesie van ondergeschikt belang voor de berekende stabiliteitsfactor. Dit hangt samen met de relatief kleine bijdrage van het materiaal in de binnenteen aan de stabiliteit bij een diepere glijcirkel. Alle scenario's voldoen juist aan het stabiliteitscriterium van  $S.F. \geq 1,0$  onder RC2 condities.

#### 5.4 Stabiliteit west-, noord- en oostelijke dam

De opbouw van de dam in de huidige situatie is geschematiseerd zoals weergegeven in figuur 5-2. Dit dwarsprofiel is maatgevend beschouwd voor de gehele ringdijk rond het depot (noord- oost- en westzijde) omdat de geometrie nauwelijks varieert. Op enkele locaties is de dam iets breder of is een beperkte buitenberm aanwezig. Aangezien dit een positieve invloed op de stabiliteit heeft, is de gekozen schematisering als voldoende veilig te beschouwen. Er is uitgegaan van een helling van 1:2,5 van het zandtalud tussen NAP +5,0 m en NAP 0,5 m en een helling van ca. 1:5,5 daaronder tot aan de oorspronkelijke bodem. Voor de basisschematisering is uitgegaan van berekening 3 uit de gevoeligheidsanalyse (baggerspecie verwijderd en verlaagde waterstand in depot tot NAP 0 m). Om de gevoeligheid van het ondertalud op de baggerwerkzaamheden in beeld te brengen, is beoordeeld of een 1:4 talud tijdens uitvoering acceptabel is.





**Figuur 5-2: Schematisering west-, noord-, en oostelijke dam in D-Geo Stability**

In onderstaande tabel zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

**Tabel 5-3: Resultaten gevoeligheidsanalyse stabiliteit west-, noord en zuidelijke dam**

Berekening [nr.]	Beschrijving (situatie)	S.F. (eis≥1,0)	Maatgevende glijcirkel	Opmerking
3	Basisschematisering: baggerspecie verwijderd + verlaagde waterstand in baggerspeciedepot (NAP 0m)	1,07		Voldoet
4	Scenario invloed ondertalud: 3 + ondertalud baggeren op 1:4	1,06		Voldoet

Uit de stabiliteitsberekeningen blijkt dat een taludhelling van 1:4 voor het onderste zandtalud (onder NAP -0,5 m) acceptabel is. Het ontwerptalud ten behoeve van het verwijderen van de sliblaag bedraagt echter 1v:5h. Ook het relatief steile 1:2,5 talud tussen NAP +2,5 en 0 m blijft onder alle beschouwde situaties aan de stabiliteitseisen voldoen.

## **6. BEOORDELING ZETTINGSVLOEIING**

De beoordeling van zettingsvloeiing bestaat uit 2 deel faalmechanismen: verwekingsvloeiing en bresvloeiing. Beide mechanismen worden in dit hoofdstuk uitgewerkt.

### **6.1 Mechanisme zettingsvloeiing**

Zettingsvloeiing is een verzamelnaam voor de faalmechanismen verwekingsvloeiing en bresvloeiing. Bij verwekingsvloeiing kan nog onderscheid worden gemaakt in statische- en dynamische verweking.

Onder bresvloeiing verstaan we een autonoom terugschrijdend erosieproces door een zand-water suspensiestroom op een onderwaterhelling dat uiteindelijk tot een oeverinscharing kan leiden. Een bresvloeiing kan veroorzaakt worden door een verstoring in het talud, veroorzaakt door bijvoorbeeld een afschuiving of verwekingsvloeiing.

Statische verwekingsvloeiing treedt op indien bij een toename in de schuifspanning in een losgepakte zandlaag een dusdanige wateroverspanning ontstaat zodat verweking van het materiaal optreedt. Ten gevolge van deze verweking ondergaat de met water verzadigde massa zand zeer grote verplaatsingen; het zand 'vloeit' uit onder een zeer flauwe taludhelling. Aanleidingen voor een statische verwekingsvloeiing kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Versteiling of verdieping van het onderwatertalud of verdieping door erosie;
- Het aanbrengen van een ophoging of bovenbelasting.

Dynamische verwekingsvloeiing treedt op indien ten gevolge van dynamische belastingen (cyclische schuifspanningen en versnellingen) dusdanige wateroverspanningen in een grondmassief ontstaan zodat verweking van het materiaal optreedt. Ten gevolge van deze verweking ondergaat de met water verzadigde massa zand zeer grote verplaatsingen; Het zand 'vloeit' uit onder een zeer flauwe taludhelling. Belangrijkste verschil tussen dynamische en statische verweking is dat bij dynamische belastingen ook materiaal met een dichtheid hoger dan de kritieke dichtheid kan verdichten doordat het grondmassief in beweging komt. De aanleiding voor een dynamische verwekingsvloeiing kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Trillingen als gevolg van bouwwerkzaamheden, zoals heien en trillen en zwaar verkeer;
- Trillingen als gevolg aardbevingen.

Bij de Averijhaven kan het wegbaggeren van het baggerspecie of het tijdens het baggeren het te ver doorgraven in het talud een verstoring in het oorspronkelijke talud veroorzaken die zowel tot (statische) verwekingsvloeiing als bresvloeiing kan leiden. Trillingen en dynamische verwekingsvloeiing zullen geen significante rol spelen bij het Averijhavendepot.

Zettingsvloeiing wordt voor beide deelmechanismen in eerste instantie beoordeeld op basis van de eenvoudige beoordeling uit CUR 113, zie tabel 6-1.



Tabel 6-1: Eenvoudige beoordeling zettingsvloeiing conform (CUR 113 Tabel 2)

Niveau van diepgang	Faalmechanisme		
	Afschuiving	Verwekingsvloeiing	Bresvloeiing
Ervaring	Nagaan of voldaan wordt aan voorwaarden gesteld in 4.2.1		
Eenvoudig	<p>Voldoet aan elk van volgende voorwaarden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- géén gronddepot of andere bovenbelasting vlak langs oever <sup>*)</sup></li> <li>- géén slappe cohesieve lagen</li> <li>- helling flauwer dan 1:3</li> </ul> <p>OF:</p> <p>Stabiliteitsberekening volgens methode Bishop met grondparameters geschat volgens NEN 6740</p>	<p>Voldoet volgens correlatie van Baldi aan:</p> $R_{n1} > 0,5$ <p>OF:</p> <p>voldoet aan:</p> $\cot\alpha_R > 7 \cdot (H_R/30 \text{ m})^{1/3***})$ <p>OF:</p> <p>voldoet aan beide volgende voorwaarden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>R_{n3} &gt; 0,5</math></li> <li>- <math>\cot\alpha_R &gt; 4 \cdot (H_R/30 \text{ m})^{1/3***})</math></li> </ul>	<p>Voldoet aan elk van volgende voorwaarden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dikke stoorlagen (&gt; 1 m), indien aanwezig, worden deze met geschikt materieel verwijderd</li> <li>- zand is grof genoeg (zie tabel 2a)</li> <li>- er wordt van te voren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld</li> <li>- zuigproces wordt beheerst door monitoring van positie zuigbuis en productie</li> <li>- gezogen taluds worden regelmatig <sup>**) )</sup> gepeild</li> </ul> <p>DAN:</p> <p>→ taludhelling volgens tabel 2b</p>

<sup>\*)</sup> Een gronddepot ligt 'vlak langs de oever' als de kruin van het depot zich bevindt op een horizontale afstand tot de waterlijn die kleiner is dan 5 maal de hoogte van de kruin boven de waterlijn

<sup>\*\*) )</sup> 'Regelmatig' wil zeggen zo frequent dat de taludvorm voortdurend bekend is, met een nauwkeurigheid van ongeveer 2 m (verticaal).

<sup>\*\*\*)</sup> Bij verwekingsvloeiing speelt de grond en het profiel onder de verwekingsgevoelige laag geen rol. Daarom mogen  $H_R$  en  $\cot\alpha_R$  berekend worden voor een diepte van de putbodem gelijk aan de diepte van de onderkant van de laag waarvoor  $R_{n1} < 0,5$  respectievelijk  $R_{n3} < 0,5$

Opmerking: NEN 6740 is vervangen door NEN 9997-1

Tabel 6-2: Schema voor te handhaven taludopbouw zonder platbermen (CUR 113 Tabel 2a)

van diepte z [m + MV]	tot diepte z [m + MV]	Zand met, gemiddeld over 5 m of minder, $d_{50} > 200 \mu\text{m}$ en $d_{15} > 100 \mu\text{m}$		Grind en zand met, gemiddeld over 5 m of minder, $d_{50} > 500 \text{ mm}$ en $d_{15} > 250 \text{ mm}$	
		lokale helling	gemiddelde helling 0 – z	lokale helling	gemiddelde helling 0 – z
0	-5	1:2	1:2	1:2	1:2
-5	-10	1:3	1:2,5		
-10	-15	1:4	1:3	1:3	1:2,5
-15	-20	1:5	1:3,5		
-20	-25	1:6	1:4	1:4	1:3
-25	-30	1:8	1:4,67		
-30	-35	1:10	1:5,43	1:6	1:3,75
-35	-40	1:10	1:6		

Tabel 6-3: Schema voor te handhaven taludopbouw met platbermen (CUR 113 Tabel 2b)

van diepte z [m + MV]	tot diepte z [m + MV]	lokale helling	diepte platberm [m]	breedte platberm [m]
0	$Z_1$	als in tabel 2a gemiddeld van 0 tot $Z_1$		
			$ Z_1 $	$ Z_1 $
$Z_1$	$Z_2$	als in tabel 2a gemiddeld van 0 tot $(Z_2 - Z_1)$		
			$ Z_2 $	$ Z_2 $
$Z_2$	$Z_3$	als in tabel 2a gemiddeld van 0 tot $(Z_3 - Z_2)$		
			$ Z_3 $	$ Z_3 $
enz				

## 6.2 Verwekingsvloeiing

De beoordeling van verwekingsvloeiing is uitgevoerd op basis van CUR 113. Hiertoe wordt de relatieve dichtheid van de zandlagen bepaald op basis van correlaties met de conusweerstand met de methode Baldi (1986). Op basis van de criteria uit de CUR 113 met betrekking tot de relatieve dichtheid en taludhelling kan worden bepaald of de zandtaluds verwekingsgevoelig zijn.

### 6.2.1 Relatieve dichtheid

De relatieve dichtheid van de zandlagen is bepaald voor de sonderingen DKMP3 en DKMP4 in de dam aan de noordzijde en DKMP5 en DKMP6 in de dam aan de westzijde van het depot. De sonderingen DKMP1 en DKMP2 in de dam aan de oostzijde zijn gestaakt i.v.m. obstakel en een te hoge sondeerddruk. Van deze sonderingen kan de relatieve dichtheid dus niet bepaald worden. De relatieve dichtheid is bepaald op basis van correlaties met de conusweerstand met de methode Baldi (1986), zie bijlage B.



Op basis van tabel 6-1 wordt de gevoeligheid voor verwekingsvloeiing bepaald met behulp van de volgende parameters:

- $R_{N1}$  = Relatieve dichtheid gemiddeld over een hoogte van 1 m;
- $R_{N3}$  = Relatieve dichtheid gemiddeld over een hoogte van 3 m;
- $\cot \alpha_R$  = Maatgevende taludhelling put/geul;
- $H_R$  = Maatgevende diepte van put/geul.

De laagopbouw, de gemiddelde  $R_N$  per zandlaag en het oordeel of de laag verwekingsgevoelig is, zijn gegeven in tabel 6-4 t/m tabel 6-7. Bij een aantal lagen is het oordeel 'nader te bepalen' (n.t.b.). Bij deze lagen is de relatieve dichtheid lager dan 50% en is de verwekingsvloeiingsgevoeligheid nader beschouwd op basis van de taludhelling.

**Tabel 6-4: Bodemopbouw en relatieve dichtheid DKMP3**

Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	Bodembeschrijving	Relatieve dichtheid [%]	Verwekings- vloeiing gevoelig
+6,5	2,5	KLEI, toplaag	-	-
+4,0	1,0	ZAND, vast gepakt	80	nee
+3,0	10,0	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-7,0	0,5	KLEI, zandig	-	-
-7,5	2,0	ZAND, vast gepakt	80 - 100	nee
-9,5	3,0	ZAND, vast gepakt	70 - 90	nee
-12,5	2,5	ZAND, los tot matig gepakt	40 - 60	n.t.b.
-14,0	4,0	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-18,0	1,5	KLEI, vast	-	-
-19,5	1,5	ZAND, matig tot vast gepakt	60 - 90	nee
-21,0	3,5	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-24,5		maximaal verkende diepte		

**Tabel 6-5: Bodemopbouw en relatieve dichtheid DKMP4**

Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	Bodembeschrijving	Relatieve dichtheid [%]	Verwekings- vloeiing gevoelig
+5,5	1,0	ZAND, toplaag	-	-
+4,5	0,5	KLEI, toplaag	-	-
+4,0	3,0	ZAND, matig tot vast gepakt	70 - 90	nee
+1,0	4,0	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-3,0	0,5	KLEI, zandig	-	-
-3,5	2,5	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-6,0	1,5	ZAND, matig tot vast gepakt	60 - 80	nee
-7,5	0,5	KLEI, zandig	-	-
-8,0	3,0	ZAND, vast gepakt	70 - 90	nee
-11,0	3,0	ZAND, matig gepakt	50 - 70	nee
-14,0	3,5	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-17,5	1,0	KLEI, vast	-	-
-18,5	0,5	VEEN	-	-

Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	Bodembeschrijving	Relatieve dichtheid [%]	Verwekings- vloeïng gevoelig
-19,0	1,5	KLEI, vast	-	-
-20,5	2,5	ZAND, vast gepakt	70 - 80	nee
-22,0	0,5	KLEI, vast	-	-
-22,5	2,5	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-25,0		maximaal verkende diepte		

Tabel 6-6: Bodemopbouw en relatieve dichtheid DKMP5

Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	Bodembeschrijving	Relatieve dichtheid [%]	Verwekings- vloeïng gevoelig
+6,0	1,0	ZAND, toplaag	-	-
+5,0	4,0	ZAND, matig tot vast gepakt	70 - 80	nee
+1,0	4,0	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-3,0	1,0	ZAND, kleiig	40 - 60	nee
-4,0	3,5	ZAND, vast gepakt	90 - 100	-
-7,5	0,5	KLEI, vast	-	-
-8,0	1,0	ZAND, kleiig	40 - 60	n.t.b.
-9,0	2,5	ZAND, vast gepakt	80 - 100	nee
-11,5	2,0	ZAND, matig tot vast gepakt	60 - 80	nee
-13,5	3,5	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-17,0	3,5	KLEI, zandig, vast	-	-
-20,5	1,0	ZAND, vast gepakt	70 - 80	nee
-21,5	3,5	ZAND, zeer vast gepakt	90 - 100	nee
-24,0		maximaal verkende diepte		

Tabel 6-7: Bodemopbouw en relatieve dichtheid DKMP6

Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	Bodembeschrijving	Relatieve dichtheid [%]	Verwekings- vloeïng gevoelig
+6,0	1,5	ZAND, toplaag	-	-
+4,5	1,0	ZAND, los tot matig gepakt	40 - 60	n.t.b.
+3,5	2,5	ZAND, vast gepakt	70 - 80	nee
+1,0	9,0	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-8,0	0,5	KLEI, zandig	-	-
-8,5	0,5	ZAND, vast gepakt	90	nee
-9,0	0,5	KLEI, zandig	-	-
-9,5	1,5	ZAND, vast gepakt	90 - 100	nee
-11,0	3,5	ZAND, los tot matig gepakt	40 - 70	n.t.b.
-14,5	2,5	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-17,0	3,0	KLEI, zandig, vast	-	-
-20,0	1,0	ZAND, zeer vast gepakt	> 100	nee
-21,0	3,0	ZAND, vast gepakt	80 - 90	nee
-24,0		maximaal verkende diepte		

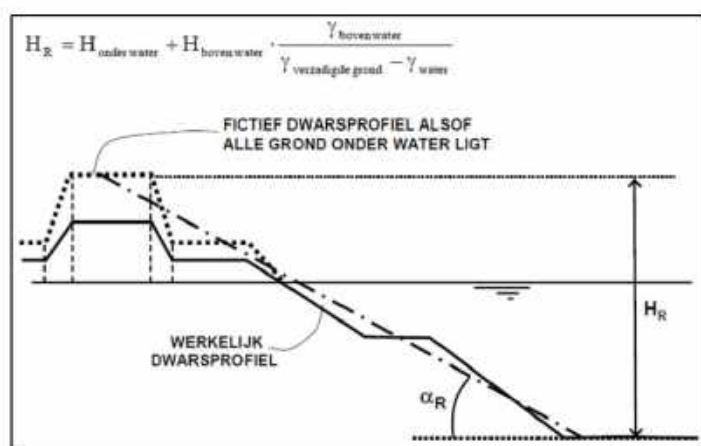


## 6.2.2 Beoordeling verwekingvloeiing

In 3 sonderingen zijn zandlagen aangetroffen met een relatieve dichtheid lager dan 50%. Dit is bij alle drie de sonderingen in de grondlaag tussen ca. NAP -8 en -14 m. De relatieve dichtheid is echter maar over een beperkte hoogte lager dan 50%. Daarom is voor deze lagen de gemiddelde relatieve dichtheid over een laagdikte van 1 m ( $R_{N1}$ ) en over een laagdikte van 3 m ( $R_{N3}$ ) berekend.

Voor deze lagen is beoordeeld of op basis van de taludhelling wordt voldaan aan CUR 113 (zie tabel 6-8).

Hierbij is de rekenputdiepte bepaald volgens figuur 6-1. Voor het gewicht van de grond boven water is uitgegaan van staalslakken ( $\gamma_{onverz} = 23 \text{ kN/m}^3$  en  $\gamma_{verz} = 26 \text{ kN/m}^3$ ). De situatie met de waterstand in de put op NAP 0,0 m is maatgevend met  $H_{onder\ water} = 21,5 \text{ m}$  (van NAP 0,0 m tot NAP -21,5 m) en  $H_{boven\ water} = 15 \text{ m}$  (van NAP +15,0 m tot NAP 0,0 m).



Figuur 6-1: Rekenputdiepte conform CUR113

De rekenhoogte van het talud bedraagt  $H_R = 21,5 + 15 * (23 / (26 - 10)) = 34,6 \text{ m}$ . De taludhelling ( $\cot(\alpha_R)$ ) moet dus groter zijn dan  $7 * (34,6 / 30)^{1/3} = 7,3$

Als hier niet aan wordt voldaan, wordt de getoetst op de voorwaarde dat de relatieve dichtheid over 3m hoger moet zijn dan 50% en de taludhelling ( $\cot(\alpha_R)$ ) groter dan  $4 * (34,6 / 30)^{1/3} = 4,2$ .

Uit de beoordeling blijkt dat de zandlagen met een relatieve dichtheid van minder dan 50% op basis van deze criteria niet verwekingsvloeiingsgevoelig zijn.

Tabel 6-8: Beoordeling verwekingsgevoelige lagen

Sondering	Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	$R_{N1}$ [%]	$R_{N3}$ [%]	Talud 1:x ( $\cot \alpha_R$ )	Verwekings-vloeiing gevoelig
DKMP3	-12,5	2,5	45	60	5	nee
DKMP5	-8,0	1,0	42	72	5	nee
DKMP6	+4,5	1,0	60	70	2,5	nee
DKMP6	-11,0	3,5	46	55	5	nee

## **7. BEOORDELING BRESVLOEIING**

### **7.1 Inleiding**

Het mechanisme bresvloeiing betreft het stromen van een zand langs het talud naar beneden als gevolg van baggeren, met name door een winzuiger. Het zand loopt daarbij langzaam naar beneden en komt uiteindelijk tot rust onder een evenwichtshelling. Om dit zogenaamd beheerst bresproces te garanderen zijn er door de CUR-Aanbeveling 113 voorwaarden opgesteld. Als aan deze voorwaarden wordt voldaan dan is de kans dat een onbeheerst bresproces tijdens de uitvoering van de werkzaamheden minimaal. Deze voorwaarden betreffen:

- De grondgesteldheid;
- De wijze van uitvoering van de zandwinning;
- Controle van de uitvoering en de taludontwikkeling.

In de volgende paragrafen zal worden beschouwd of de voorwaarden aanwezig zijn voor een beheerst bresproces. Vervolgens zal worden ingaan op een geprognosticeerde taludontwikkeling bij beheerst bressen en hoe deze zich verhoudt tot de werkzaamheden.

### **7.2 Grondgesteldheid**

Bepalend voor het bresgedrag is onder andere de grondgesteldheid. De voorwaarden die vanuit de CUR113 aan de grond worden gesteld voor een beheerst bresproces zijn:

- De grond uit niet cohesief bressen materiaal bestaat;
- Er een horizontale laagopbouw van de grond aanwezig is;
- De dikte van de stoorlagen van klei of veen ten hoogste 0,5 m bedraagt.

Nu is er sprake bij het baggeren van het baggerspeciedepot van drie typen grondslagen waar men rekening mee moet houden .

Type 1 is de grondslag nabij de Noord, Oost en Westdam.

Type 2 is het baggerspecie klei zand mengsel dat uit het depot wordt gehaald

Type 3 betreft de zuidelijke dam bestaande uit staalslakken met klei

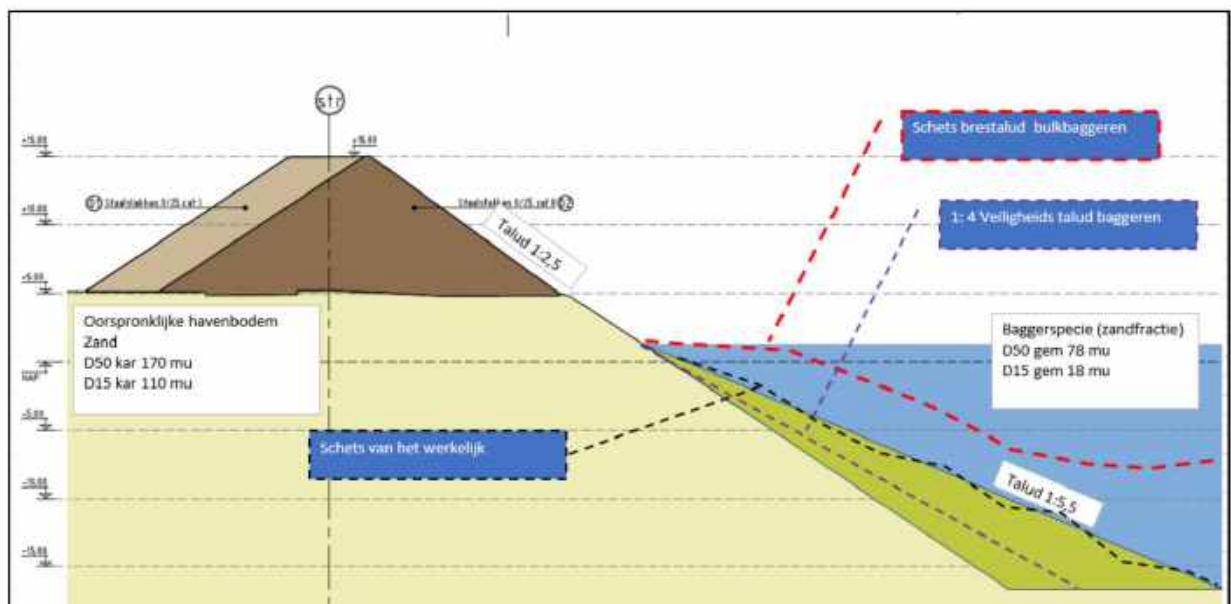
Afhankelijk van de eis die men stelt aan de (milieukundige) kwaliteit waarmee het depot moet worden opgeleverd heeft men tijdens het baggeren met de verschillende grondslagen te maken. Wanneer geëist wordt dat het talud van het depot bij oplevering moet voldoen aan een milieukwaliteitseis industrie dan is de verwachting dat ook een deel van het oorspronkelijke haventalud moet worden gebaggerd. In dat geval heeft men te maken met al de drie de typen grondslagen.

Het gedeeltelijk mee baggeren van de oorspronkelijke haventalud is afhankelijk van de verontreinigde situatie van de oorspronkelijke taluds en de eisen die men stelt aan oplevering. Onbekend is tot hoever de oorspronkelijke taluds moeten worden gebaggerd zodat in de rapport wordt uitgegaan dat het depot tot aan het oorspronkelijke talud (1:5) wordt gebaggerd.

De grondlaag tussen het oorspronkelijke taludhavendam en het theoretische 1:4 talud (het talud waarmee in de stabiliteitsanalyse is gerekend) wordt in dit rapport gezien als een bufferzone ten behoeve van de statische veiligheid tegen afschuiven (figuur 7-1).



Dit betekent dat voor de bresanalyse wordt gekeken naar de taludontwikkeling in baggerspecie (type 2) en zand (type 1).



**Figuur 7-1: Schematisering veiligheids baggertalud (bufferzone)**

In figuur 7-1 is schematisch weergegeven wat bedoeld wordt met een veiligheidstalud. Op basis van ref 10 wordt in dit rapport ervan uit gegaan dat het onderwatertalud van de oorspronkelijke havenbodem een talud heeft flauwer dan 1v :4h. Volgens ref 10 " tekening Aanleg dam met rijweg in Averijhaven, 13400-S-1, Oranjewoud, 22 juli 1989" betreft het een helling van gemiddeld 1v : 5,5 h.

Uit de stabiliteitsberekeningen blijkt dat een taludhelling van 1v : 4h voor het onderste zandtalud (onder NAP -0,5 m) nog voldoet aan de stabiliteitscriteria. Met ander woorden het gebied tussen het oorspronkelijk (1v :5,5h) en het rekenkundige noodzakelijke talud met een helling 1v : 4h wordt in dit rapport gezien als een bufferzone waarin de aannemer enige tolerantie heeft om een 1 : 5 talud zo schoon als mogelijk te baggeren. De definitie zo schoon als mogelijk dient door RWS te worden vastgesteld. Zie ook paragraaf 7.3.4.

Op basis van de voorwaarden die Cur113 stelt aan een beheerst bresgedrag blijkt dat het baggerspecie en klei (type 2 grondslag) niet voldoet aan de genoemde voorwaarden. Type 1 grond (het oorspronkelijke zand onder de dammen) voldoet in principe aan de voorwaarden aangezien er uit de sonderingen blijkt over het traject NAP -0,0 m t/m/ NAP -16,0 m geen stoorlagen zijn aangetroffen.

Om inzicht te krijgen taludontwikkeling tijdens het (hydraulische) baggeren is door Deltares een rekenprogramma HMBreach ontwikkeld waarmee de taludontwikkeling kan worden gesimuleerd. De methode is, conform de CUR-Aanbeveling 113, en gebaseerd op praktijkervaringen voor winnen van middelfijn zand. Let wel het is programma ontwikkeld voor zand. Voor het simuleren van het " bresgedrag" van slib of klei is het model minder geschikt.

### 7.3 Bresanalyse

De parameters die de grootste invloed hebben op de evenwichtshelling van een breslud zijn:

- De gradering van het zand;
- De baggerproductie welke wordt bepaald door de zuigsnelheid (verhaalsnelheid) en de breshoogte.

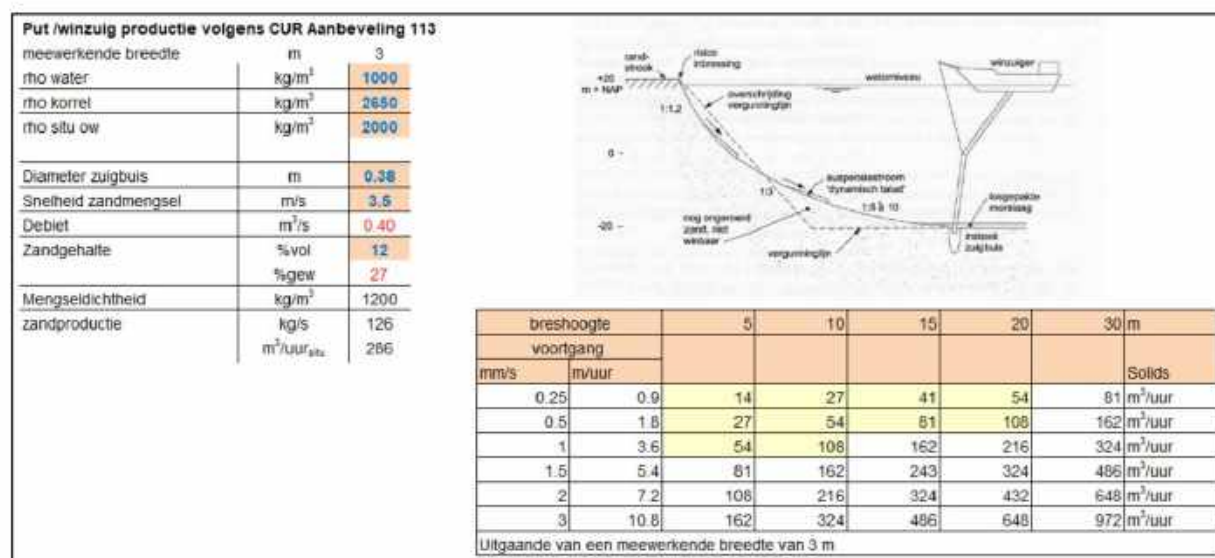
#### 7.3.1 Gradering van de baggerspecie

Echter HMBreach is specifiek ontwikkeld voor zand. Voor het simuleren van het bresgedrag van baggerspecie is het programma minder geschikt. Na consultatie met Deltares kan het programma wel enig inzicht kunnen geven in het bresgedrag van de baggerspecie door uit te gaan dat de baggerspecie voornamelijk uit zeer fijn zand bestaat met een  $d_{50}$  van circa  $78\mu\text{m}$  (bijlage A). In dit rapport wordt voor het simuleren uitgegaan van zeer fijn zand ( $d_{50} \approx 78\mu\text{m}$ ) voor het baggeren van baggerspecie en een  $d_{50} \approx 170\mu\text{m}$  voor fijn zand.

#### 7.3.2 Baggerproductie (verhaalsnelheid)

HMBreach is gebaseerd op de aanname dat bij het baggeren van zand de zuiger lokaal een verstoring in de het zandpakket aanbrengt waardoor het zand onder natuurlijke wijze naar de zuigmond toestroomt (figuur 7-2). Dit natuurlijk proces noemt men ook wel profilerend zuigen waarop de zuiger is afgestemd om te komen tot een gecontroleerd baggerproces.

Uitgaande van een stationaire situatie (zuigbuis op diepte, talud constante vorm) kan theoretisch de talud ontwikkeling worden berekend als functie van de baggerproductie (verhaalsnelheid & breshoogte). Op basis van CUR-Aanbeveling 113 is de theoretische baggerproductie bepaald bij verschillende verhaalsnelheden, (figuur 7-2). Hierbij is voor het baggeren van de baggerspecie aangenomen dat men een mengsel zal baggeren wat dicht in de buurt komt van de insitu natte dichtheid van de baggerspecie. In paragraaf 4.2 is onder andere een gemiddelde insitu dichtheid van de baggerspecie bepaald op  $1250 \text{ kg/m}^3$ . Als nu wordt uitgegaan dat men baggert met een gemiddelde mengseldichtheid van  $1200 \text{ kg/m}^3$  à  $1300 \text{ kg/m}^3$  zal baggeren dan zou men afhankelijk van de zuigdiepte en breshoogte theoretisch een verhaalsnelheid (voorgangsnelheid) van 3,6 tot 5,4 meter per uur kunnen verwachten e.e.a. conform CUR-Aanbeveling 113.



Figuur 7-2: Schematische weergave taludontwikkeling volgens de CUR 113



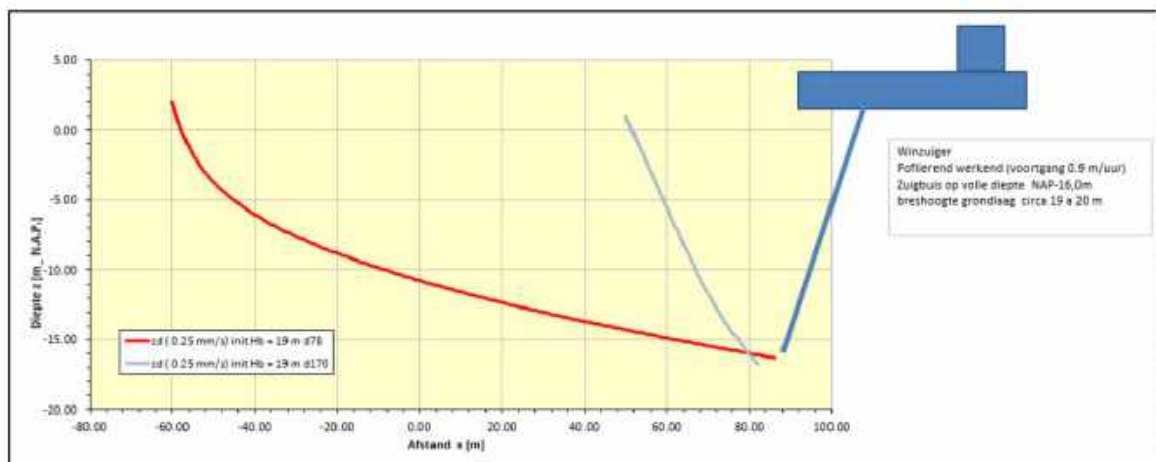
### 7.3.3 Analyse

In dit rapport is HMBreach gebruikt om inzicht te krijgen in de taludontwikkeling van de baggerspecie bij verschillende voortgangssnelheden (baggerproducties).

In figuur 7-3 zijn de resultaten weergegeven van een HMBreach simulatie voor het baggeren van zeer fijn zand (Baggerspecie) en van fijn zand. De zuiger heeft zijn zuigbuis eerst op diepte gebracht (NAP-16,5 m à 19,5 m) waarna men gestart is met het baggeren. Dit wordt ook wel het op volle diepte baggeren van de grond genoemd. De uiteindelijke breshoogte bedraagt circa 20 m (het complete baggerspecie pakket). Te zien is dat bij het baggeren van zeer fijn zand de taludontwikkeling flauwer zal verlopen dan het baggeren van fijn zand gegeven een voortgangssnelheid van 0,9 m/uur. Dit sterk verflauwende talud is een indicatie dat als dit materiaal wordt gebaggerd met een baggerproductie (voortgangssnelheid van 0,9 m/uur) en een breshoogte van 20 m de neiging heeft tot een ongebeheerst bresgedrag. Bij baggerproducties met voortgangssnelheden van 3,6 tot 5,4 meter per uur zal zeker het risico op ongebeheerst bresen toenemen.

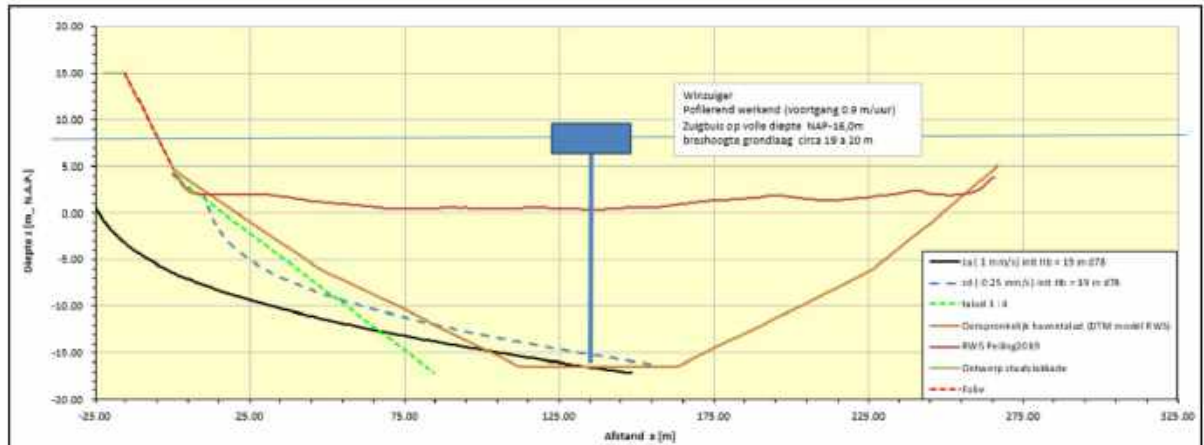
Van het fijn zand daarvan is de taludontwikkeling (blauwe lijn) beduidend steiler bij een gegeven baggerproductie behorende bij een voortgangssnelheid van 0,9 m/uur.

Dit betekent dat dit zand onder de gegeven voortgangssnelheid van 0,9 m/uur minder gevoelig is voor een ongebeheerst bresgedrag. Echter de taludontwikkeling is steil waardoor de kans op een spontane taludafschuiving wel weer toeneemt.



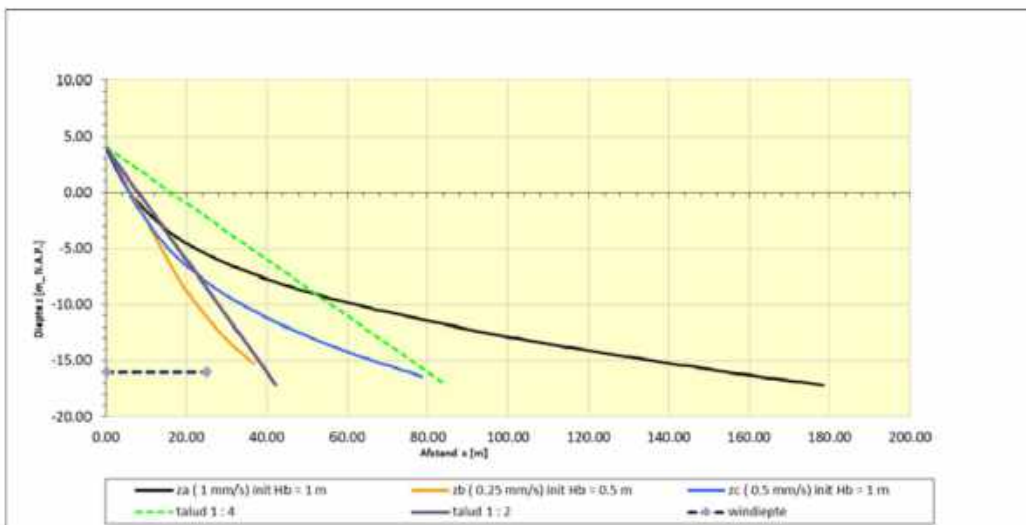
**Figuur 7-3: Profilerend baggeren van baggerspecie en van zand**

In figuur 7-4 is een vergelijkbare simulatie uitgevoerd van het baggeren van baggerspecie op een diepte van NAP -16,00 m. Het resultaat van de gesimuleerde taludontwikkeling is geprojecteerd op het oorspronkelijke baggerprofiel van het depot. Te zien is dat bij het baggeren op volle diepte (maximale breshoogte) de kans van bresvorming van het oorspronkelijke talud toeneemt met als gevolg een toename van de kans op schade aan het de folie en of staalslakkade



**Figuur 7-4: Profilerend baggeren van baggerspecie op volle diepte**

Voor fijn zand zijn een aantal berekeningen met HMBreach gemaakt (figuur 7-5) waaruit ook blijkt dat de verhaalsnelheid (lees baggerproductie) veel invloed heeft op de evenwichtshelling. In de figuur is de verwachte taludontwikkeling te zien van een zuiger profilerende werkend op volle diepte (N.A.P. -16,0 m) met voortgangssnelheden van circa 0,25 mm/sec tot 1 mm/sec. Duidelijk is te zien dat als de voortgangssnelheid wordt verhoogd het talud sterk verflauwt. Dit duidt op een toename van de kans op ongebeheerst bressen bij het baggeren van baggerspecie.



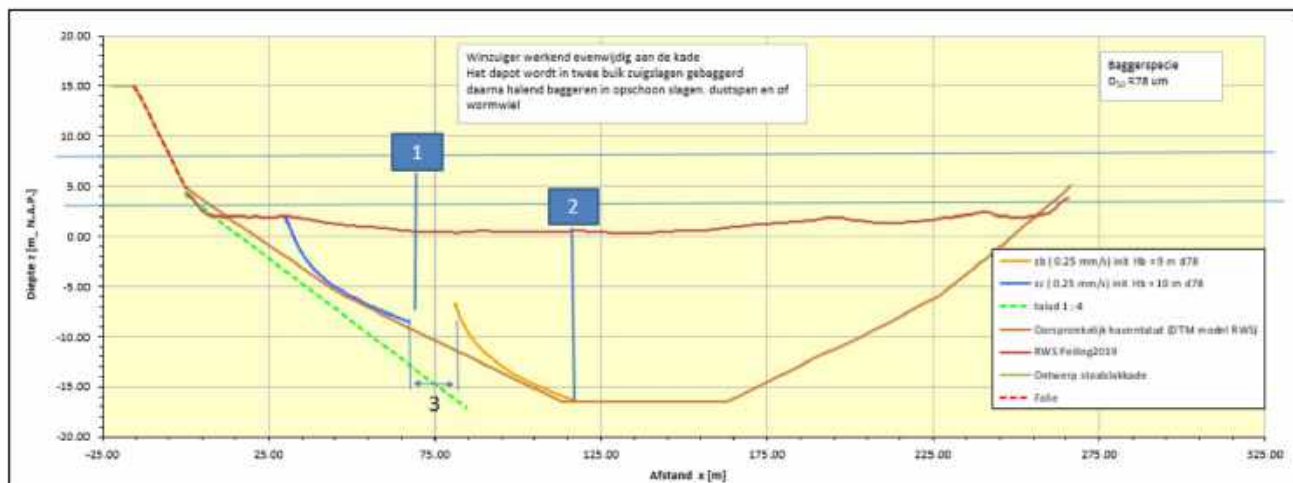
**Figuur 7-5: Profilerend baggeren met verschillende verhaalsnelheden**

Op basis van de HMBreach uitkomsten baggeren op volle diepte en het effect daarvan op de taludontwikkeling van fijn en zeer fijn zand zijn wij van mening dat voor het project Averijhaven het profilerend zuigen op volle diepte risicovol kan zijn gezien taludontwikkeling. De kans is reëel aanwezig dat bij het baggeren in het midden van het depot op een diepte NAP -16,5 m en of dieper schade ontstaat aan de taluds van de staalslakkaden. Geadviseerd wordt om de methode profilerend zuigen op volle diepte laagsgewijs toe te passen onder een strikte monitoring van de taludontwikkeling van de baggerspecie door middel van het uitvoeren van peilingen. Hier dient de uitvoering op te worden afgestemd, bijv. het HMBreach model te fitten aan de resultaten van de peilingen en taludontwikkeling.



De resultaten van de gefitte HMBreach analyse kunnen dan weer worden gebruikt om te beoordelen of het verder (dieper) profilerend baggeren verantwoord kan worden toegepast of dat eerst het gehele depot op een bepaalde diepte moet worden gebaggerd voordat men op de gewenste einddiepte kan gaan baggeren het zogenaamd laagsgewijs baggeren.

In figuur 7-6 is een simulatie uitgevoerd voor het profilerend baggeren van zeer fijn zand (baggerspecie) in lagen van maximaal 10 m. Te zien is dat met een voortgangssnelheid van 0,25 mm/s (0.9 m/uur) men in staat is een 1 op 5 te realiseren. De simulatie laat zien dat de taludontwikkeling van een steil talud (1 : 2) overgaat in een flauw talud (1 : 5). Op basis van de geprognostiseerde taludontwikkeling verdient het laagsgewijs baggeren de voorkeur. Zeker nabij de oorspronkelijke taluds van het baggerdepot. De kans op onbeheerst bressen en dus schade aan het talud met als gevolg een reductie van de stabiliteits (veiligheid)factor wordt daarmee gereduceerd.



**Figuur 7-6: Simulatie Laagsgewijs (bulk) baggeren**

Voor het laagsgewijs baggeren (aanzuigen van het talud) is het van belang dat het brestalud van voorgaande slag (1) niet gaat meewerken met de daaropopvolgende zuigslag (2). De kans is dan reëel dat er een meewerkende bres ontstaat wat alsnog tot een onbeheerst bresgedrag kan leiden. De kans op het ontstaan van een meewerkende bres wordt sterk gereduceerd door :

1. Afstand te houden tot het eerder aangezogen (bres) talud
2. Het afstemmen van de breshoogte (baggersnede) op de steilte van het aangezogen gerealiseerde brestalud

Ad 1

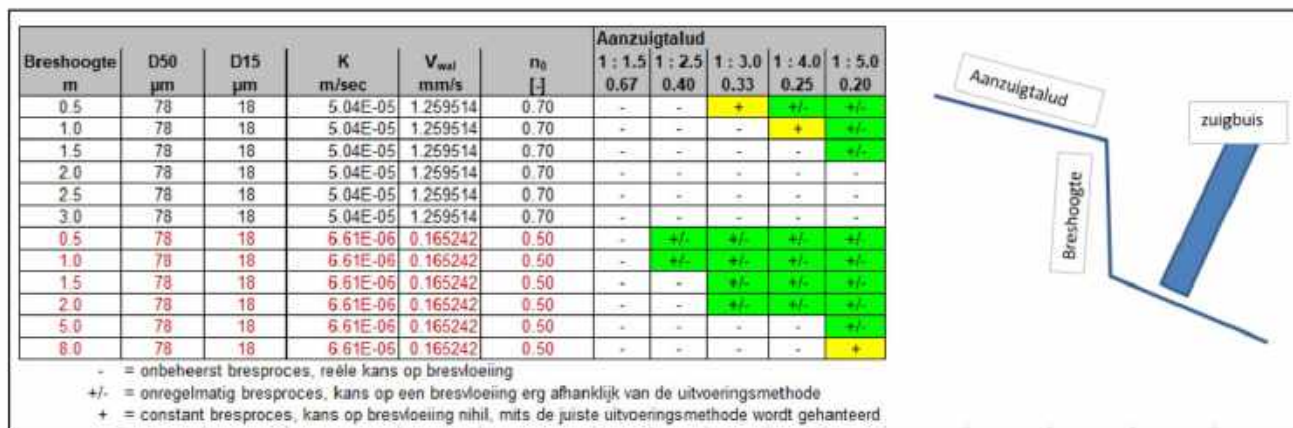
Om een meewerkende bres te voorkomen dient er voldoende afstand te worden gehouden tot het eerder aangezogen (bres) talud. Hiermee wordt bedoeld de afstand (3) tussen de teen brestalud (1) en de insteek van brestalud (2) zoals aangeven in figuur 7-6. De afstandsmaat is in aanvang afhankelijk van de breshoogte van waarmee wordt gebaggerd. Dus als in de nabijheid van de staalslak kaden / dam gebaggerd wordt met een breshoogte van 3 à 5 m dan dient de afstandsmaat in aanvang van het werk op 9 à 15m te worden gezet. Door nu de werkzaamheden te monitoren met peilingen wordt inzicht verkregen in het daadwerkelijk optredende bresgedrag. Zodat op basis van de peilresultaten in combinatie met de baggercondities de afstandsmaat wordt bijgesteld.

Ad 2

Voor het optreden van een meewerkende bres en dus een toename van de kans op een bresvloeiing speelt de steilte van het gerealiseerde brestalud van de voorgaande slag en de breshoogte van de huidige baggerslag een belangrijke rol. Om inzicht te krijgen in de toename van de kans op een bresvloeiing ten gevolge van een meewerkende bres is in dit rapport gebruik gemaakt van de kennis ontwikkelt door Deltares bij het bestuderen van bresvloeiingen in zand.

In figuur 7-7 is op basis van het Artikel " Bresvloeiing in zand ; Geotechniek Juli 2009 " een schatting gemaakt van de toelaatbare breshoogte zonder dat de kans op een bresvloeiing toeneemt.

Als nu wordt uitgegaan dat de baggerspecie bij het bulk baggeren (profiilerend zuigen in het midden van het depot al dan niet laagsgewijs) een gemiddelde brestaludhelling op het oorspronkelijk talud achterlaat van circa 1:4 à 1:5 dan zou voor het laagsgewijs baggeren (mechanisch & hydraulisch) van de taluds een breshoogte van maximaal 1,0 m à 2,0 m toelaatbaar zijn. Hierbij is als uitgangspunt genomen dat het poriëngehalte ( $n_0$ ) van de baggerspecie varieert tussen 0.5 en 0.7.



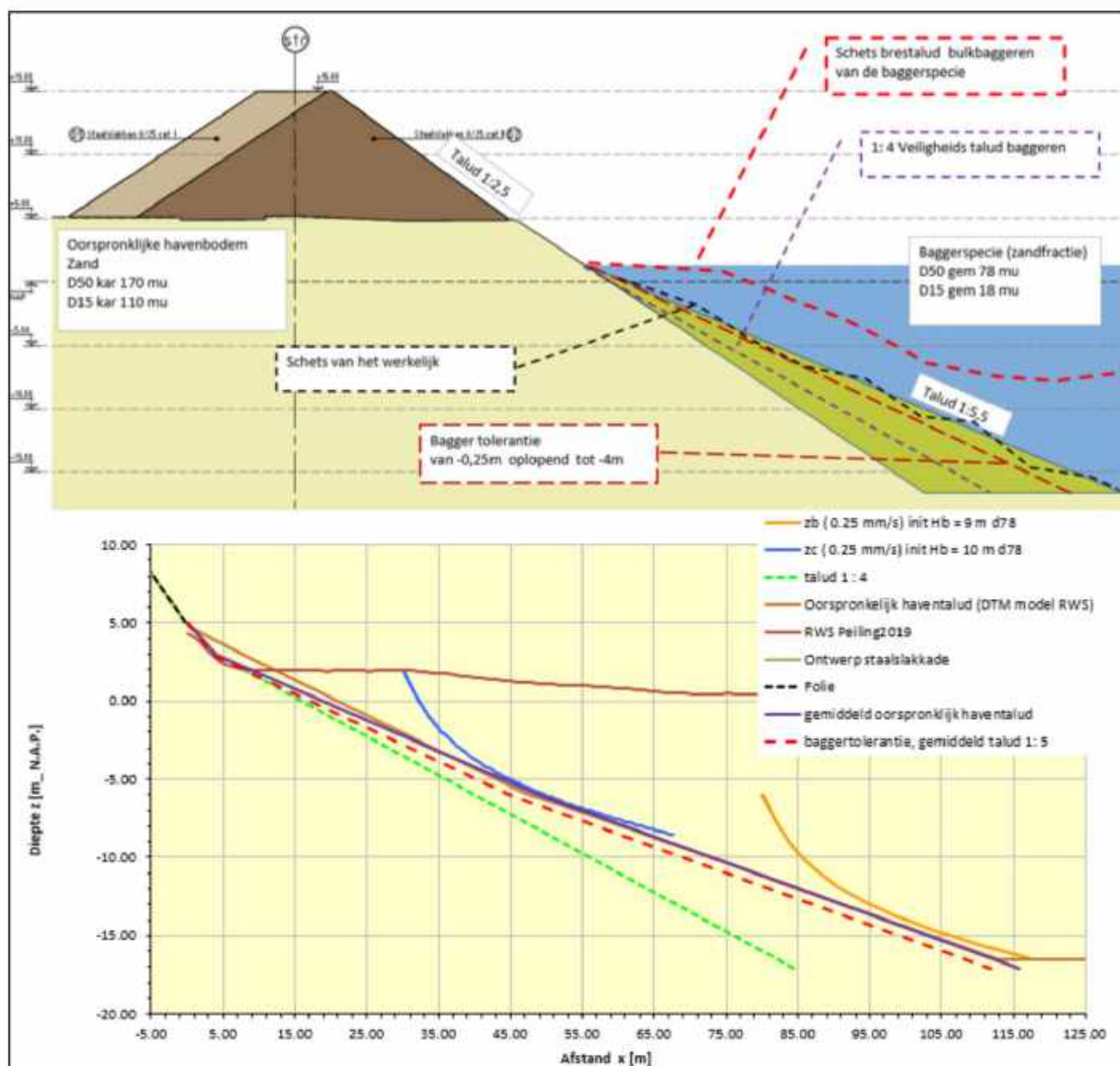
Figuur 7-7: Simulatie Laagsgewijs talud baggeren

#### 7.3.4 Aandachtspunten:

1. De toegepaste rekenmethodiek voor het beoordelen van het bresgedrag van de baggerspecie wordt vooral gebruikt om een inschatting te maken van het bresgedrag bij het baggeren van zand. Voor het baggeren van baggerspecie zijn de resultaten indicatief. Gezien de ervaring bij het baggeren van havenslib ligt het in de lijn der verwachting dat de taludontwikkeling bij laagdikten van 2,0 m à 5,0 m een taludontwikkeling van circa 1:4 à 1:5 zal opleveren. Voor het baggeren van baggerspecie wordt een vergelijkbare taludontwikkeling verwacht.
2. In paragraaf 3.7 is aangegeven dat met het verlagen van het waterpeil in het depot een kans aanwezig is dat er een kwelsituatie ontstaat ter plaatse van de noord, oostelijke een westelijke oorspronkelijke haventalud ringdijk. Zolang het stijghoogteverschil niet te groot is, geeft de CUR113 aan dat het weinig tot geen invloed heeft op toename van de kans op een verwekingsvloeiing. Voor het bresproces kan kwel een positieve bijdrage leveren. Met andere woorden kwel draagt bij aan de toename van de kans op onbeheerst bressen. Dit effect is in de hiervoor beschreven bresanalyse niet meegenomen. Geadviseerd wordt om bij het baggeren van baggerspecie op de oorspronkelijke haventaluds hier rekening mee te houden en het peil van het oppervlakte water in het depot en de grondwaterstand te monitoren.



3. Om de kans op schade als gevolg van een instabiel onderwatertalud te voorkomen is het van belang dat bij het baggeren van baggerspecie op de taluds de definitieve (opgeleverde) onderwatertalud vergelijkbaar is aan het oorspronkelijke haventalud. Dit betekent dat er eisen moeten worden gesteld aan de baggernauwkeurigheid. De in dit rapport beschouwde baggermethode op de taluds (winzuiger en /of knijperbak) gaat ervan uit dat het materieel is uitgerust met positionerings- een diepte registratiesysteem en de benodigde productie monitoringssystemen zodat men in staat is om een baggertolerantie te realiseren van 0,25 m à 4 m [20]. Het definitieve oplevertalud zal dus afwijken van het oorspronkelijke haventalud. Voorgesteld wordt om een baggertolerantie toe te passen van -0.25m ter plaatse van NAP 0m (onderkant folie) tot -4 m op NAP -16,5 m waarbinnen het definitieve opgeleverde talud tenminste valt (figuur 7-8). Dit valt binnen de bufferzone. Nu is de baggertolerantie mede afhankelijk van de milieutechnische eisen die men stelt aan de oorspronkelijke bodem. Ten tijde van het schrijven van dit rapport is nog niet bekend hoeveel meter zand van het oorspronkelijke haventalud moet worden verwijderd om te voldoen aan de gestelde milieu eis. Daarom moet in dit rapport de genoemde baggertolerantie als indicatief worden beschouwd en dient in de ontwerpfase van het project nader te worden bepaald.
4. Afhankelijk van de milieutechnische eisen zal het oorspronkelijk haventalud schoon moeten worden opgeleverd om te voldoen aan de definitie die RWS stelt aan de term schoon. Dit kan in de praktijk betekenen dat baggerspeciemors afkomstig van het bulkbaggeren en het laagsgewijs taludbaggeren met een opschoonslag alsnog van het oorspronkelijke talud moet worden verwijderd. Hiervoor zal een Dustpan zuiger (soort profielzuiger met een brede zuigmond) of een wormwielzuiger het geëigende materieel daarvoor zijn. In dit rapport is geen baggeranalyse voor dit soort materieel uitgevoerd aangezien verwacht wordt dat de wijze van baggeren gepaard met kleine breshoogten (kleiner dan 1m ), grote mate van baggernauwkeurigheid en met lage baggerproducties. Dit betekent dat de kans op onbeheerst bressen onzes inziens als nihil kan worden beschouwd



Figuur 7-8: Schets voorbeeld baggertolerantie talud



Concluderend:

Op basis van de uitgevoerde HMBreach analyse mag worden verwacht dat in het depot aanwezige baggerspecie en het oorspronkelijke haventalud in essentie gevoelig is voor bressen. De HMBreach simulaties geven aan dat de baggerspecie een sterke verflauwing van de taludontwikkeling laat zien wat een indicatie is op een verhoogde kans op onbeheerst bressen. Om het risico van onbeheerst bressen te reduceren wordt geadviseerd om:

- profilerend baggeren in het midden van het depot in eerste instantie laagsgewijs uit te voeren door niet gelijk op volle diepte (NAP -16,5 m) de baggerspecie te baggeren maar eerst te starten halverwege de depotdiepte (NAP -8,0 m). Het baggerproces wordt gemonitord door het nemen van peilingen. In tweede instantie wordt op basis van de resultaten van peilingen inclusief het monitoren van baggerparameters (voortgangssnelheid, mengselconcentratie, diepteniveau zuigkop) de resultaten van HMBreach analyse aangepast zodat kan worden beoordeeld of het verder (dieper) profilerend baggeren verantwoord kan worden uitgevoerd.
- Op de taluds van de kaden en de zuidelijke staalslakdam wordt geadviseerd om de baggerspecie Laagsgewijs te baggeren in lagen van met een maximale dikte van 2,0 m met de bijbehorende afstandsmaat van 6,0 m. Ook hier wordt geadviseerd om het baggerproces te monitoren en aan de hand van de monitoringsresultaten de breshoogte en afstandsmaat aan te passen aan de werkelijk optredende bressituatie.

Geadviseerd wordt om de onderstaande uitvoeringsaspecten mee te nemen zoals:

- De grond wordt laagsgewijs van boven naar beneden gebaggerd waarbij het baggervaartuig parallel de ringdijk volgt;
- Het baggerproces inclusief de taludhellingen worden continu gemonitord door het registreren van :
  - positie zuigbuis & sleepkop en/of knijperbak;
  - bagger concentraties;
  - verhaalsnelheden;
  - regelmatig peilen taludopbouw;
  - het aanbrengen van bresindicatoren en of hellingbuizen.
  - het monitoren van de (grond)waterstand en de waterstand in het depot.
- Er dient een constante zuigdiepte en verhaalsnelheid afgestemd op het bresproces te worden gehandhaafd;
- Er dient van te voren een werkplan (snedeplan) voor de uitvoering te worden vastgesteld.

## **8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN**

### **8.1 Terrein en bodemonderzoek**

Uit analyse van beschikbare grond data en de resultaten van het aanvullend grondonderzoek blijkt het dat voor de zuidelijke dam geen bovenloop van kleischerm is aangetroffen. Er is geen kleischerm tussen aangetroffen tussen NAP+1,0 m en NAP -5,0 m. Verder is uit het beschikbare informatie naar voren gekomen dat:

- de laagdikte van het kleischerm is circa 2,0 a 3,0 m dik en bestaat en uit klei sterk staalslak houdend;
- De binnenteen bestaat uit een mengsel van staalslakken, harde (vastgekitte) staalslakken 0/40mm, fijnere staalslakken 0/25mm en klei;
- het talud ter plaatse van de aansluiting verloopt iets flauwer dan dat het ontwerp van de zuidelijk dam doet vermoeden.

### **8.2 Conclusies baggerbaarheid**

Uit analyse van Atterbergse grenzen wordt opgemaakt dat er sprake van baggerspecie met een watergehalte ruim boven de vloeigrens tot baggerspecie in het onderste deel van het depot waar het watergehalte van het baggerspecie net onder de vloeigrens komt. De plasticiteitskaart van Casagrande laat zien dat er sprake is van baggerspecie in het depot met hoge mate van samendrukbaarheid. Voor de baggerbaarheid betekent dit dat afhankelijk vereiste milieukwaliteit het baggerspecie zowel door een snijkopzuiger, winzuiger als door hydraulische graver eventueel uitgerust met een grondpersinstallatie kan worden gebaggerd.

Opgemerkt wordt dat het merendeel van de gegevens is verkregen van de bovenste (boven NAP -8 à -10 m) meters van de sliblagen in het depot. Op basis van de resultaten van het veld- en laboratoriumonderzoek is vastgesteld dat er sprake is van een grote variatie in samenstelling (zandgehalte) en consolidatiegraad. Verwacht mag worden dat ook in de diepere lagen sprake is van een dergelijke spreiding. Het is ook mogelijk dat dergelijke variaties weerspiegeld kunnen worden in de baggerbaarheid van het materiaal en daarmee samenhangend, het in te zetten materieel.

### **8.3 Conclusies macrostabiliteit**

Op basis van de uitgevoerde stabiliteitsberekeningen wordt geconcludeerd dat de stabiliteit van de dammen gedurende de uitvoering van de baggerwerkzaamheden voldoen aan de stabiliteitseis. Hierbij is rekening gehouden met een verlaging van de waterstand in het depot tot minimaal NAP +0,0 m en in combinatie met een maatgevende hoogwaterstand aan de buitenzijde van het depot.

Voor de zuidelijk dam geldt dat het onderwatertalud niet steiler dan 1v : 2h mag worden verwijderd, om te voorkomen dat de samenhang van het staalslakkentalud verloren gaat door te grote beschadigingen.

Voor de westelijke, oostelijke en noordelijke ringdijk geldt dat het onderwatertalud met een helling van 1v : 4h nog voldoet aan de stabiliteitscriteria. Het gebied tussen het oorspronkelijke haventaluds (1v : 5,5h) en het rekenkundige noodzakelijke talud met een helling 1v : 4h wordt gezien als een bufferzone waarin de aannemer enige tolerantie heeft om het oorspronkelijke 1v : 5h haventalud zo schoon als mogelijk te baggeren. In hoeverre het oorspronkelijke haventalud milieutechnisch schoon moet worden gebaggerd dient nog te worden vastgesteld.



#### **8.4 Conclusies zettingsvloeiing**

Op basis van de beoordeling van de relatieve dichtheid van het zand wordt geconcludeerd dat het materiaal niet verwekingsgevoelig is. In werkelijkheid blijkt het oorspronkelijke haventalud een taludhelling te hebben van circa 1:5,5 zodat het risico op een verwekingvloeiing van het oorspronkelijke haven talud als zeer klein wordt geschat. Geadviseerd wordt om het havendepot onder het oorspronkelijke talud profiel van 1:5 schoon te baggeren. Enige tolerantie afhankelijk van de gestelde milieueisen kan in de bufferzone worden opgevangen, mits het uiteindelijke baggerprofiel het oorspronkelijke haventalud benadert.

#### **8.5 Conclusies bresanalyse**

Op basis van de uitgevoerde HMBreach analyse mag worden verwacht dat de in het depot aanwezige baggerspecie en het oorspronkelijke haventalud in essentie gevoelig is voor bressen. De HMBreach simulaties geven aan dat de baggerspecie een sterke verflauwing van de taludontwikkeling laat zien wat een indicatie is op een verhoogde kans op onbeheerst bressen.

Om het risico van onbeheerst bressen te reduceren wordt geadviseerd om

- profilerend baggeren in het midden van het depot in eerste instantie laagsgewijs uit te voeren door niet gelijk op volle diepte (NAP -16,5 m) de baggerspecie te baggeren maar eerst te starten halverwege de depotdiepte (NAP -8,0 m). Het baggerproces wordt gemonitord door het nemen van peilingen. In tweede instantie wordt op basis van de resultaten van peilingen inclusief het monitoren van baggerparameters (voortgangssnelheid, mengselconcentratie, diepteniveau zuigkop) de resultaten van HMBreach analyse aangepast zodat kan worden beoordeeld of het verder (dieper) profilerend baggeren verantwoord kan worden uitgevoerd.
- Op de taluds van de kaden en de zuidelijke staalslakdam wordt geadviseerd om de baggerspecie laagsgewijs te baggeren in lagen van met een maximale dikte van 2,0 m met de bijbehorende afstandsmaat van 6,0 m. Ook hier wordt geadviseerd om het baggerproces te monitoren en aan de hand van de monitoringsresultaten de breshoogte en afstandsmaat aan te passen aan de werkelijk optredende bressituatie.
- De onderstaande uitvoeringsaspecten mee te nemen zoals:
  - De grond wordt laagsgewijs van boven naar beneden gebaggerd waarbij het baggervaarttuig parallel het ontwerp talud volgt;
  - Het baggerproces inclusief de taludhellingen worden continu gemonitord door het registeren van :
    - positie zuigbuis & sleepkop en of knijperbak,
    - bagger concentraties,
    - verhaalsnelheden;
    - regelmatig peilen taludopbouw;
    - het aanbrengen van bresindicatoren en of hellingbuizen;
    - het monitoren van de (grond)waterstand en de waterstanden in het depot.
  - Er dient te worden gebaggerd met een regelmatige verhaalsnelheid afgestemd op het natuurlijk bresgedrag van de baggerspecie om zo onbeheerst bressen te voorkomen;
  - Er dient van te voren een werkplan (snedeplan) voor de uitvoering te worden vastgesteld.

**9. AANBEVELINGEN:**

De in dit advies benoemde maximale taludhellingen bij het uitvoeren van de baggerwerkzaamheden betreffen gemiddelde waarden. Het is echter onwenselijk om lokaal grote afwijkingen (lees een onregelmatig taludhelling met lokaal en steile taluds van 1 :2 ) in de taludhellingen aan te brengen. De voorgeschreven taludhellingen dienen daarom als een ondergrens te worden beschouwd, waaronder geen ontgroning mag plaats vinden. Het verdient aanbeveling om regelmatig peilingen uit te voeren om de gebaggerde (bres)taludhellingen te controleren of deze voldoen aan de gestelde uitvoeringsrandvoorwaarden zoals ontwerp en of de verwachte brestaludhelling.

Met betrekking tot het ontgravingsniveau geldt een vergelijkbaar advies. In de berekeningen is uitgegaan van een bodemniveau van NAP -16,5 m. Onder dit niveau bevindt zich een klei- en veenlaag. Gezien de geohydrologische situatie, is het onwenselijk dat deze laag verwijderd wordt. Bovendien zijn de stabiliteitsanalyses en de beschouwing op zettingsvloeiing uitgevoerd met een bodemniveau van NAP -16,5 m als uitgangspunt. Op het maximale ontgravingsniveau zit derhalve geen uitvoeringstolerantie. Indien er dieper moet worden gebaggerd dan NAP -16,5 m betreft het een wijziging van de uitgangspunten en dient de nieuwe situatie opnieuw te worden beschouwd.

Ondanks dat de keuze van de schematiseringen, uitgangspunten en de berekeningen met de grootste zorgvuldigheid zijn uitgevoerd, kunnen er in de praktijk altijd onvoorzien omstandigheden optreden (anomalieën, uitvoeringsomstandigheden, etc.) waardoor een ongewenste gebeurtenis (zoals een instabiliteit) plaats kan vinden. Geadviseerd wordt daarom om zowel de boven- als onderwater gelegen taluds regelmatig te controleren op onregelmatigheden en of te voorzien van hellingbuizen en of bresbakens. Bij ongewone waarnemingen (scheurvorming in een dam, vervormingen van een talud) dienen de werkzaamheden gestaakt te worden en moet een geotechnisch specialist worden ingeschakeld.

Om meer grip te hebben op het bresproces en het bressen vooraf beter te voorspellen wordt sterk aanbevolen om de taludontwikkeling van de baggerspecie door middel van het uitvoeren van peilingen te monitoren en op basis van de resultaten van de peilingen het HMBreach model te fitten op de werkelijk situatie. Met het gefitte HMBreach model kan dan vervolgens het bresproces beter worden geprognostiseerd om zo het risico op onbeheerst bressen te reduceren.



## 10. REFERENTIES

1. [BALDI 1986] Baldi et al., Interpretation of CPT's an CPTU's, Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar Field Instrumentation and In-Situ Measurement, 143-156, Singapore, 1986
2. [CUR 113] CUR-aanbeveling 113, Oeverstabiliteit bij zandwinputten, CUR, Gouda, 2008
3. [CUR 152] CUR rapport 152, Kunstmatig in water opgebouwde zandlichamen, CUR, Gouda, 1991
4. [CUR 2003-7] CUR-rapport 2003-7, Bepaling geotechnische parameters, Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), Gouda, oktober 2003
5. [HTVZ 2012] Handreiking Toetsen Voorland Zettingsvloeiing t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, 2012
6. [JAM 2003] M. Jamiolkowski et al., Evaluation of Relative Density and Shear Strength of Sands from CPT and DMT, Soil Behavior and Soft Ground Construction: Geotechnical Special Publication No. 119: 201-238, American Society of Civil Engineers, 2001
7. [LUN 1997] Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice, Lunne et al., Blackie Academic & Professional, 1997
8. [NEN 5140] NEN 5140, Geotechniek – Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand van de grond – Elektrische sondeermethode, september 1996
9. [NEN 5119] NEN 5119: 1991 nl – Geotechniek – Boren en monsterneming in de grond, december 1991
10. [NEN 5120] NEN 5120: 1991 nl – Geotechniek – Bepaling van stijghoogten van grondwater door middel van peilbuizen, december 1991
11. [NEN 6740] Geotechniek – TGB 1990 – Basiseisen en belastingen, september 2006
12. [NEN 8700] Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen, NEN 8700, NEN, 2011
13. [NEN 9997-1] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels, NEN 9997-1, NEN, 2016
14. [RAH 1986] M.S. Rahman et al., A simplified drained analysis for wave-induced liquefaction in ocean floor sands, Soils and Foundations Vol. 26 No. 3: 57-68, September 1986
15. [ROB 2010] P.K. Robertson, Evaluation of Flow Liquefaction and Liquefied Strength Using the Cone Penetration Test, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, june 2010
16. [YOUNG 2001] T.L. Youd et al., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, October 2001
17. [ZHA 2002] Estimating liquefaction-induced ground settlement from CPT for level ground, G. Zhang et al., Canadian Geotechnical Journal 39: 1168-1180, 2002
18. [GEOTECHNIEK] juli 2009 " Bresvloeiing in zand",
19. [VOUW] Voortgezette Opleiding Uitvoering Waterbouwwerken Deel 1 Grondmechanica, 2010
20. CEDA/IADC publicatie Dredging for sustainable infrastructure

## **BIJLAGEN**

- A. VELD- EN LABORATORIUMONDERZOEK**
- B. RESULTATEN STABILITEITBEREKENINGEN**
- C. RELATIEVE DICHTHEID SONDERINGEN**
- D. INTERPRETATIE BORINGEN**
- E. INTERPRETATIE BINNENTEEEN ZUIDELIJKE DAM**
- F. DWARSPROFIELEN BAGGERSPECIEDEPOT**



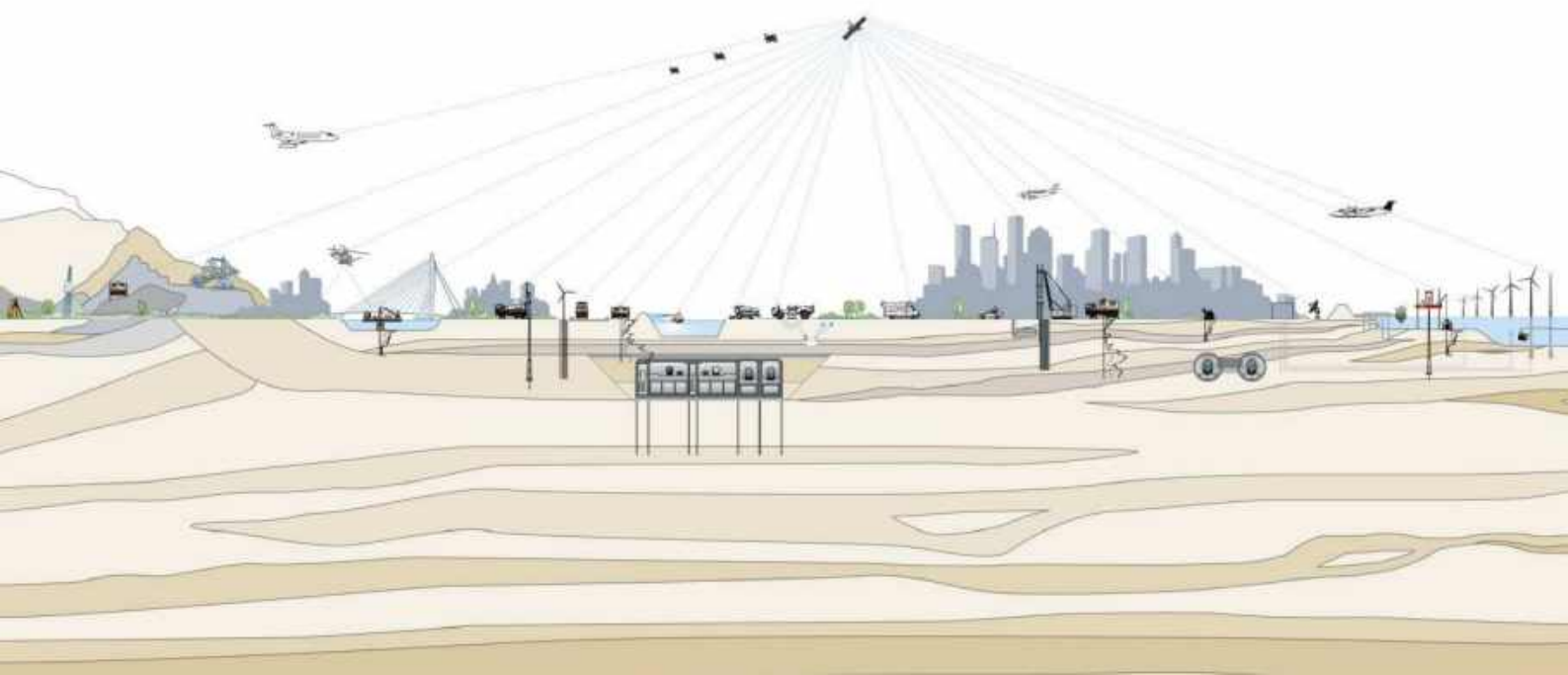
**A. VELD- EN LABORATORIUMONDERZOEK**

**Geotechnisch onderzoek**  
**Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot**

Document Nr.: 1218-0096-000

Versie: 1.0

Datum: 29 april 2019





Opdrachtgever    Rijkswaterstaat  
                         PPO  
                         Postbus 3119  
                         2001 DC Haarlem

Opdrachtnemer    Fugro NL Land B.V.  
                         Edisonlaan 31B  
                         6003 DB Weert  
                         T 049 55 13560

Projectleider      ing. XXXXXXXXXX

**Versiebeheer**

1.0	Initiële versie	PJG	AT	ECT	29-04-2019
<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:** Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot  
**Projectnummer:** 1218-0096-000

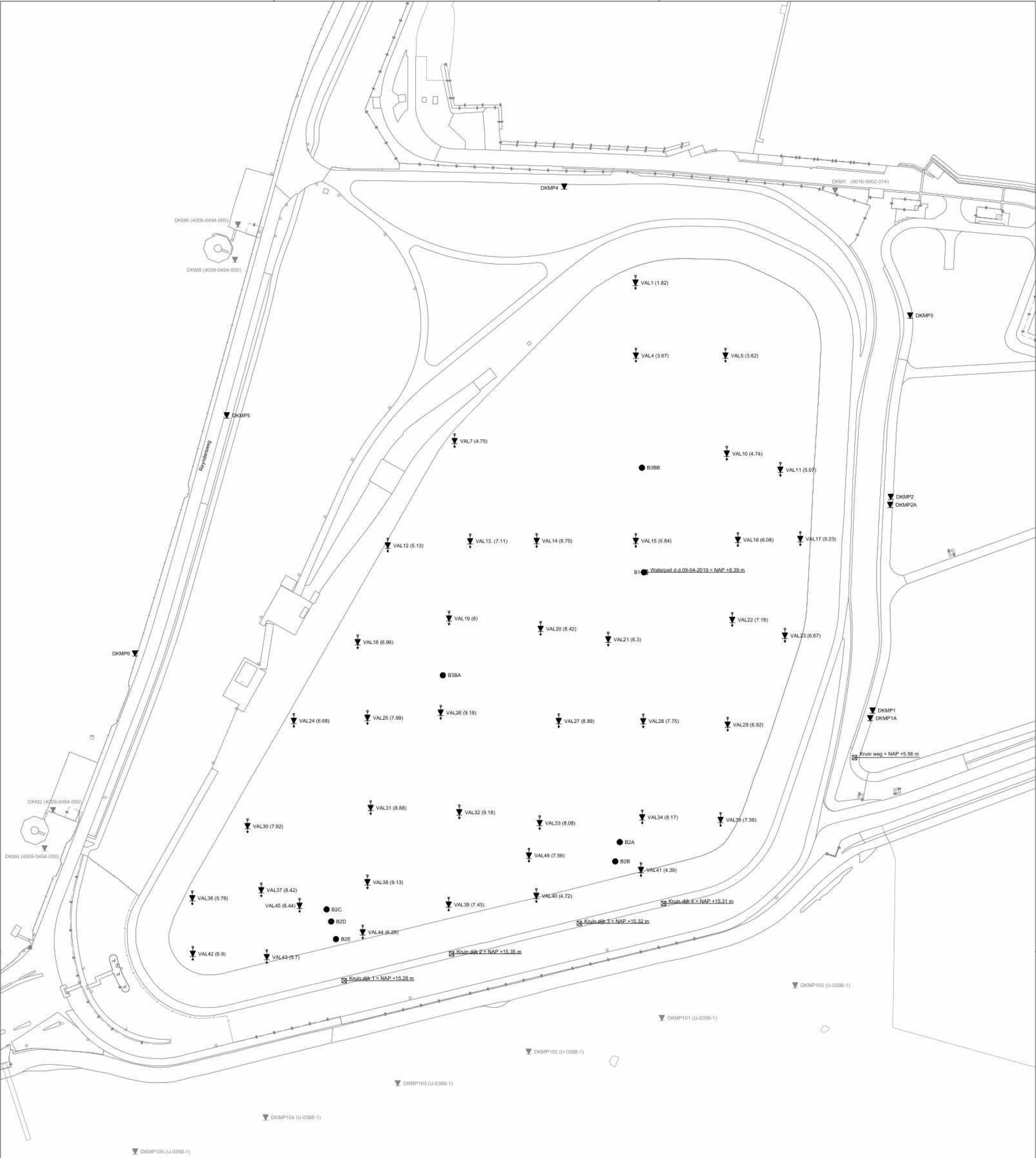
Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v. NAP	Waterstand (m) t.o.v. NAP	Water- bodem (m) t.o.v. NAP	Opmerking
	X	Y				
VAL1	100008.4	498640.8		+8.20	+7.30	
VAL4	100008.6	498601.1		+8.22	+5.79	
VAL5	100057.4	498601.1		+8.22	+5.80	
VAL6	100104.0	498602.2		+8.19		Vervallen
VAL7	99909.9	498554.5		+8.22	+4.29	
VAL10	100058.1	498547.7		+8.21	+4.16	
VAL11	100087.3	498538.9		+8.18	+4.24	
VAL12	99873.4	498497.6		+8.19	+3.97	
VAL13	99918.3	498499.9		+8.21	+2.24	
VAL14	99954.5	498500.1		+8.20	+2.41	
VAL15	100008.6	498500.1		+8.20	+2.88	
VAL16	100064.2	498500.7		+8.20	+3.23	
VAL17	100098.2	498501.2		+8.22	+4.02	
VAL18	99857.0	498444.9		+8.22	+2.42	
VAL19	99906.8	498457.9		+8.19	+1.49	
VAL20	99956.7	498452.2		+8.18	+0.80	
VAL21	99993.5	498446.4		+8.19	+2.14	
VAL22	100061.1	498457.1		+8.21	+2.31	
VAL23	100089.8	498448.5		+8.17	+2.59	
VAL24	99822.2	498402.1		+8.19	+2.49	
VAL25	99862.3	498403.7		+8.21	+1.46	
VAL26	99902.3	498406.5		+8.19	+0.43	
VAL27	99966.6	498401.9		+8.20	+0.50	
VAL28	100012.6	498401.9		+8.18	+1.60	
VAL29	100058.6	498400.0		+8.21	+2.21	
VAL30	99797.0	498344.7		+8.22	+1.37	
VAL31	99864.1	498354.6		+8.20	+0.50	
VAL32	99912.4	498352.2		+8.20	+0.30	
VAL33	99956.2	498346.4		+8.20	+2.35	
VAL34	100012.1	498349.5		+8.21	+1.26	
VAL35	100054.8	498348.1		+8.24	+1.89	
VAL36	99766.9	498305.4		+8.18	+3.08	
VAL37	99804.5	498309.8		+8.21	+0.91	
VAL38	99862.4	498314.1		+8.19	+0.44	
VAL39	99906.6	498302.0		+8.21	+1.71	
VAL40	99954.4	498306.7		+8.22	+3.82	
VAL41	100011.4	498320.8		+8.22	+4.14	
VAL42	99767.2	498275.2		+8.19	+2.09	
VAL43	99807.5	498273.4		+8.18	+3.13	
VAL44	99859.8	498286.8		+8.19	+2.69	
VAL45	99825.4	498301.3		+8.15	+0.85	
VAL46	99950.3	498328.6		+8.16	+1.51	

## RAPPORTAGE OVERZICHT

**Projectomschrijving:** Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot  
**Projectnummer:** 1218-0096-000

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v. NAP	Waterstand (m) t.o.v. NAP	Water- bodem (m) t.o.v. NAP	Opmerking
	X	Y				
DKMP1	100137.6	498407.7	+5.52			Gestaakt, obstakel(s)
DKMP1A	100136.2	498403.6	+5.51			Gestaakt, max. totaaldruk
DKMP2	100147.5	498524.1	+5.55			Gestaakt, obstakel(s)
DKMP2A	100147.2	498519.7	+5.57			Gestaakt, obstakel(s)
DKMP3	100158.0	498622.9	+5.49			
DKMP4	99969.6	498693.2	+5.26			
DKMP5	99785.7	498568.5	+5.85			
DKMP6	99735.7	498438.8	+5.85			
B1	100013.0	498482.8			+3.36	Gestaakt i.v.m. gasbel
B2A	99999.8	498335.8			+1.11	
B2B	99997.4	498325.3			+1.72	Gestaakt i.v.m. zeer harde staalslakken
B2C	99840.1	498299.2			+0.41	
B2D	99842.6	498292.6			+0.80	Gestaakt i.v.m. zeer harde staalslakken
B2E	99845.2	498283.0			+1.47	Gestaakt i.v.m. zeer harde staalslakken
B3BA	99903.4	498426.7			+0.60	
B3BB	100011.9	498539.8			+5.28	
Kruin dijk 1	99849.7	498260.3	+15.28			
Kruin dijk 2	99908.2	498275.0	+15.35			
Kruin dijk 3	99977.8	498291.6	+15.32			
Kruin dijk 4	100023.7	498302.4	+15.31			
Waterpeil d.d.09-04-2011	100013.8	498482.9	+8.39			

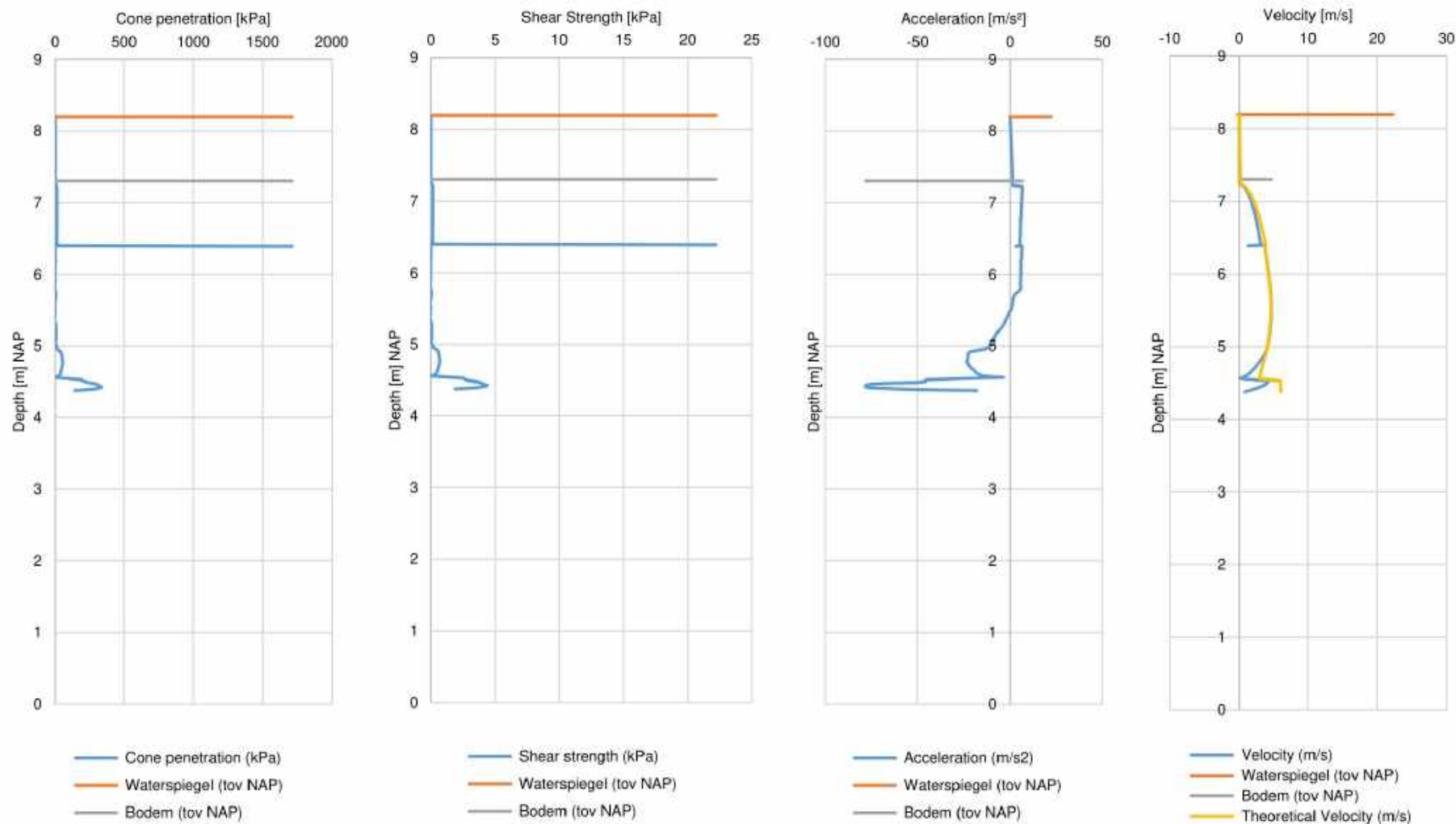




<b>Fugro</b> Kantoor Weert Edisonlaan 31B 6003 DB Weert			Tel: 0495 - 513 560 Fax: 0495 - 513 561 www.fugro.nl				Revisie			
SITUATIE									Schaal 1: 1000	
GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT									Formaat A1 841x594	
Getekend LMU		Datum 29-04-2019		Status DEFINITIEF		Projectnummer 1218-0096-000		Bijlage 1		

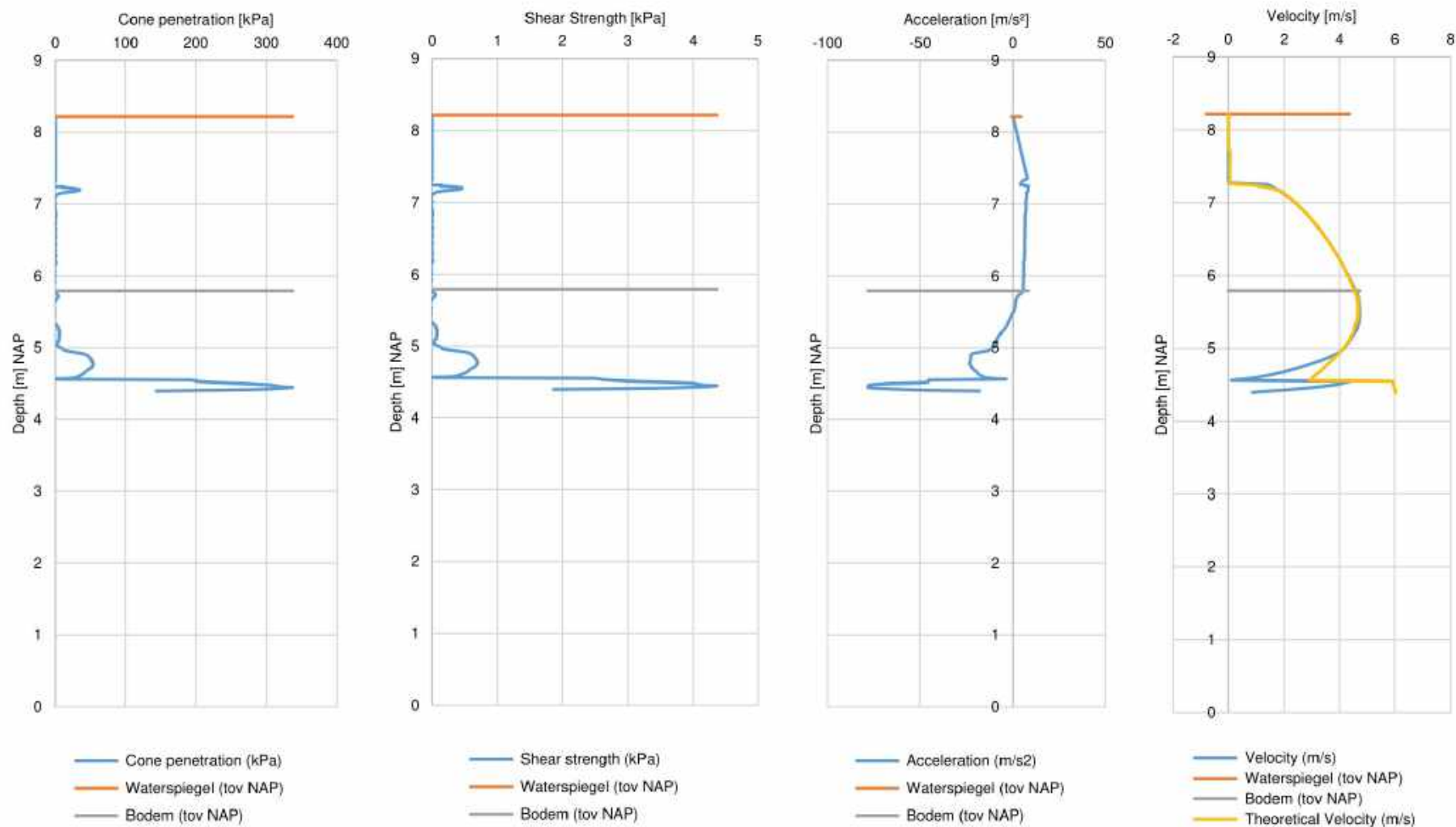


1218-0096-000  
VAL1



Waterspiegel (tov NAP) 8.2  
Bodem (tov NAP) 7.3  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100008.4 [m]  
y 498640.8 [m]

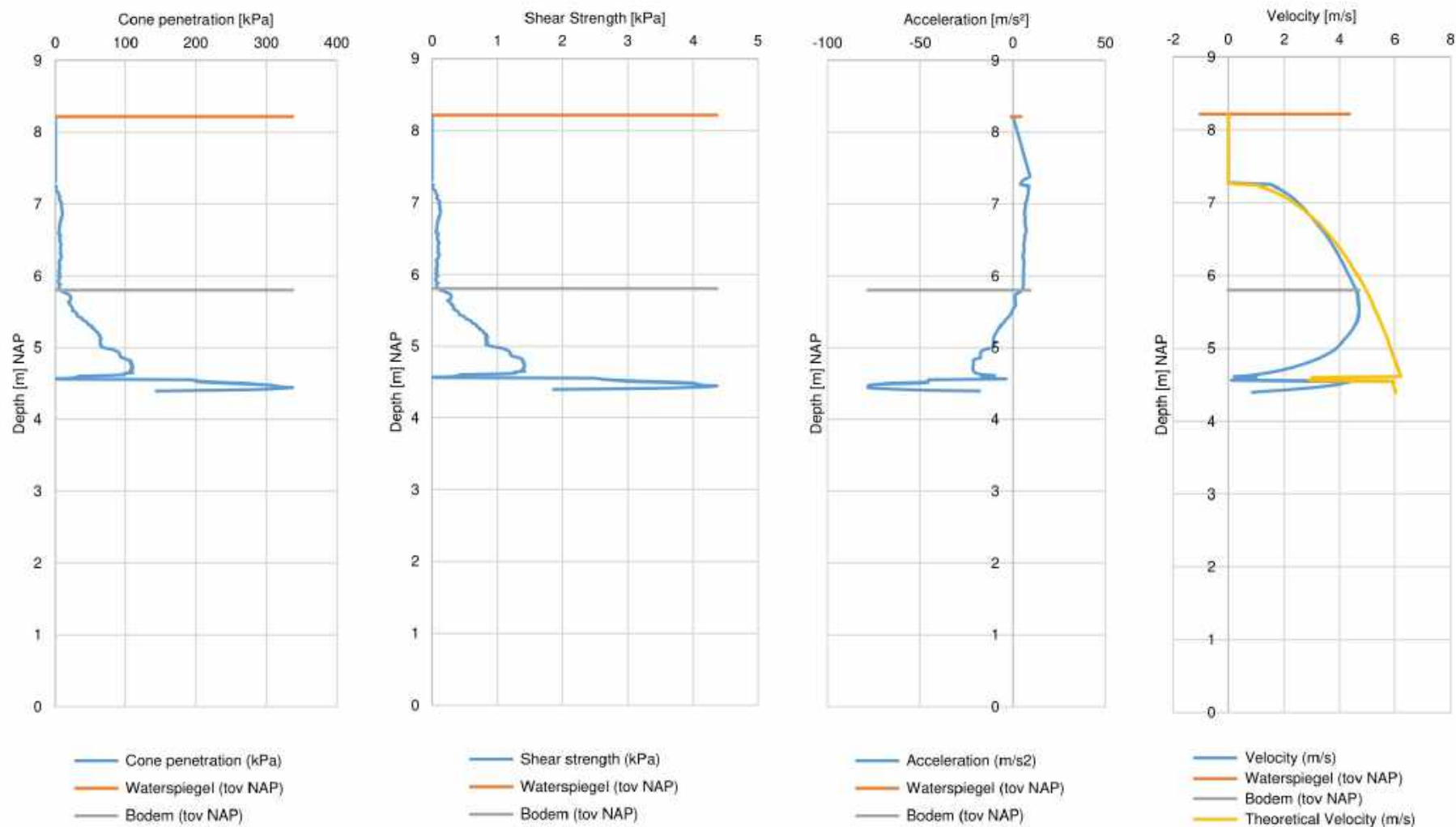


Waterspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 5.79  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100008.6 [m]  
y 498601.1 [m]



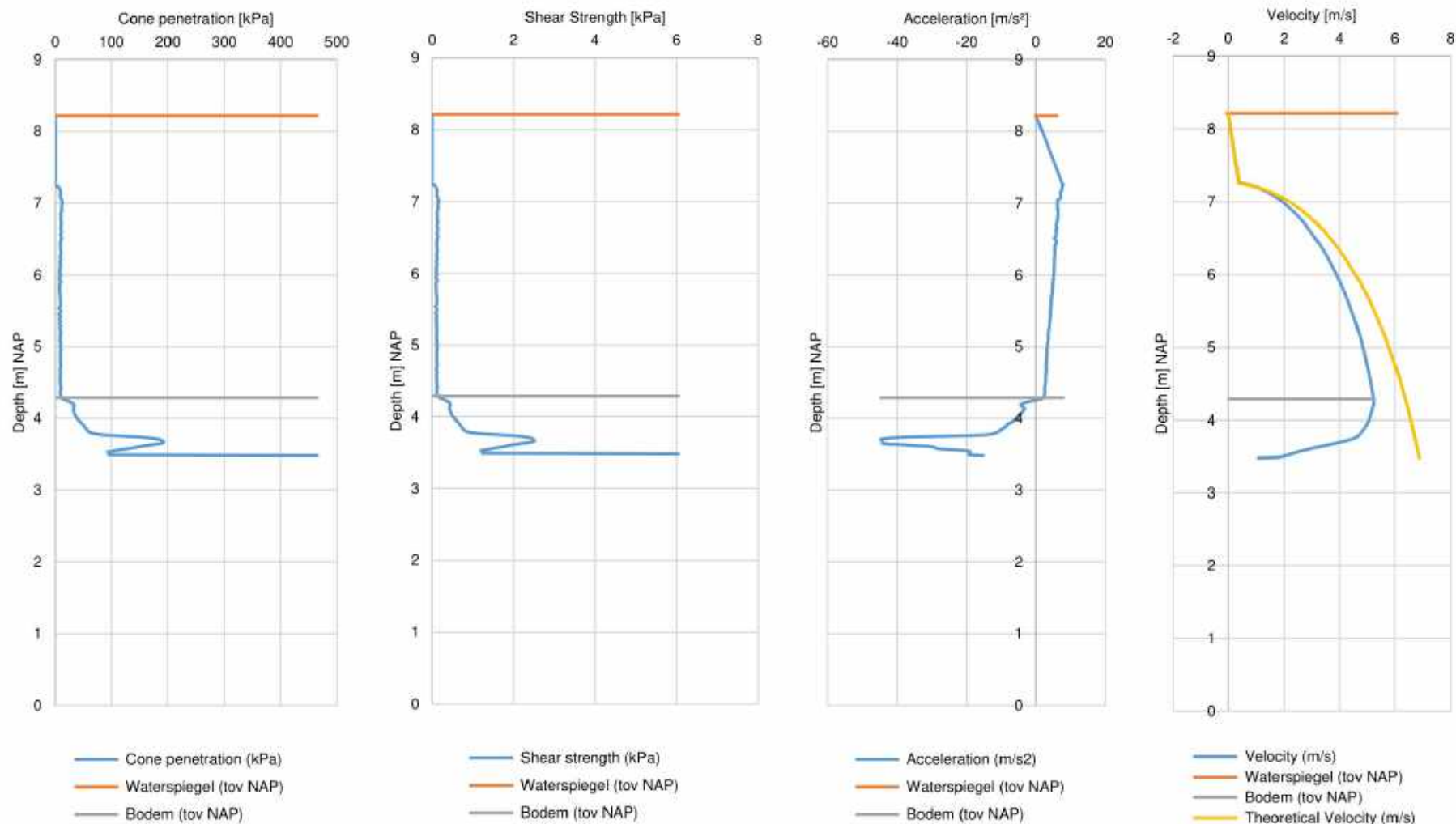
1218-0096-000  
VAL5



Waterspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 5.8  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100057.4 [m]  
y 498601.1 [m]

1218-0096-000  
VAL7

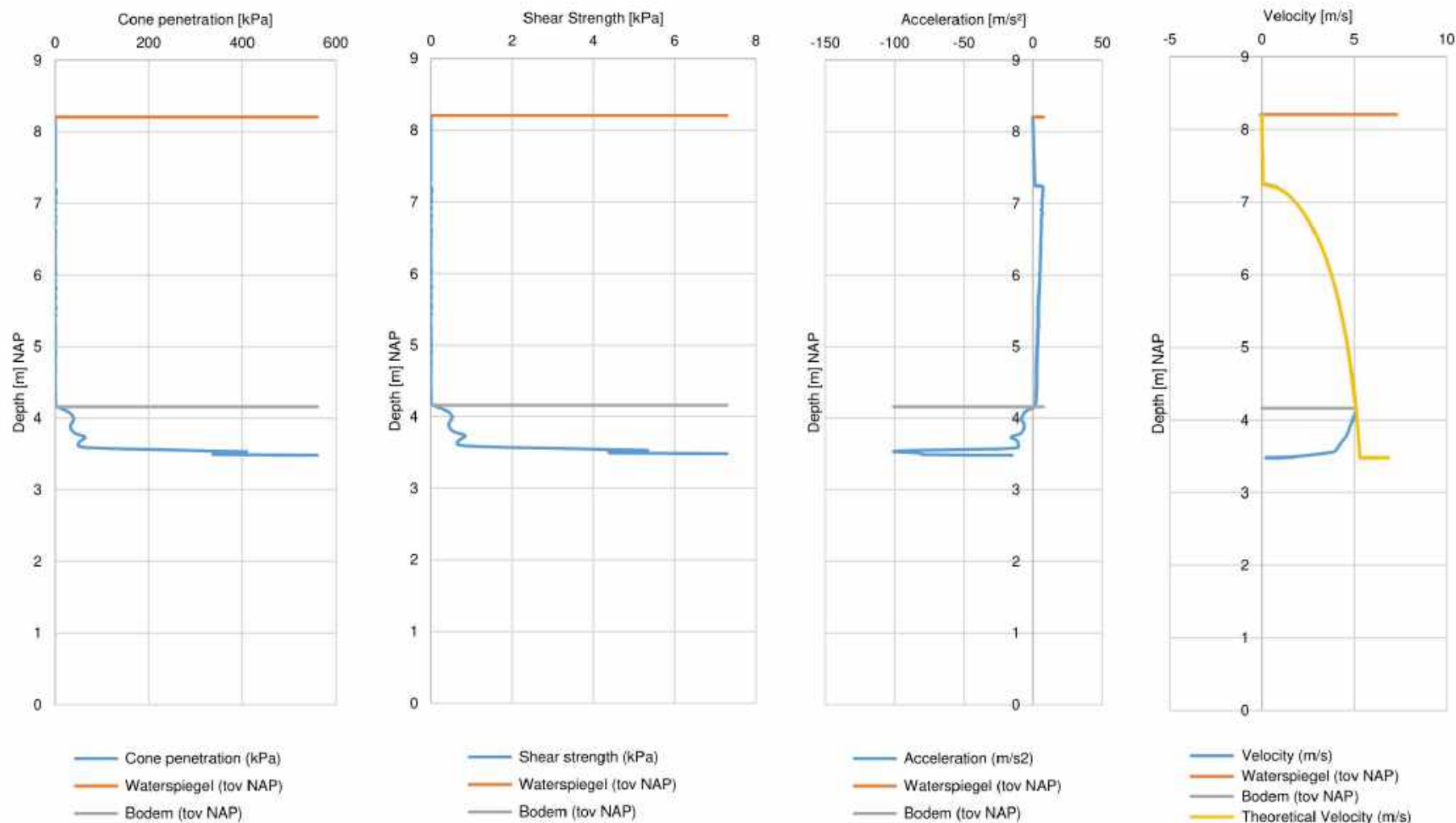


Wasserspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 4.29  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99909.86 [m]  
y 498554.5 [m]

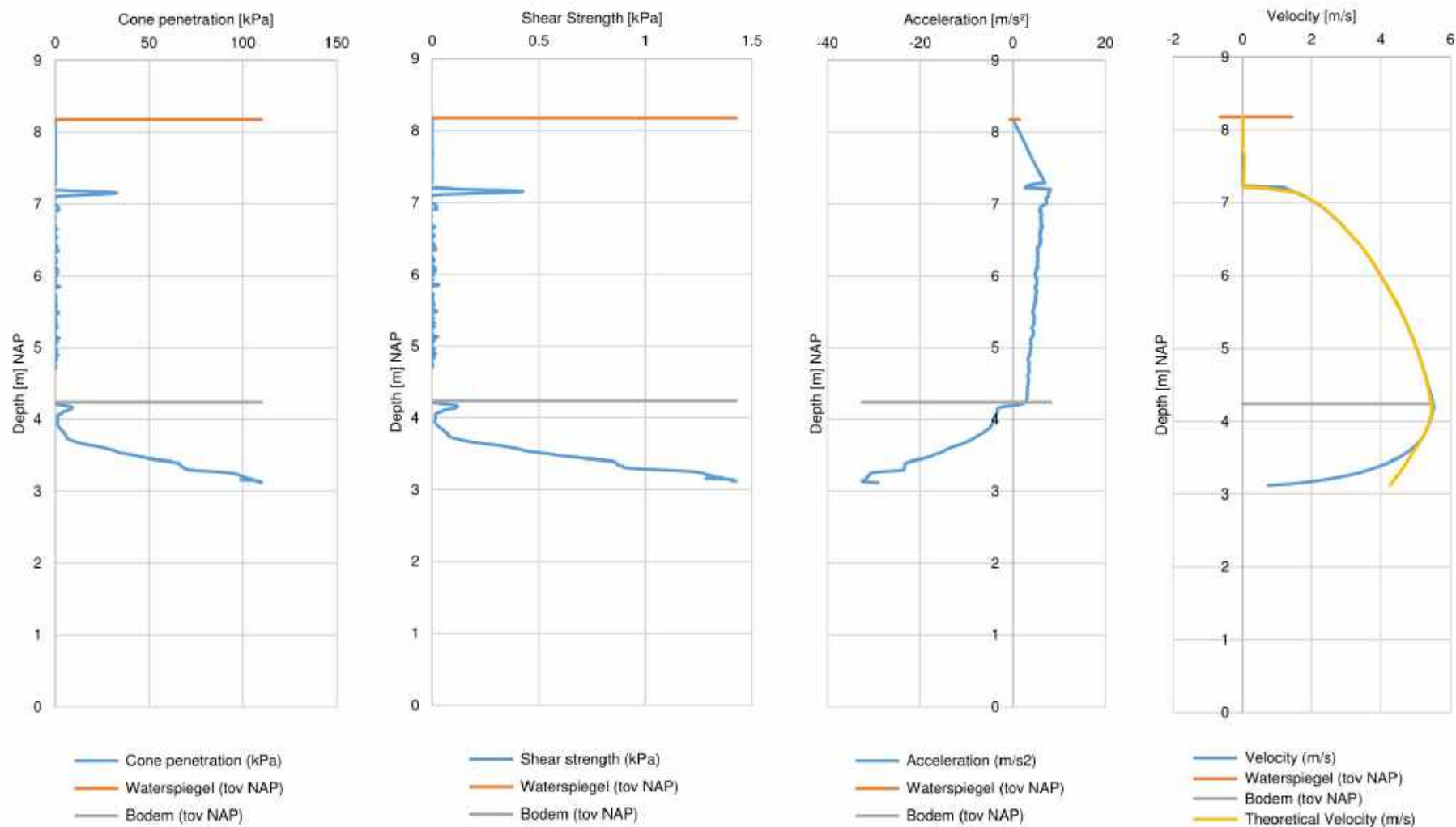


1218-0096-000  
VAL10



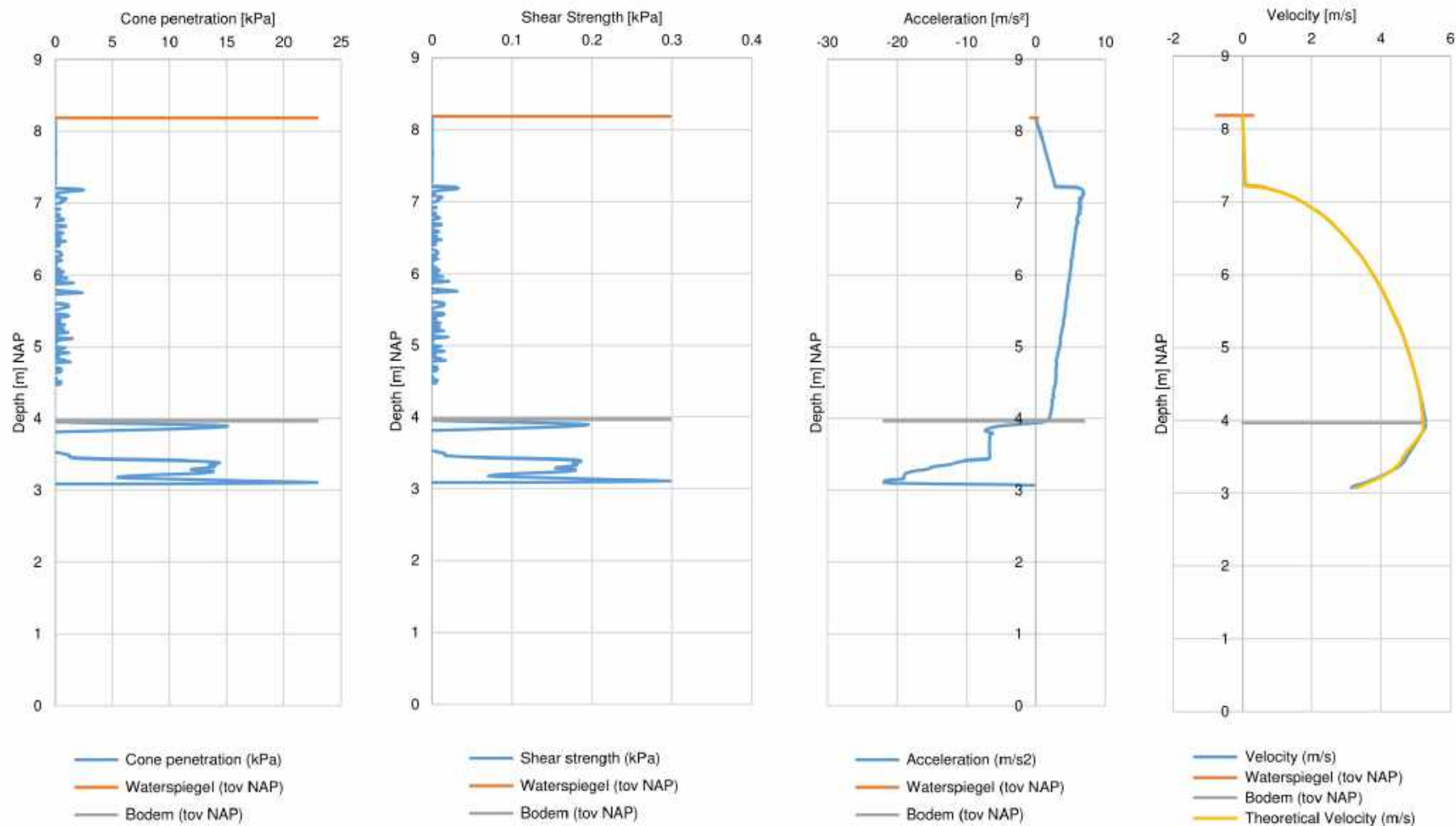
Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 4.16  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100058.1 [m]  
y 498547.7 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.18  
Bodem (tov NAP) 4.24  
Datum 20-3-2019

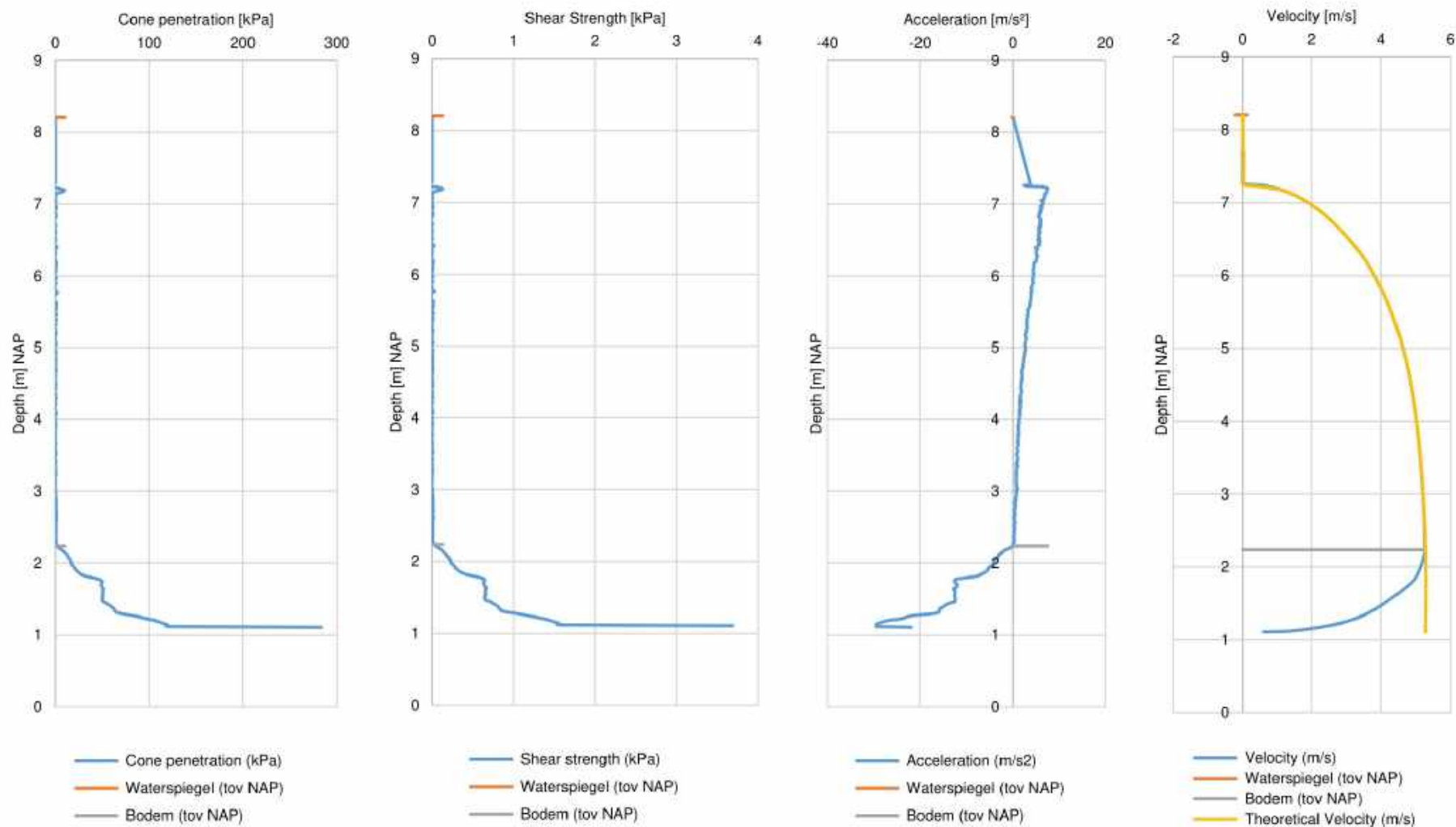
Locatie RD  
x 100087.3 [m]  
y 498538.9 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.19  
Bodem (tov NAP) 3.97  
Datum 30-3-2019

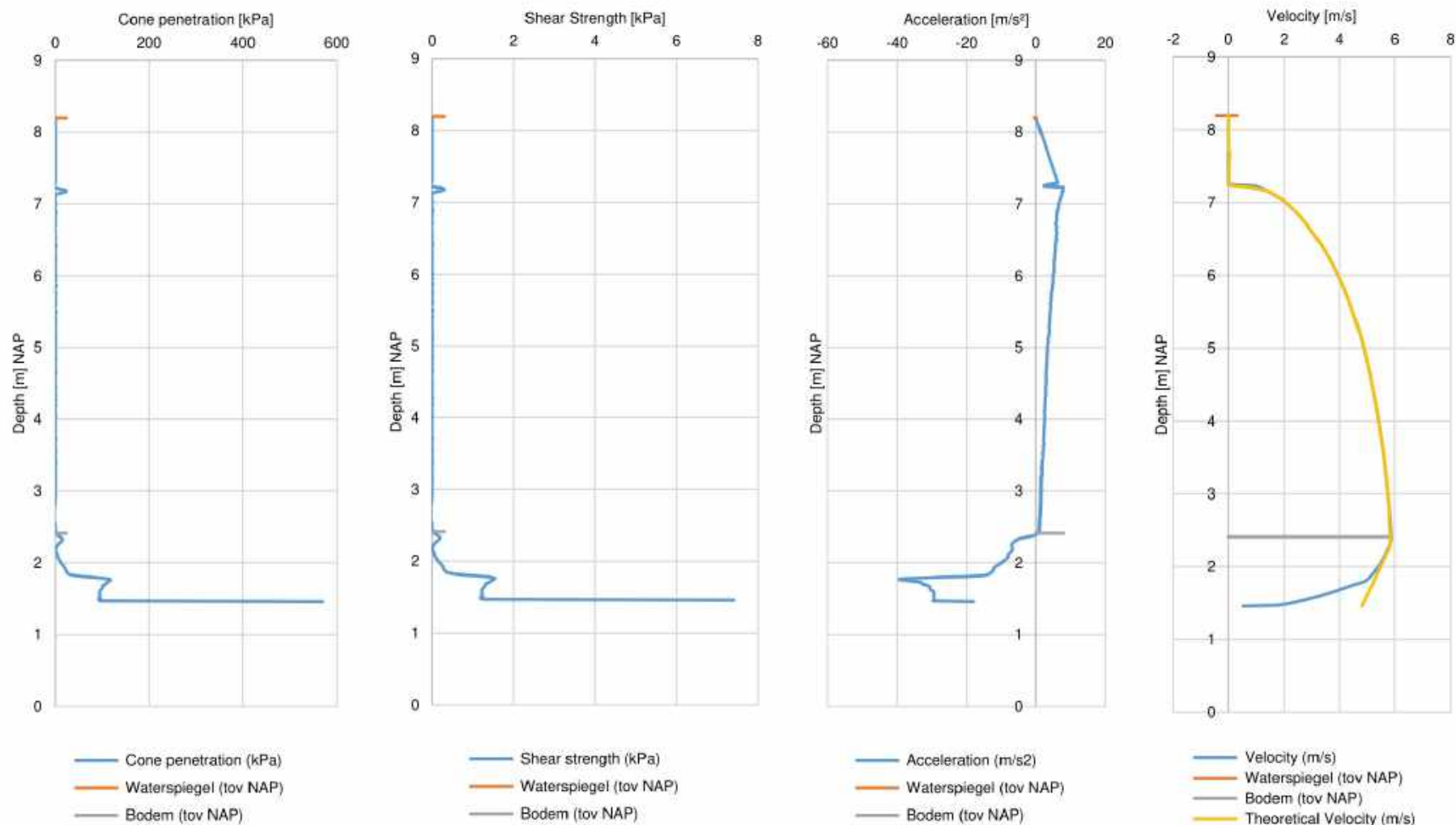
Locatie RD  
x 99873.44 [m]  
y 498497.6 [m]





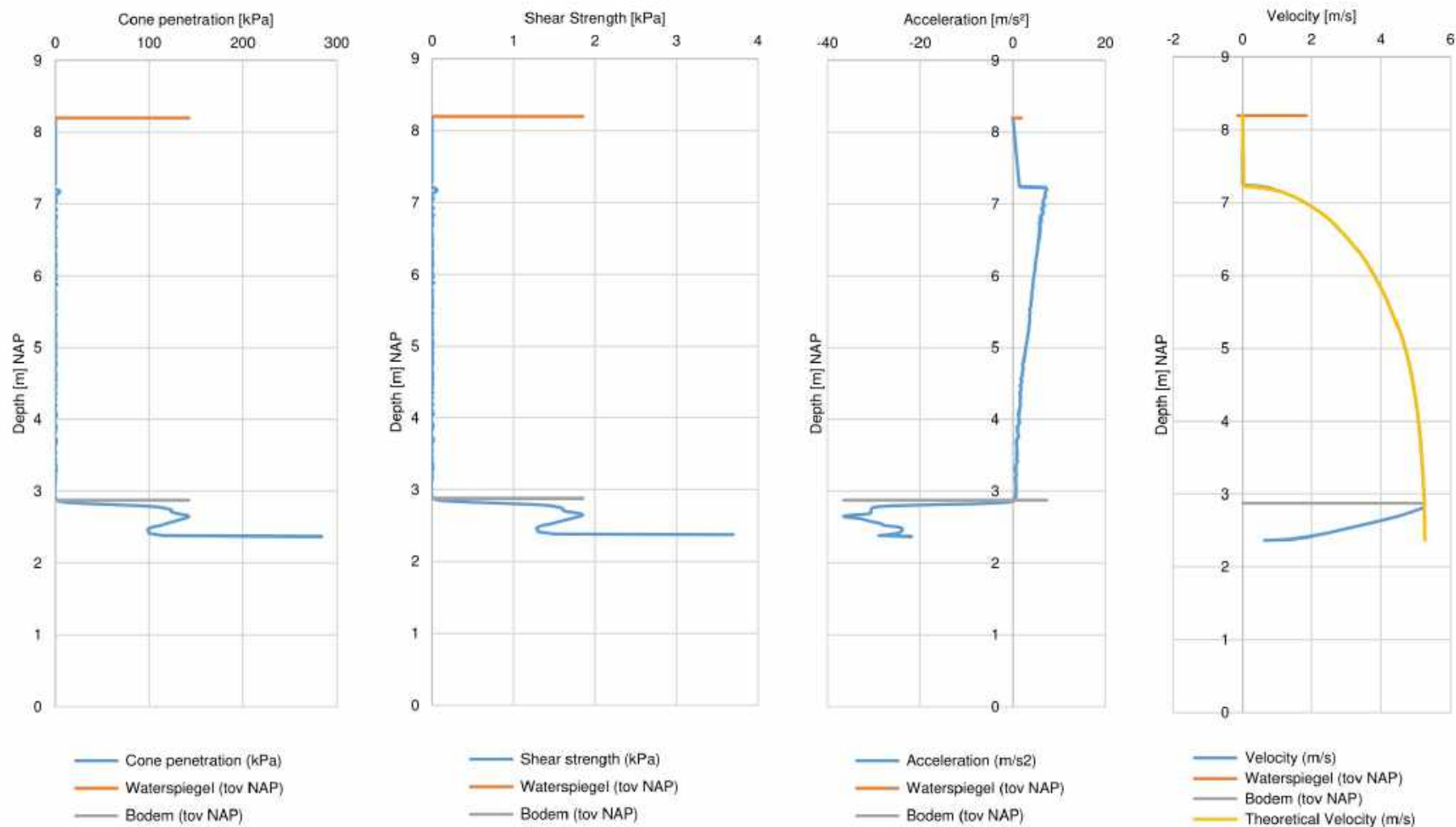
Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 2.24  
Datum 30-3-2019

Locatie RD  
x 99918.33 [m]  
y 498499.9 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.2  
Bodem (tov NAP) 2.41  
Datum 30-3-2019

Locatie RD  
x 99954.53 [m]  
y 498500.1 [m]



**Wasserspiegel (tov NAP)**

8.2

**Bodem (tov NAP)**

2.88

**Datum**

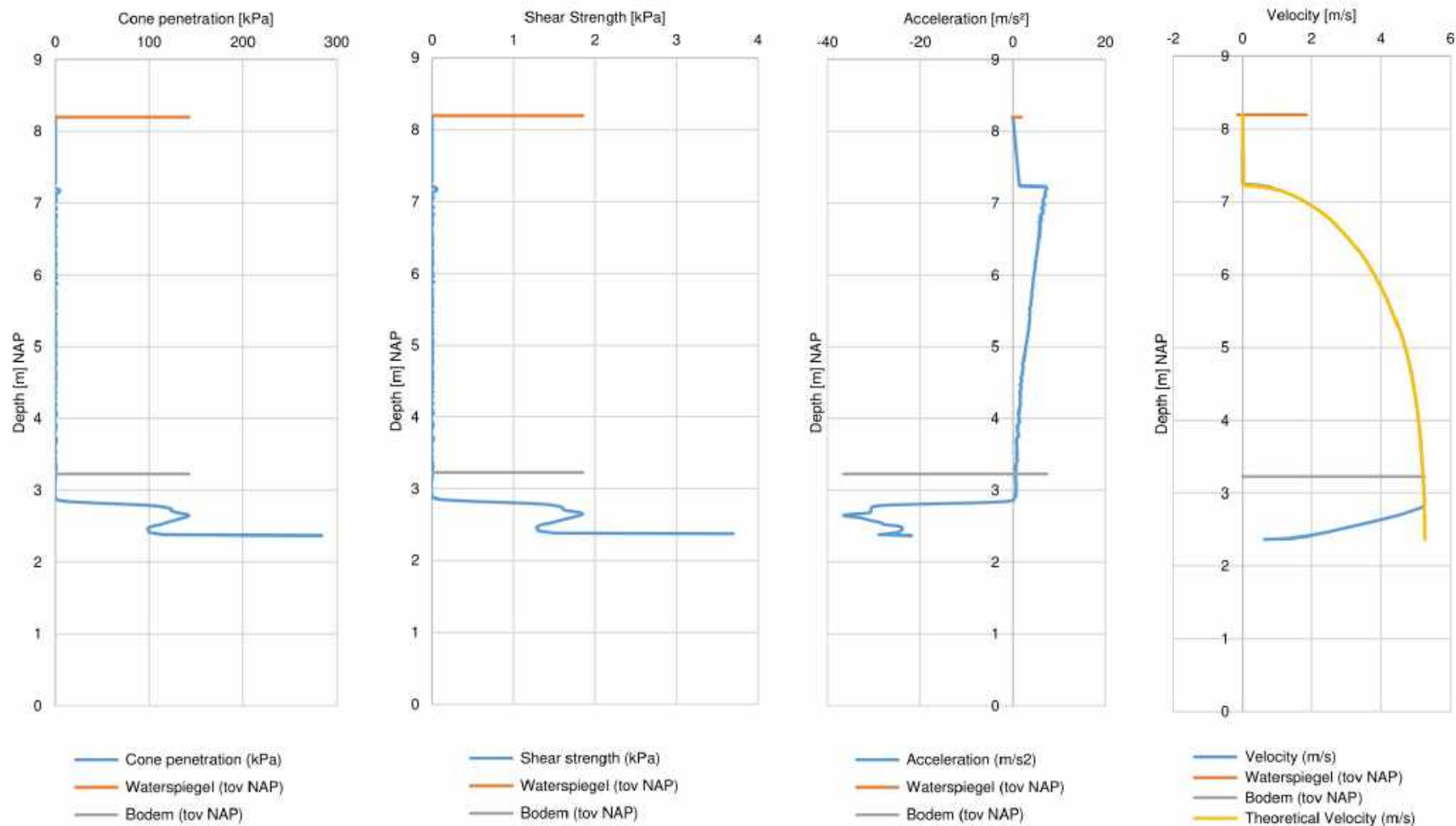
30-3-2019

**Locatie RD**

**x** 100008.6 [m]

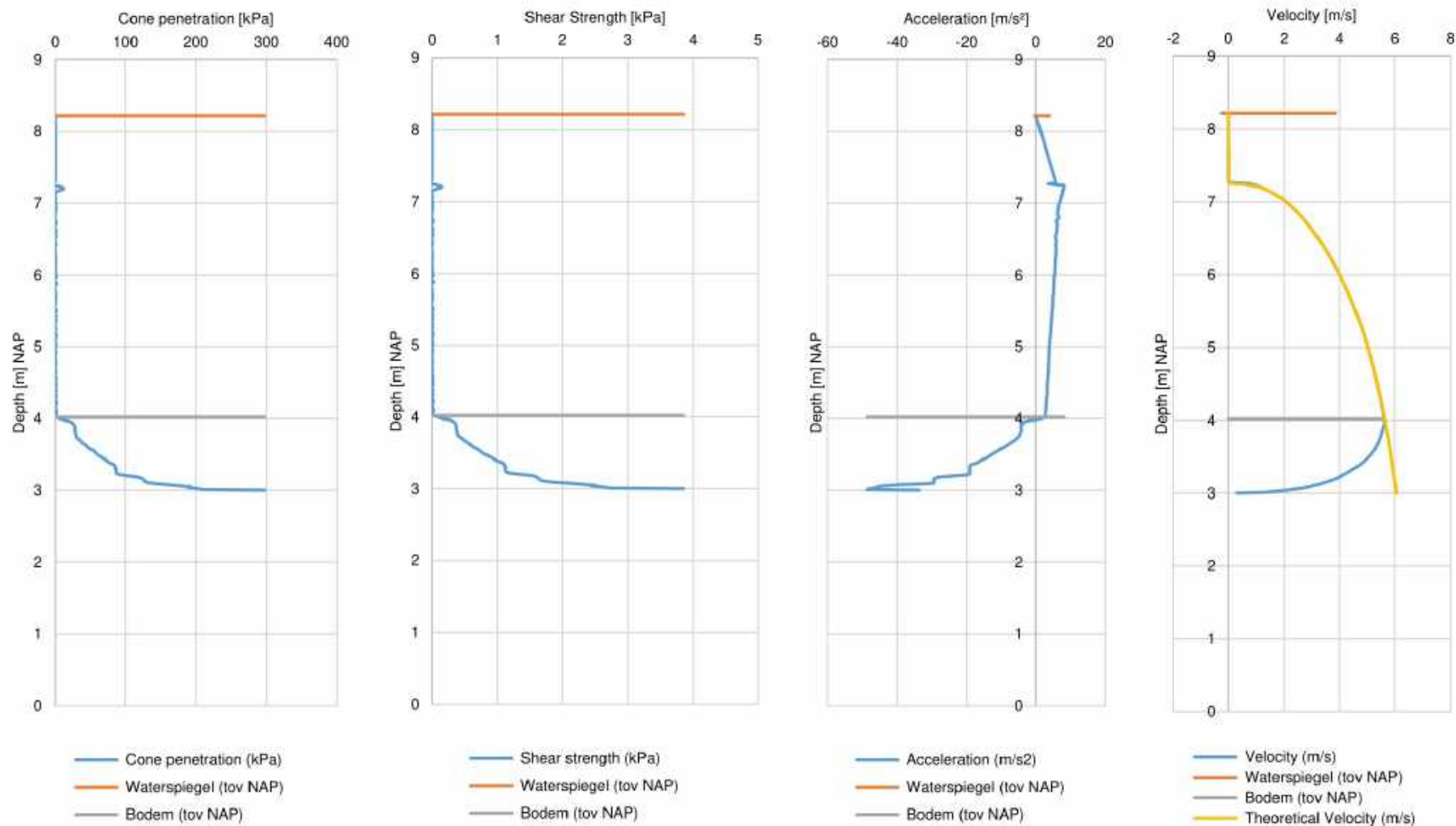
**y** 498500.1 [m]





Waterspiegel (tov NAP) 8.2  
Bodem (tov NAP) 3.23  
Datum 20-3-2019

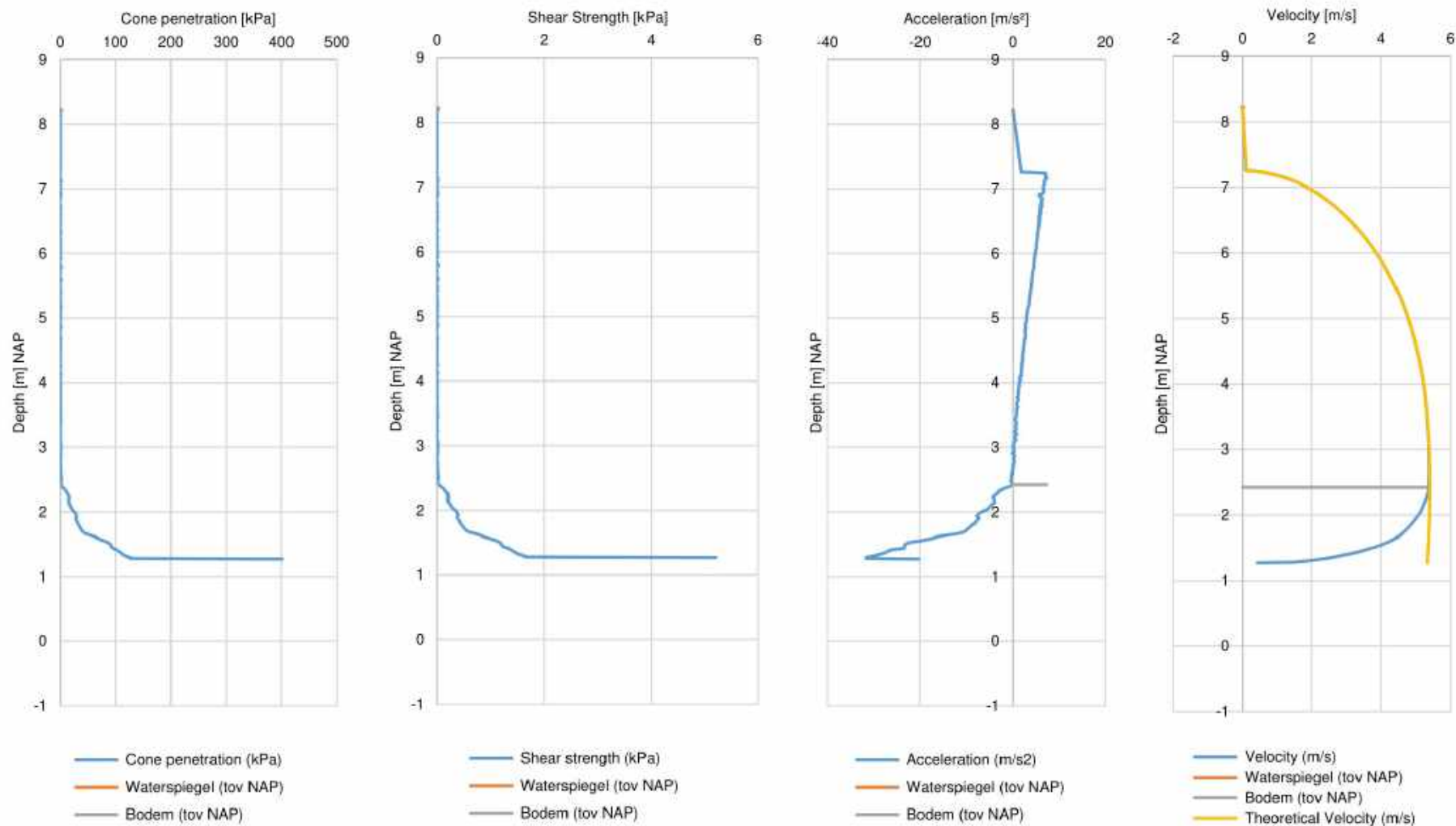
Locatie RD  
x 100064.2 [m]  
y 498500.7 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 4.02  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100098.2 [m]  
y 498501.2 [m]

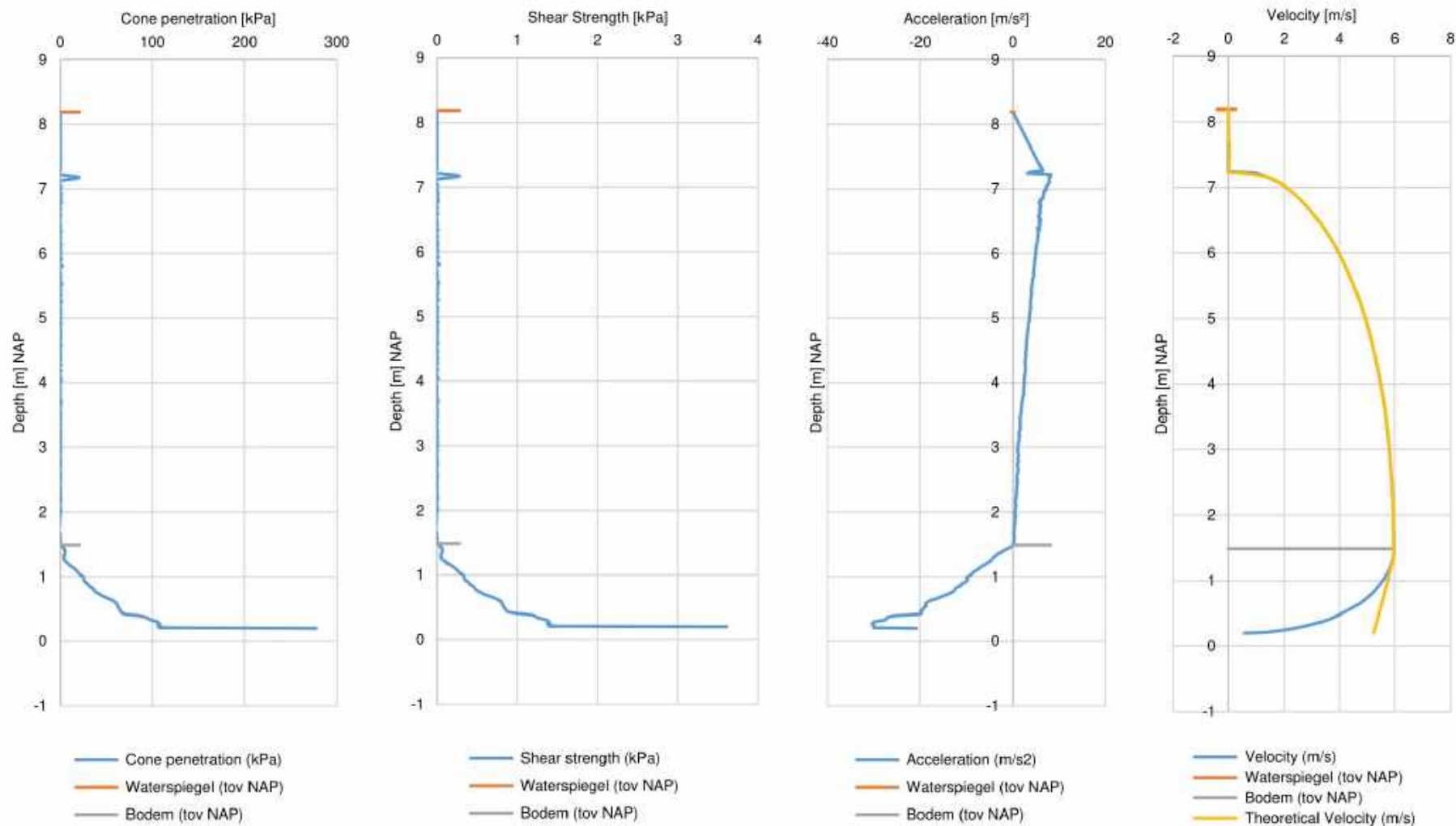
1218-0096-000  
VAL18



Waterspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 2.42  
Datum 20-3-2019

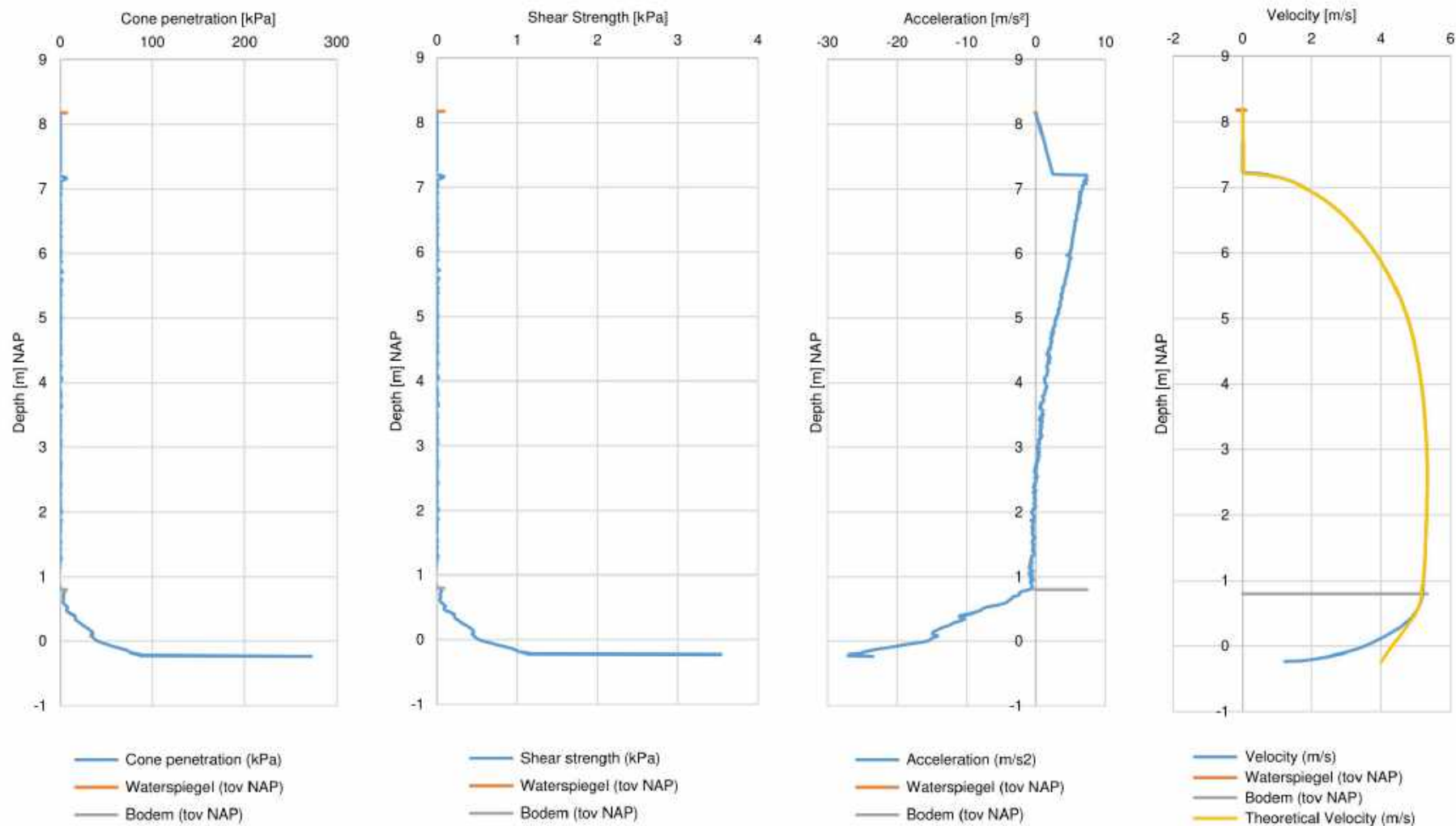
Locatie RD  
x 99857.05 [m]  
y 498444.9 [m]





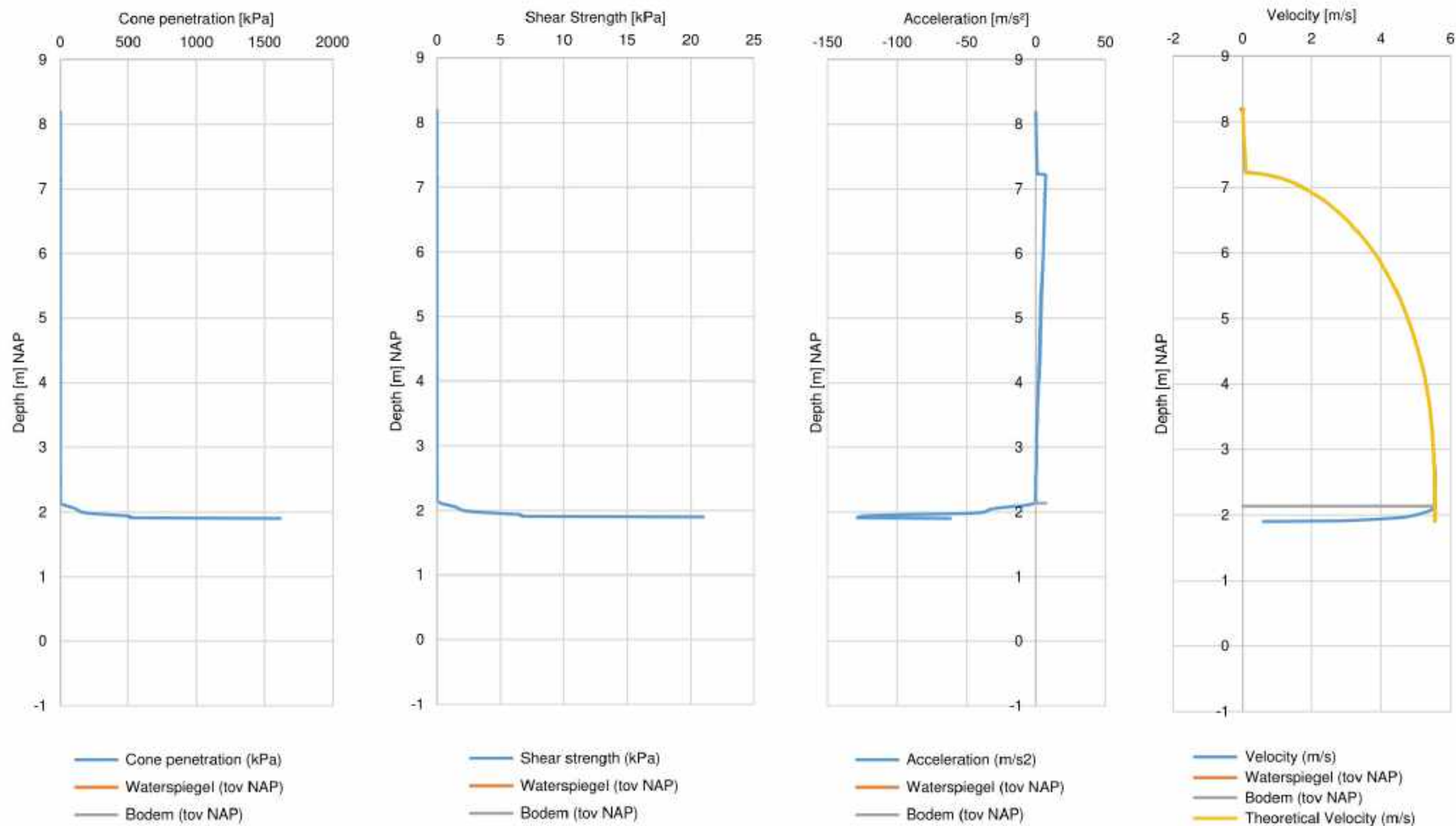
Waterspiegel (tov NAP) 8.19  
Bodem (tov NAP) 1.49  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99906.8 [m]  
y 498457.9 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.18  
Bodem (tov NAP) 0.8  
Datum 20-3-2019

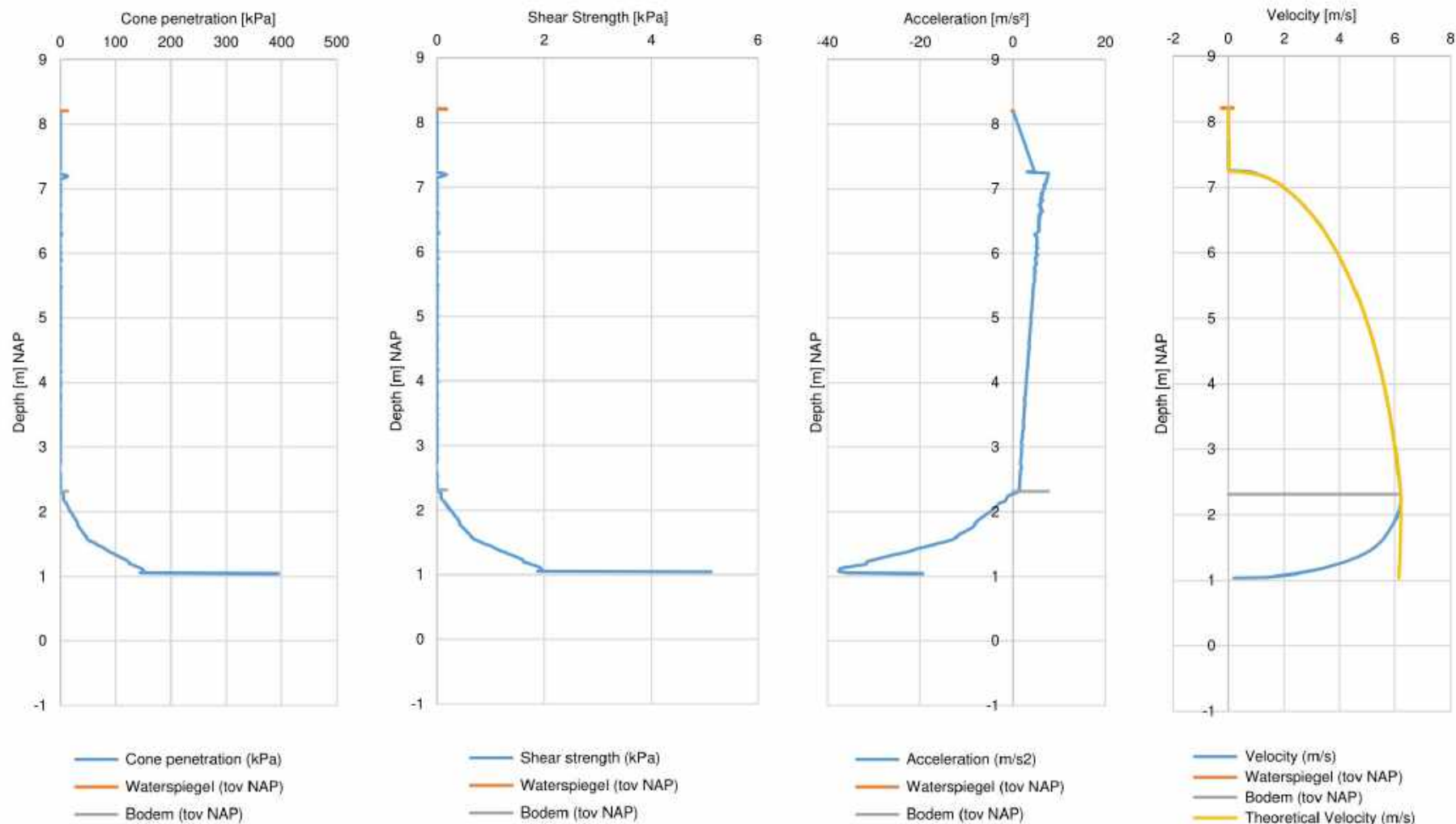
Locatie RD  
x 99956.7 [m]  
y 498452.2 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.19  
Bodem (tov NAP) 2.14  
Datum 20-3-2019

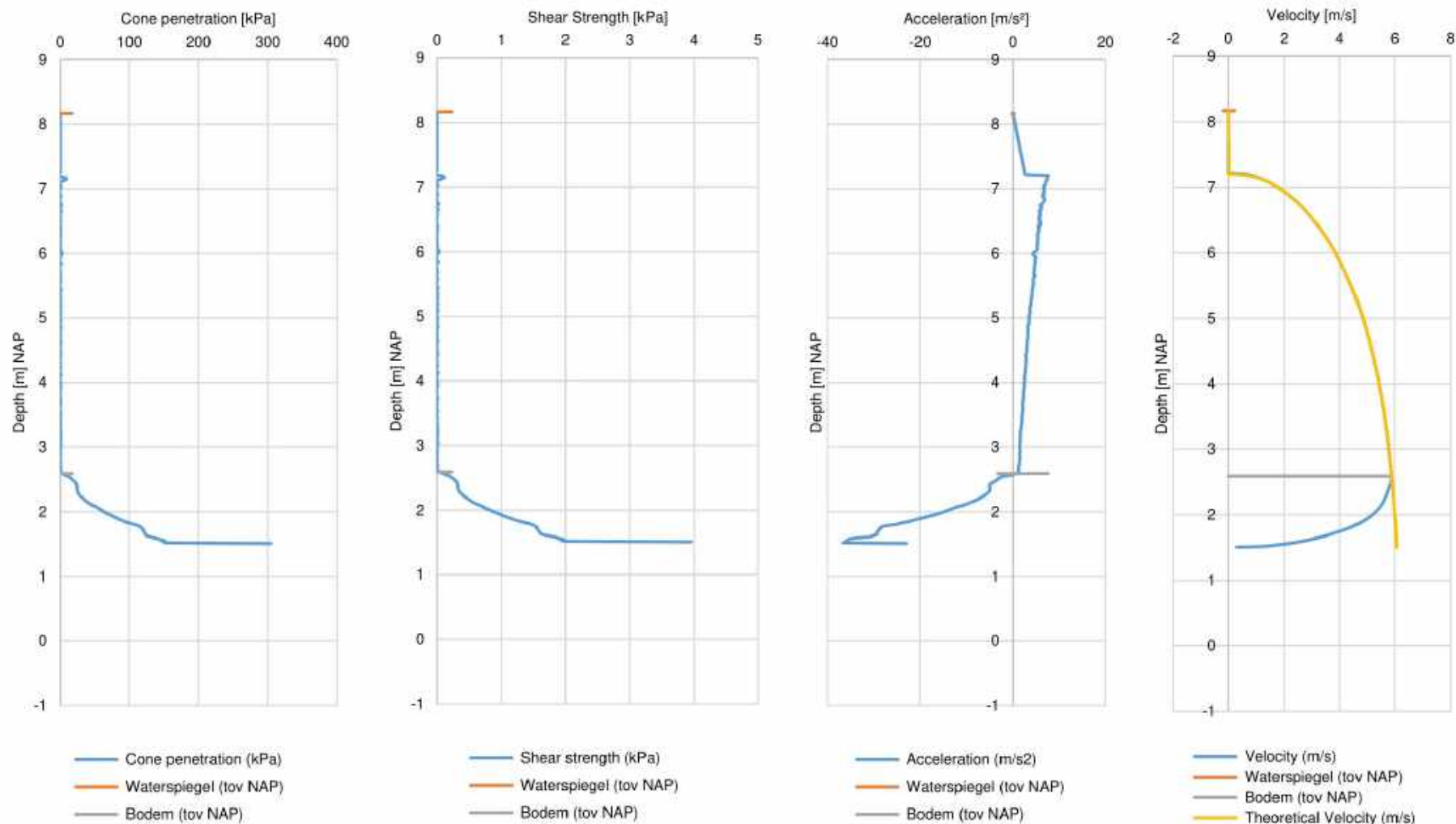
Locatie RD  
x 99993.54 [m]  
y 498446.4 [m]





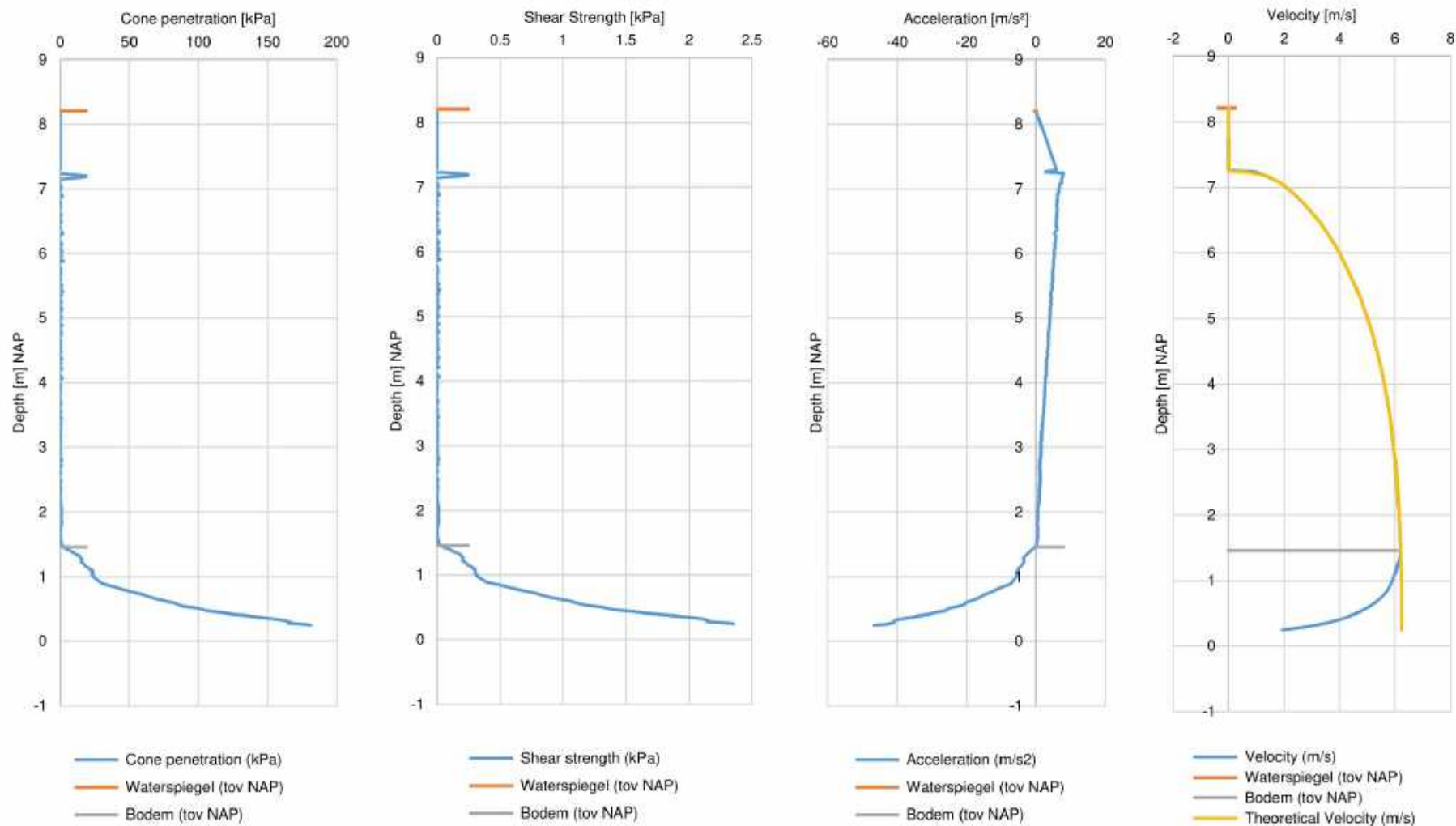
Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 2.31  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100061.1 [m]  
y 498457.1 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.17  
Bodem (tov NAP) 2.59  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100089.8 [m]  
y 498448.5 [m]

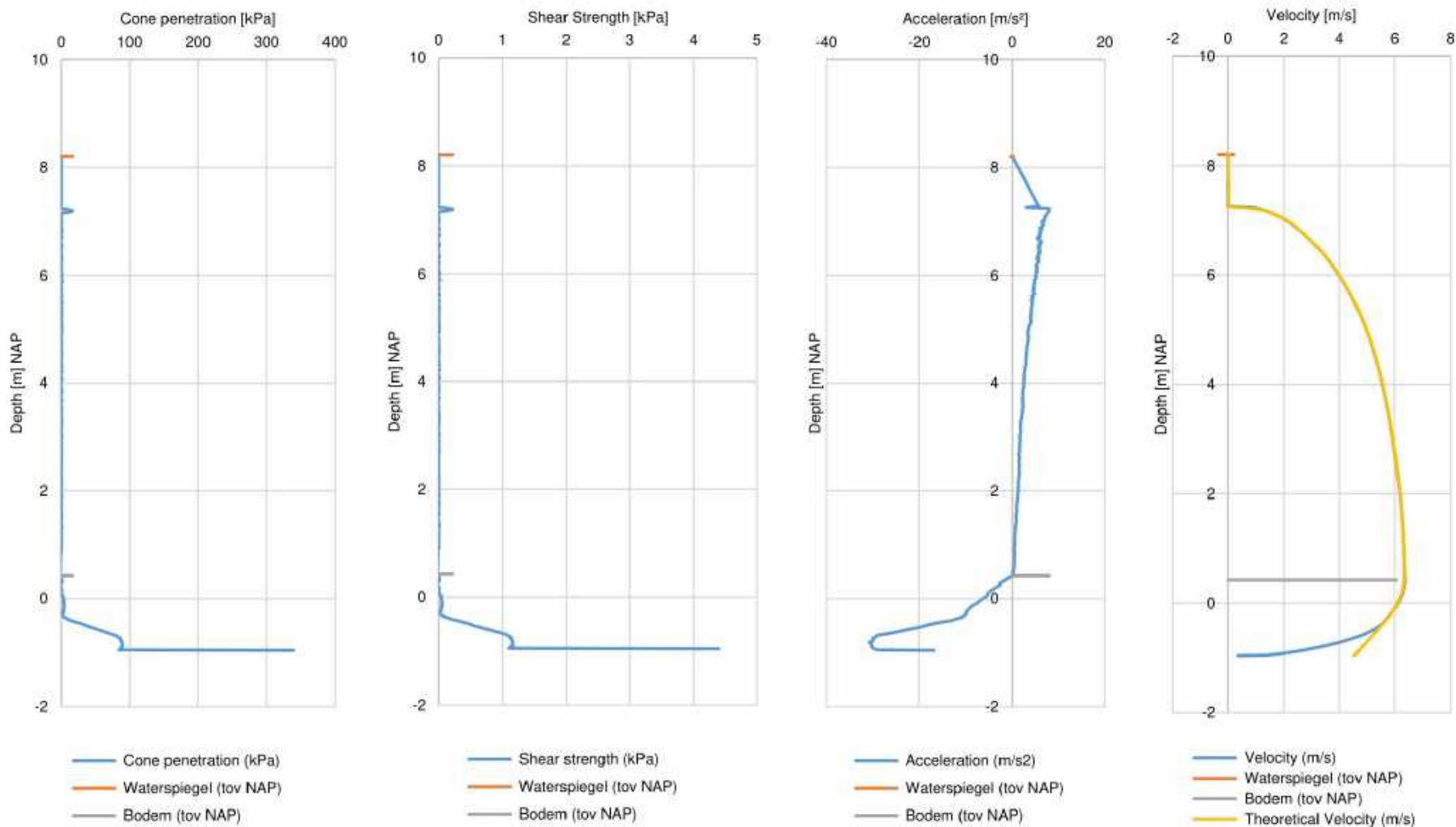


Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 1.46  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99862.35 [m]  
y 498403.7 [m]

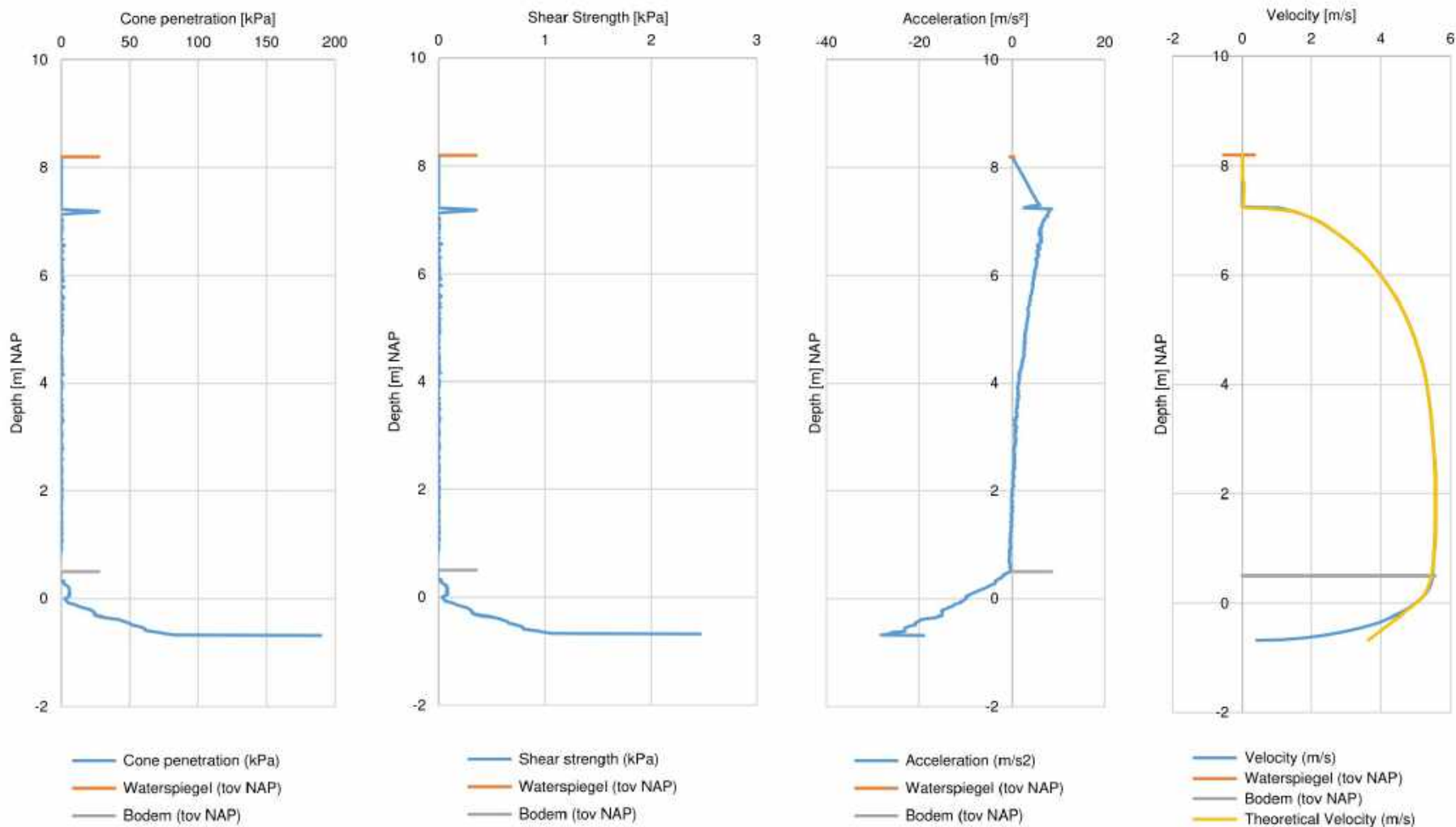


1218-0096-000  
VAL26



Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 0.43  
Datum 20-3-2019

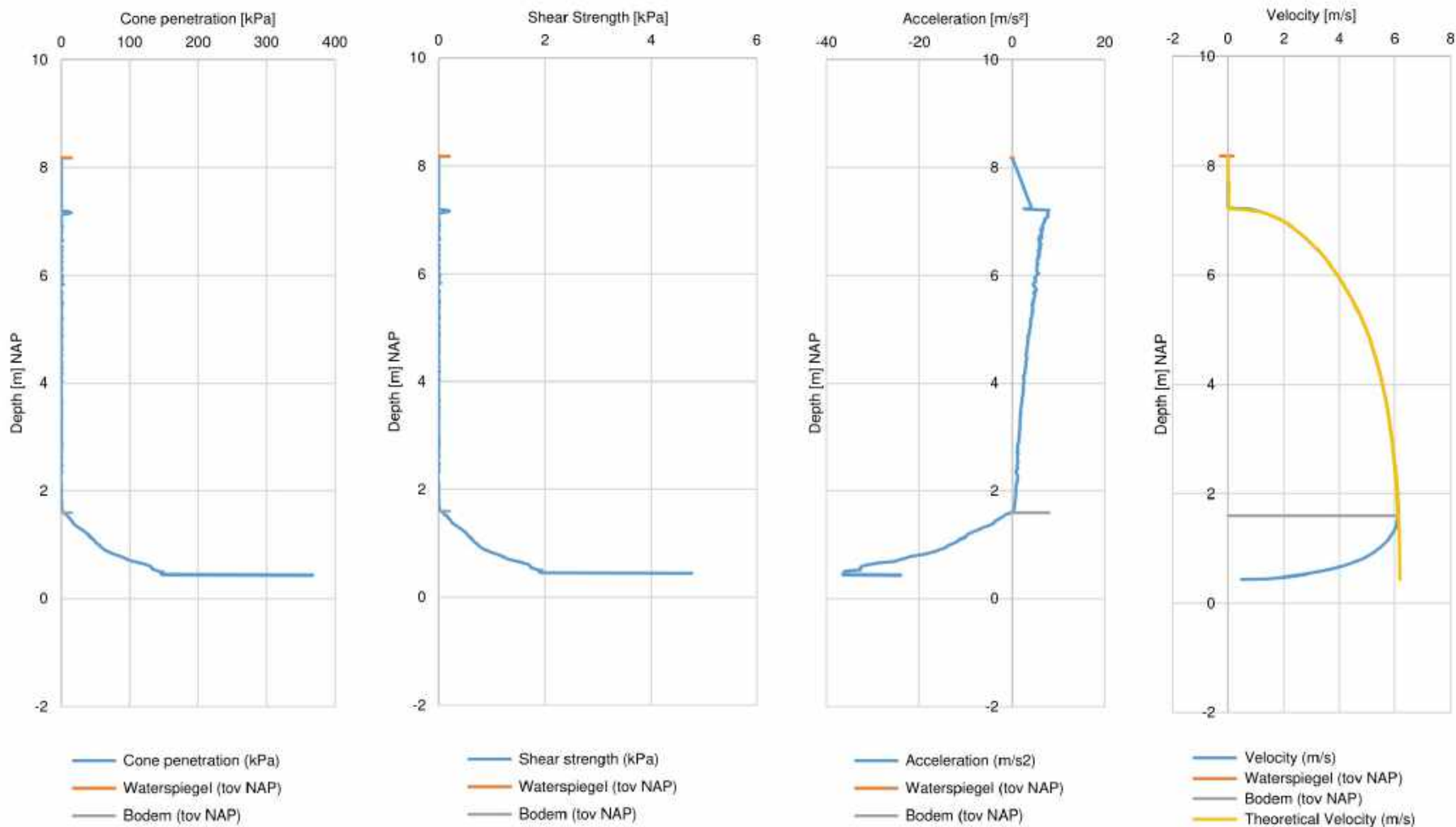
Locatie RD  
x 99902.28 [m]  
y 498406.5 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.2  
Bodem (tov NAP) 0.5  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99966.58 [m]  
y 498401.9 [m]

1218-0096-000  
VAL28



Waterspiegel (tov NAP)

8.18

Bodem (tov NAP)

1.6

Datum

20-3-2019

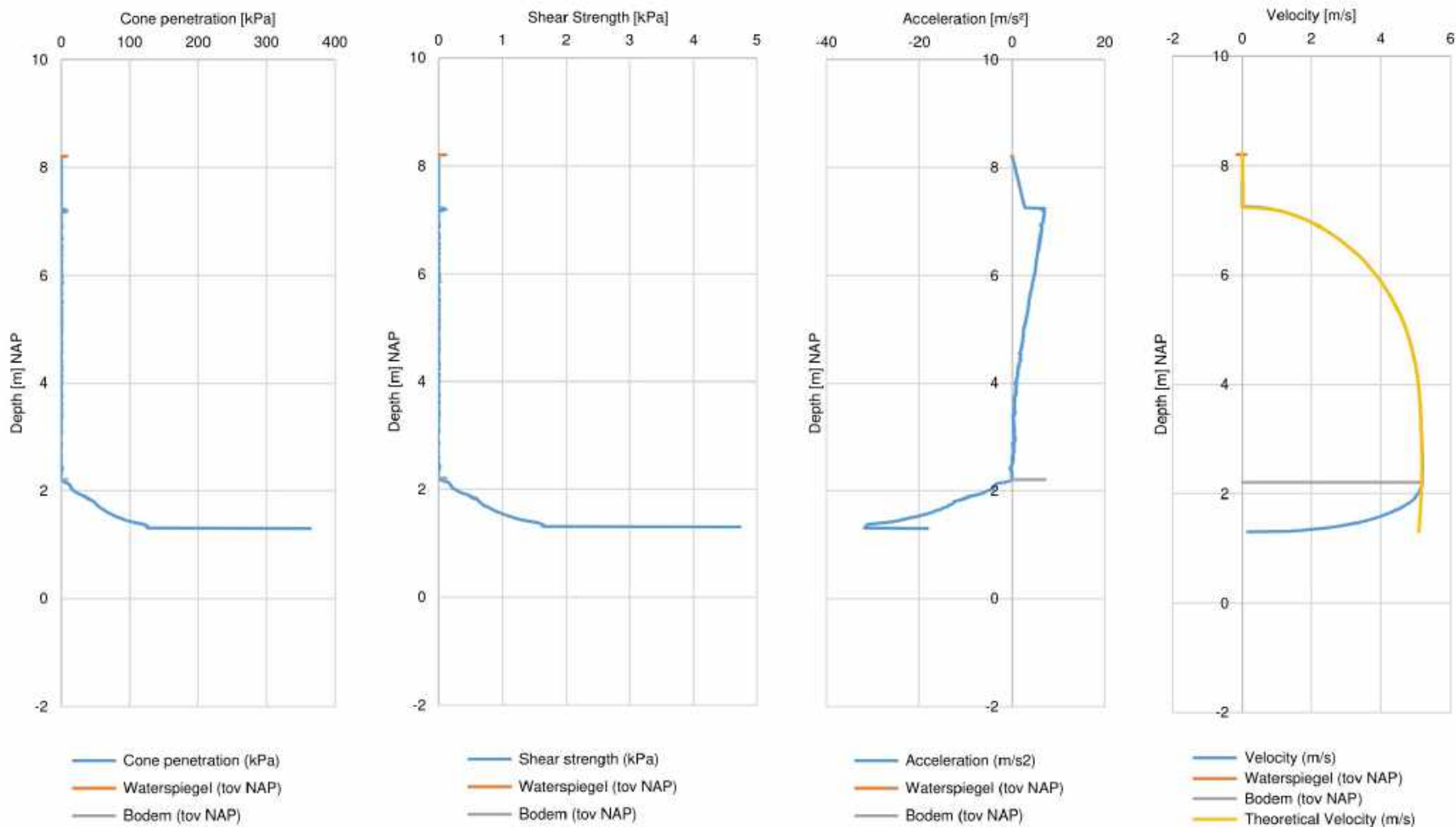
Locatie RD

x 100012.6 [m]

y 498401.9 [m]



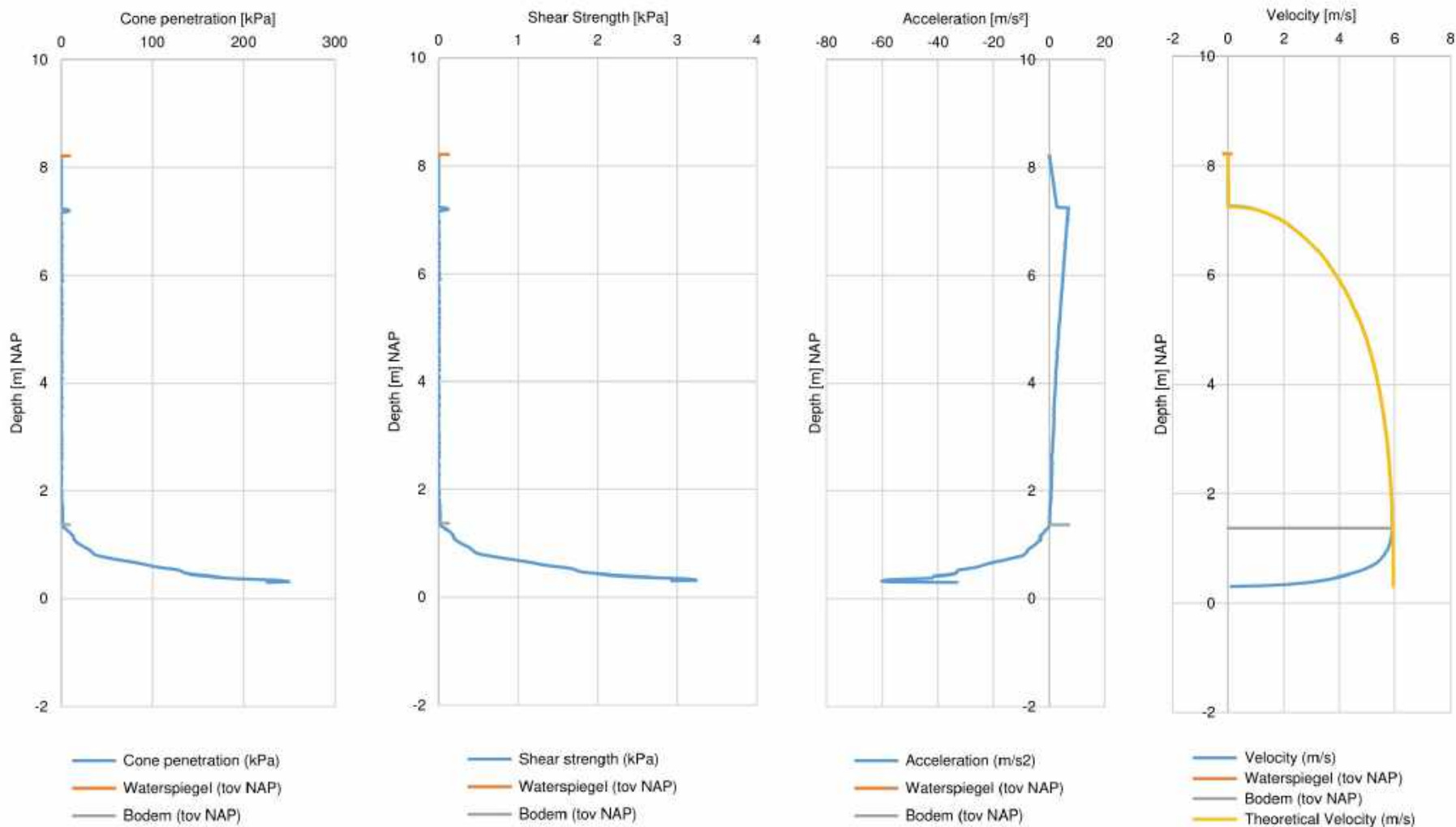
1218-0096-000  
VAL29



Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 2.21  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100058.6 [m]  
y 498400 [m]

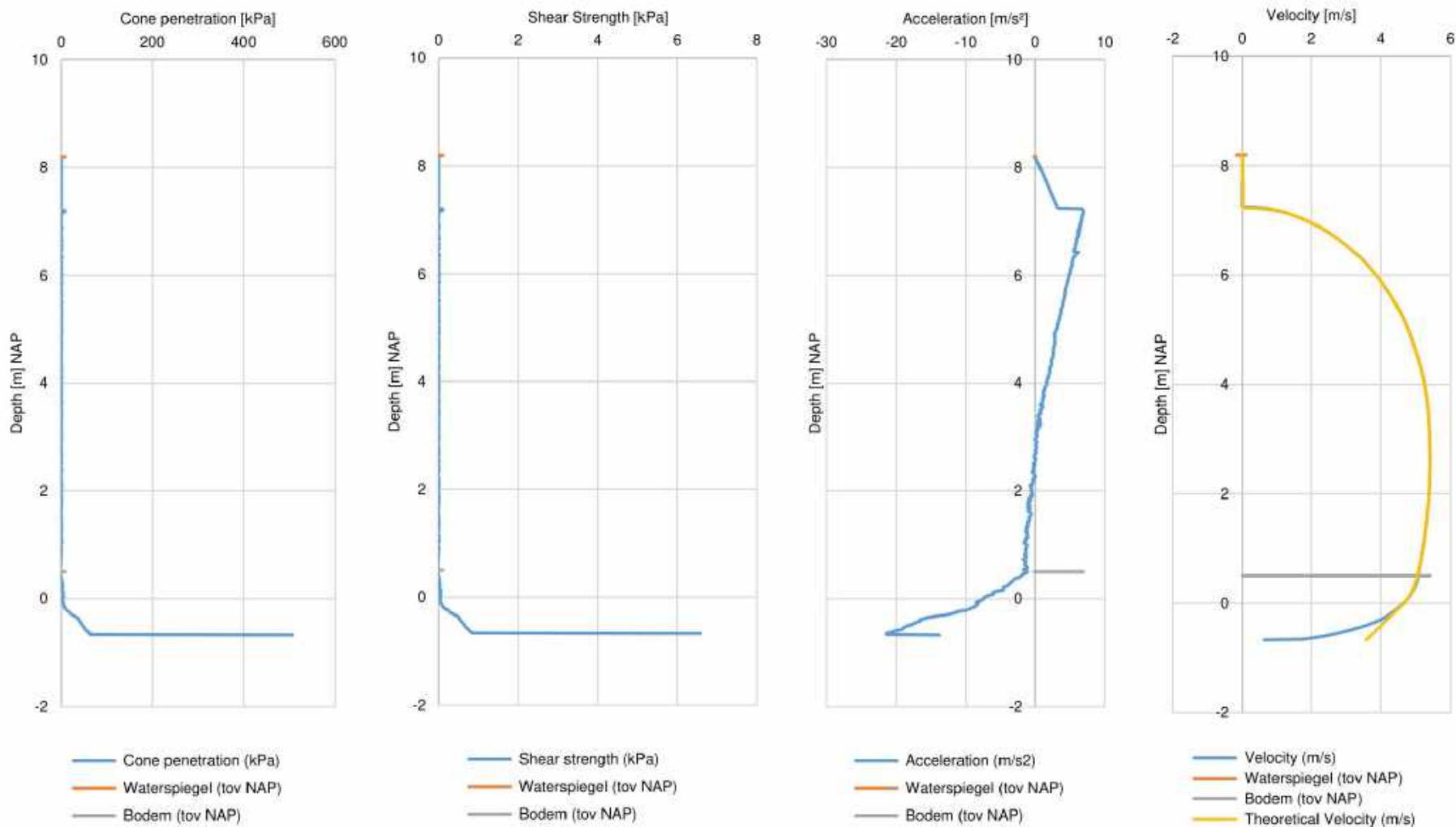
1218-0096-000  
VAL30



Waterspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 1.37  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99797.02 [m]  
y 498344.7 [m]

1218-0096-000  
VAL31

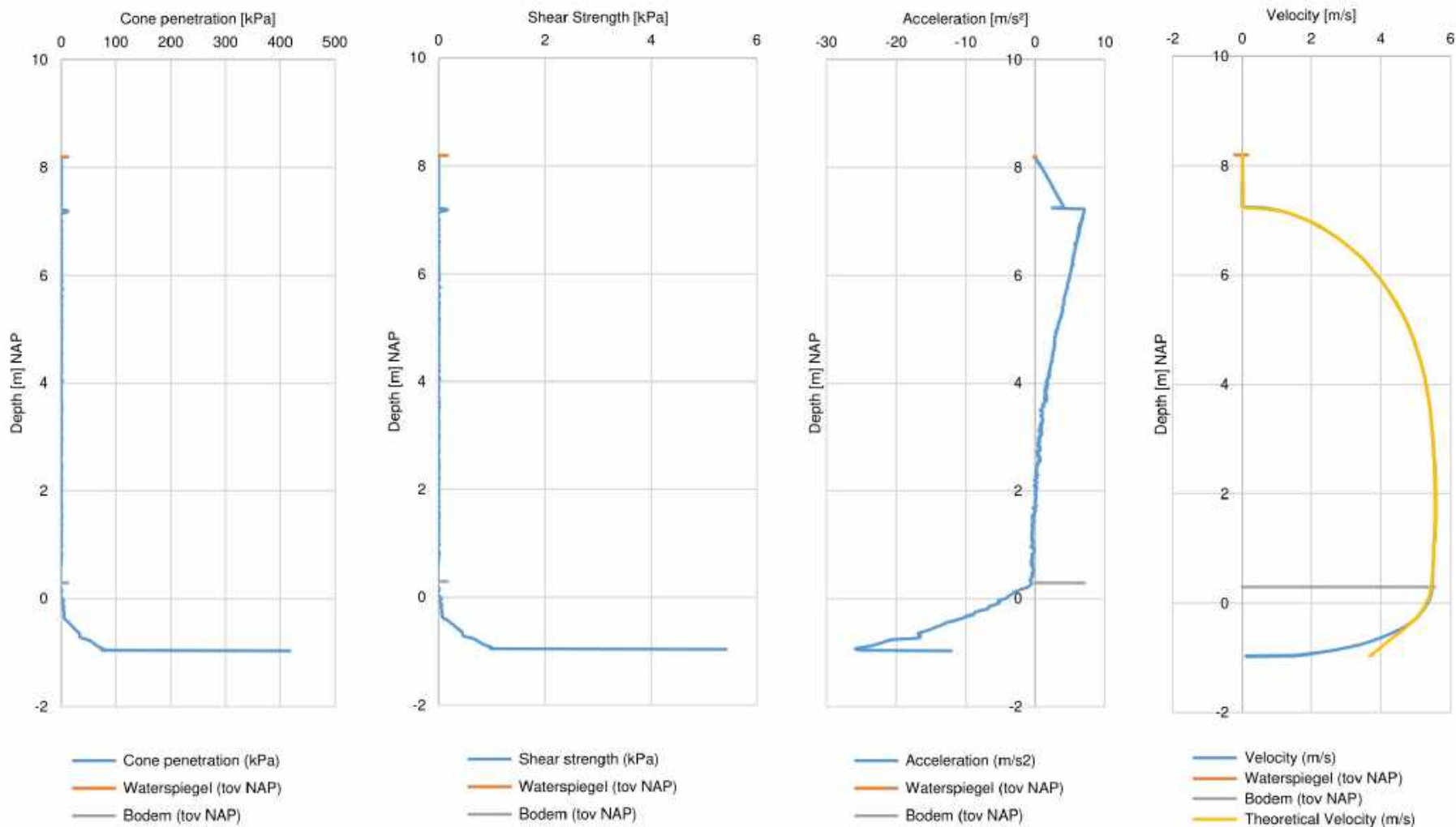


Waterspiegel (tov NAP) 8.2  
Bodem (tov NAP) 0.5  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99864.12 [m]  
y 498354.6 [m]

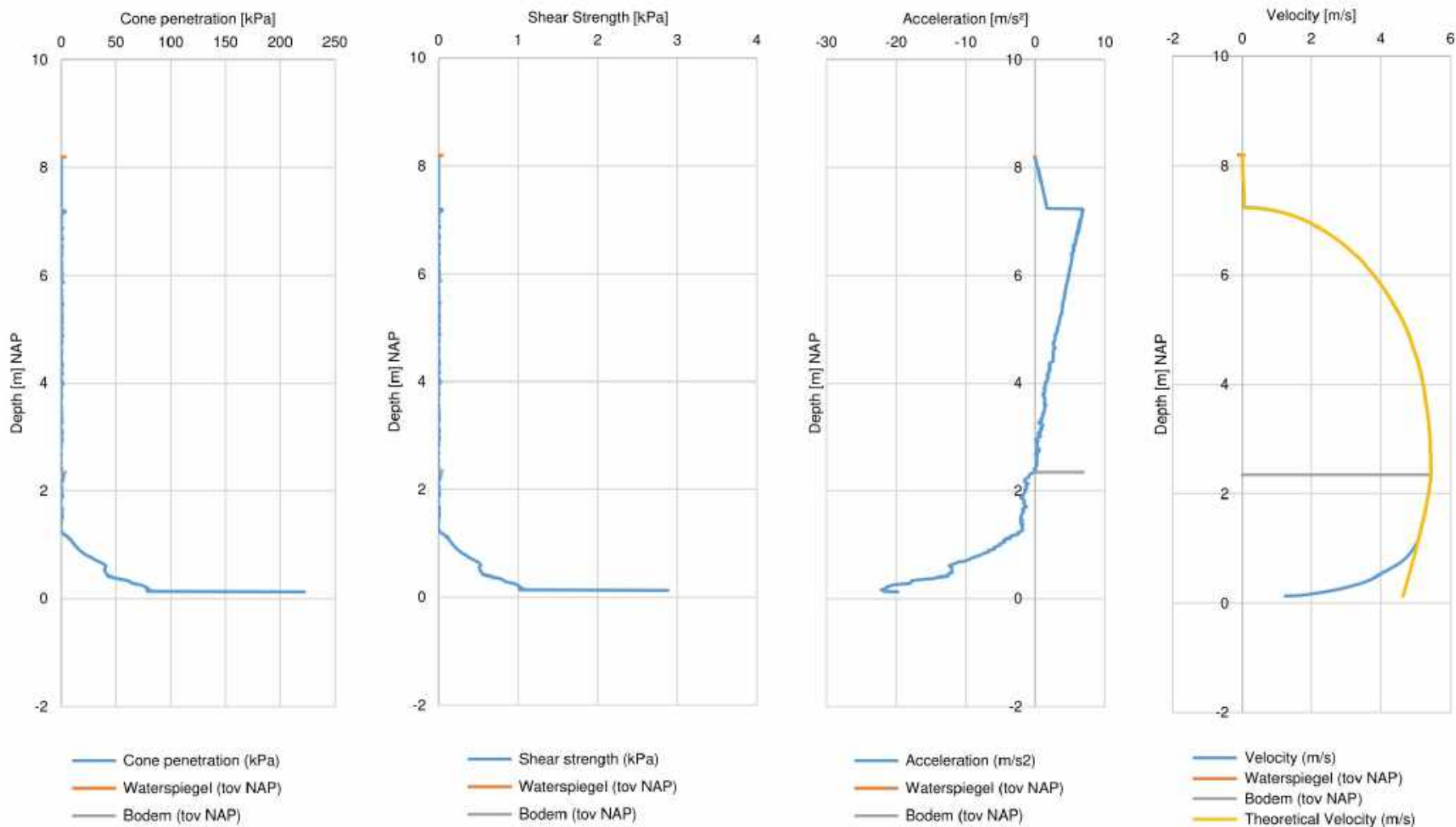


1218-0096-000  
VAL32



Waterspiegel (tov NAP) 8.2  
Bodem (tov NAP) 0.3  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99912.41 [m]  
y 498352.2 [m]



Waterspiegel (tov NAP)

8.2

Bodem (tov NAP)

2.35

Datum

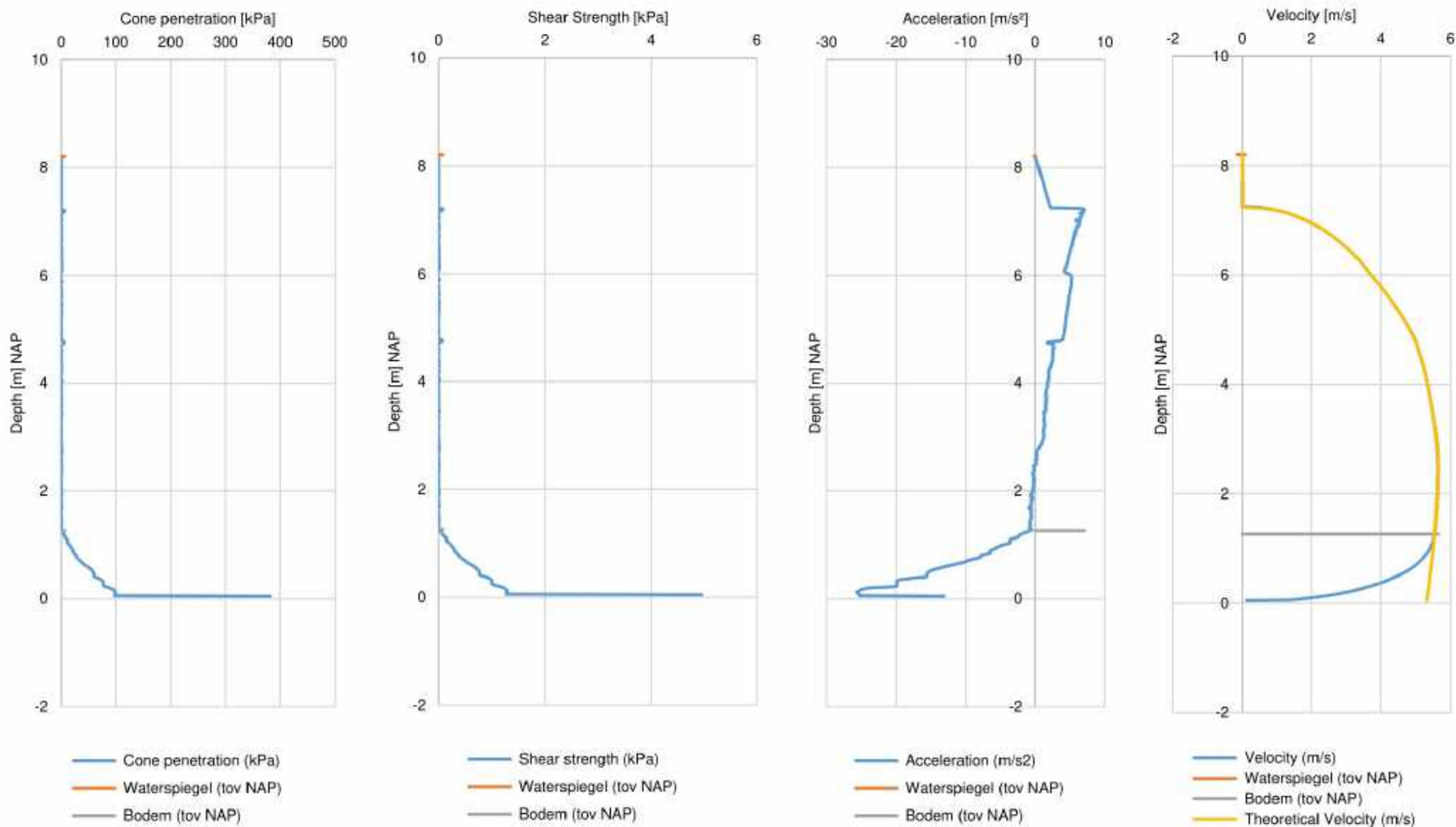
20-3-2019

Locatie RD

x 99956.19 [m]

y 498346.4 [m]

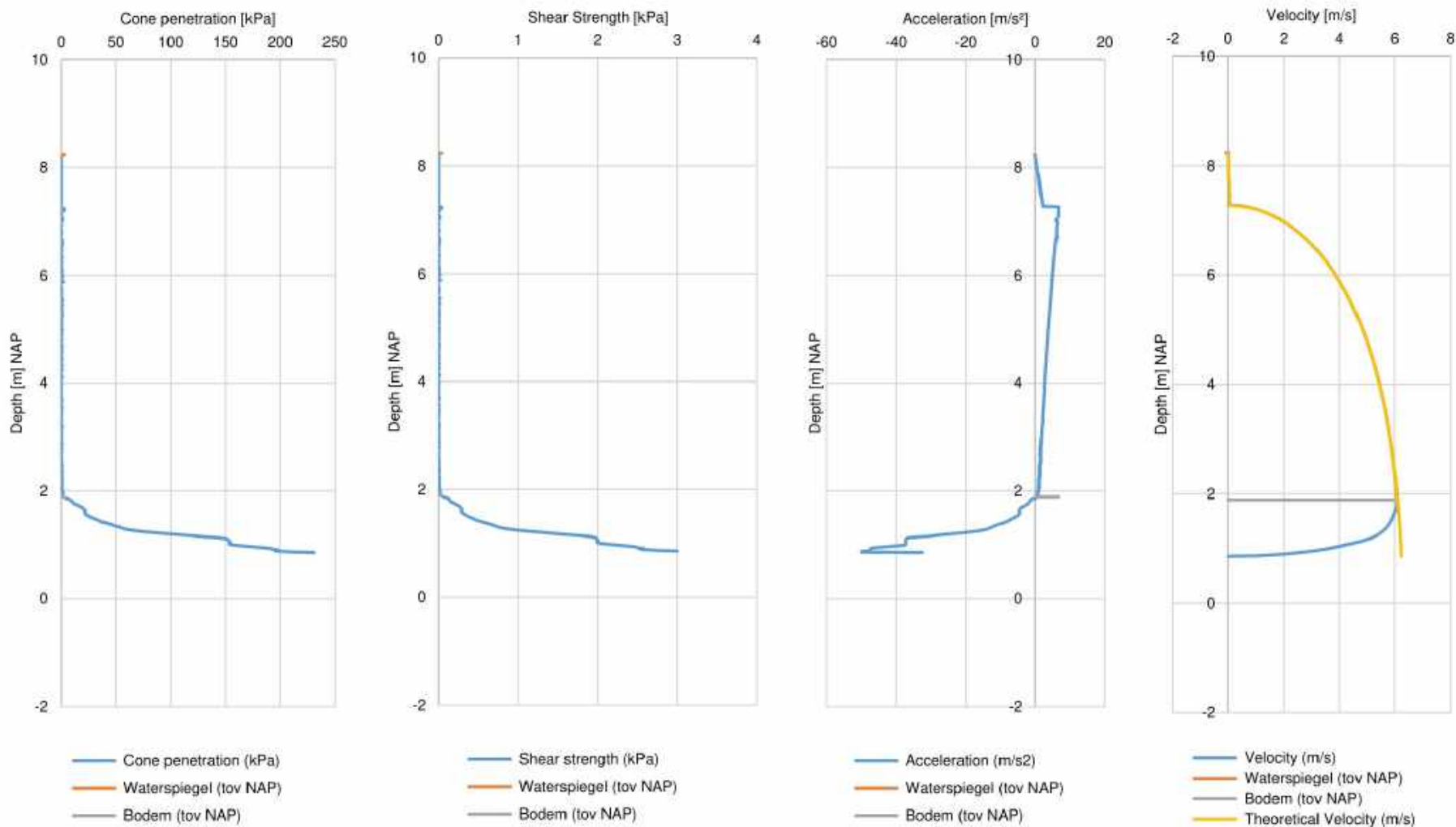
1218-0096-000  
VAL34



Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 1.26  
Datum 20-3-2019

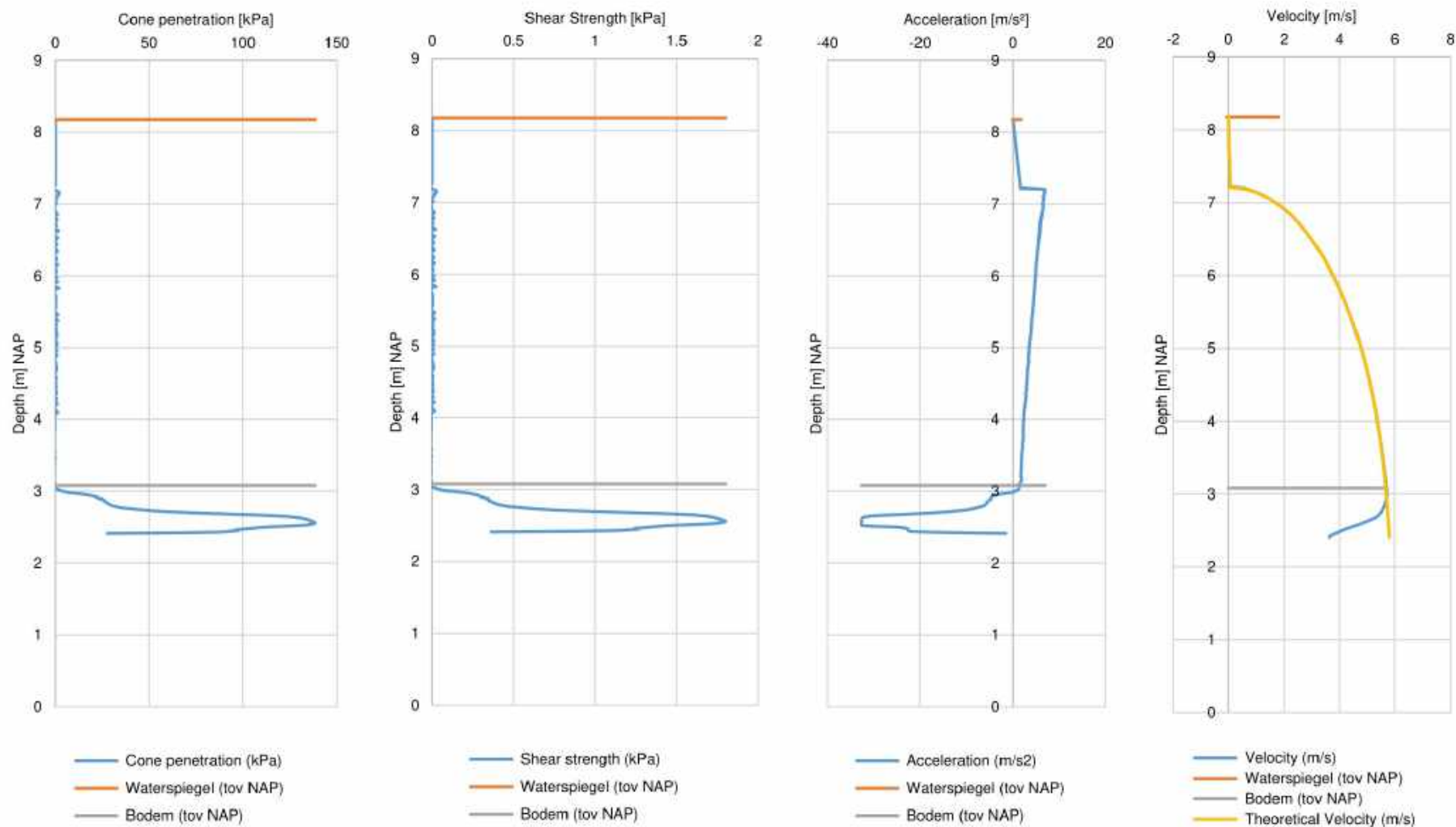
Locatie RD  
x 100012.1 [m]  
y 498349.5 [m]





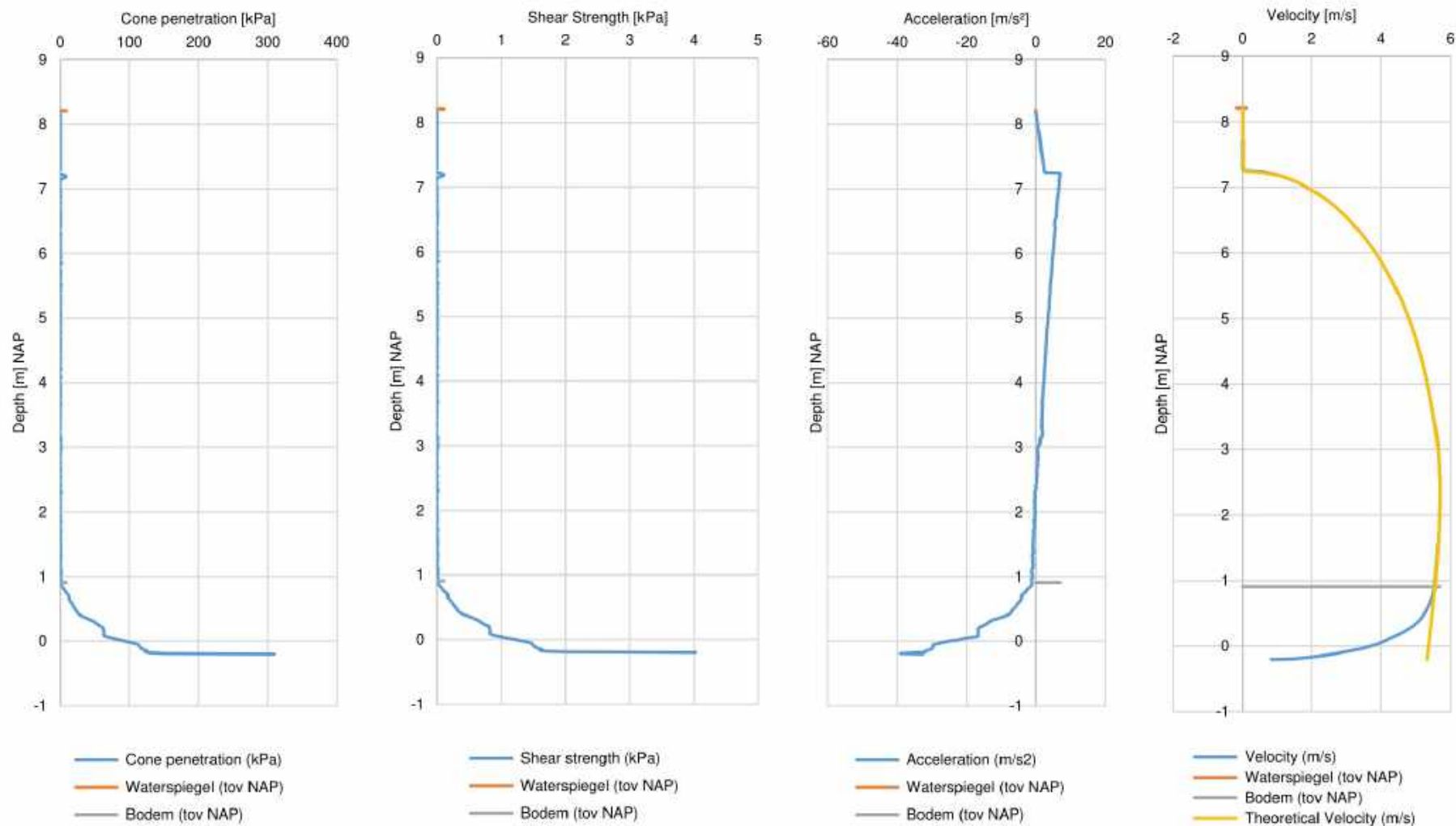
Waterspiegel (tov NAP) 8.24  
Bodem (tov NAP) 1.89  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 100054.8 [m]  
y 498348.1 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.18  
Bodem (tov NAP) 3.08  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99766.95 [m]  
y 498305.4 [m]

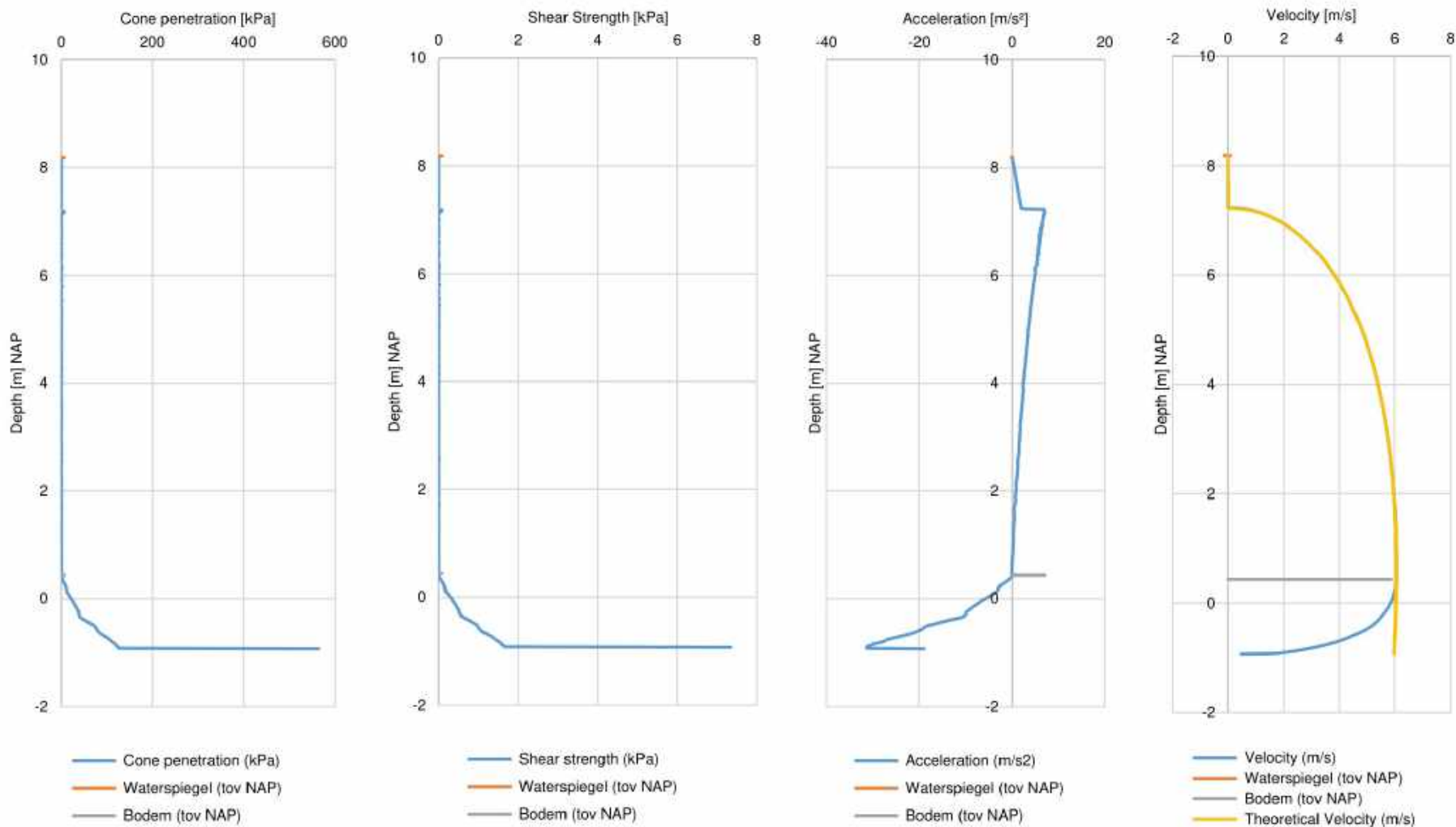


Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 0.91  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99804.52 [m]  
y 498309.8 [m]

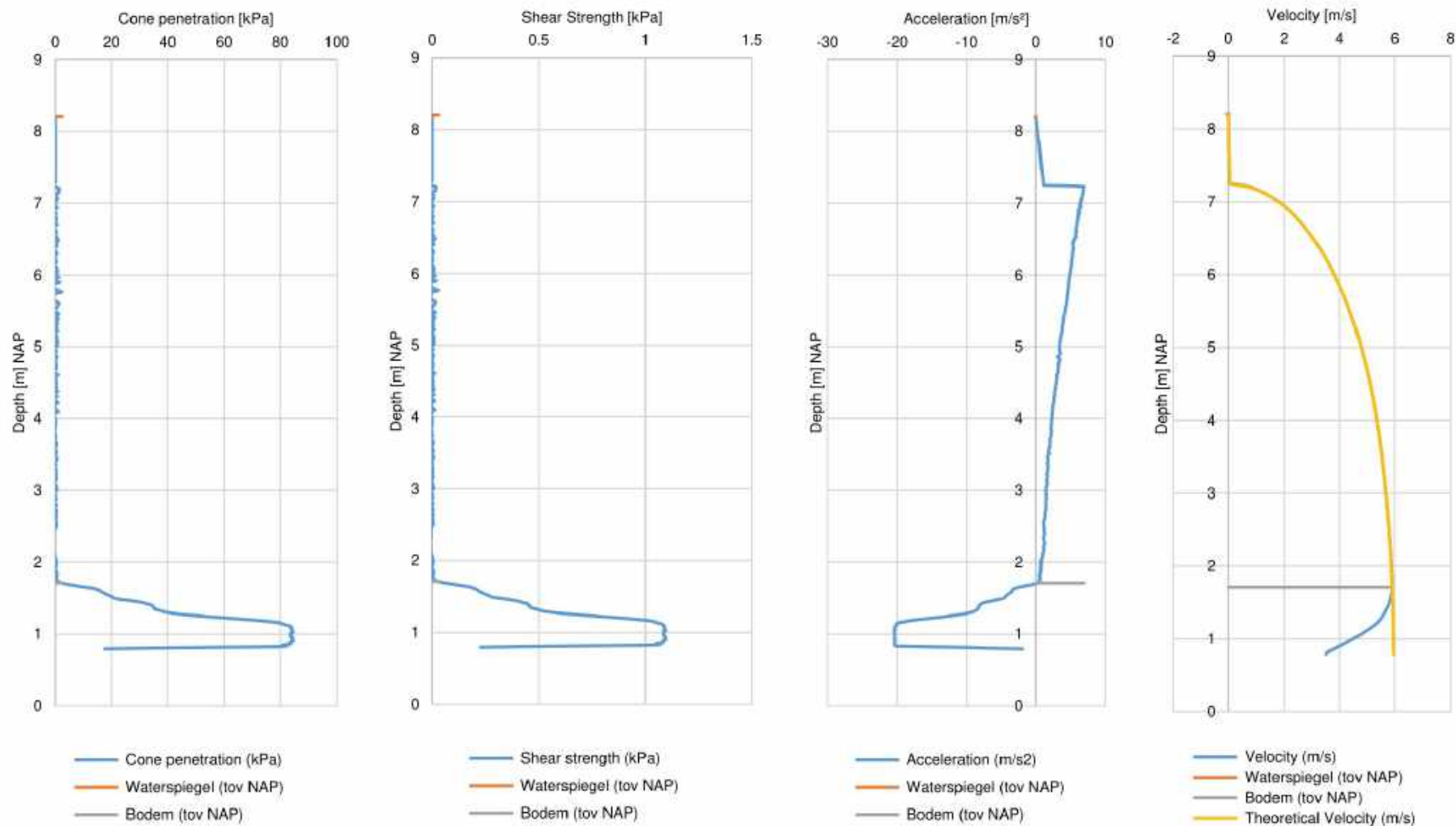


1218-0096-000  
VAL38



Waterspiegel (tov NAP) 8.19  
Bodem (tov NAP) 0.44  
Datum 20-3-2019

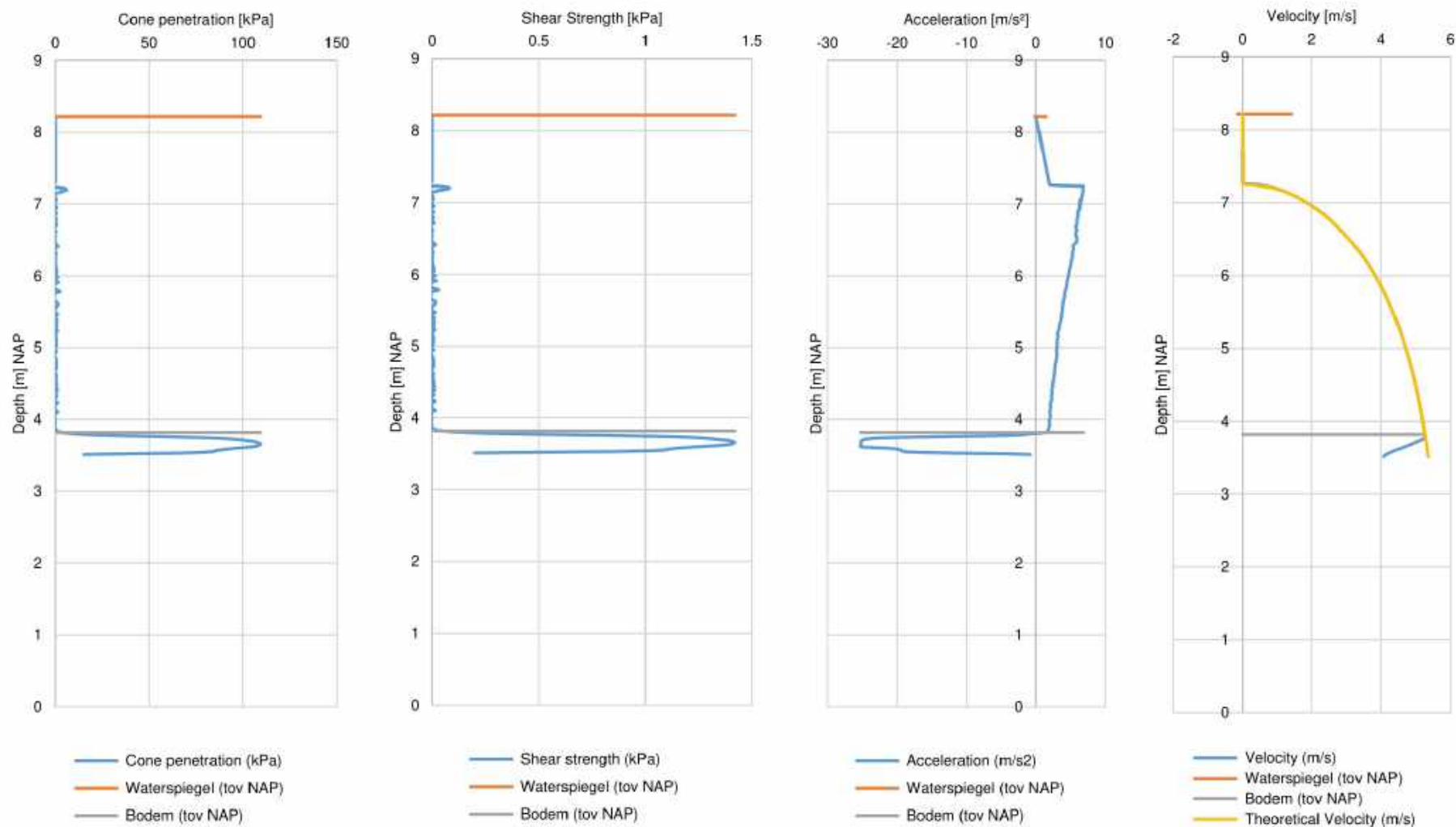
Locatie RD  
x 99862.36 [m]  
y 498314.1 [m]



Waterspiegel (tov NAP) 8.21  
Bodem (tov NAP) 1.71  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99906.63 [m]  
y 498302 [m]

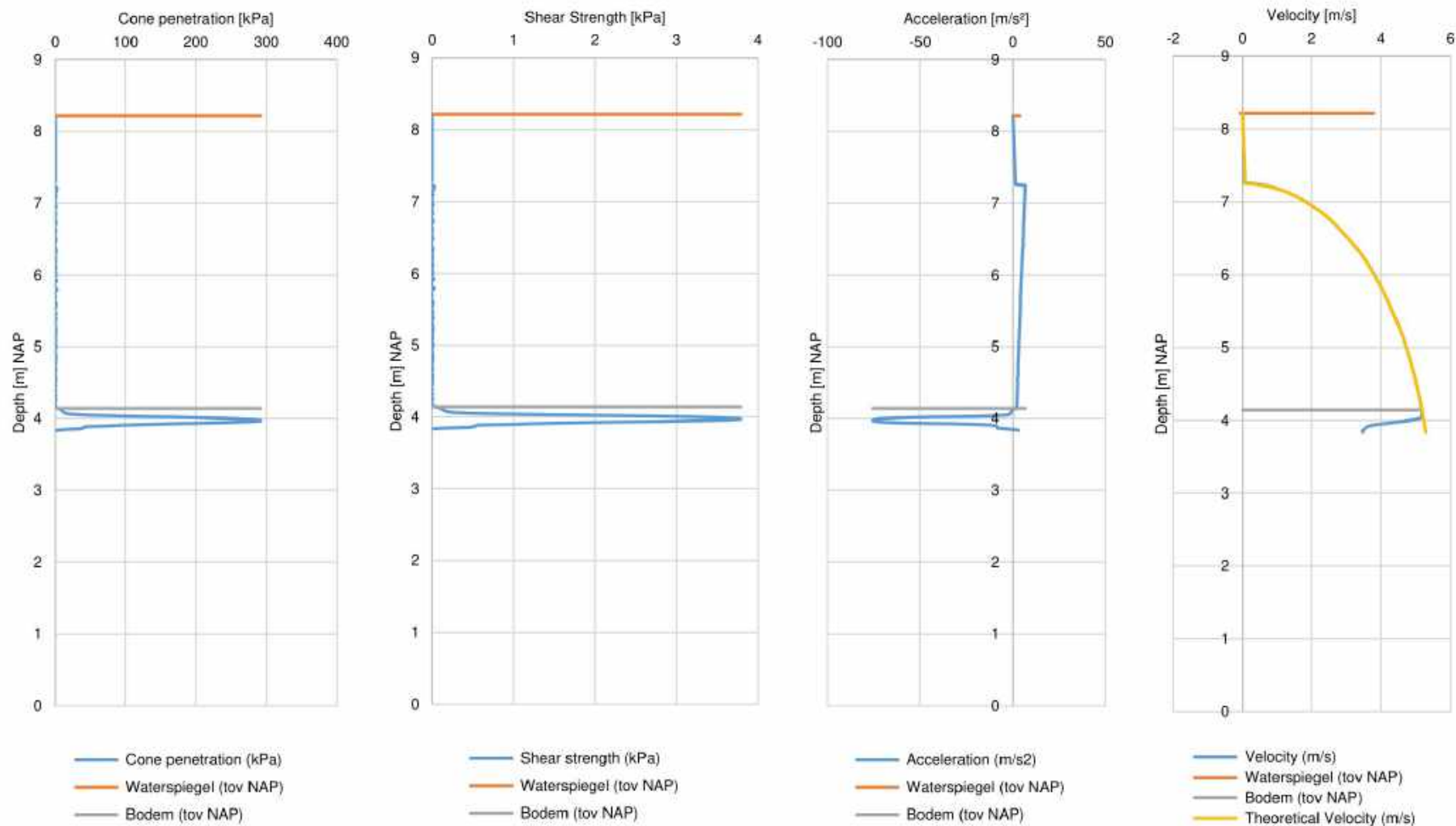
1218-0096-000  
VAL40



Waterspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 3.82  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99954.4 [m]  
y 498306.7 [m]

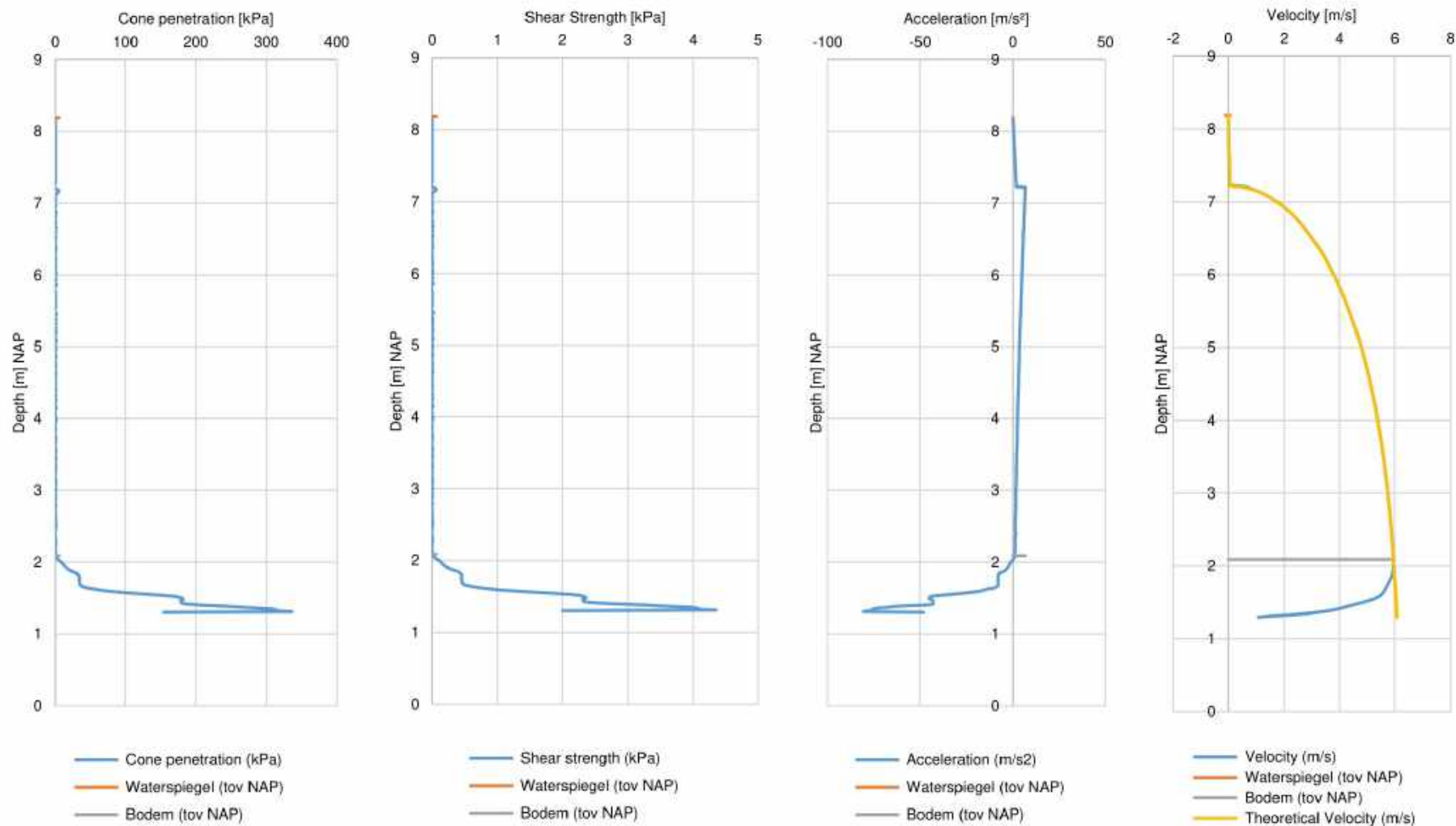




Waterspiegel (tov NAP) 8.22  
Bodem (tov NAP) 4.14  
Datum 20-3-2019

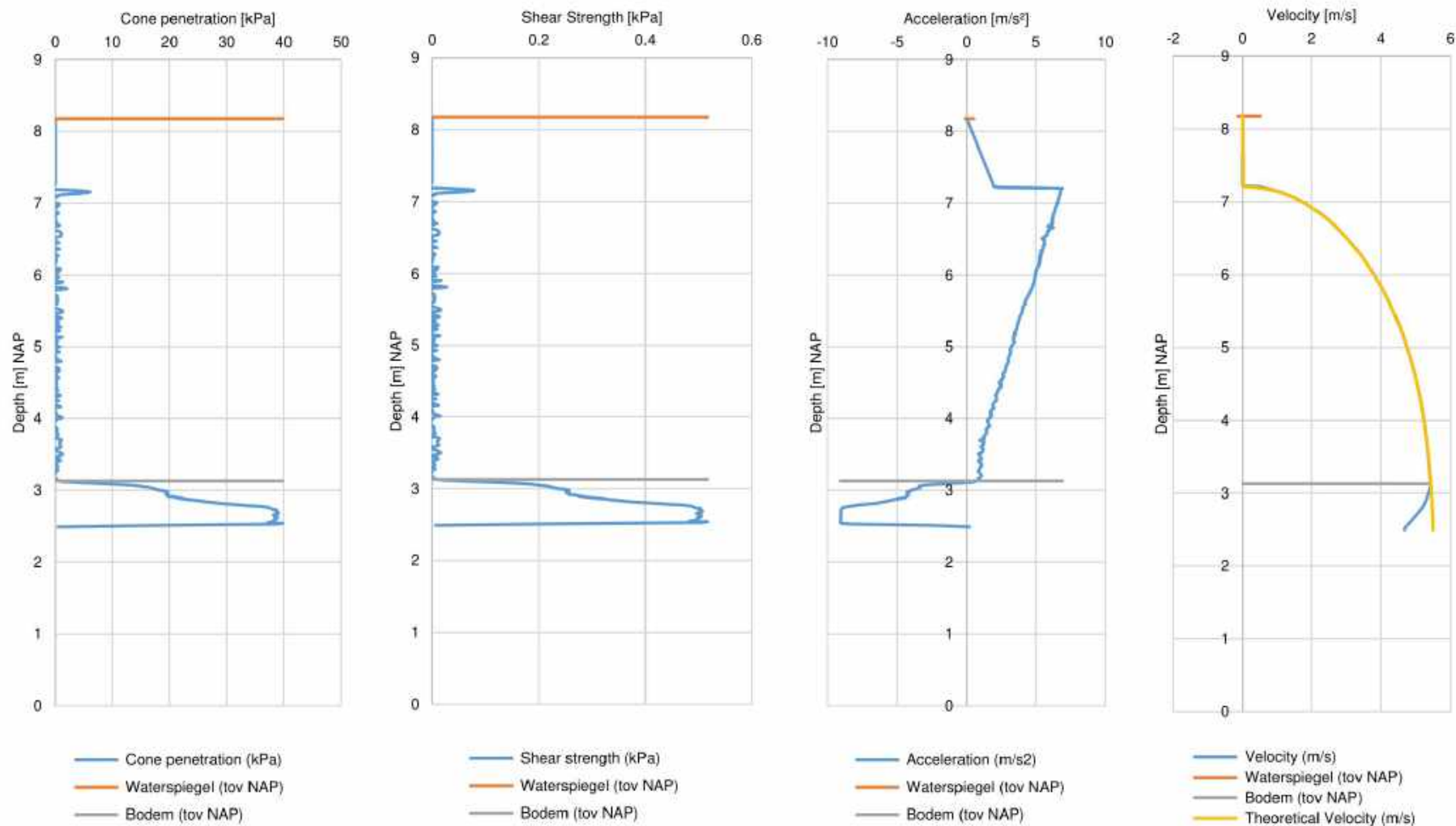
Locatie RD  
x 100011.4 [m]  
y 498320.8 [m]

1218-0096-000  
VAL42



Waterspiegel (tov NAP) 8.19  
Bodem (tov NAP) 2.09  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99767.19 [m]  
y 498275.2 [m]

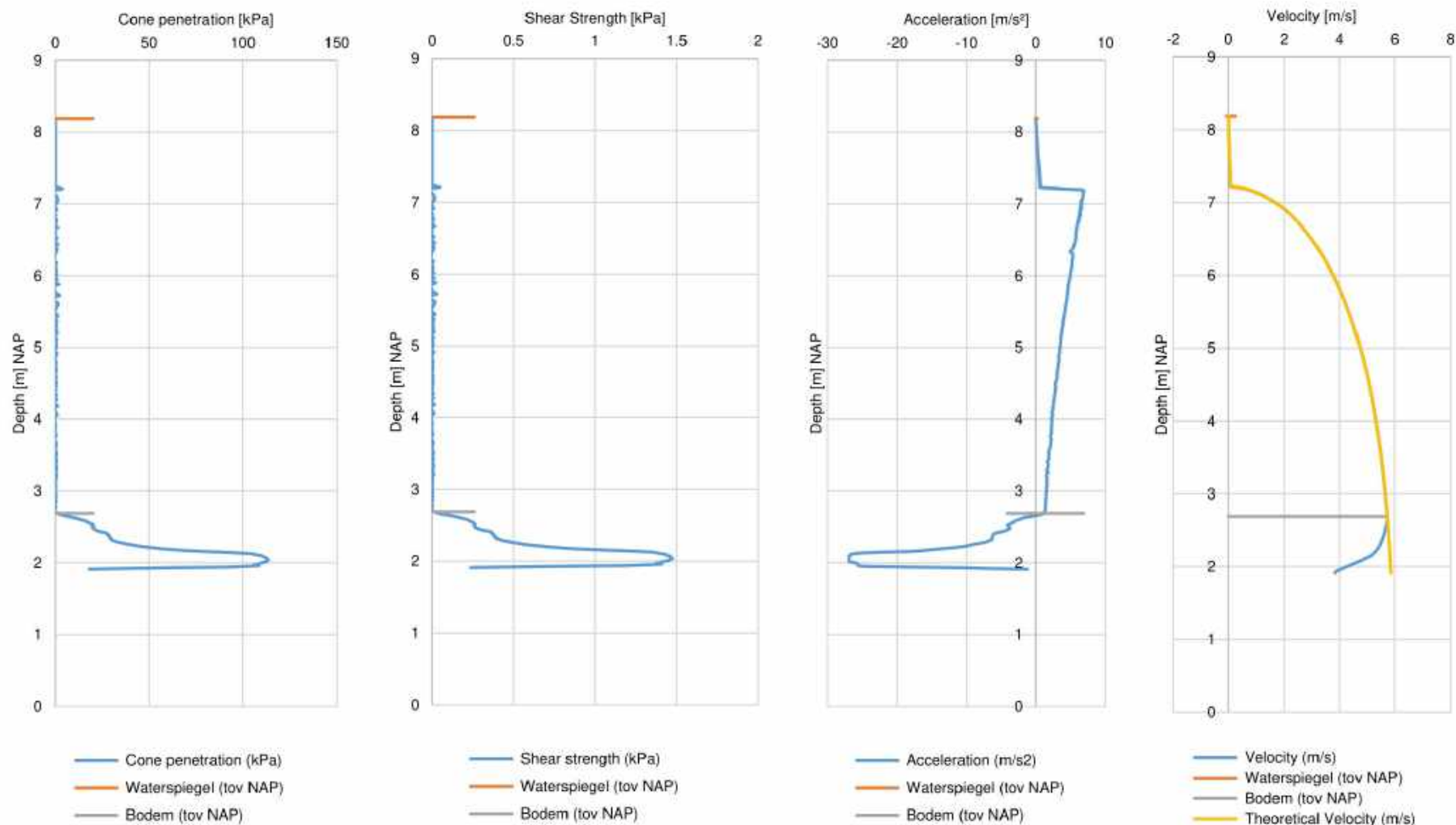


Waterspiegel (tov NAP) 8.18  
Bodem (tov NAP) 3.13  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99807.53 [m]  
y 498273.4 [m]



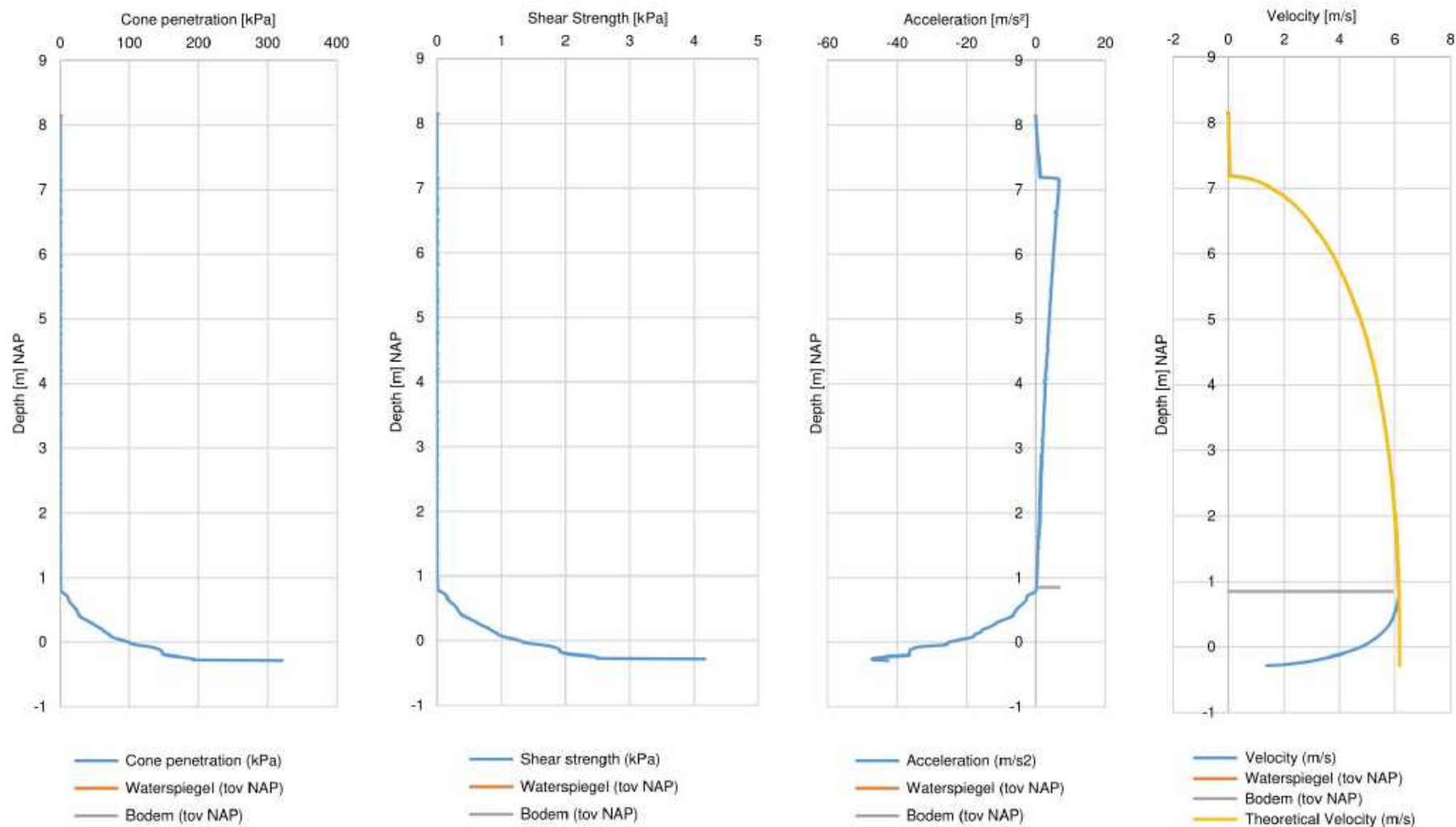
1218-0096-000  
VAL44



Waterspiegel (tov NAP) 8.19  
Bodem (tov NAP) 2.69  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99859.79 [m]  
y 498286.8 [m]

1218-0096-000  
VAL45



Waterspiegel (tov NAP)

8.15

Bodem (tov NAP)

0.85

Datum

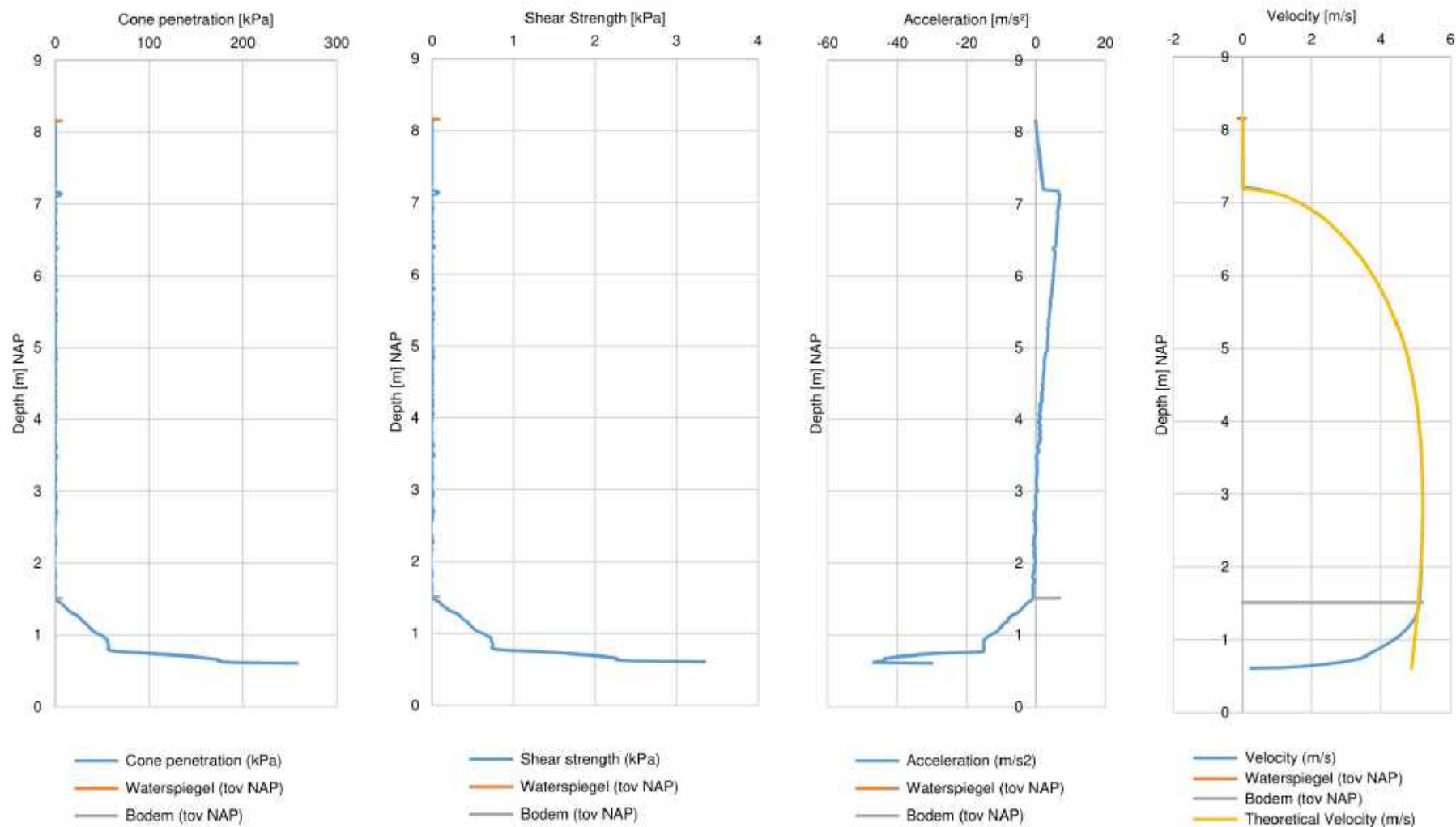
20-3-2019

Locatie RD

x 99825.37 [m]

y 498301.3 [m]

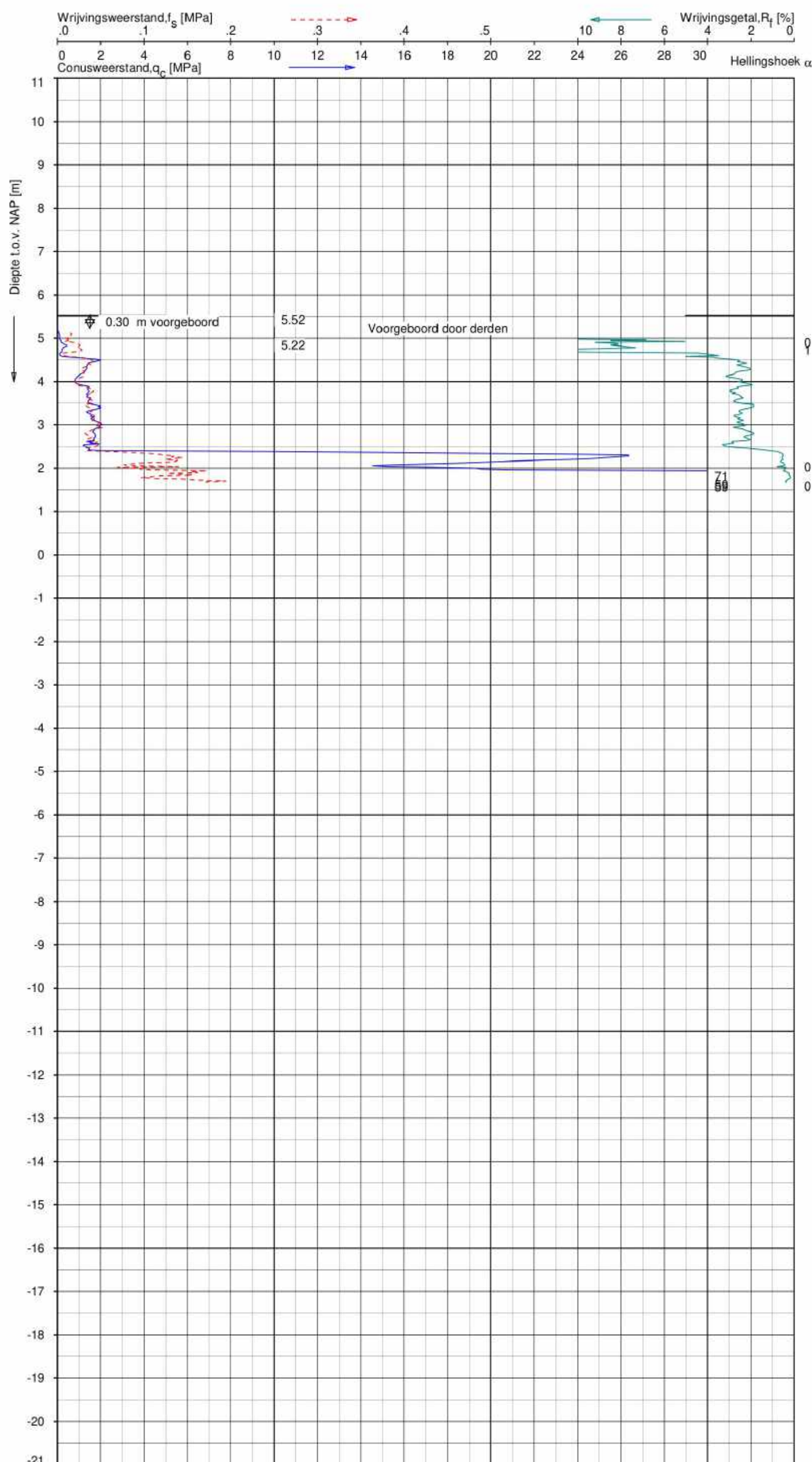
1218-0096-000  
VAL46



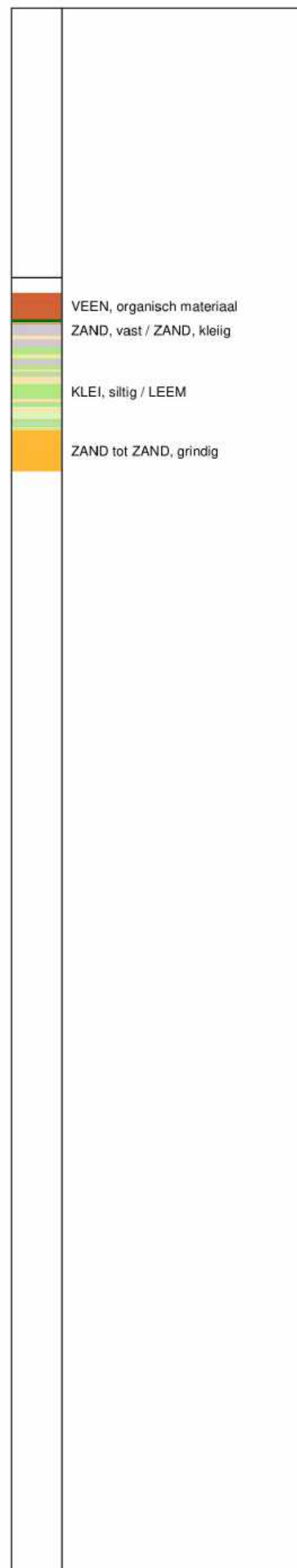
Waterspiegel (tov NAP) 8.16  
Bodem (tov NAP) 1.51  
Datum 20-3-2019

Locatie RD  
x 99950.34 [m]  
y 498328.6 [m]





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

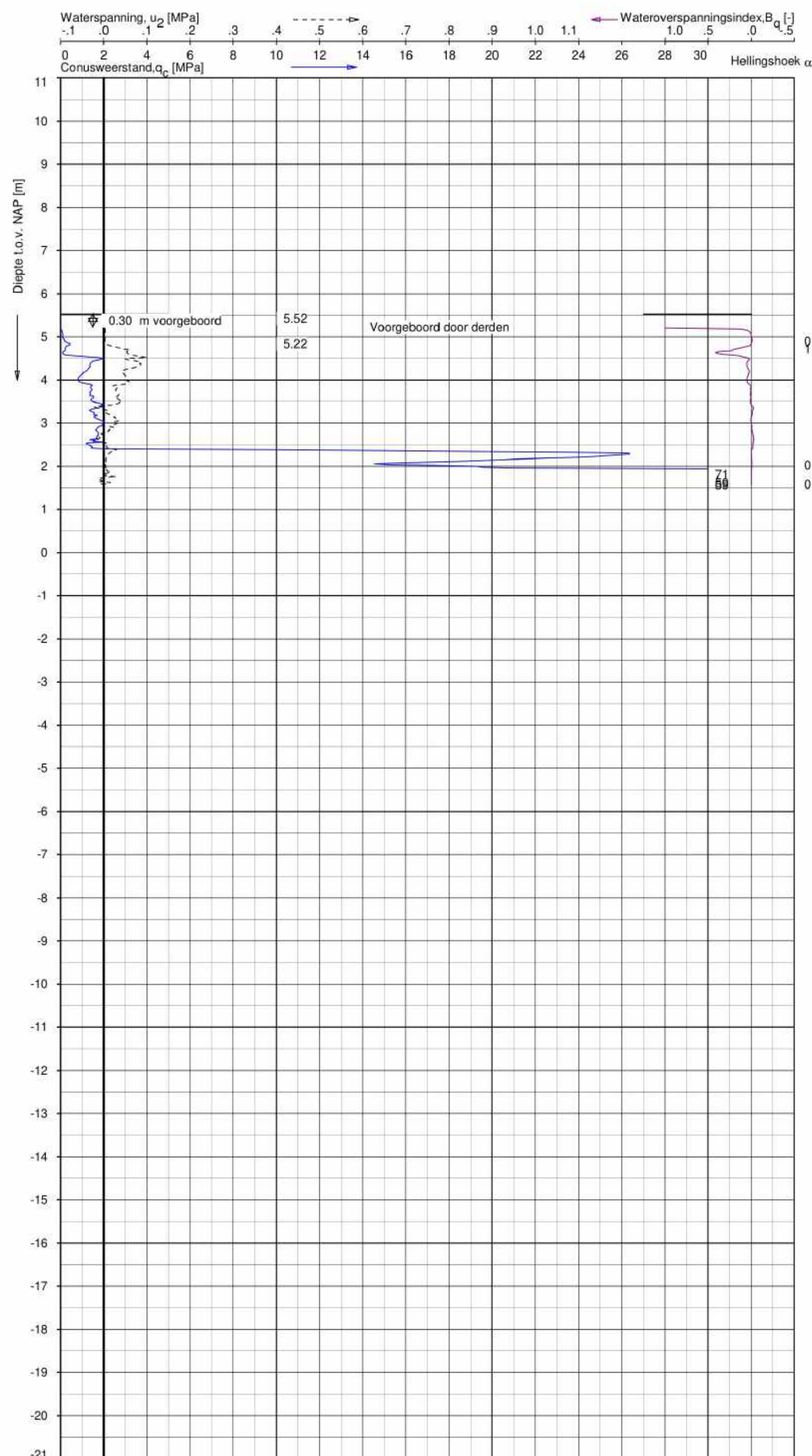


Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X=100137.6m Y=498407.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.52m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{ts} = 19895 \text{ mm}^2$

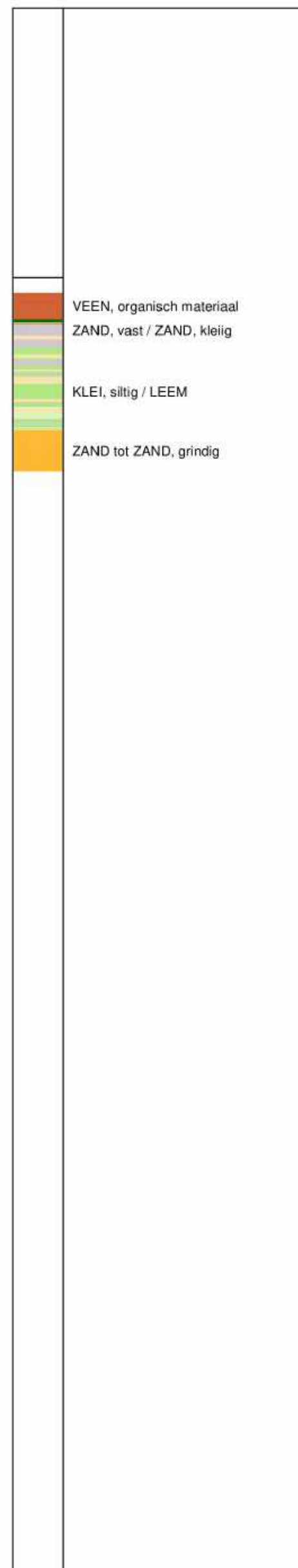
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP1



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

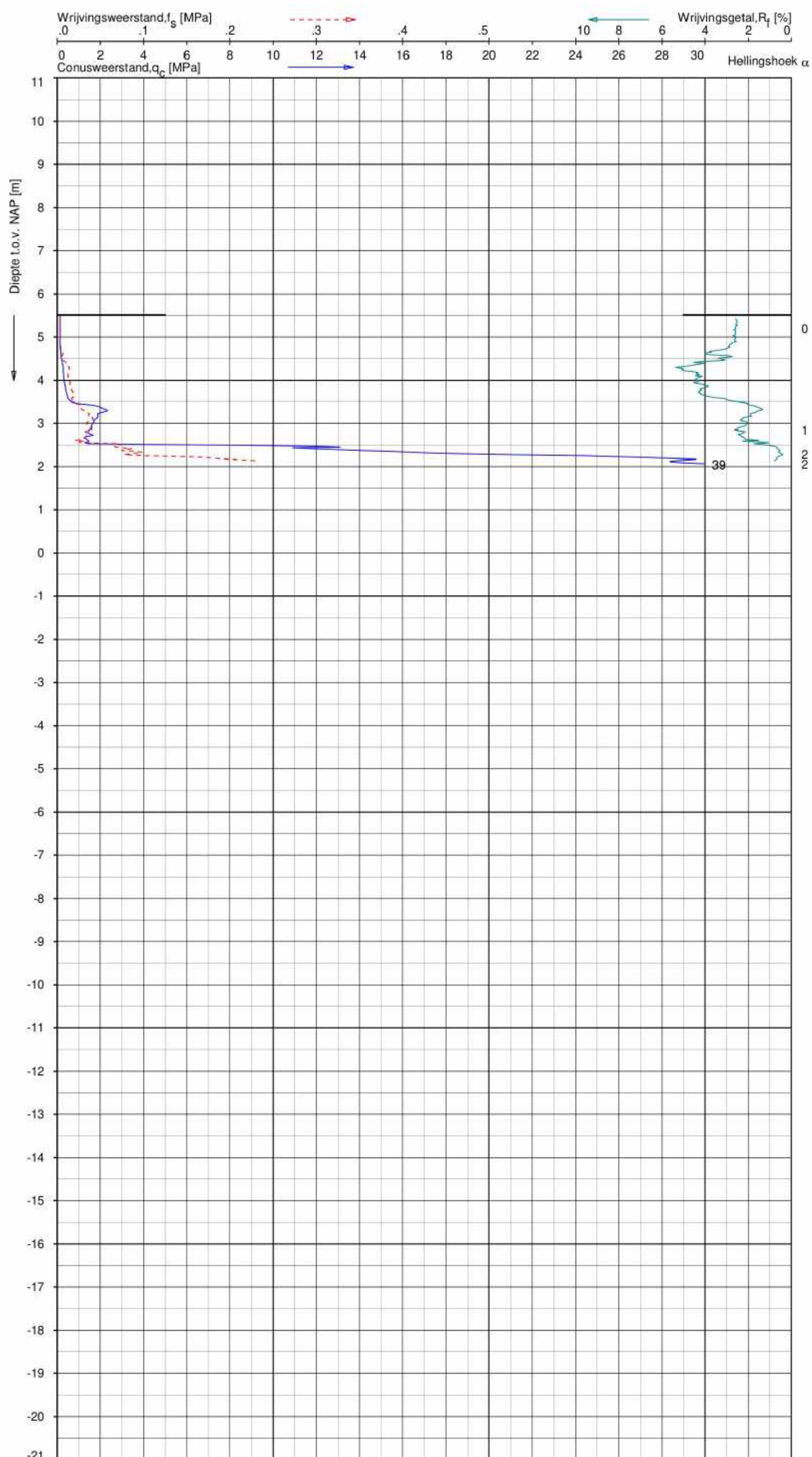


Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X=100137.6m Y=498407.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.52m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{50} = 19895 \text{ mm}^2$

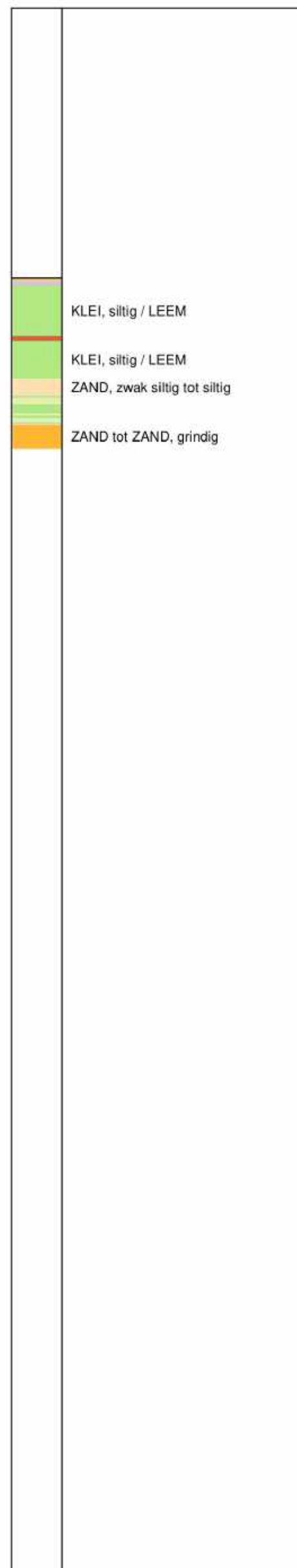
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP1



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



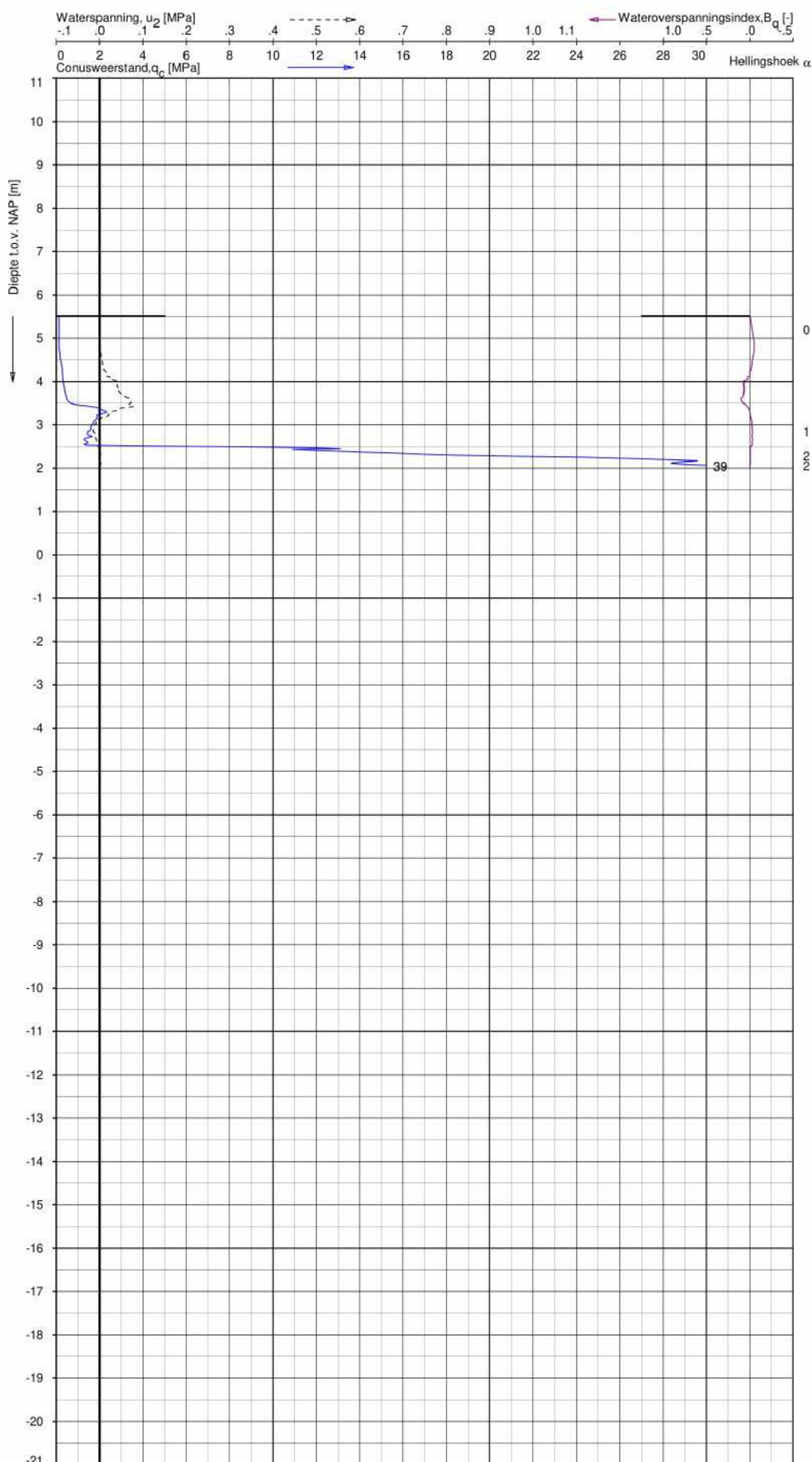
Opg. : JSL/BJ	d.d. 19-mrt-2019	Coord.: X=100136.2m Y=498403.6m	Systeem: RD	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. [redacted]	d.d. 28-mrt-2019	MV = NAP +5.51 m Conus: CP15-CF75PB1SN2	1701-3028	Toepassingsklasse 2, Test type TE2
				Conustype: $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ; $A_{ts} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

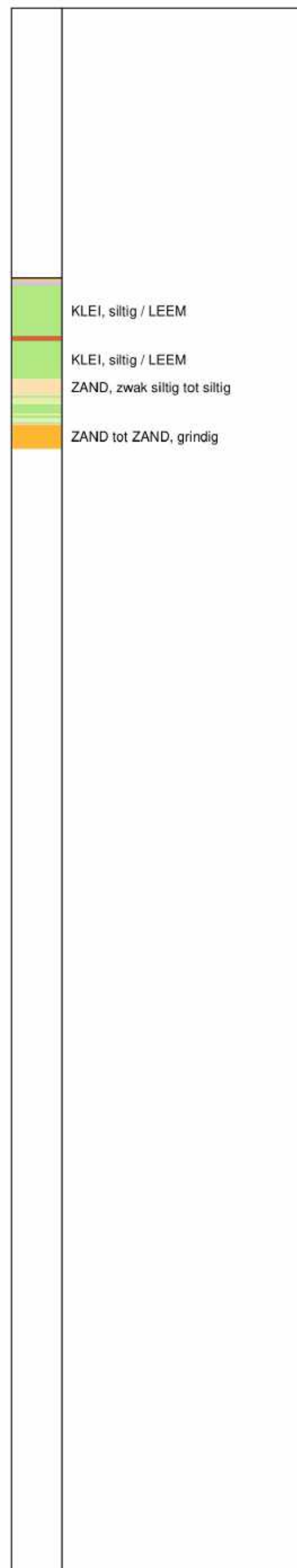
GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP1A





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

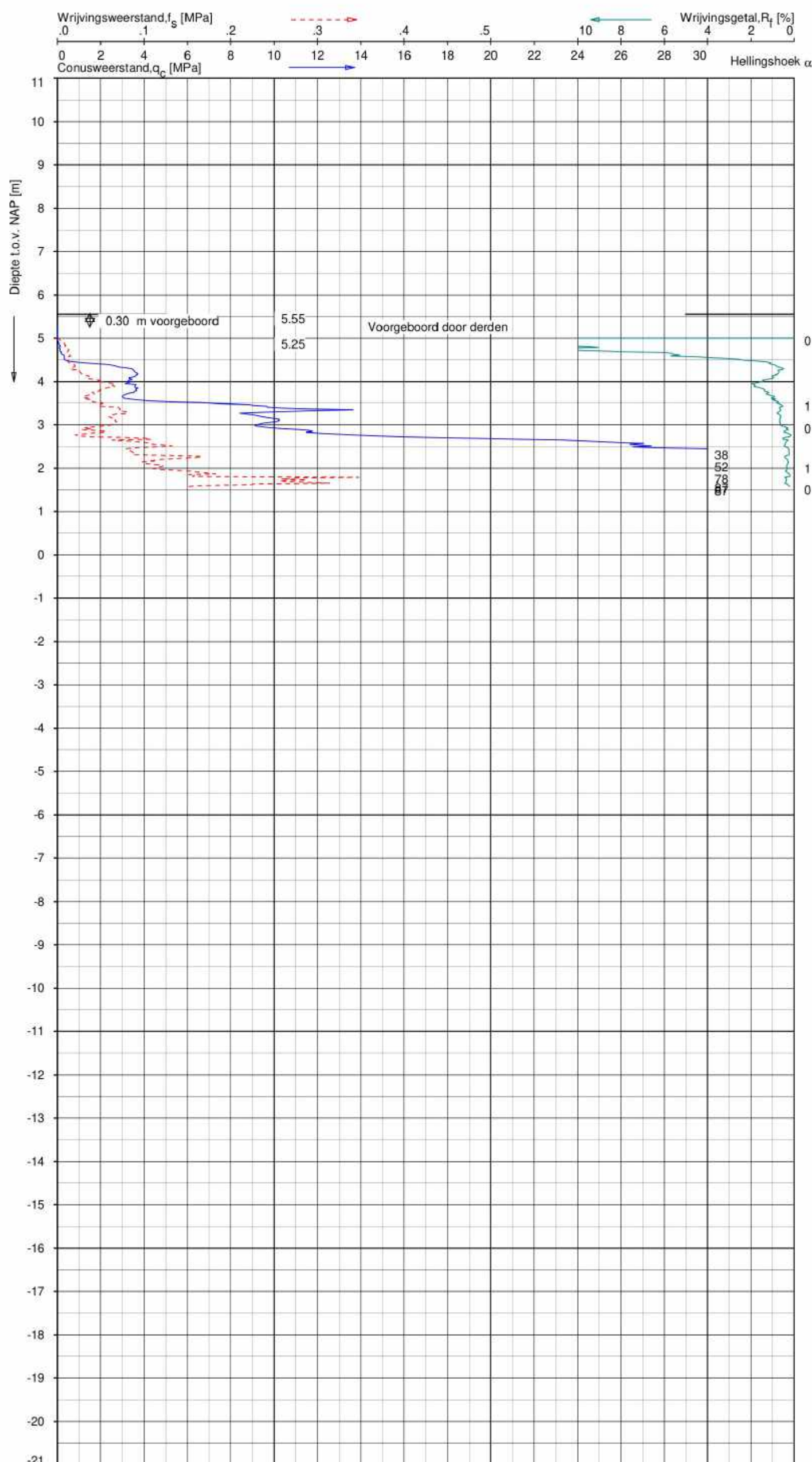


Opg. : JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019 Coord.: X=100136.2m Y=498403.6m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.51 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{50} = 19895 \text{ mm}^2$

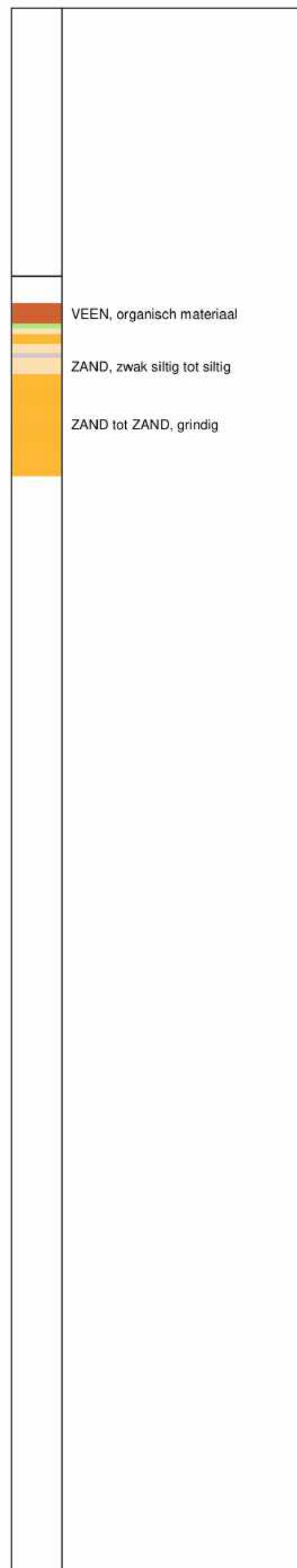
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP1A



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

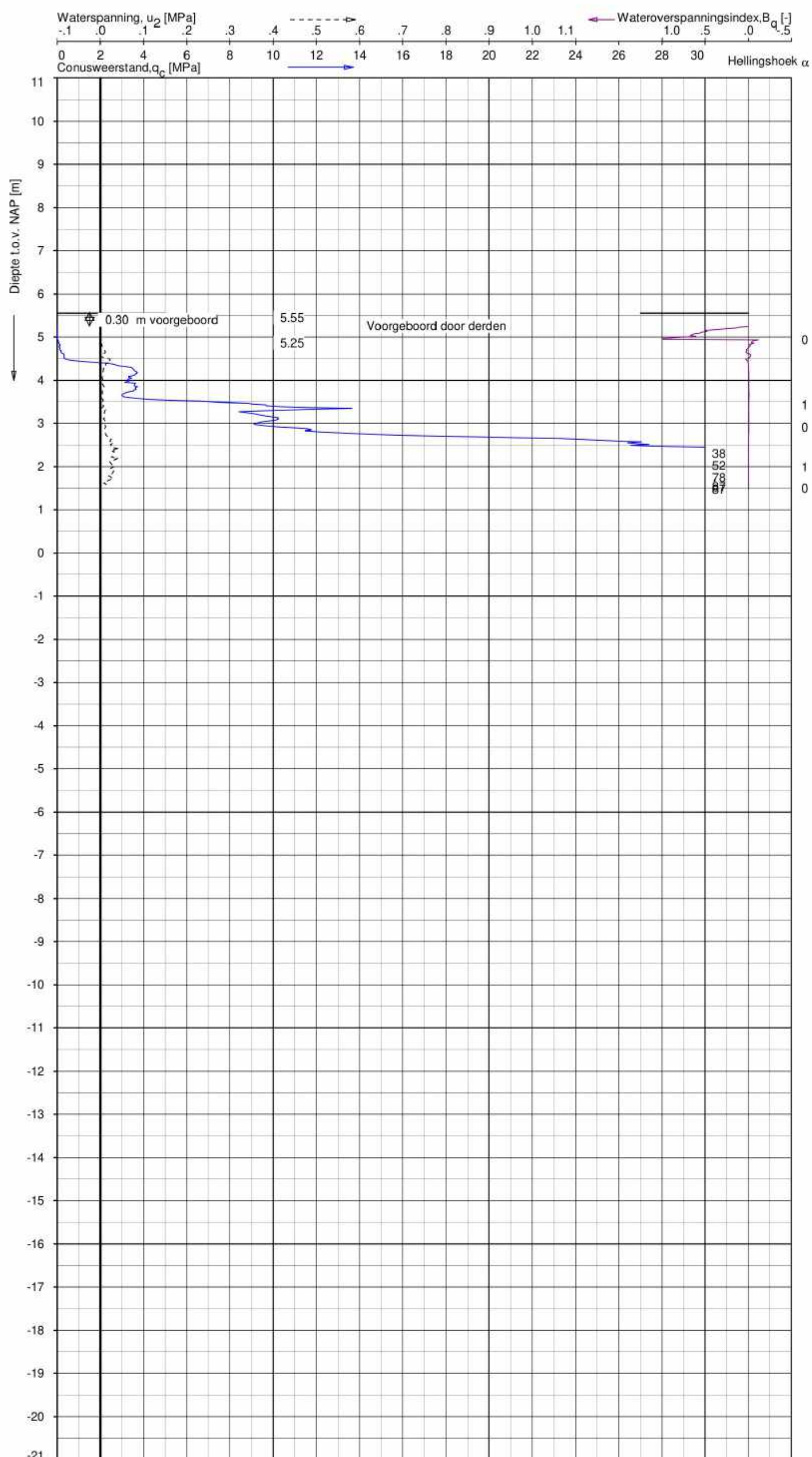


Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X=100147.5m Y=498524.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.55m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{50} = 19895 \text{ mm}^2$

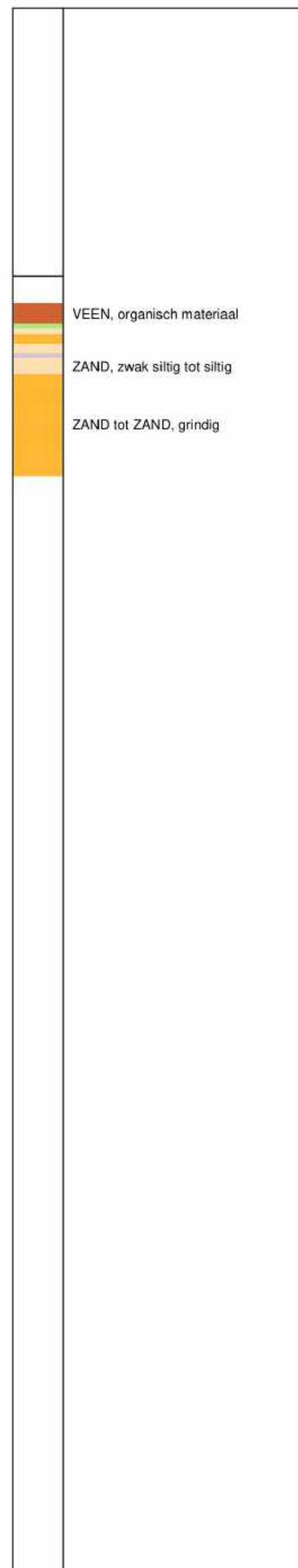
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP2



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



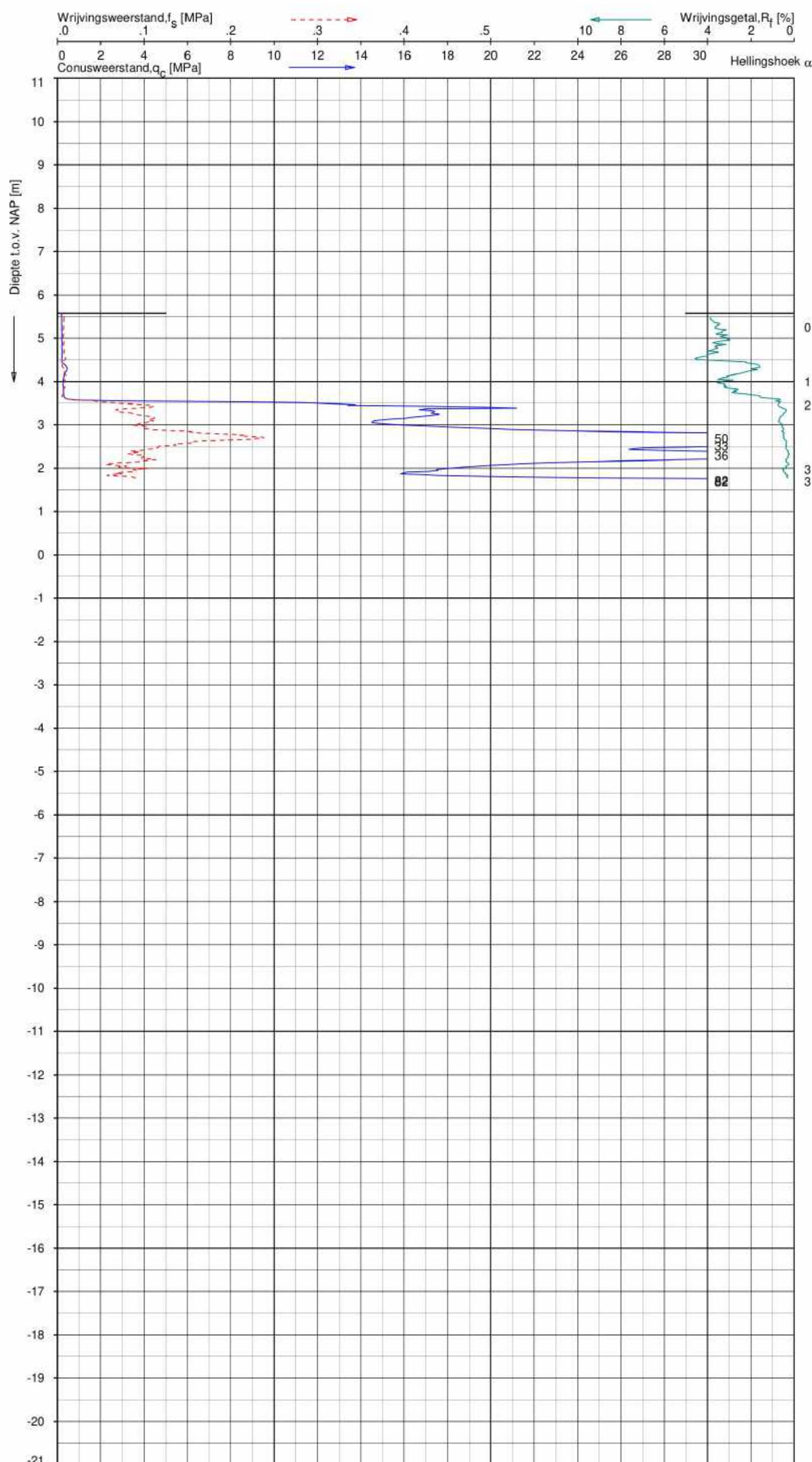
Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X=100147.5m Y=498524.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.55m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{cs} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

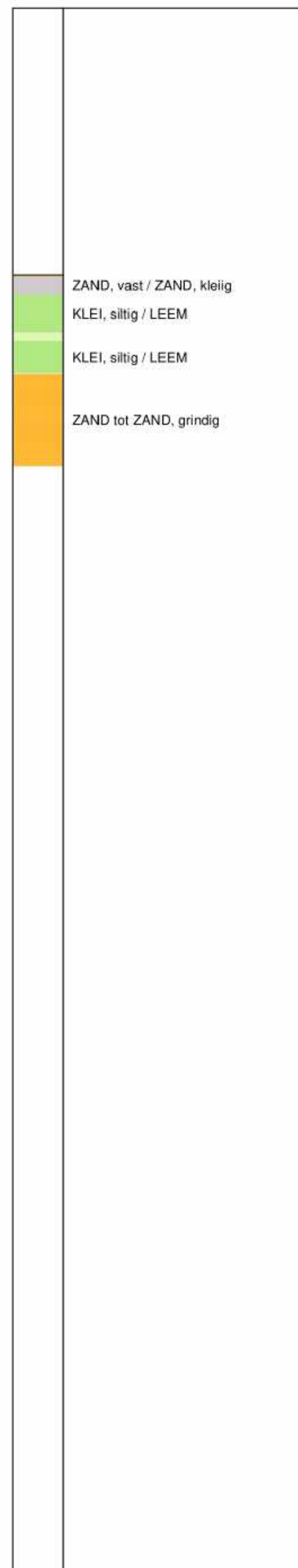
GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP2





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

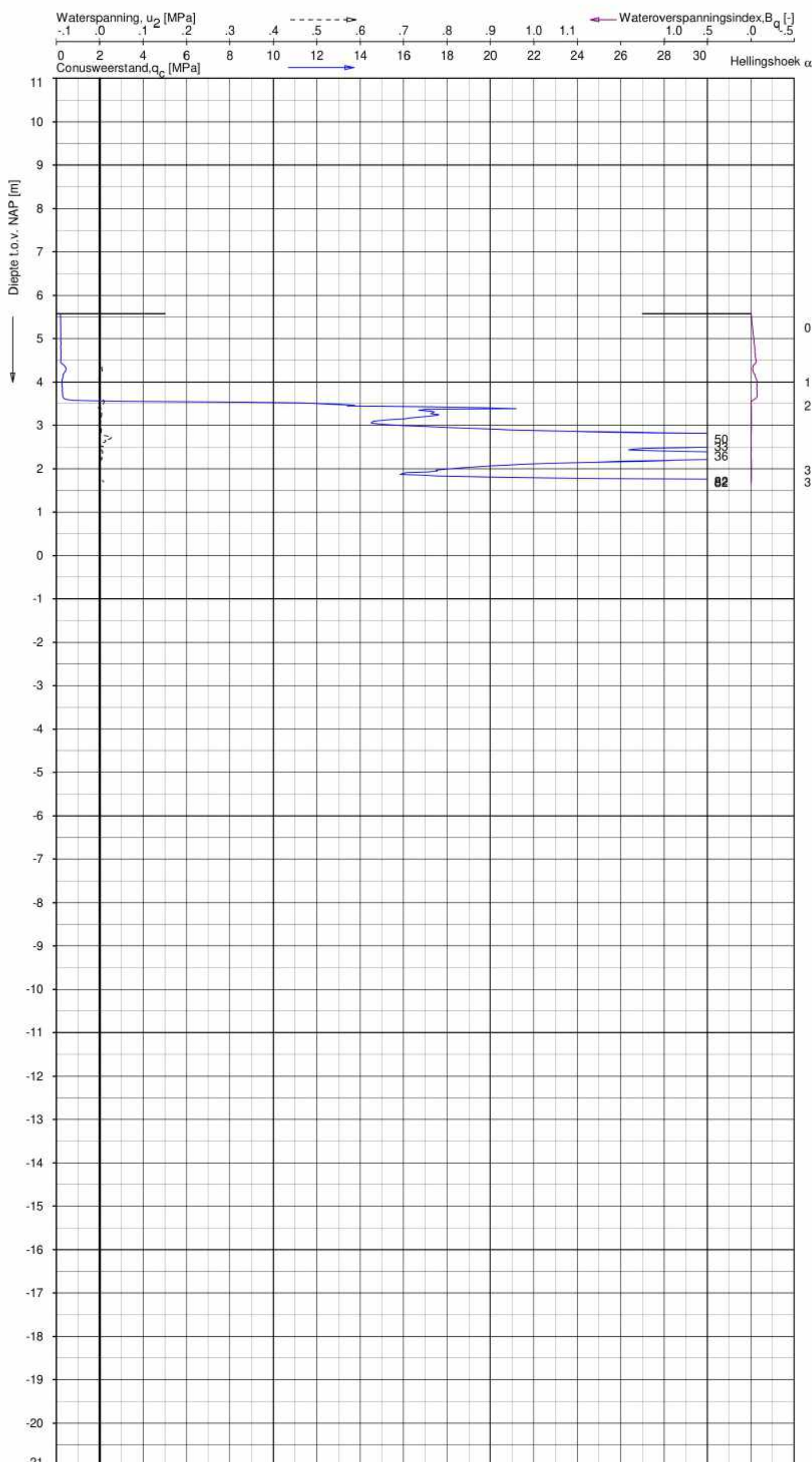


Opg. : JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019 Coord.: X=100147.2m Y=498519.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
Get. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.57m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
Conustype:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{50} = 19895 \text{ mm}^2$

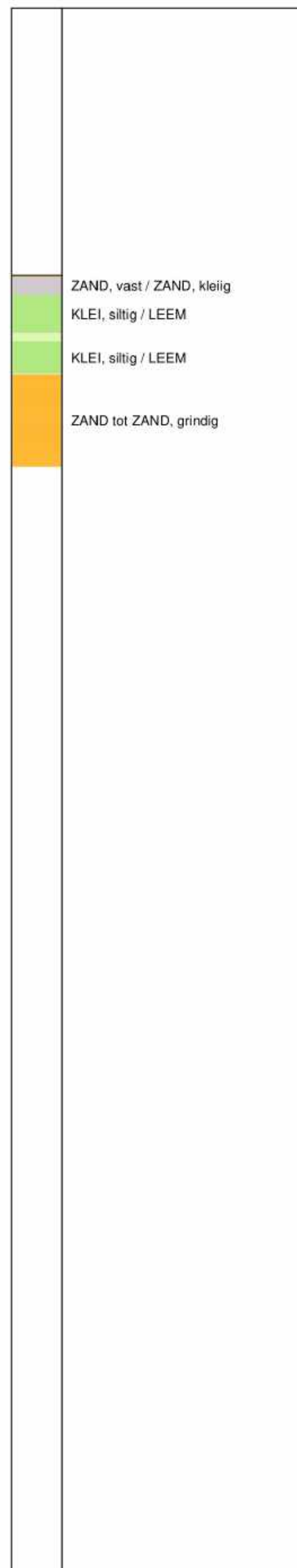
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP2A



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



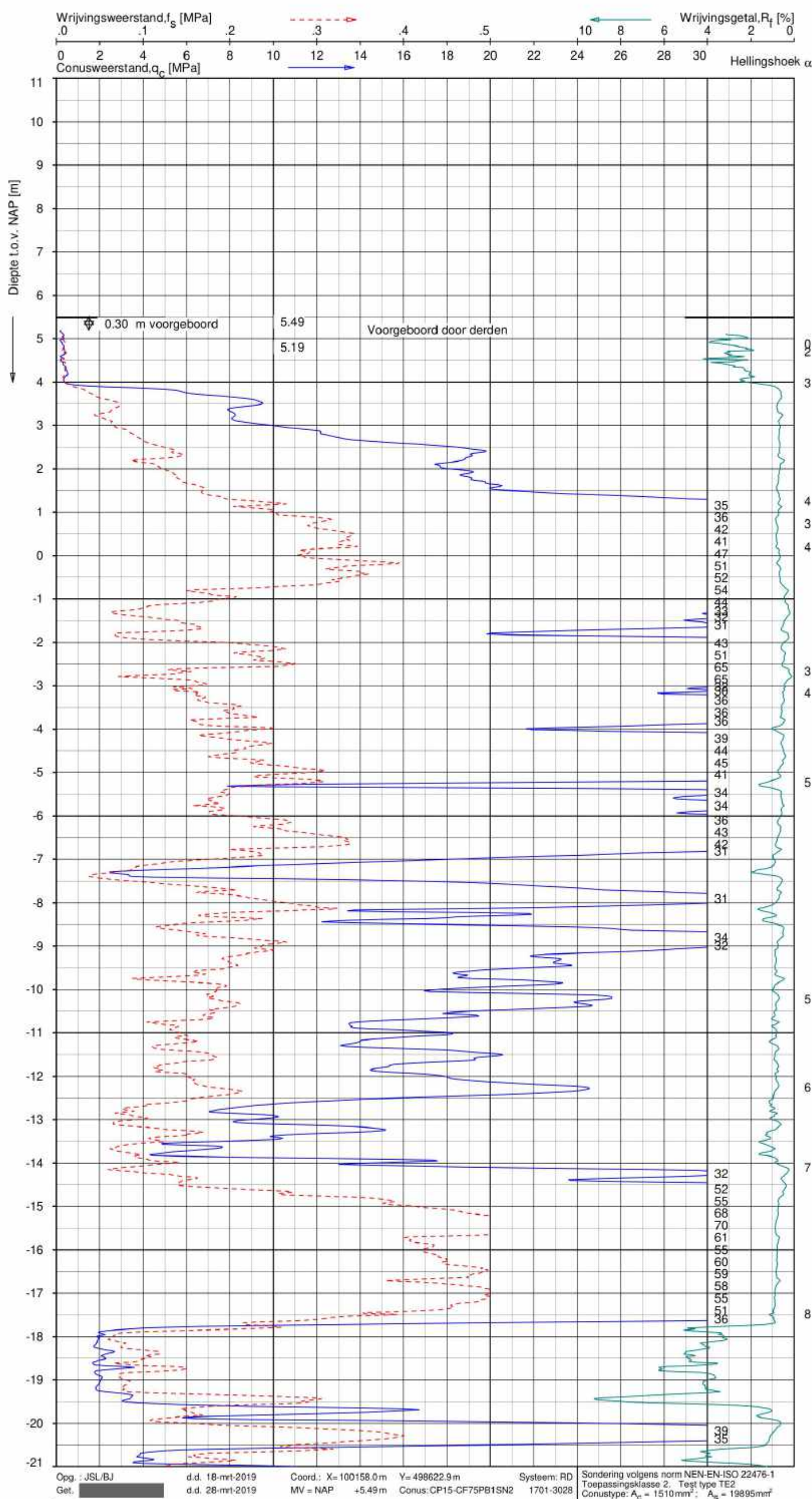
Opg. : JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019 Coord.: X=100147.2m Y=498519.7m Systeem: RD  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.57m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{cs} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP2A





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

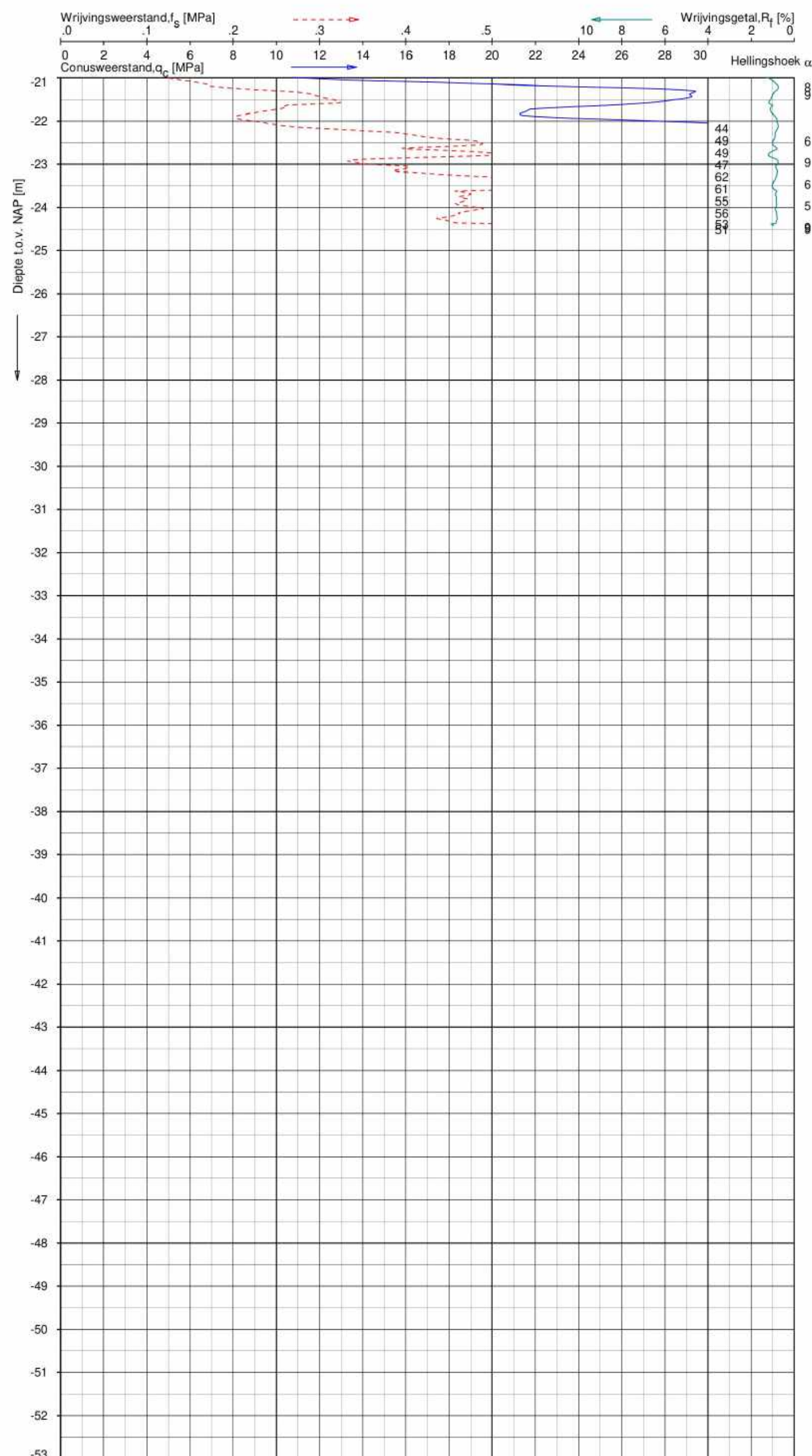


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP3





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

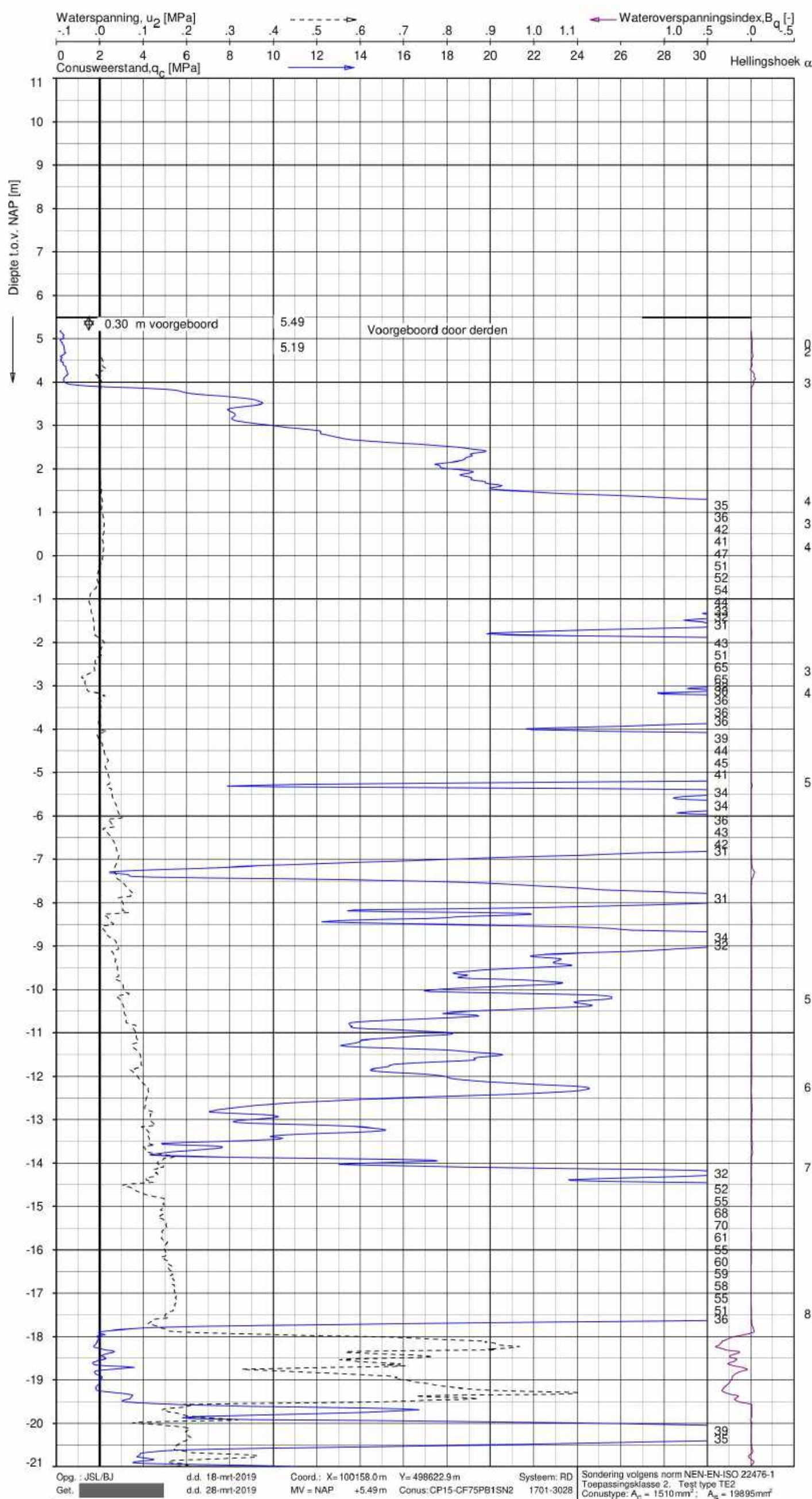
ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X=100158.0m Y=498622.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.49m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{1m} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{3m} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP3



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



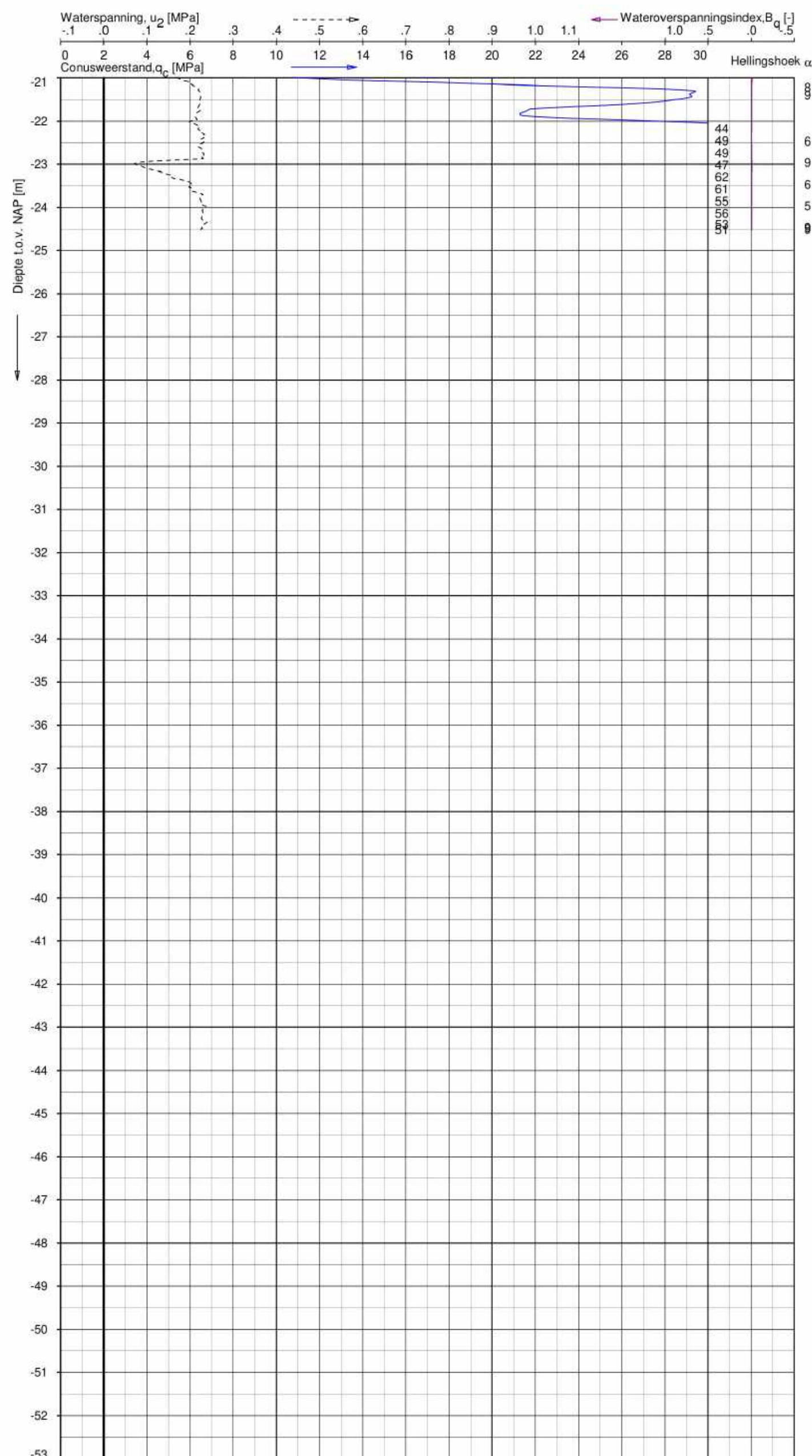
Opg.: JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X=100158.0m Y=498622.9m Systeem: RD  
 Gel.: d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.49m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conus type:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{15} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG) ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP3





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

ZAND, zwak siltig tot siltig

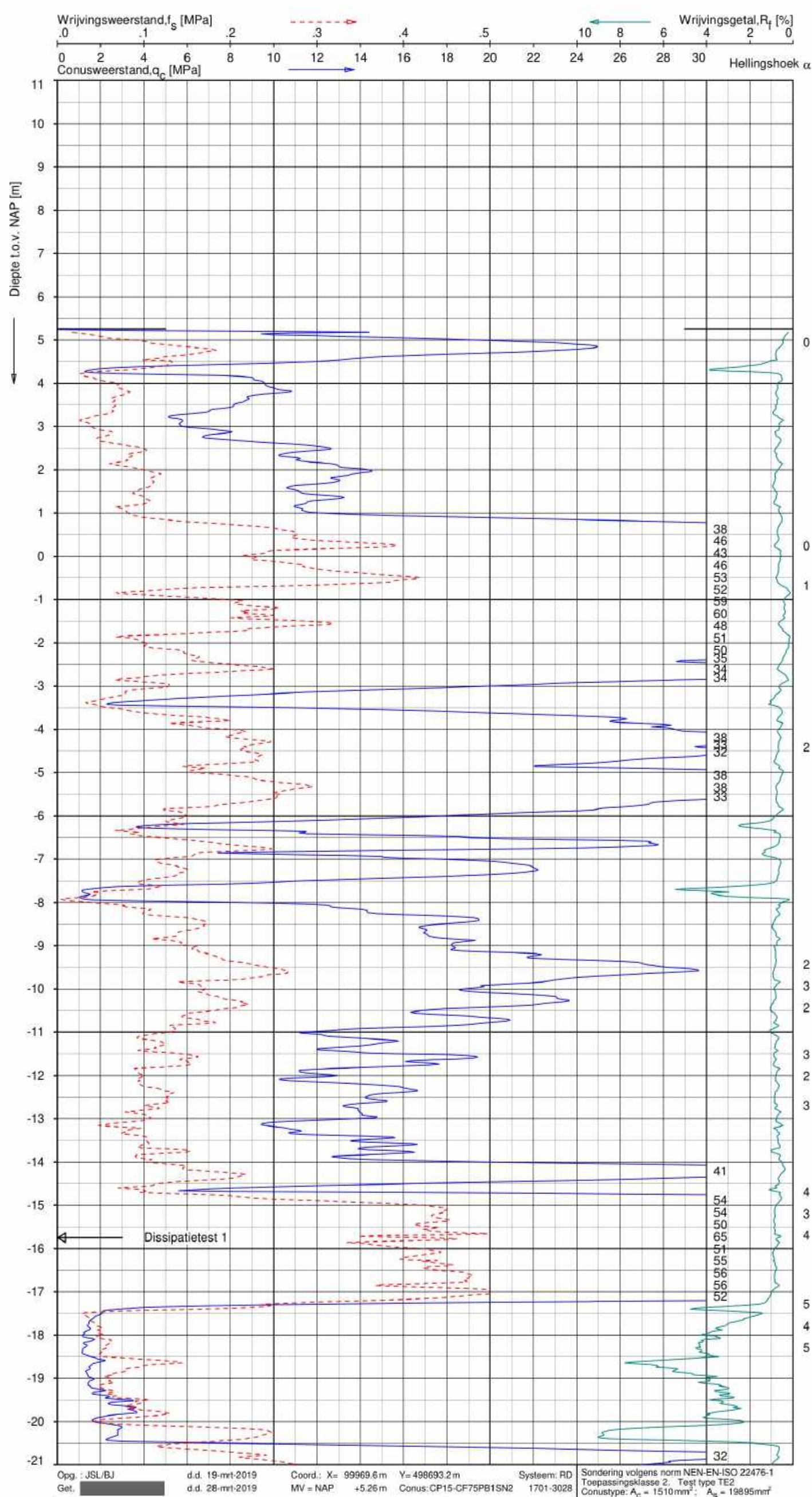
Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X=100158.0 m Y=498622.9 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.49 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{50} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

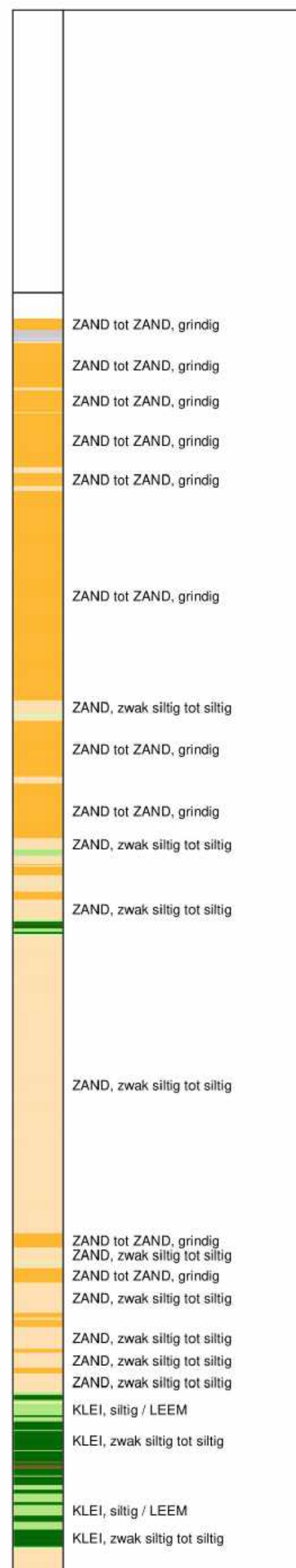
GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

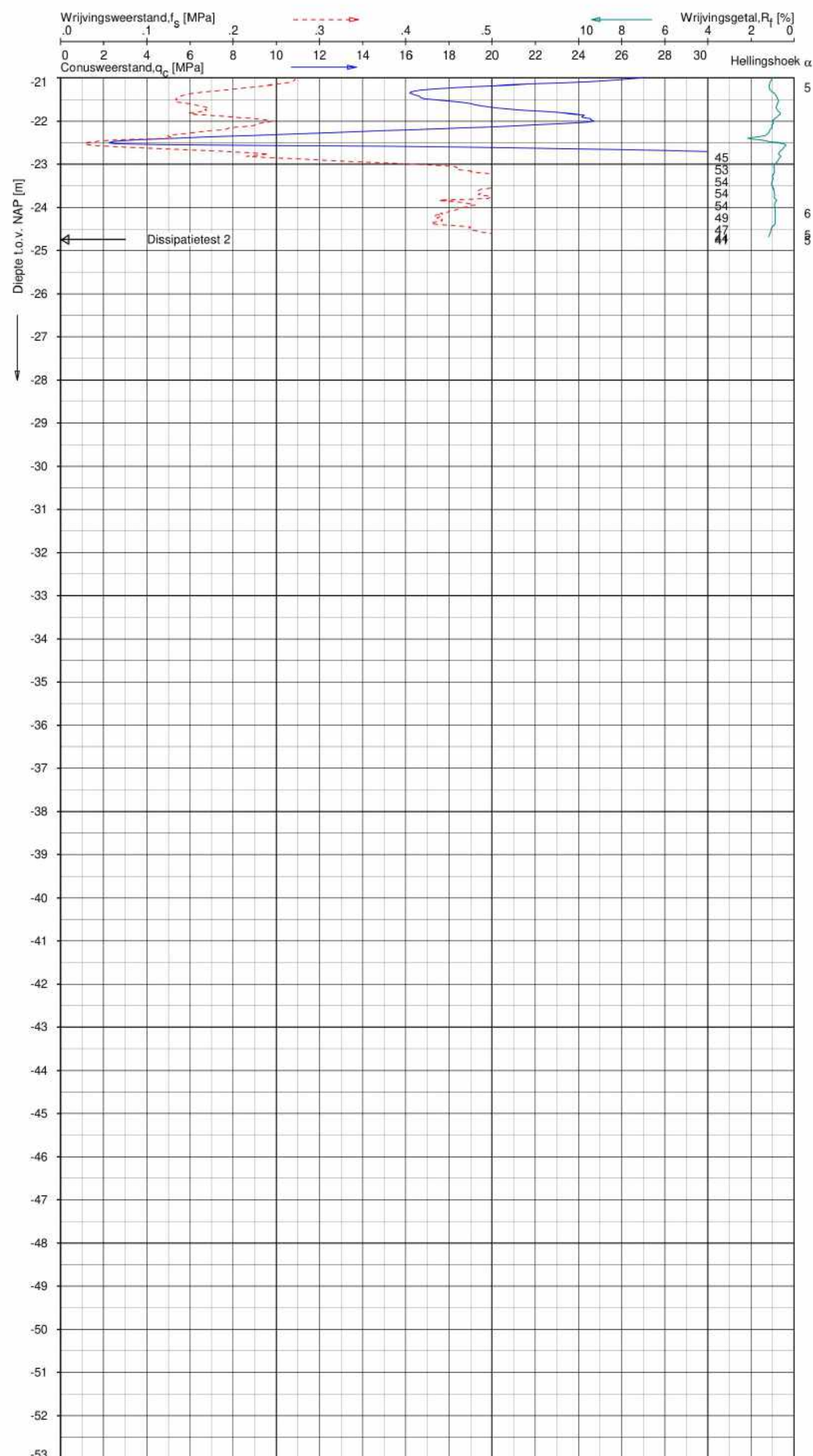
Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP3



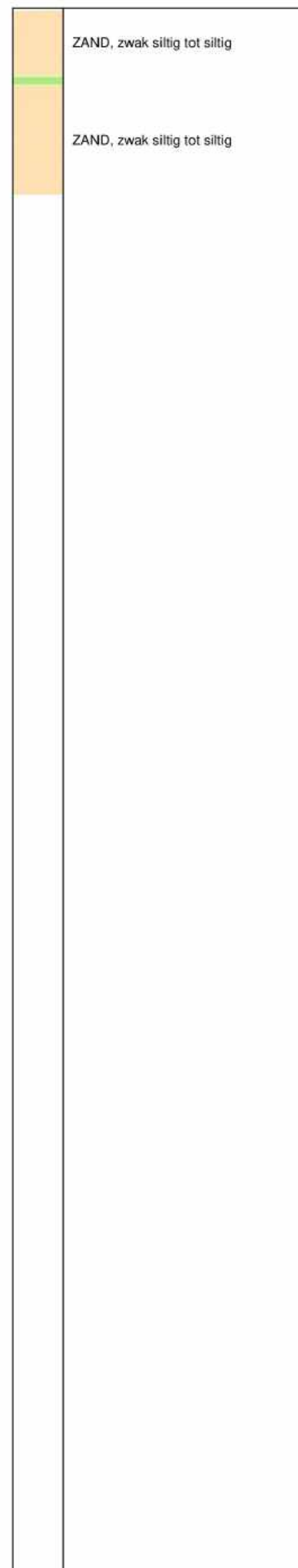


**Indicatieve bodembeschrijving**  
Automatisch gegenereerd uit data  
van de sondering, geldig onder  
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)





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



Opg. : JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019 Coord.: X= 99969.6m Y= 498693.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.26m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{ts} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

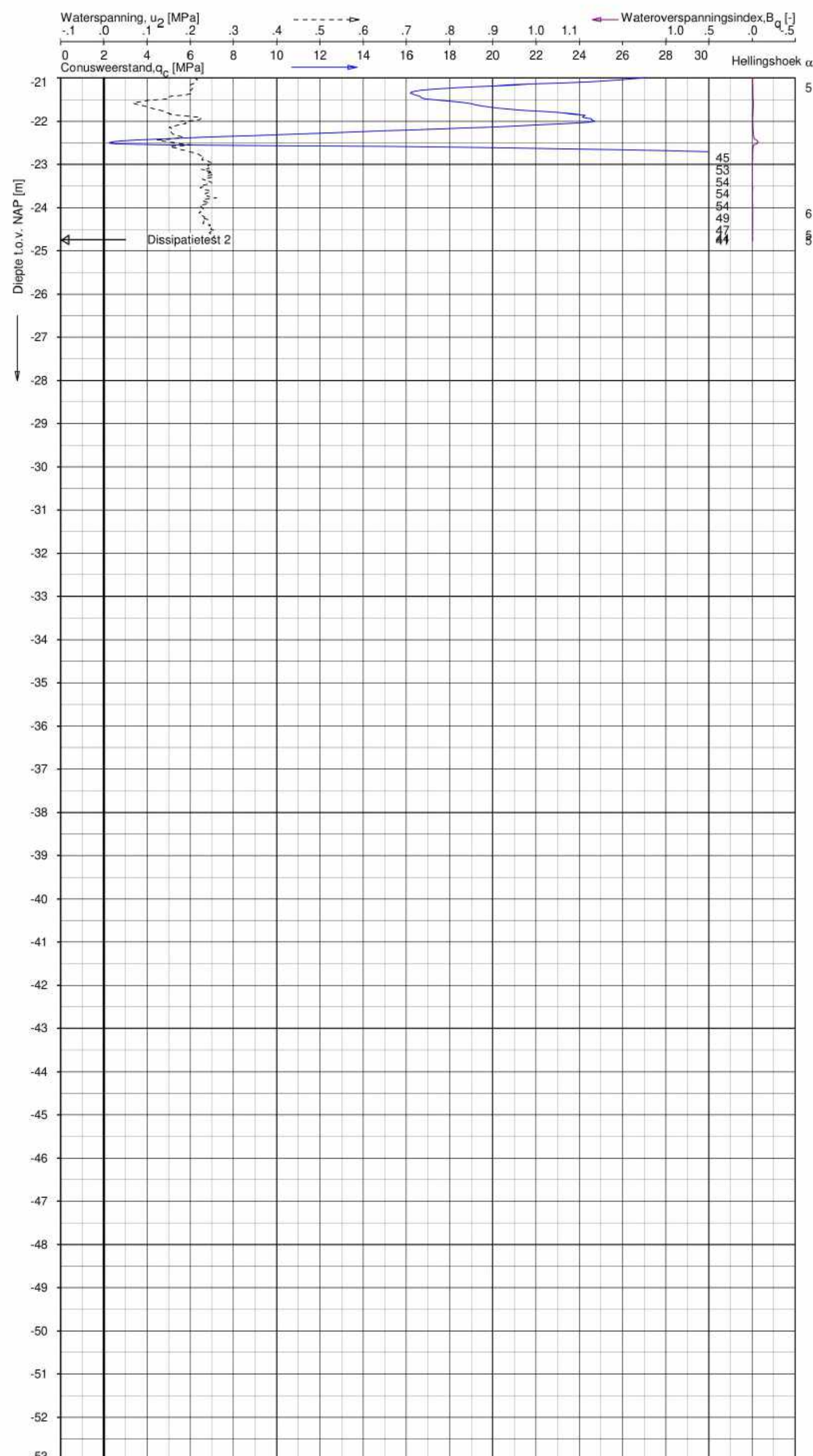
GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP4

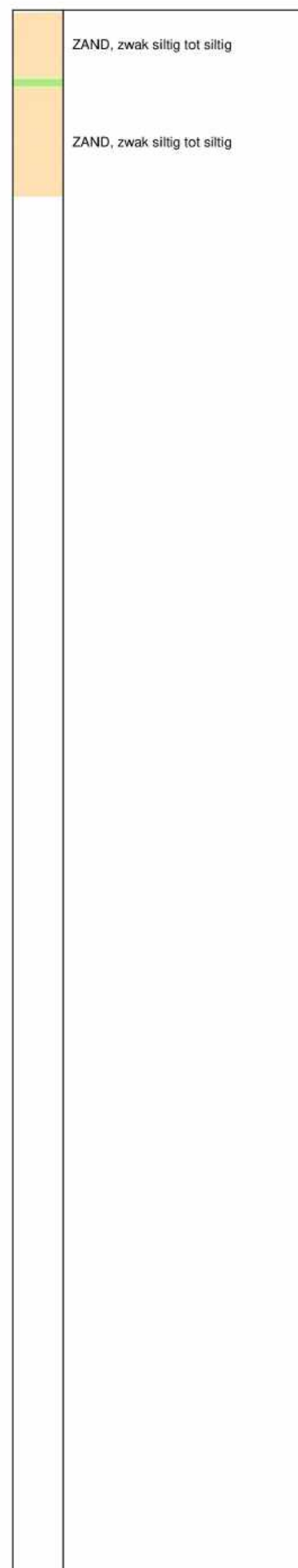


[illegible]





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

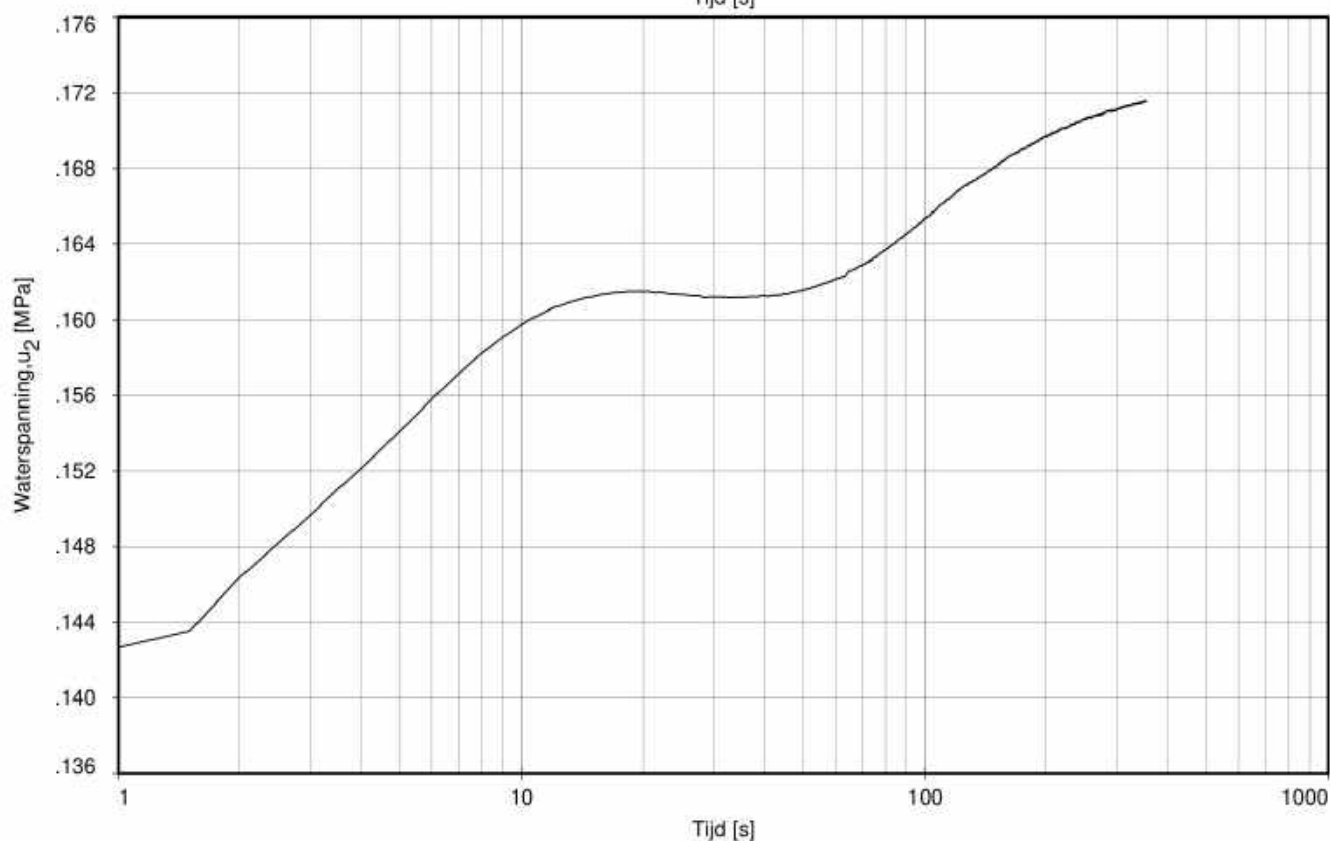
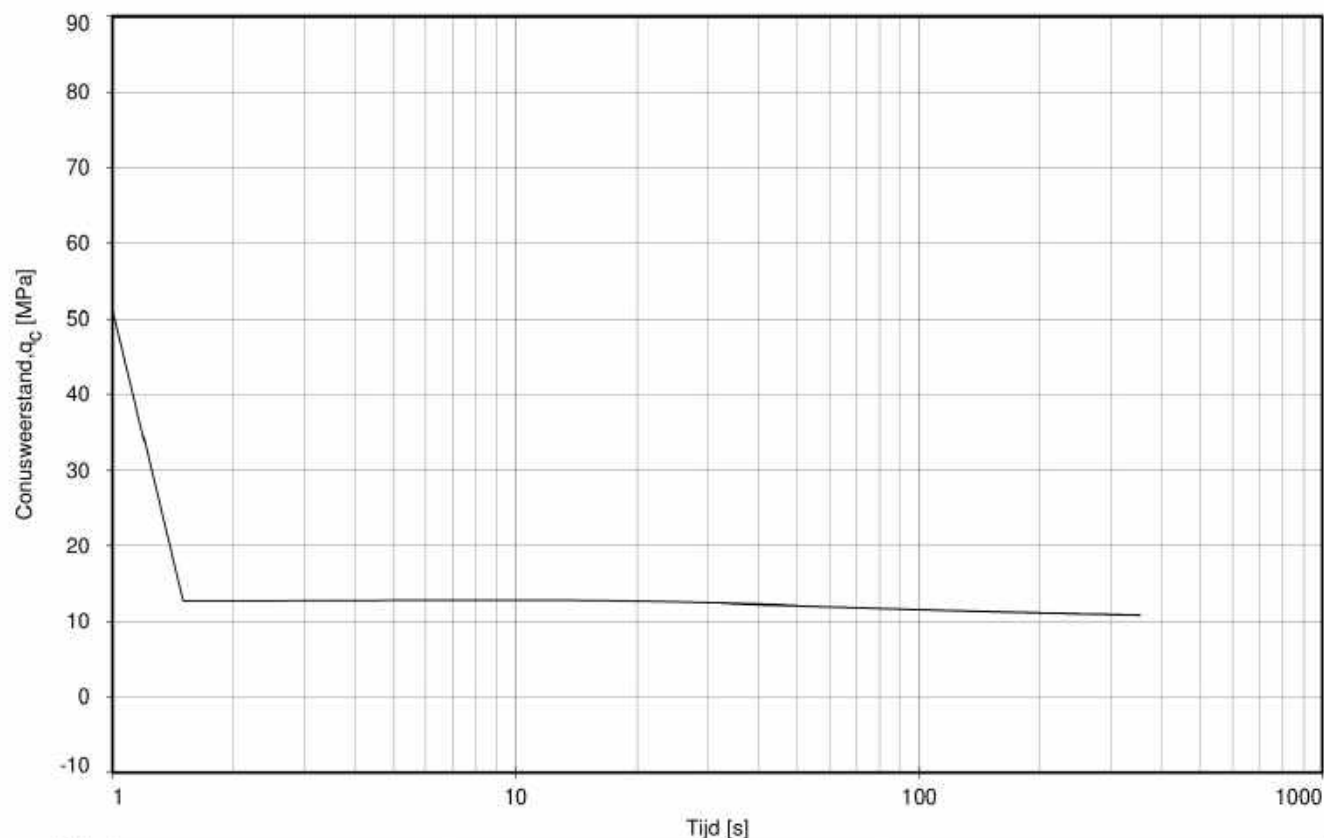


Opg. : JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019 Coord.: X= 99969.6m Y= 498693.2m Systeem: RD  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.26m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{cs} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP4

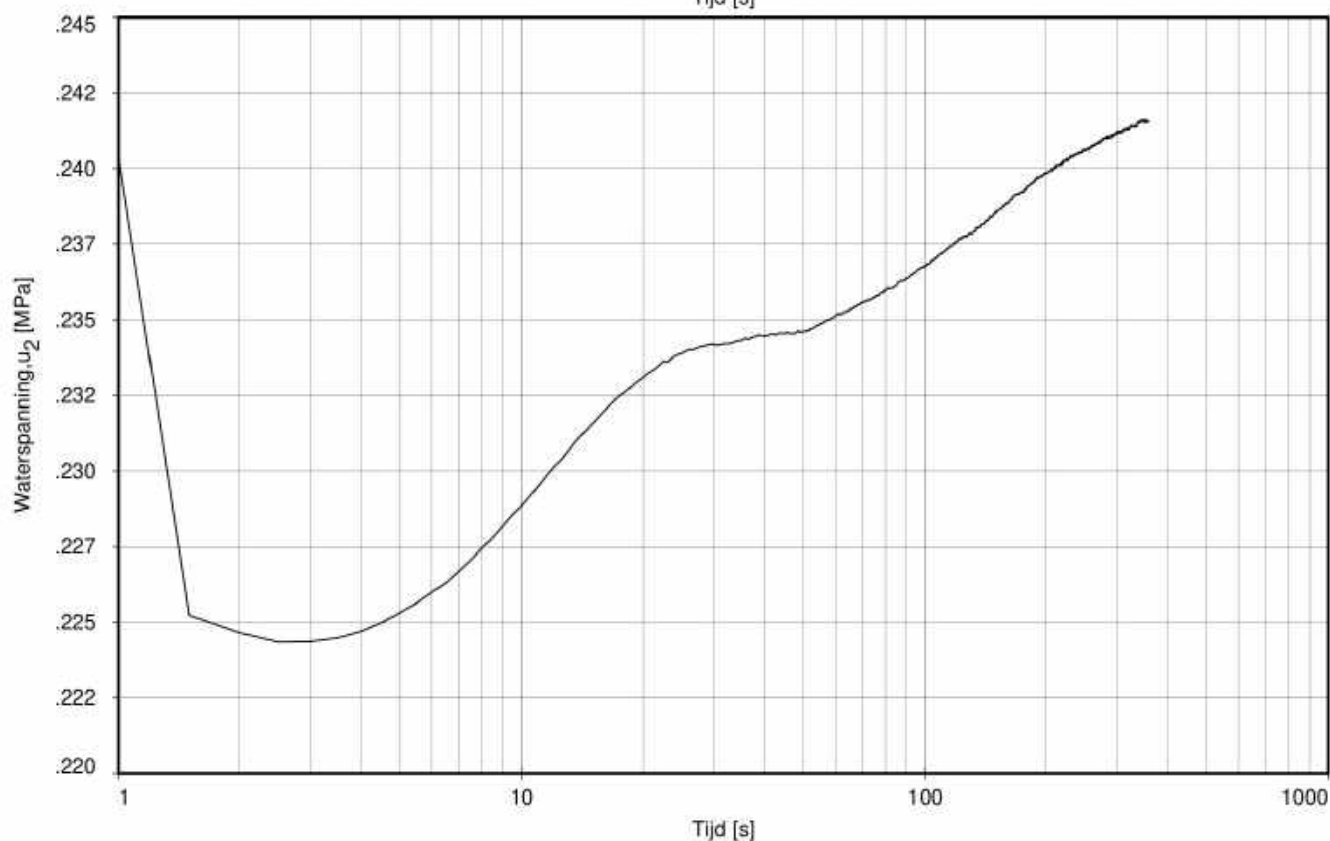
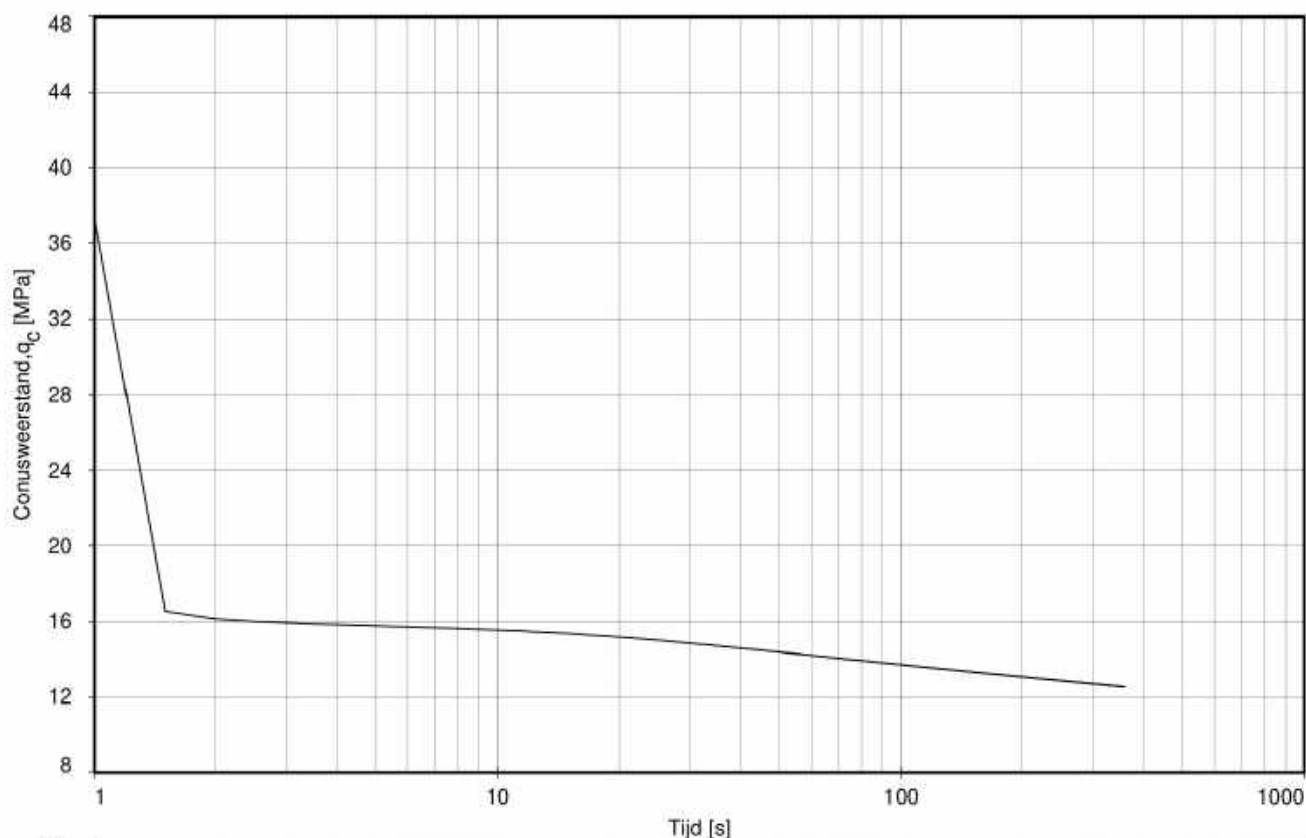


Dissipatietest nummer	: 1				
Dissipatietest diepte	: NAP	-15.76	m	MV = NAP	+5.26 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.152	MPa		Opgr. : JSL/BJ	d.d. 19-mrt-2019
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.172	MPa		Get. : [Redacted]	28-mrt-2019

## DISSIPATIETEST

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP4



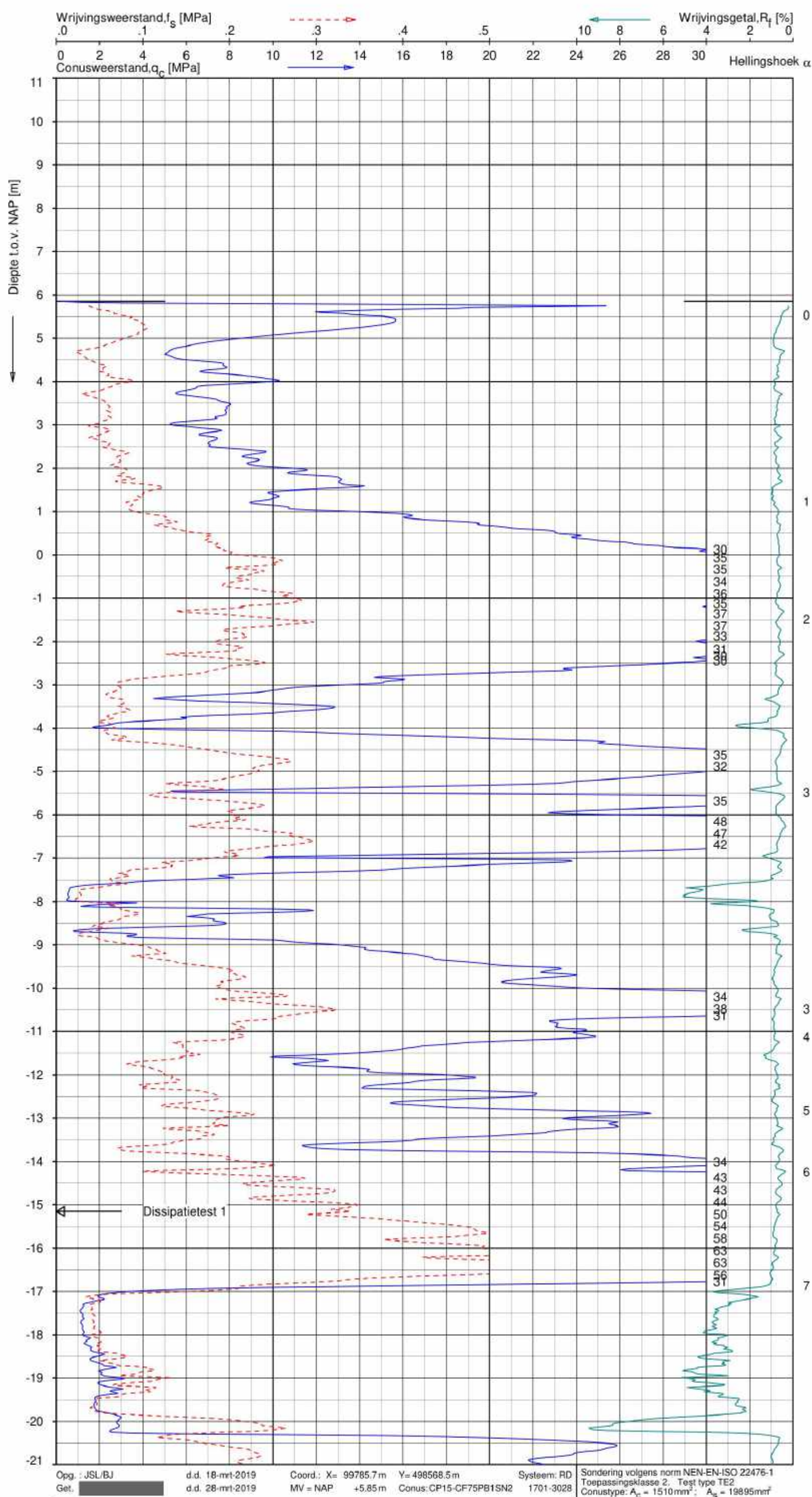
Dissipatietest nummer	: 2				
Dissipatietest diepte	: NAP	-24.77	m	MV = NAP	+5.26 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.238	MPa		Opgr. : JSL/BJ	d.d. 19-mrt-2019
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.242	MPa		Get. : [Redacted]	28-mrt-2019

## DISSIPATIE TEST

GEOTECHNISCH (VERVOLG) ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP4





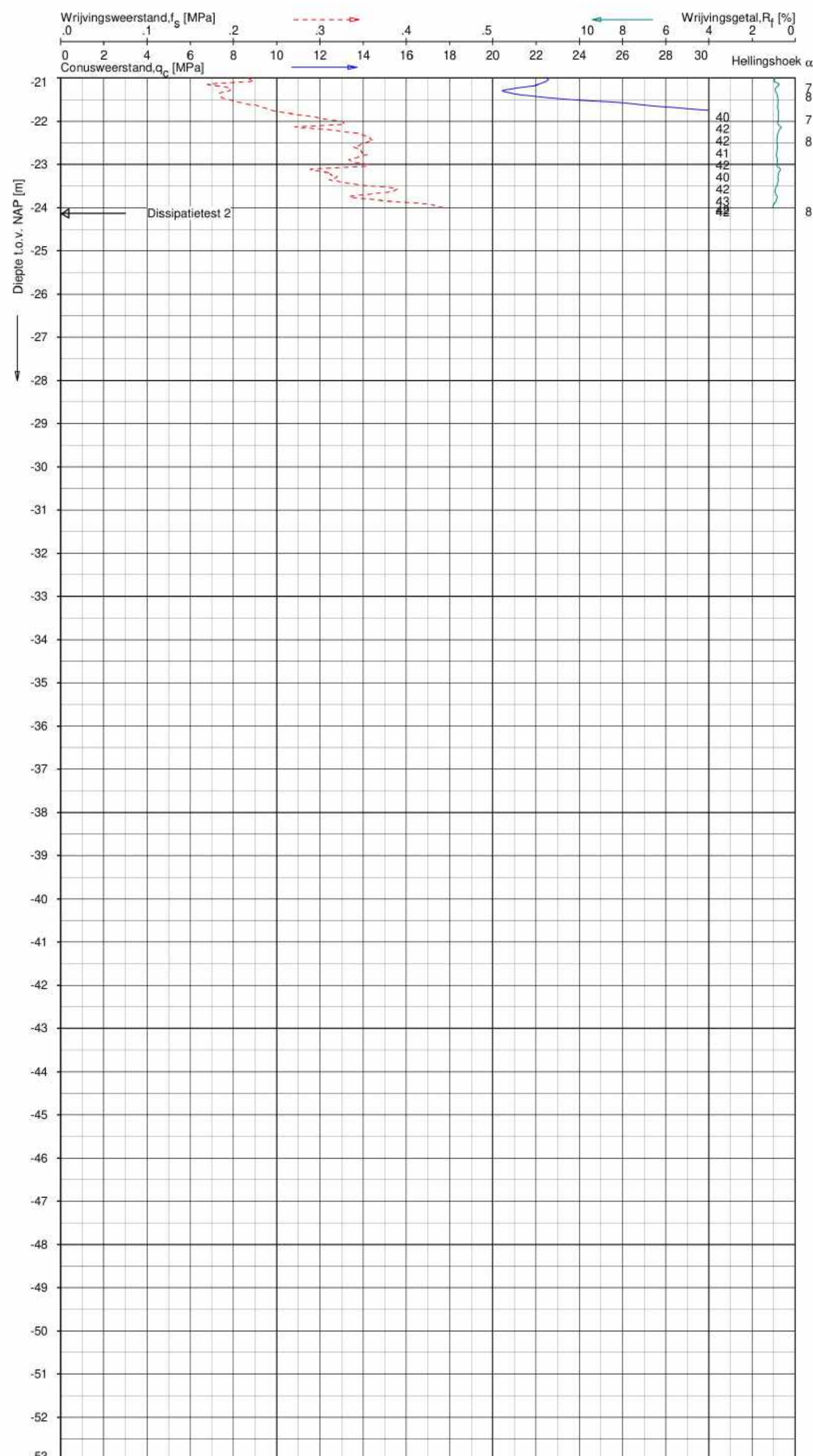
**Indicatieve bodembeschrijving**  
Automatisch gegenereerd uit data  
van de sondering, geldig onder  
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP5



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

ZAND, zwak siltig tot siltig

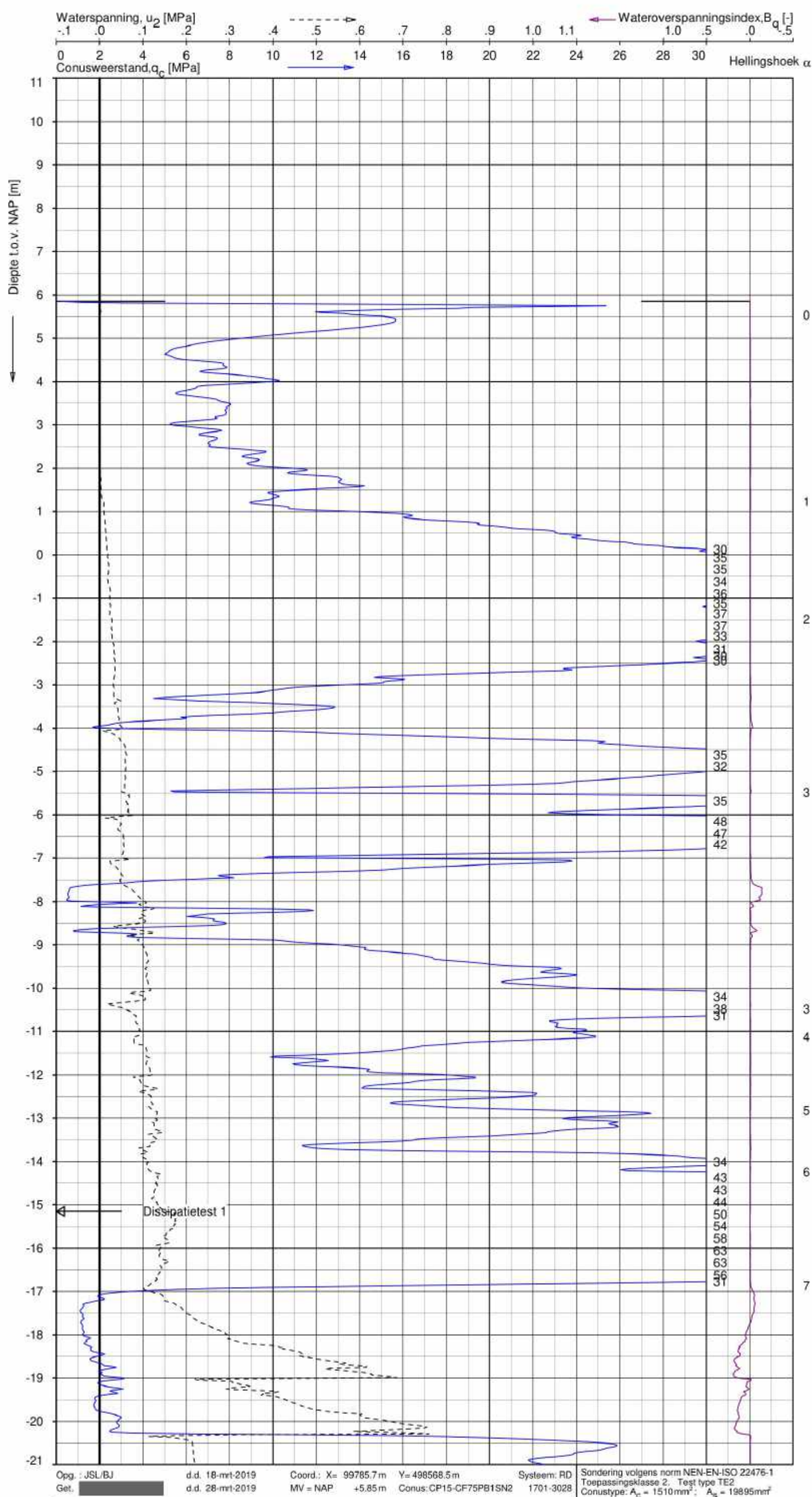
Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X= 99785.7m Y= 498568.5m Systeem: RD  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.85m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{50} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP5





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

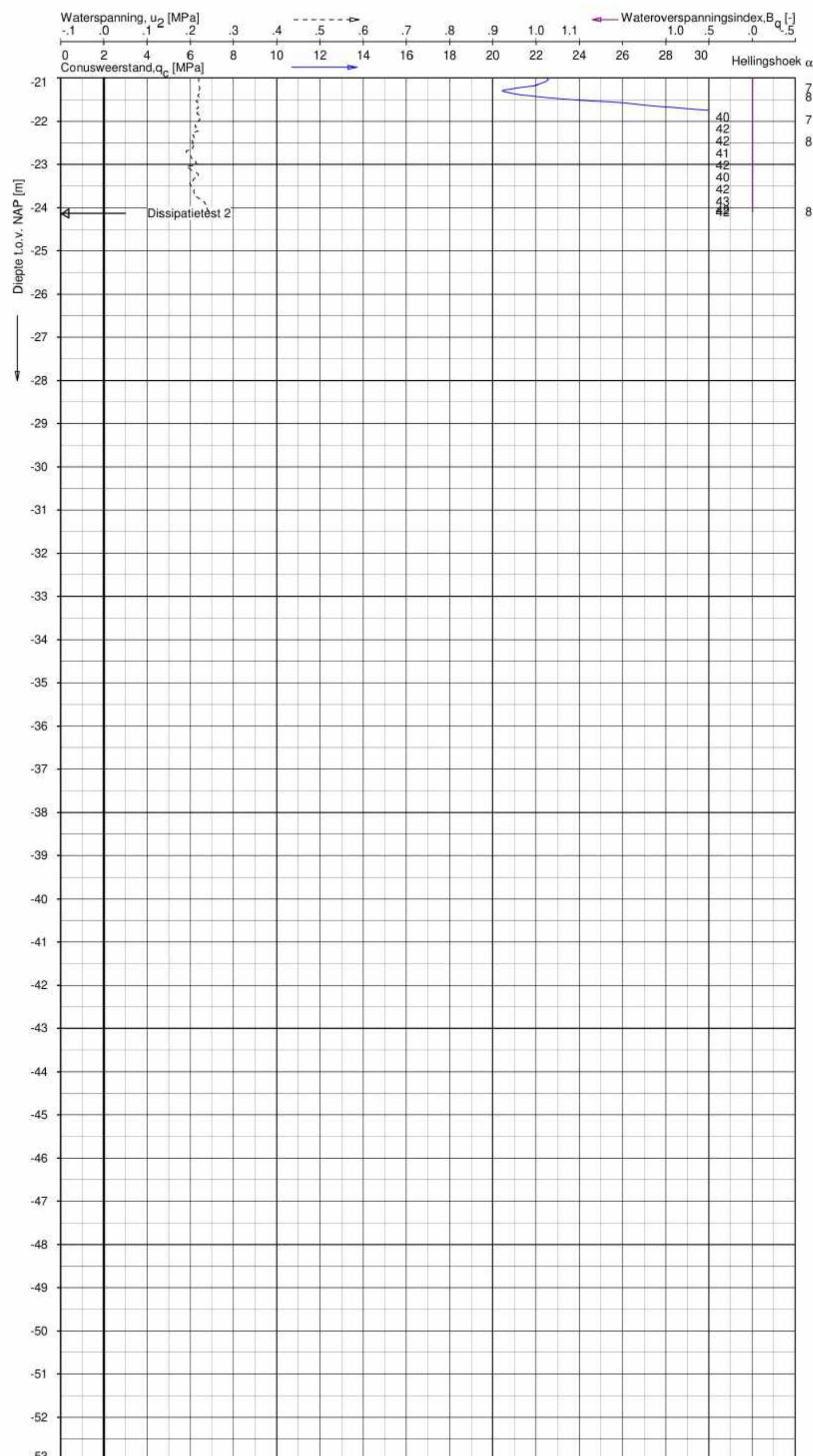


SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG) ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP5





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

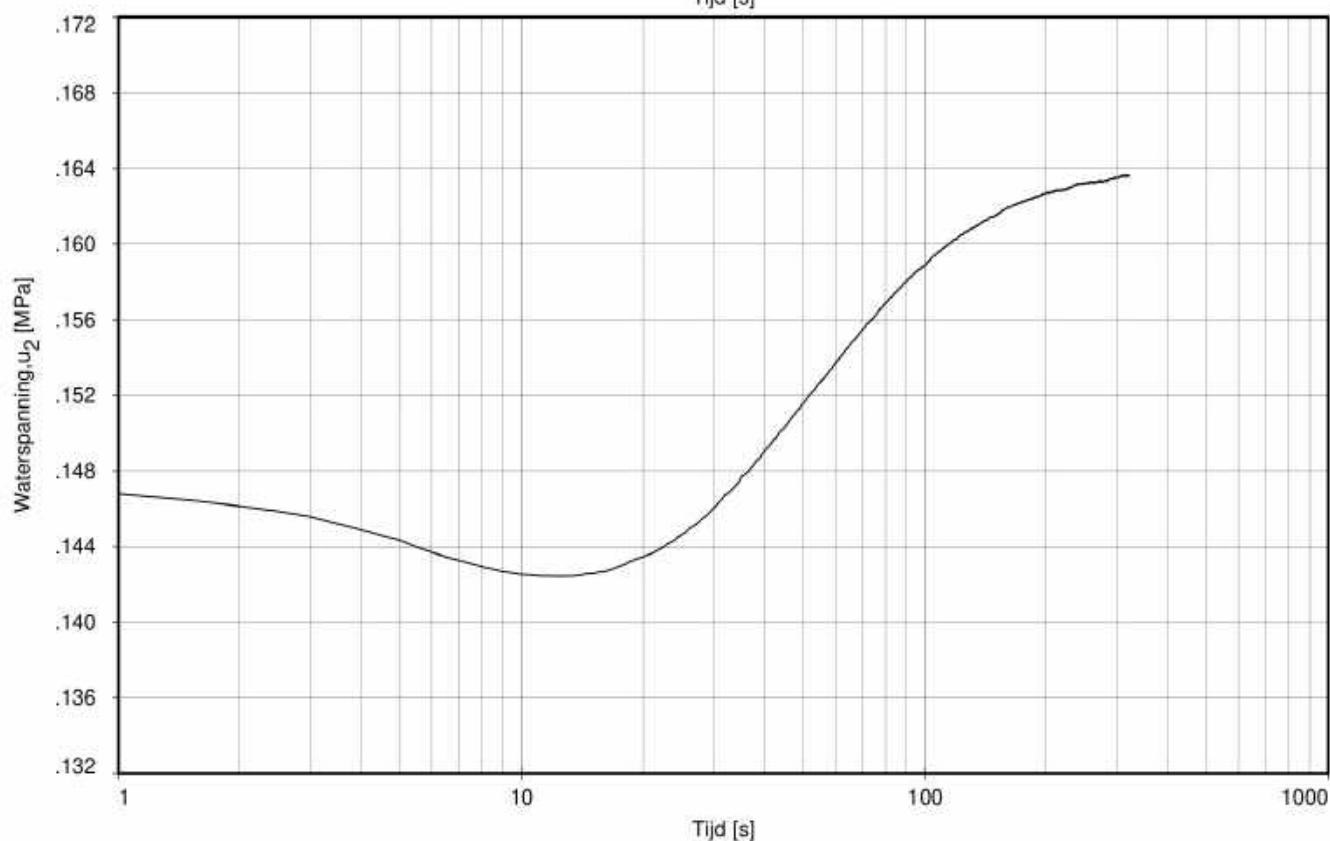
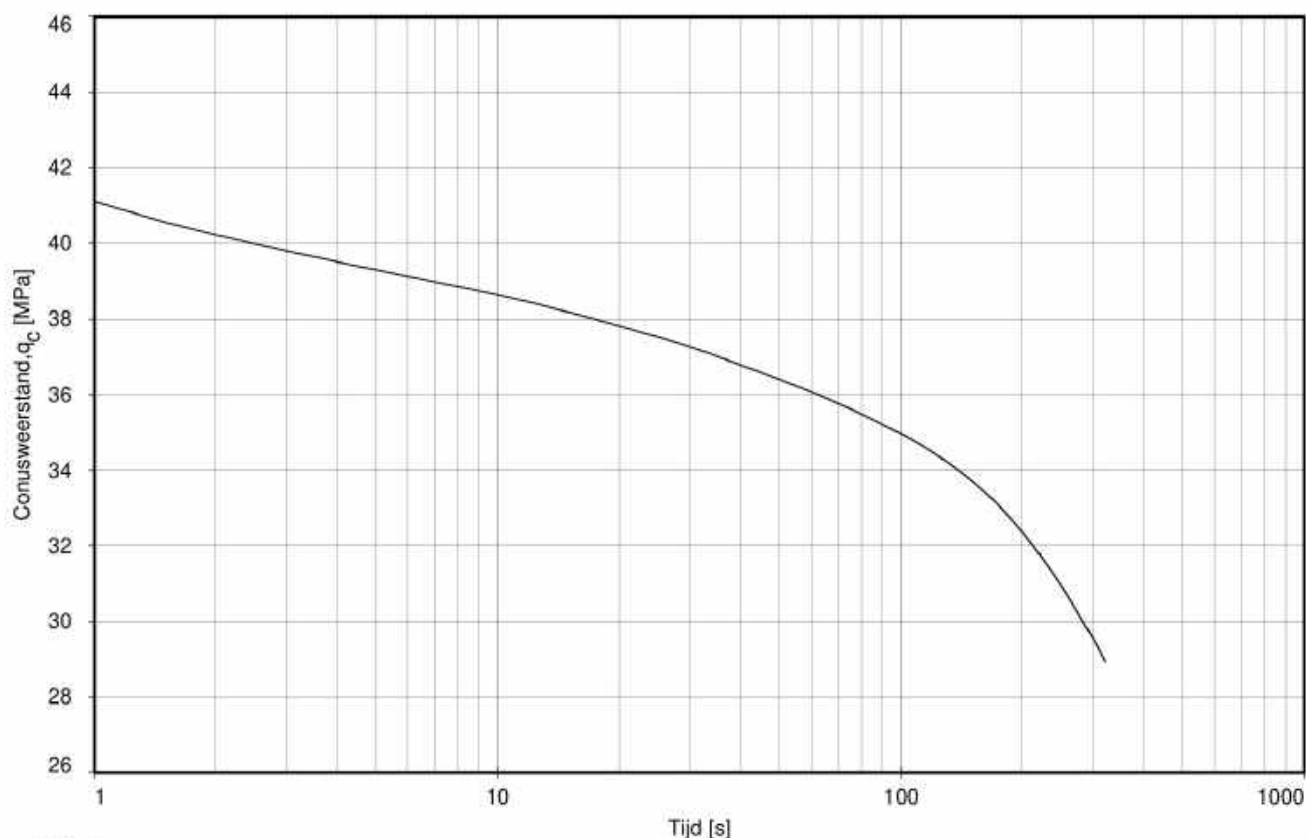
ZAND, zwak siltig tot siltig


Opg. : JSL/BJ d.d. 18-mrt-2019 Coord.: X= 99785.7m Y= 498568.5m Systeem: RD  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.85m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{ts} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP5

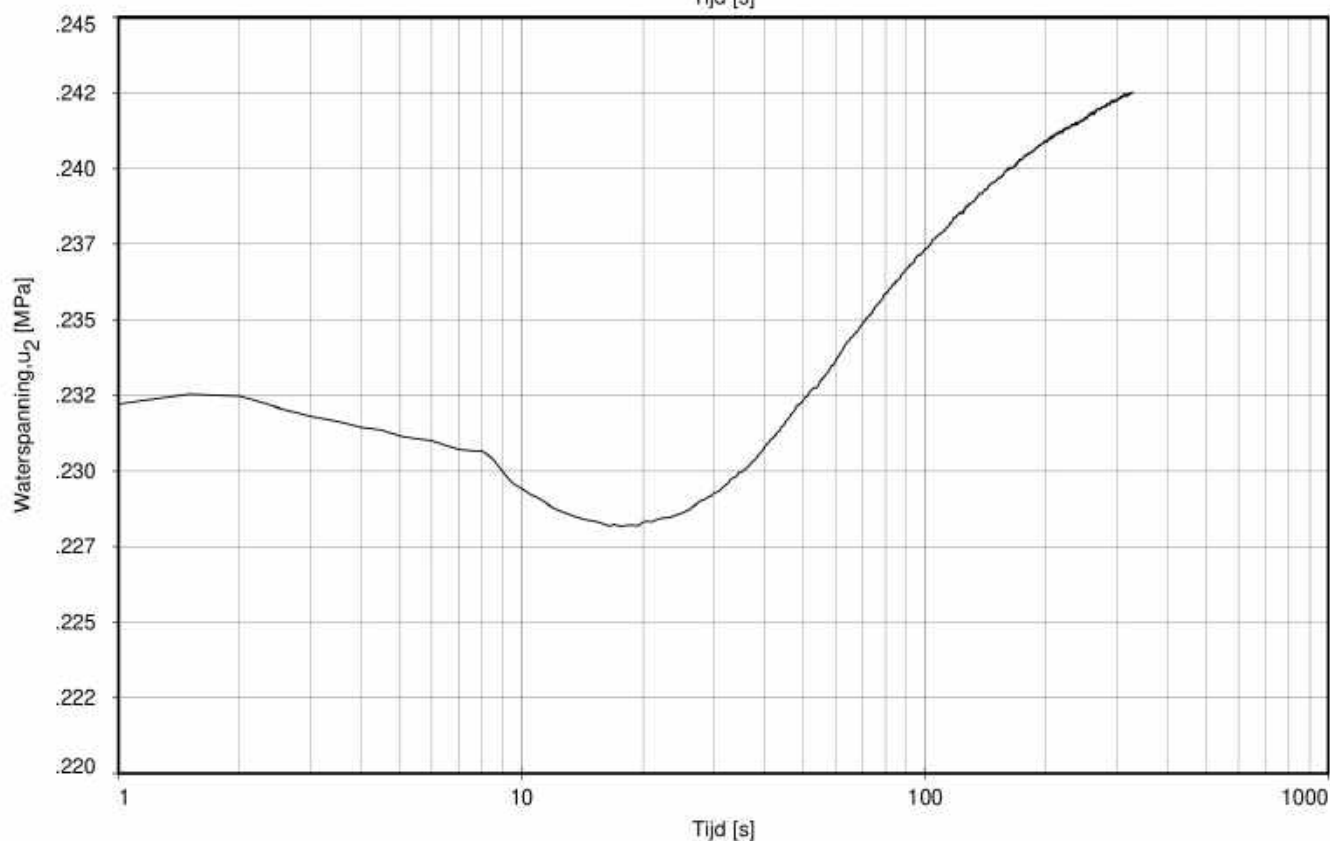
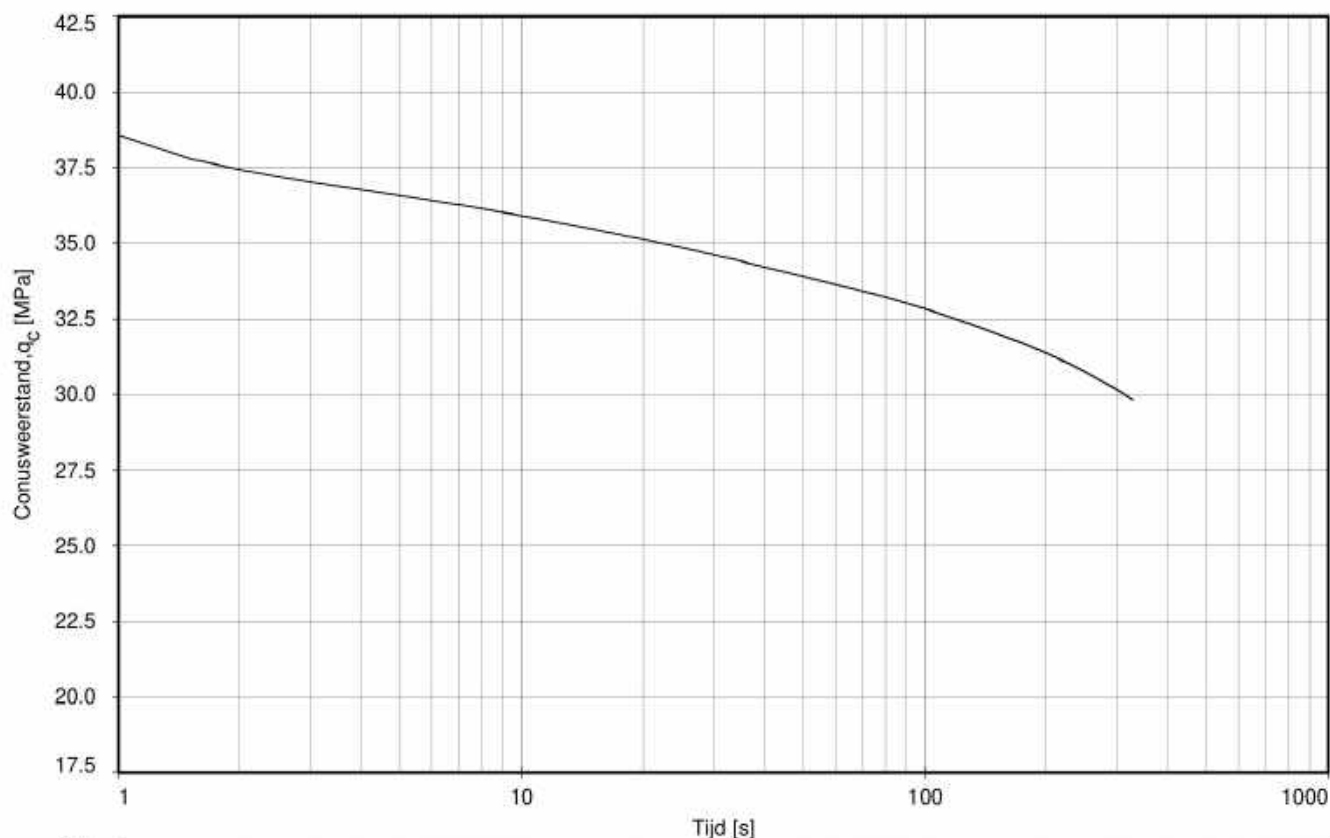


Dissipatietest nummer	: 1				
Dissipatietest diepte	: NAP	-15.16	m	MV = NAP	+5.85 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.147	MPa		Opg. : JSL/BJ	d.d. : 18-mrt-2019
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.164	MPa		Get. : 	28-mrt-2019

## DISSIPATIETEST

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP5



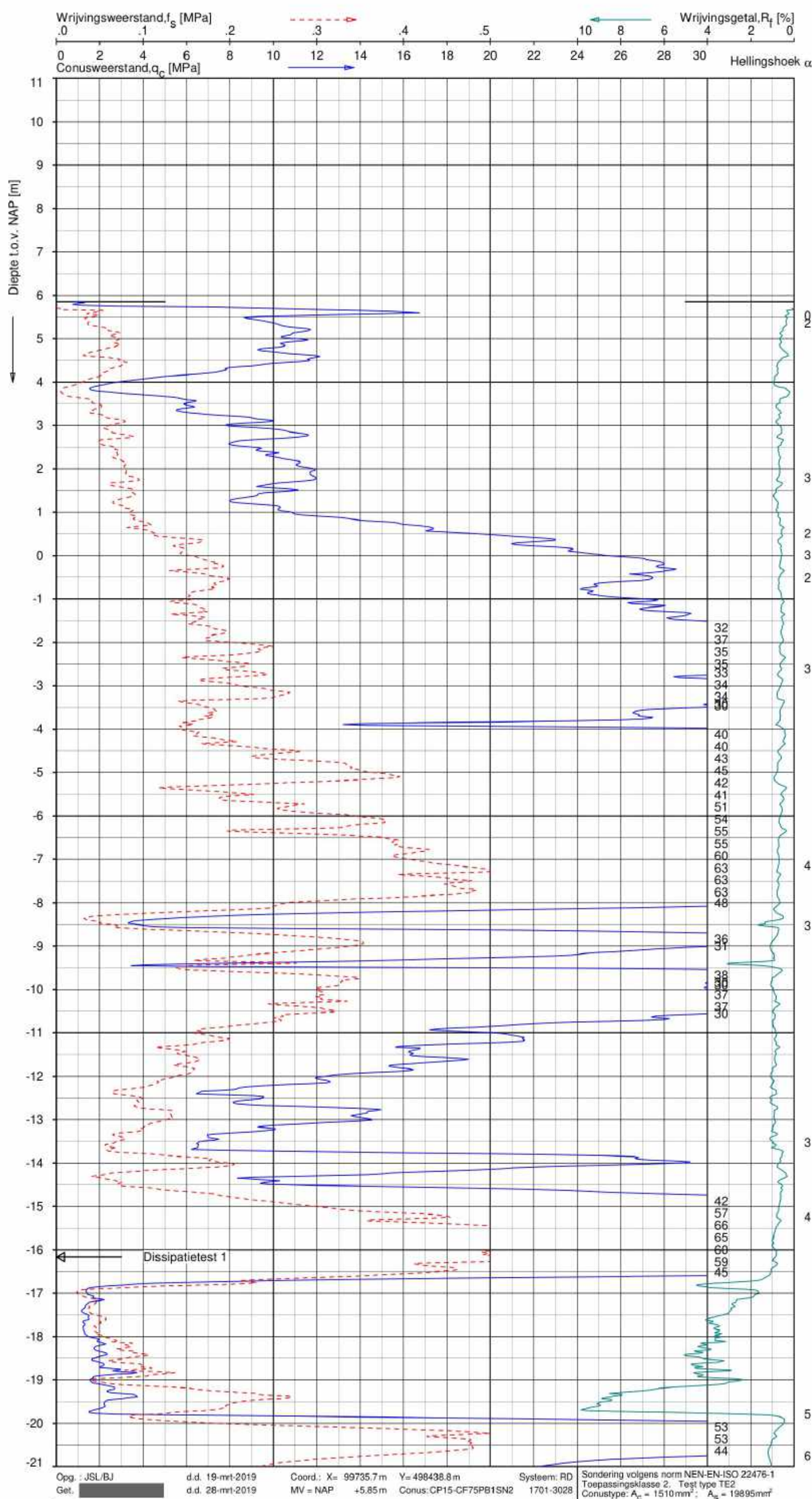
Dissipatietest nummer	: 2				
Dissipatietest diepte	: NAP	-24.16	m	MV = NAP	+5.85 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.224	MPa		Opgr. : JSL/BJ	d.d. : 18-mrt-2019
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.243	MPa		Get. : [Signature]	28-mrt-2019

## DISSIPATIETEST

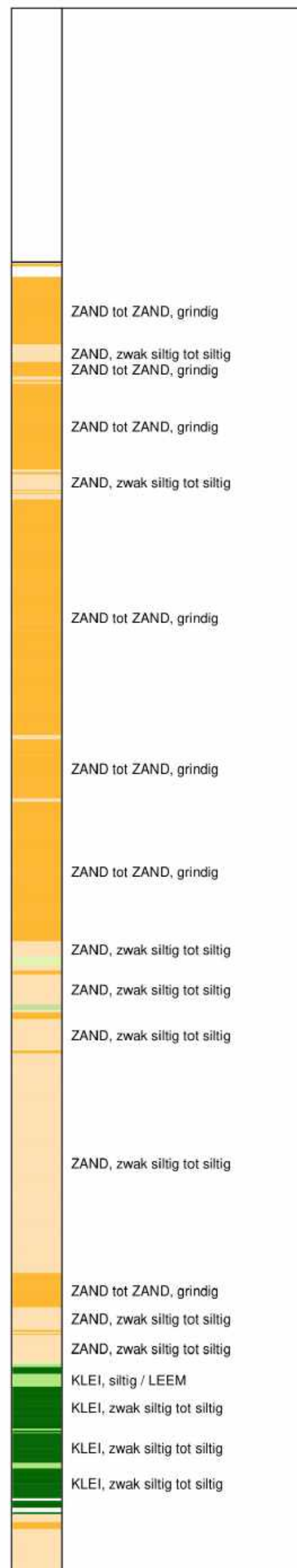
GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP5





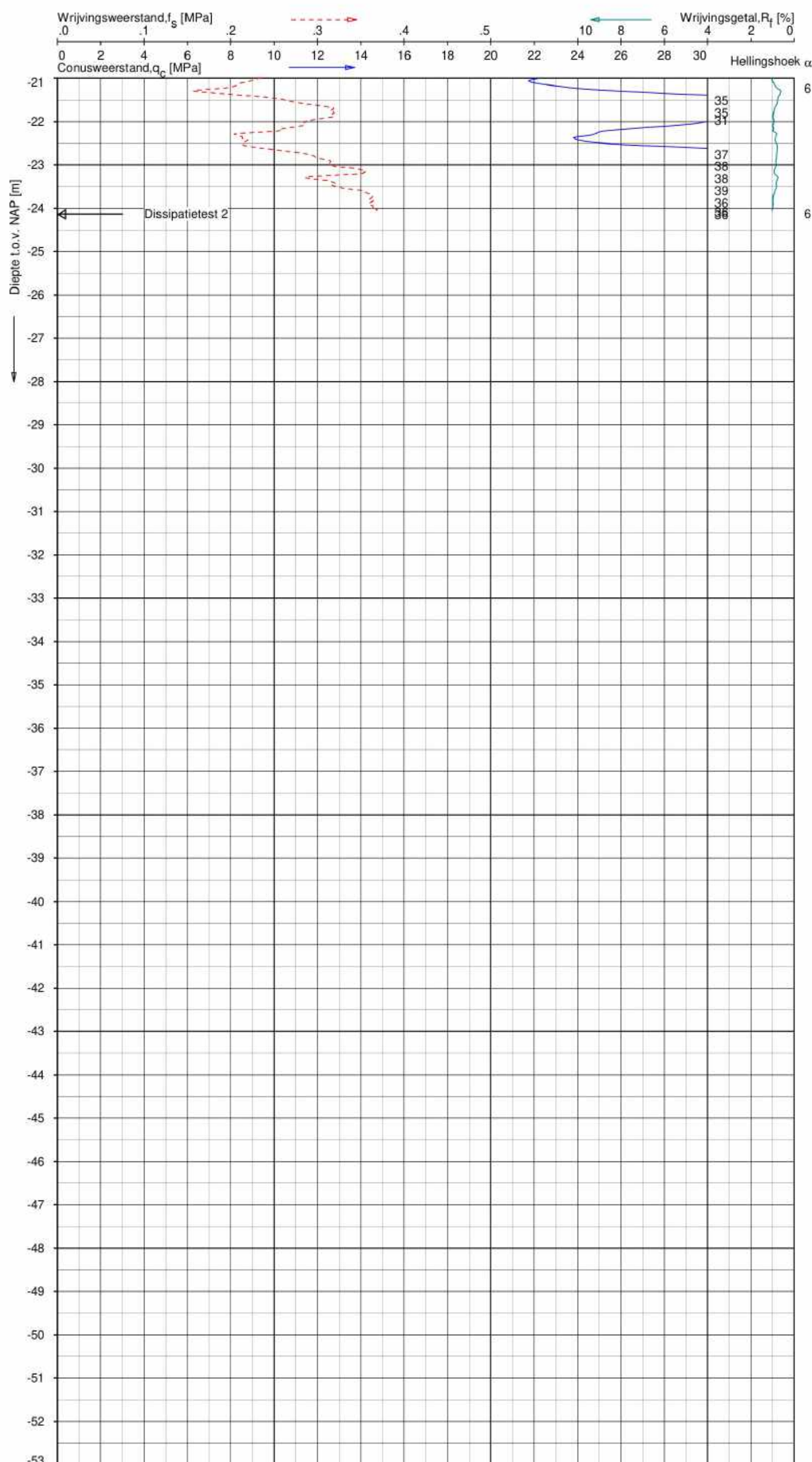
**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP6



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

ZAND, zwak siltig tot siltig

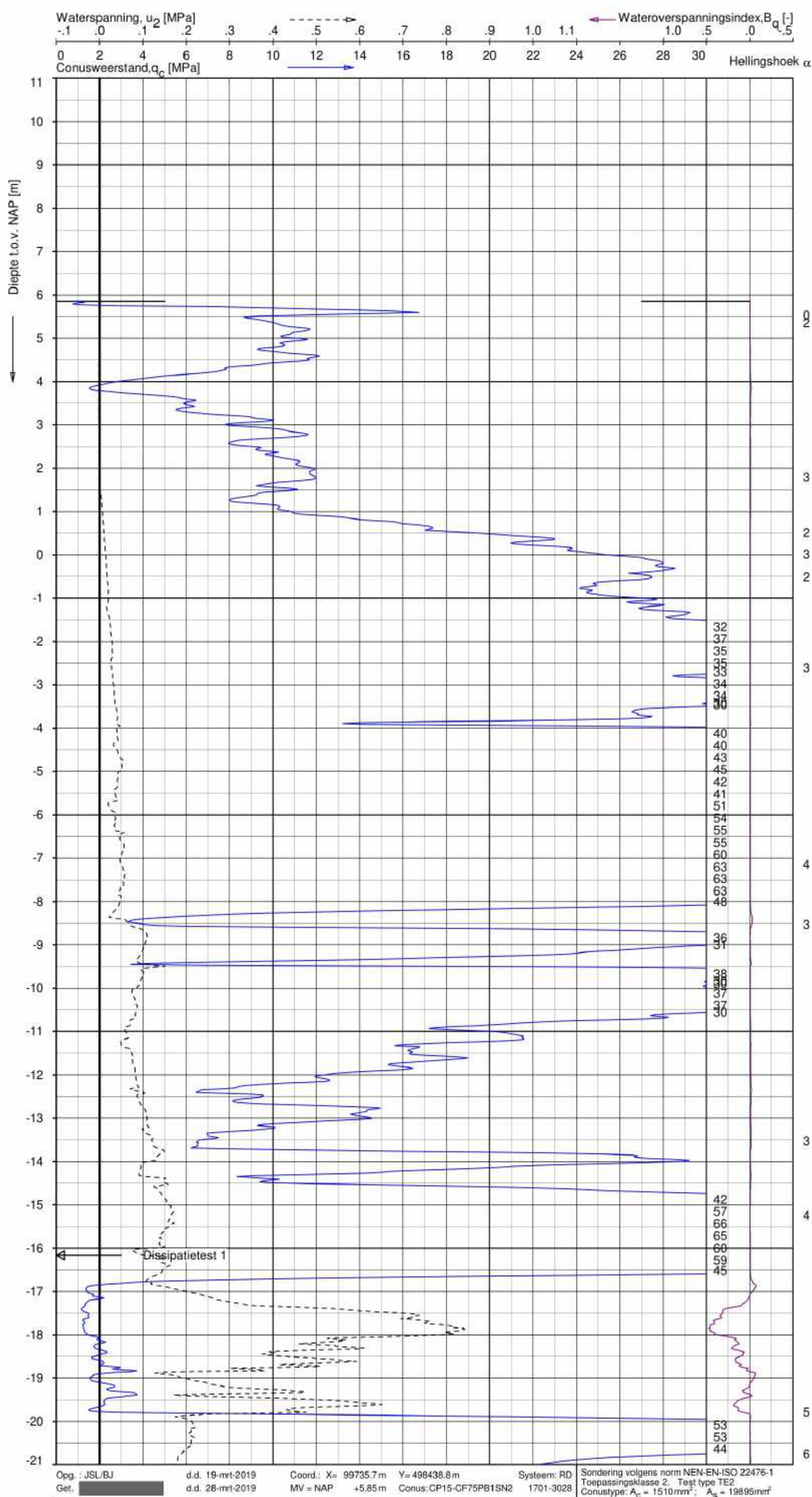
Opg. : JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019 Coord.: X= 99735.7m Y= 498438.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.85m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{ts} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

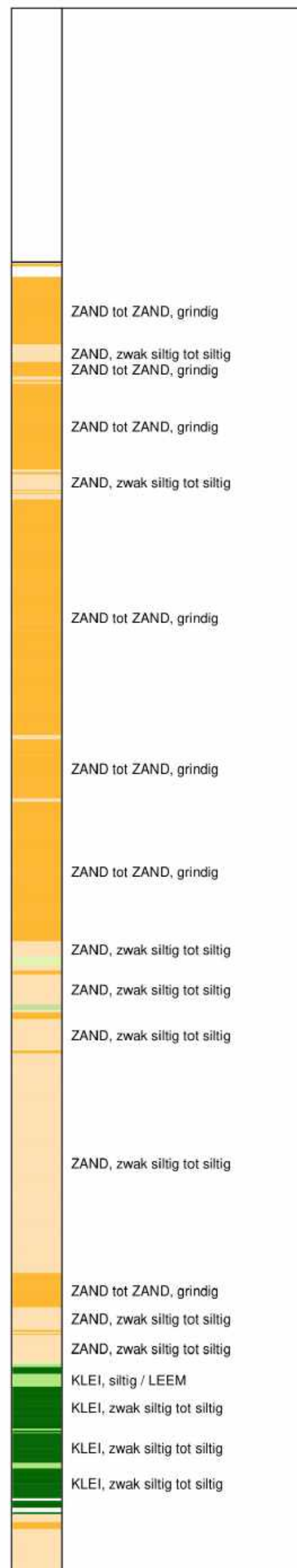
GEOTECHNISCH (VERVOLG) ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP6





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

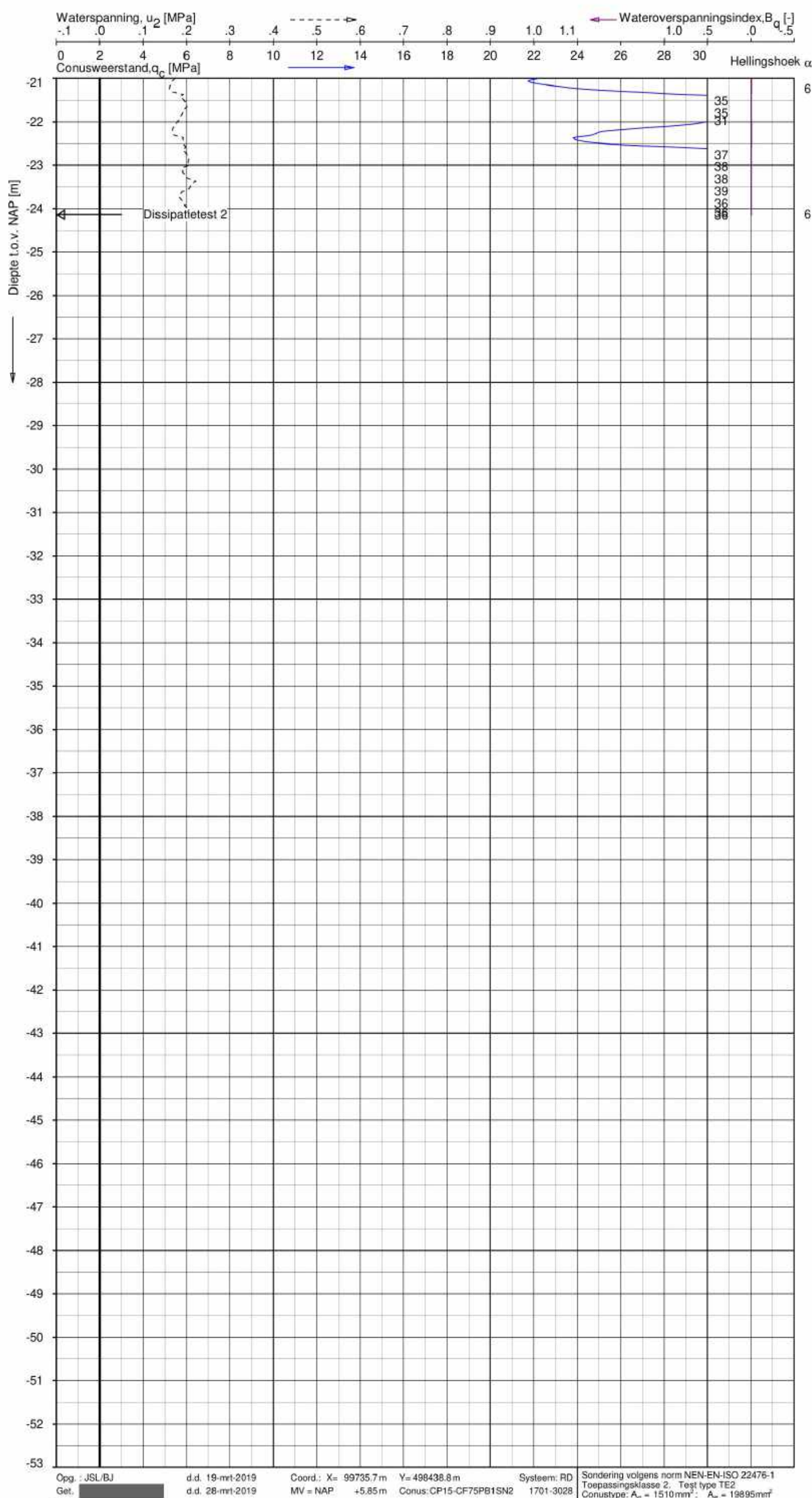


SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP6





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

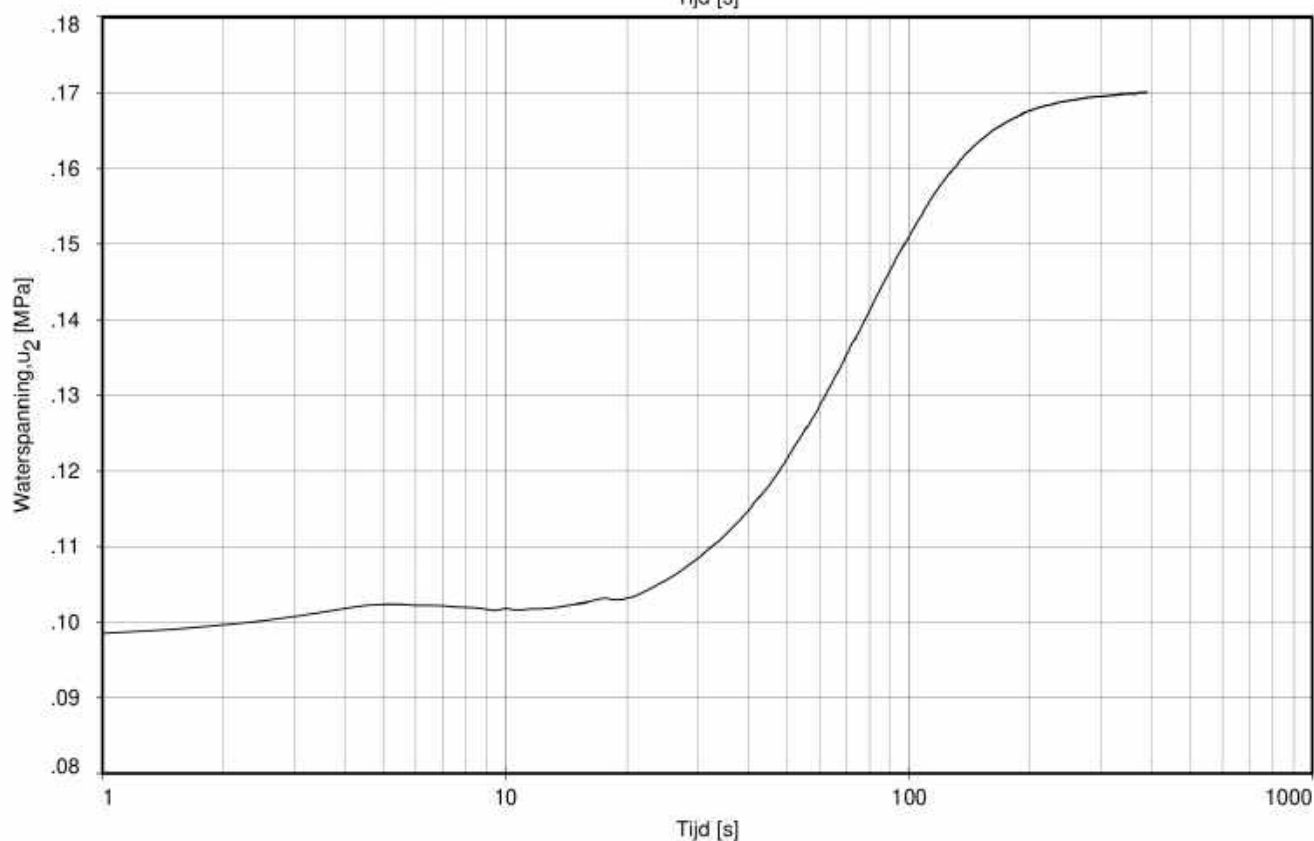
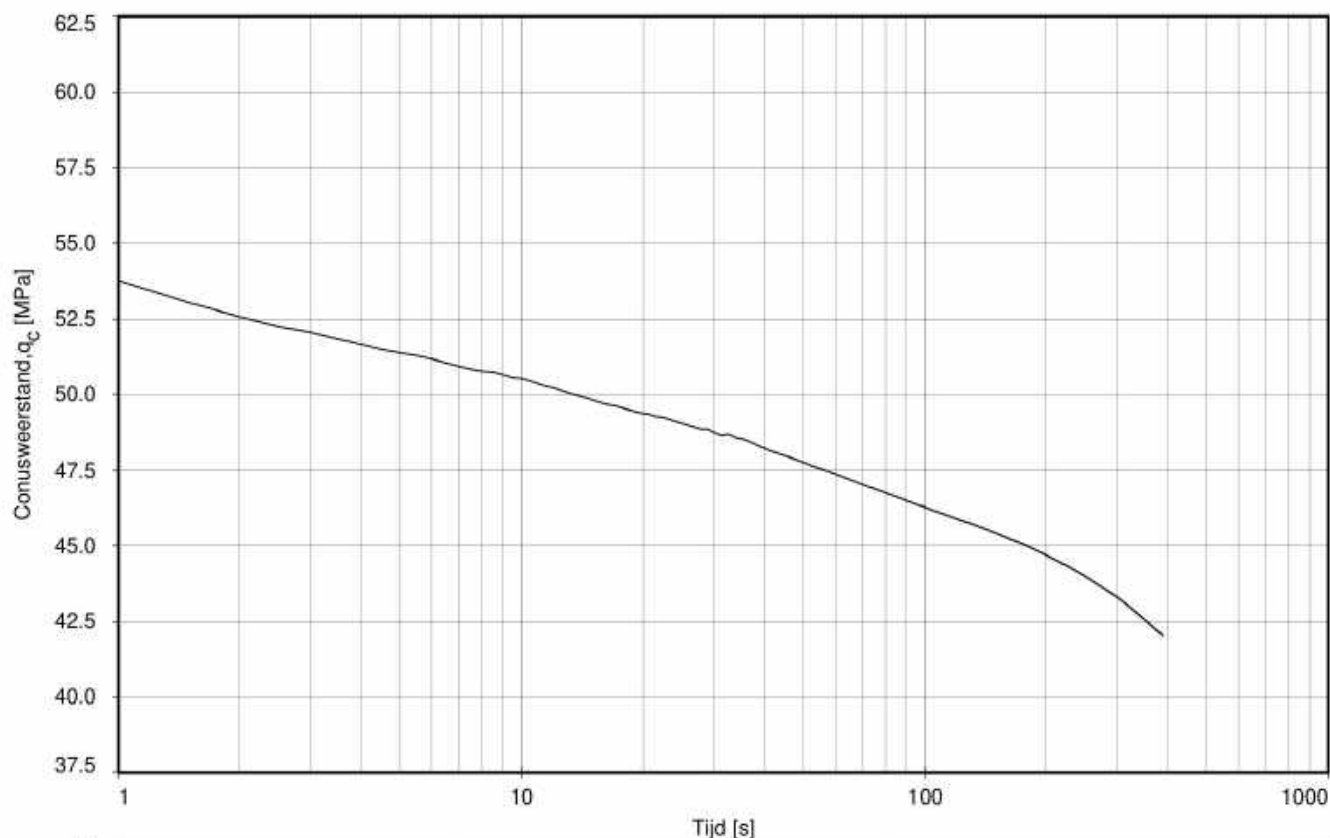
ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019 Coord.: X= 99735.7m Y= 498438.8m Systeem: RD  
 Gel. : d.d. 28-mrt-2019 MV = NAP +5.85m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3028  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2, Test type TE2  
 Conustype:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{20} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
 Sond. DKMP6

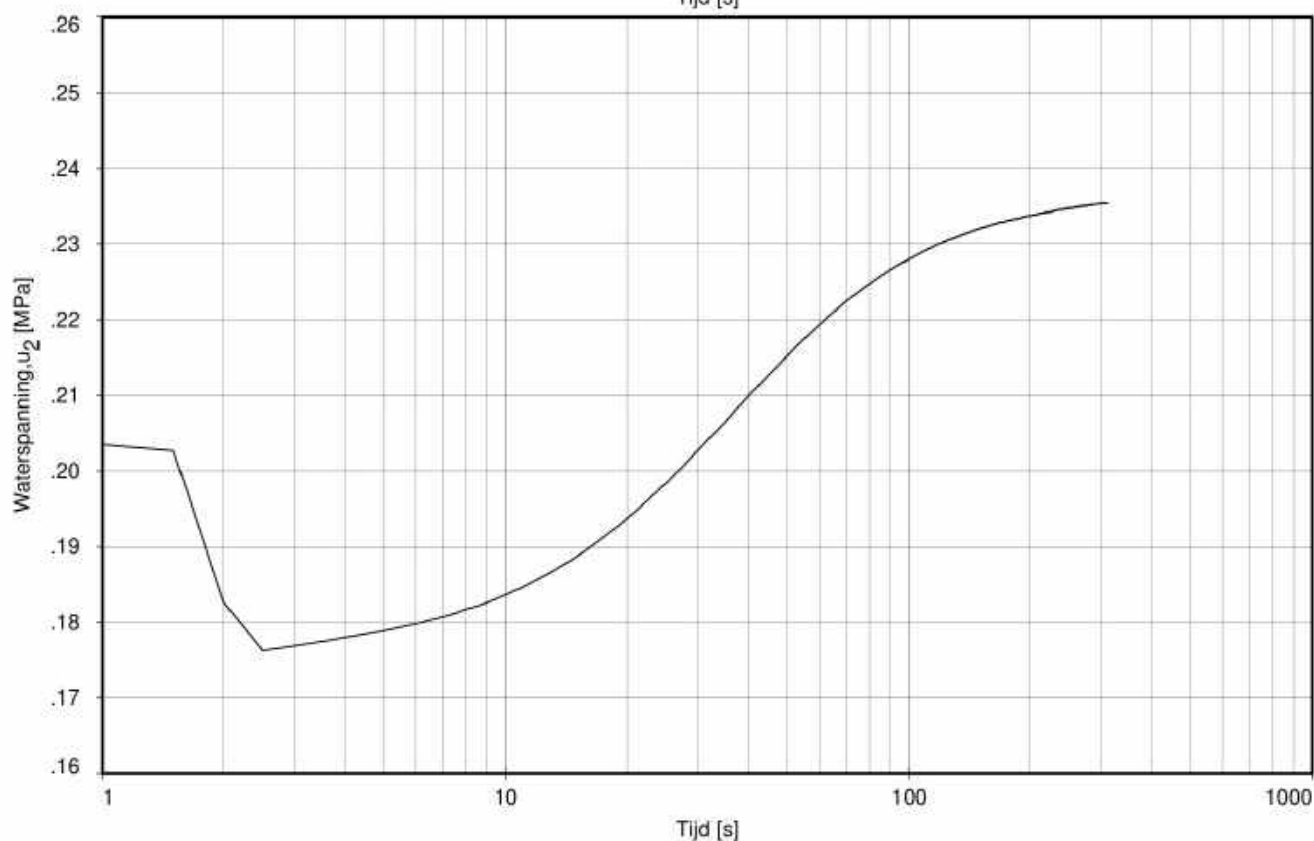
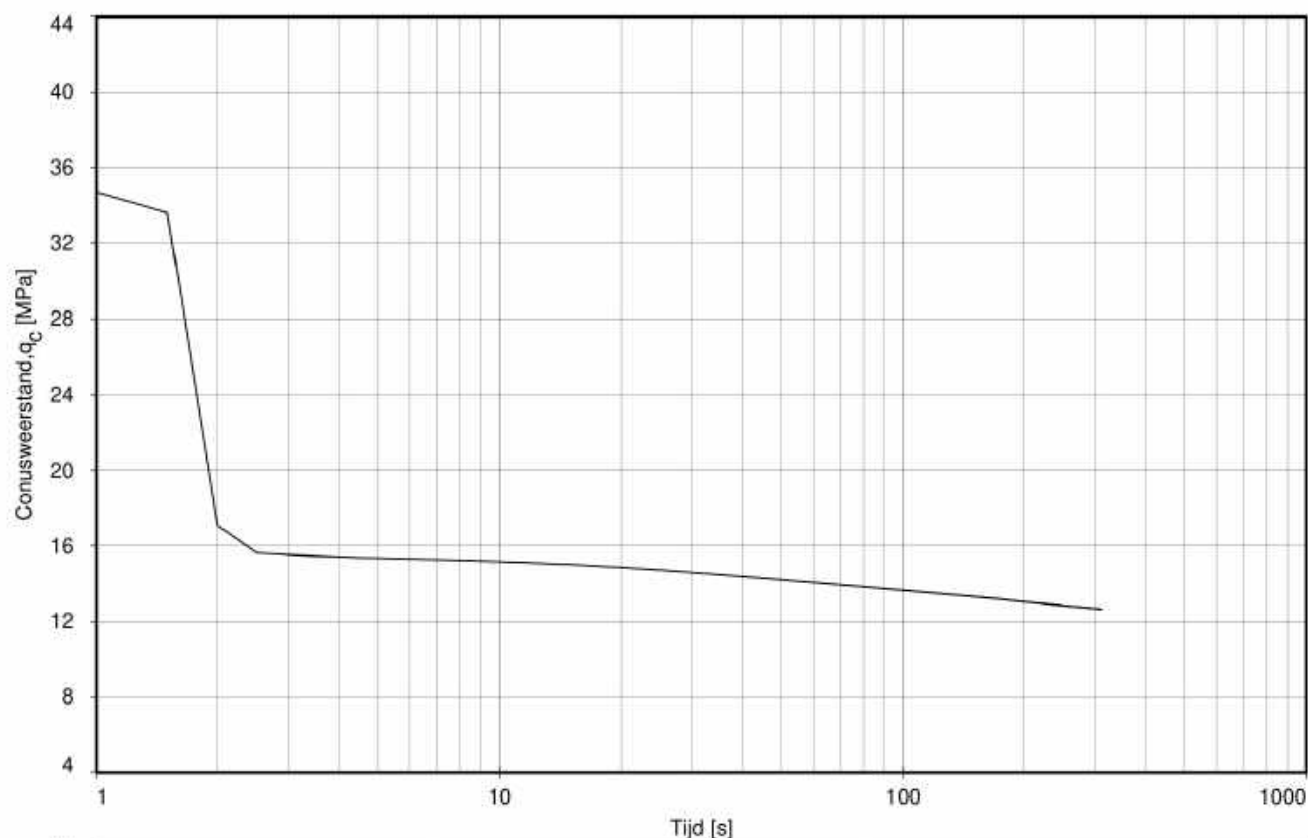


Dissipatietest nummer	: 1				
Dissipatietest diepte	: NAP	-16.17	m	MV = NAP	+5.85 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.098	MPa		Opdr. : JSL/BJ	d.d. 19-mrt-2019
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.170	MPa		Get. : [Signature]	28-mrt-2019

## DISSIPATIETEST

GEOTECHNISCH (VERVOLG)ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP6



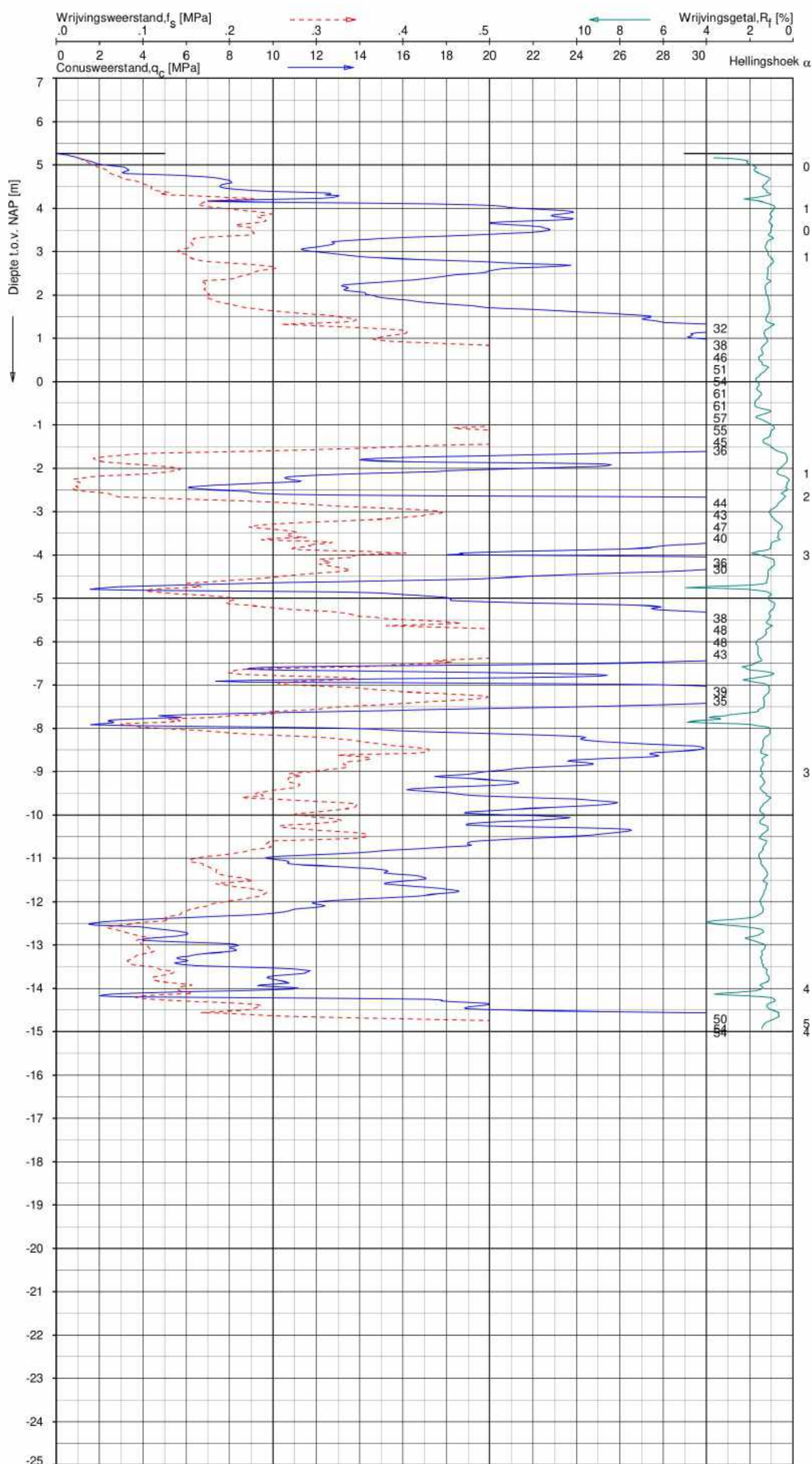
Dissipatietest nummer	: 2				
Dissipatietest diepte	: NAP	-24.17	m	MV = NAP	+5.85 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.206	MPa		Opgr.:	JSL/BJ d.d. 19-mrt-2019
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.235	MPa		Get.:	[Signature] 28-mrt-2019

## DISSIPATIE TEST

GEOTECHNISCH (VERVOLG) ONDERZOEK AVERIJHAVENDEPOT

Opdr. 1218-0096-000  
Sond. DKMP6





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

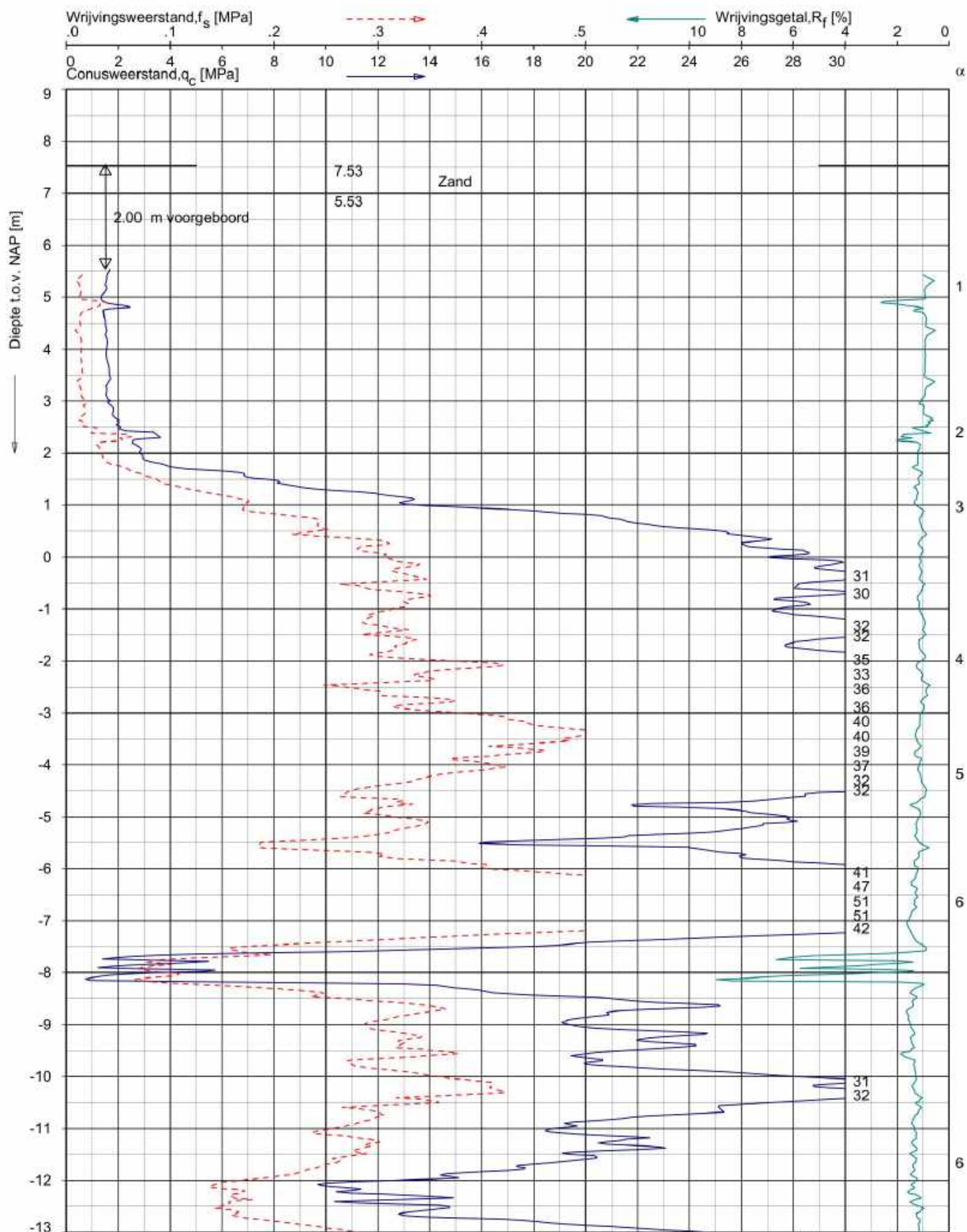


Opg. : JSL-DC d.d. 17-mei-2016 Coord.: X=100117.2m Y=498691.0m Systeem: RD  
 Get. : GOMMERP d.d. 24-mei-2016 MV = NAP +5.27 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2572  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2, Test type TE1  
 Conus type:  $A_{10} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{50} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

MAST AAN DE KOLENVELDWEI TE VELSEN-NOORD

Opdr. 9016-0002-014  
 Sond. DKM1



Opg.: JTD/FVK d.d. 07-Dec-2009  
 Get.: KOOGERS d.d. 2009-12-10

conus: F7.5CKE2HA/B  
 MV = NAP +7.53 m

X = 99691.1  
 Y = 498353.5

Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 $\alpha$  afwijking van de vertikaal

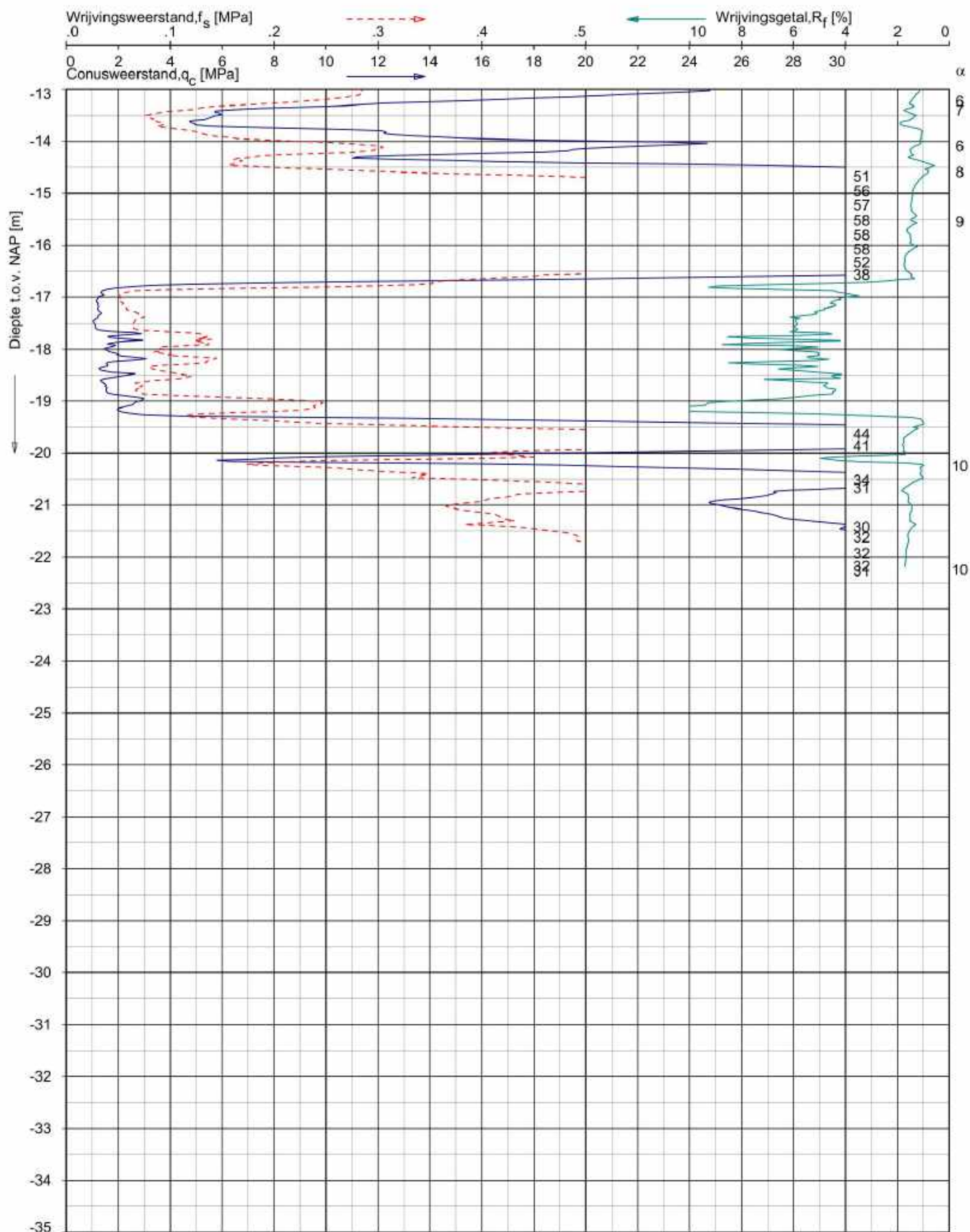


# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM2





Opg.: JTD/FVK d.d. 07-Dec-2009  
 Get.: KOOGERS d.d. 2009-12-10

conus: F7.5CKE2HA/B  
 MV = NAP +7.53 m

X = 99691.1  
 Y = 498353.5

Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 $\alpha$  afwijking van de vertikaal

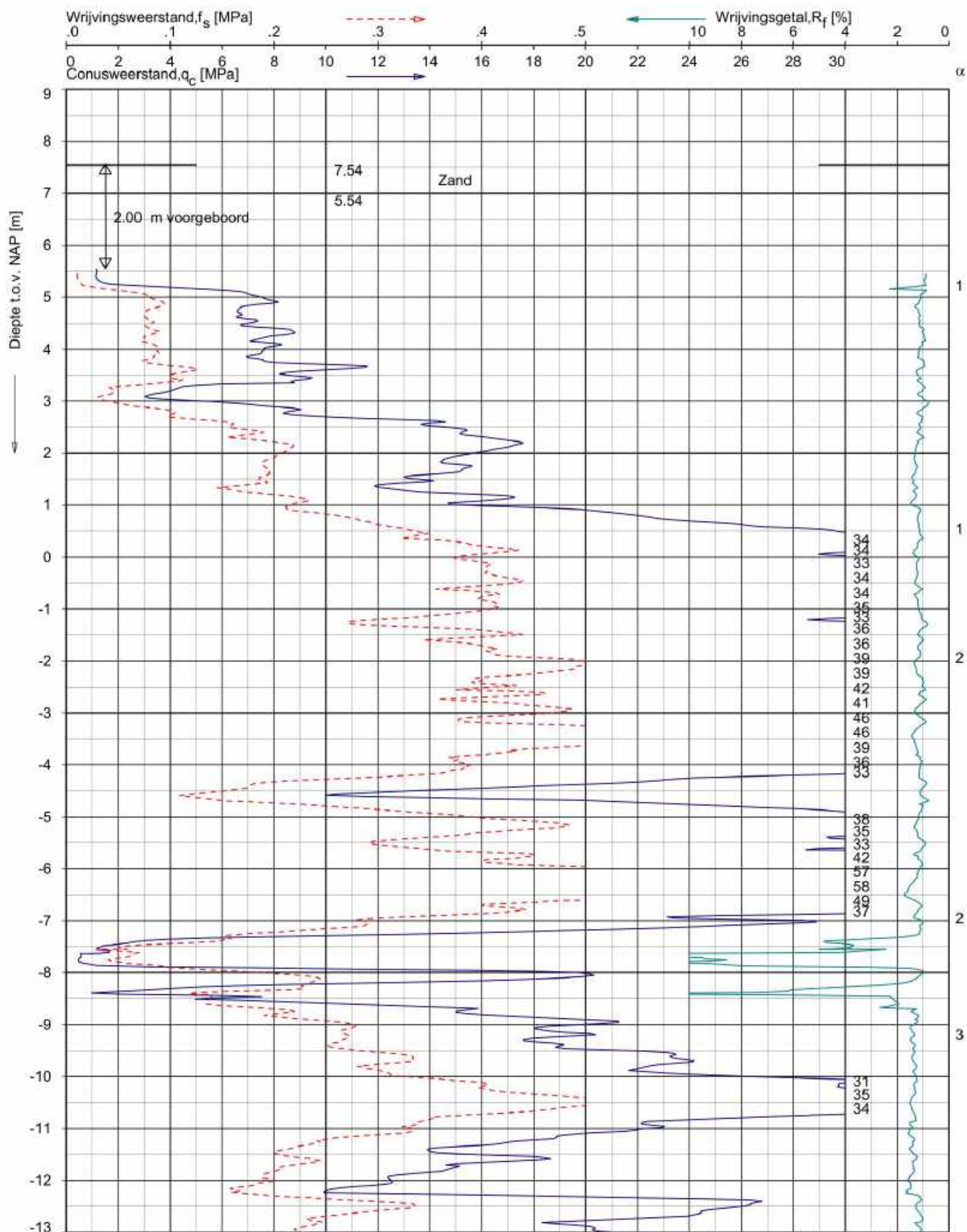


# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM2





Opg.: JTD/FVK d.d. 07-Dec-2009 conus: F7.5CKE2HA/B X = 99686.5  
 Get.: KOOGERS d.d. 2009-12-10 MV = NAP +7.54 m Y = 498332.6

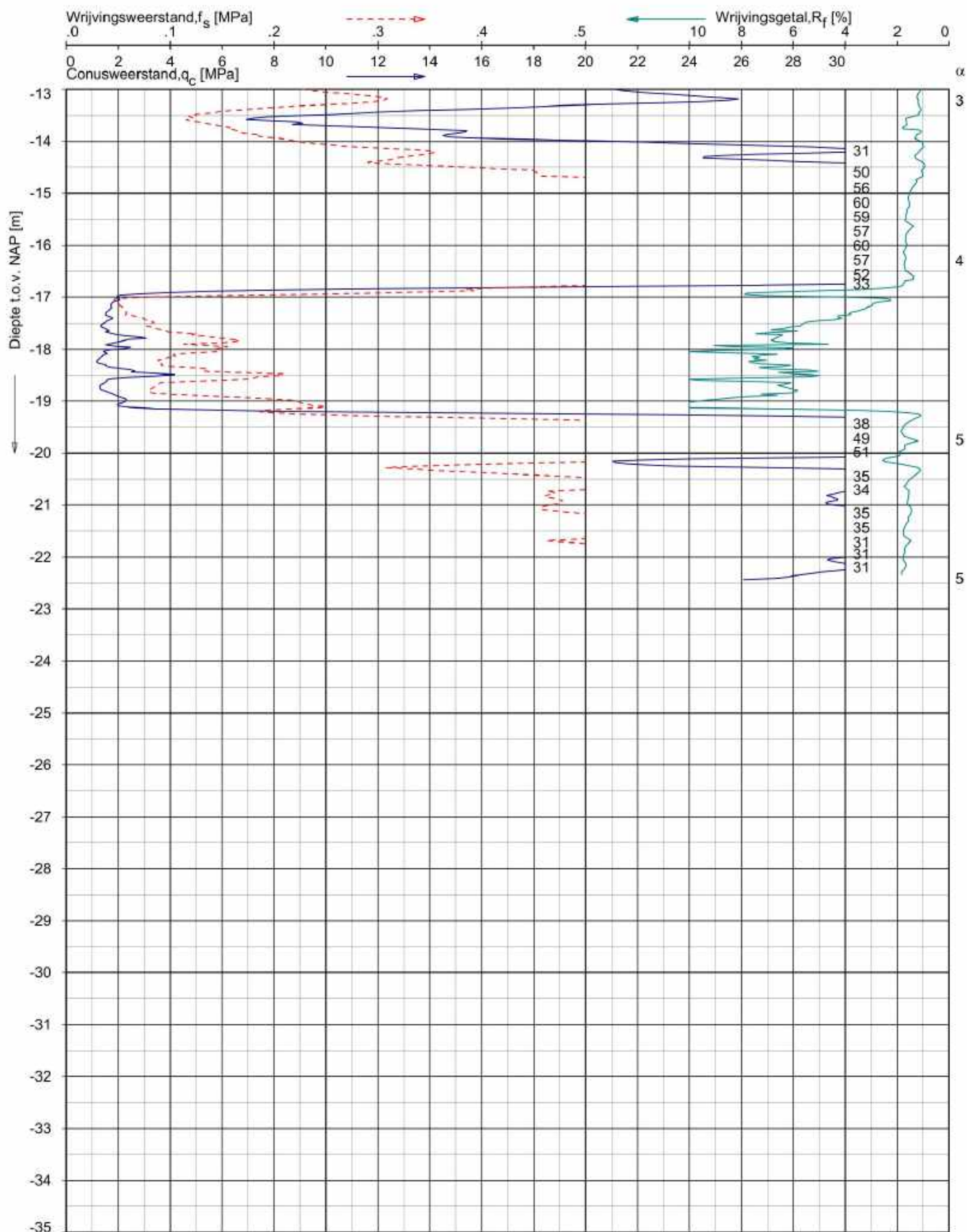
Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 $\alpha$  afwijking van de vertikaal



# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM4



Opg.: JTD/FVK d.d. 07-Dec-2009 conus: F7.5CKE2HA/B X = 99686.5  
 Get.: KOOGERS d.d. 2009-12-10 MV = NAP +7.54 m Y = 498332.6

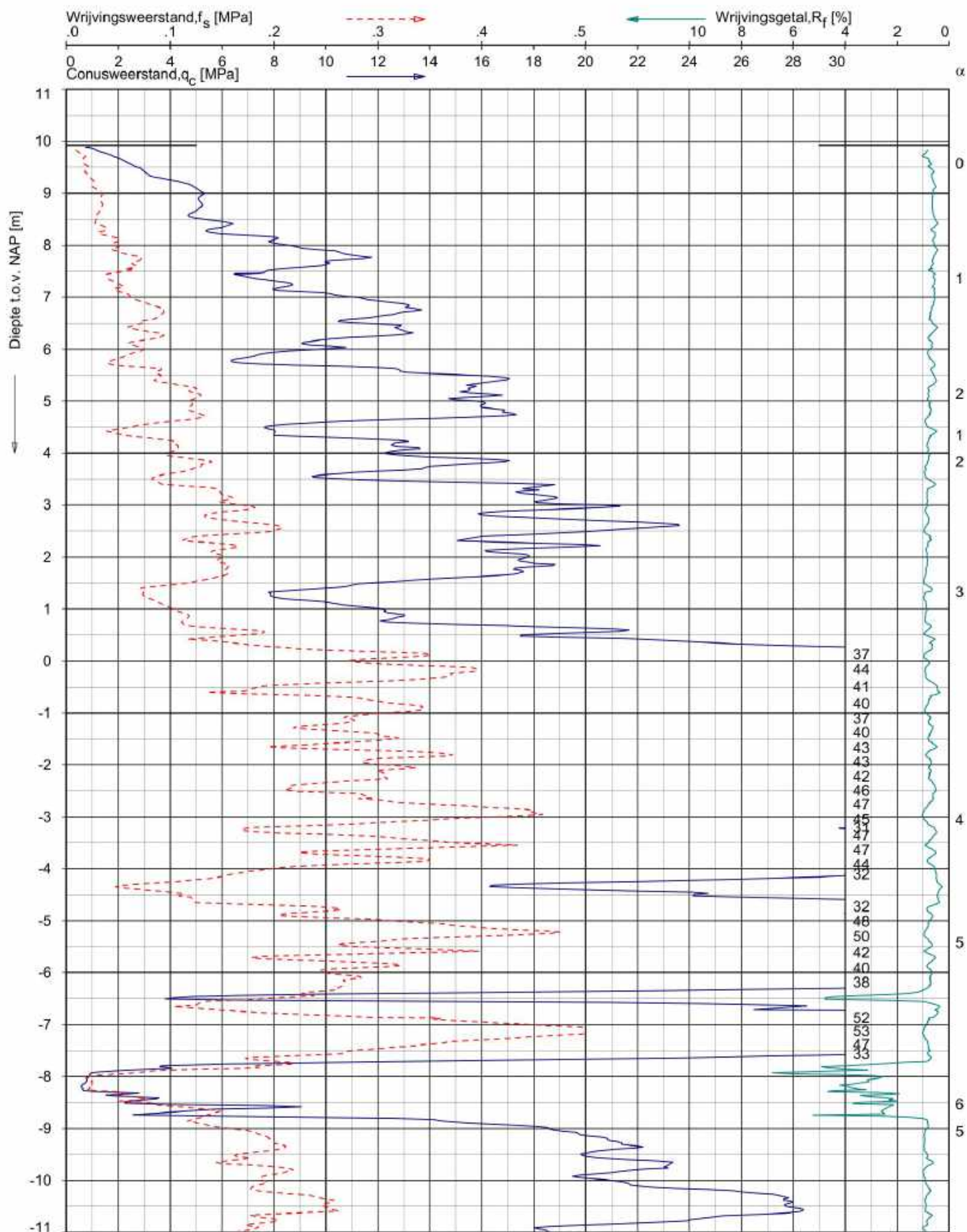
Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 $\alpha$  afwijking van de vertikaal



# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM4



Opg.: JBL/BNL d.d. 09-Dec-2009 conus: F7.5CKE2HA/B X = 99791.8  
 Get.: KOOGEERS d.d. 2009-12-10 MV = NAP +9.93 m Y = 498672.5

Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 $\alpha$  afwijking van de vertikaal

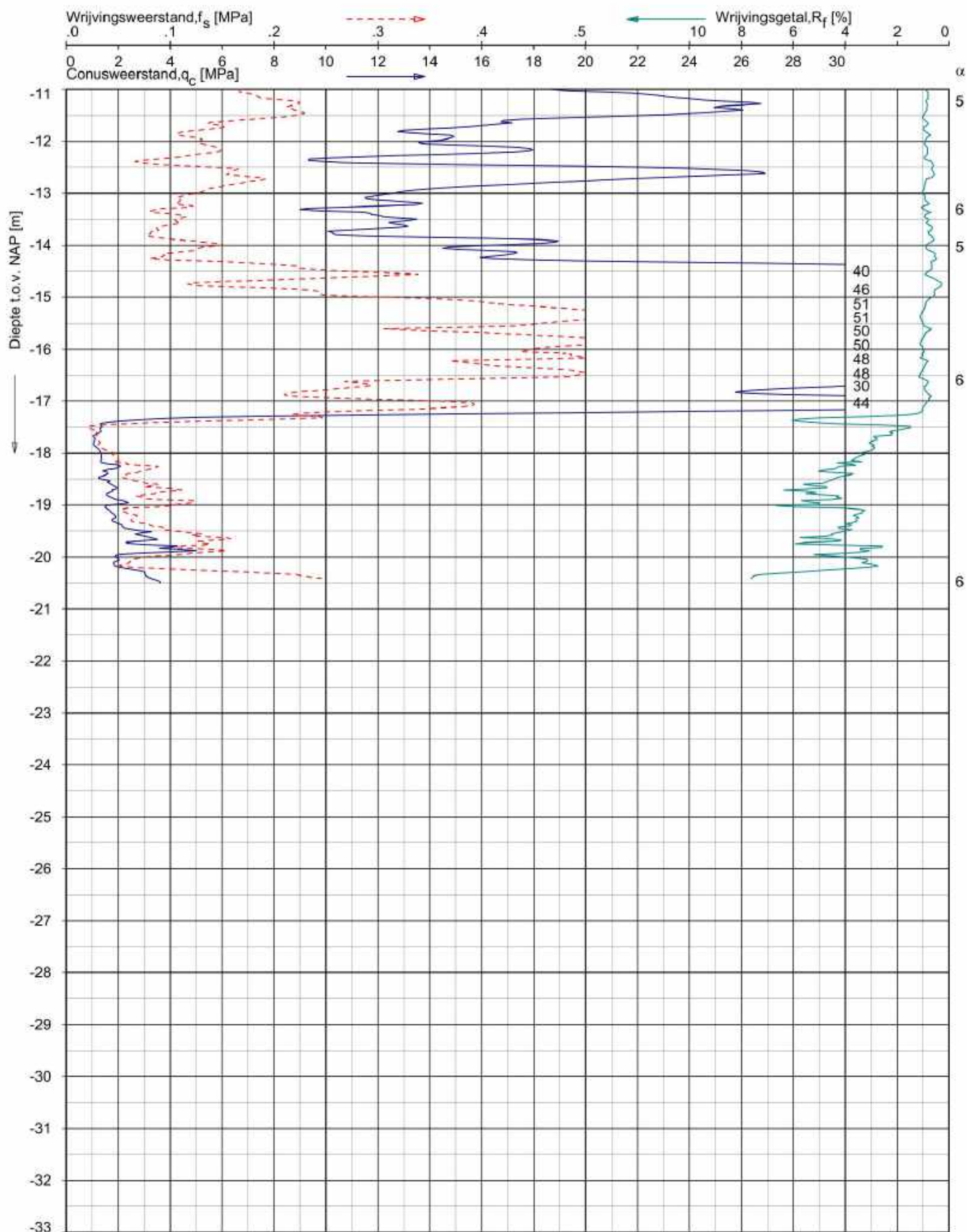


# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM6





Opg.: JBL/BNL d.d. 09-Dec-2009 conus: F7.5CKE2HA/B X = 99791.8  
 Get.: KOOGERS d.d. 2009-12-10 MV = NAP +9.93 m Y = 498672.5

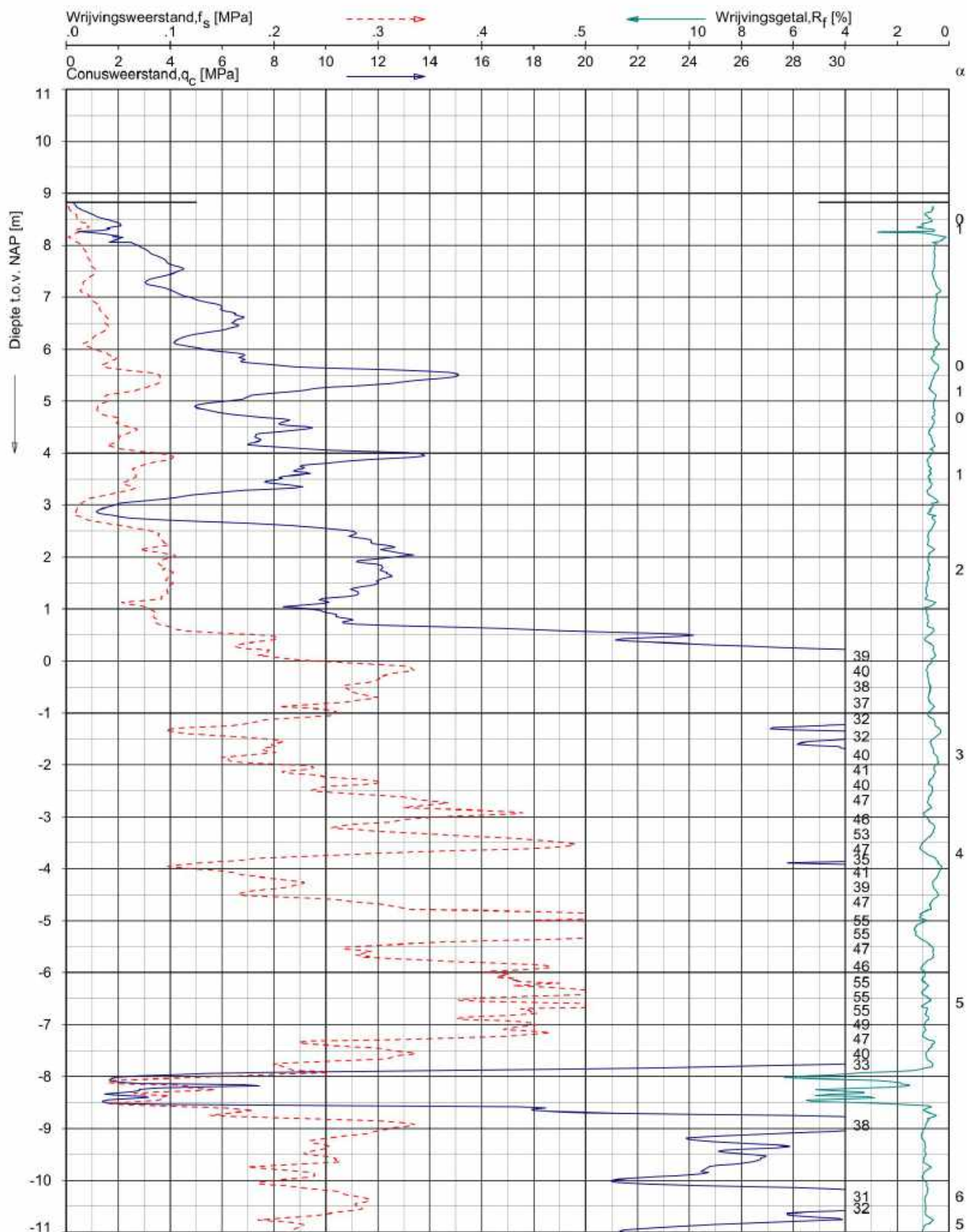
Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 α afwijking van de vertikaal



# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM6



Opg.: JBL/BNL d.d. 09-Dec-2009 conus: F7.5CKE2HA/B X = 99790.2  
 Get.: KOOGERS d.d. 2009-12-10 MV = NAP +8.82 m Y = 498653.3

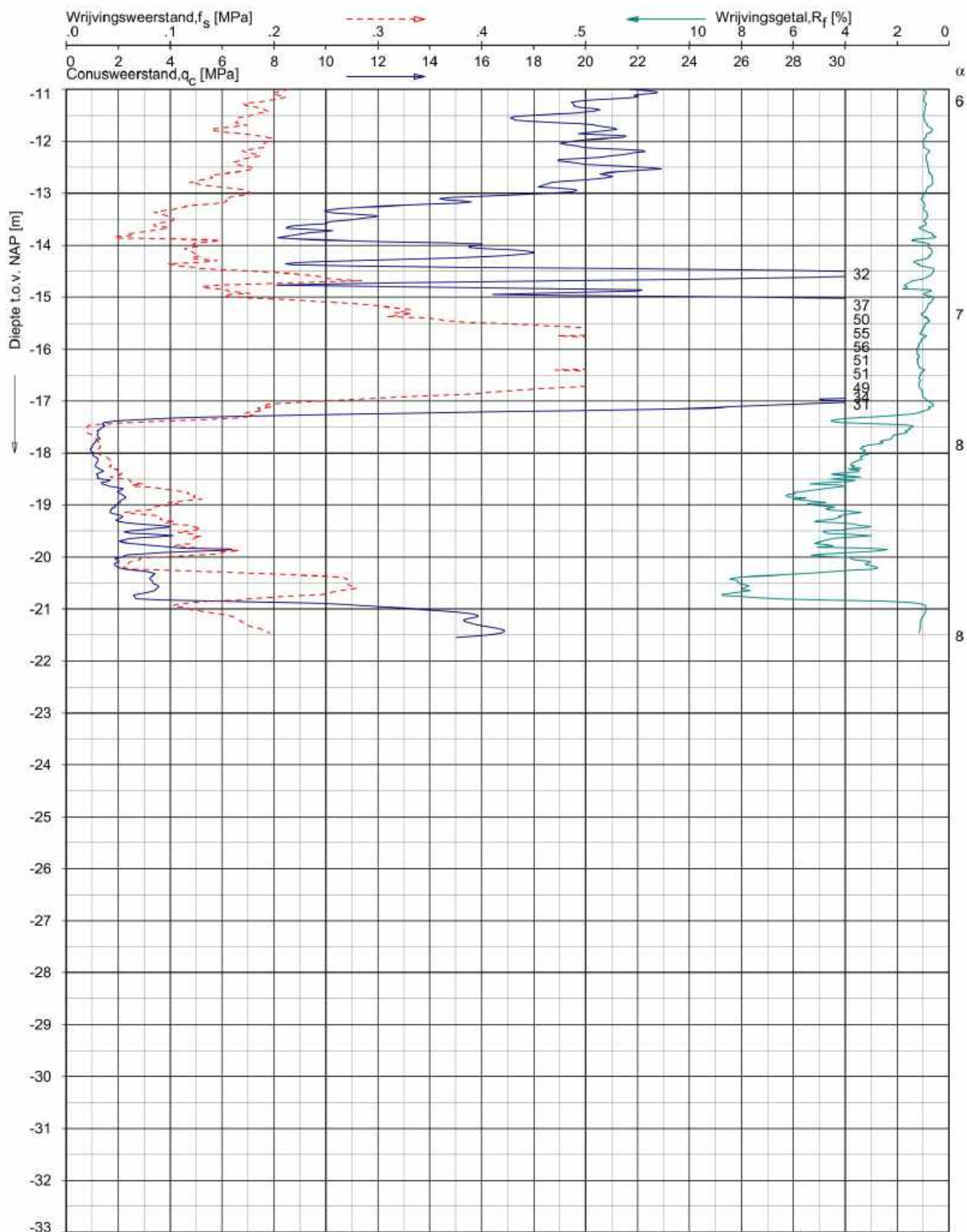
Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 $\alpha$  afwijking van de vertikaal



# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM8



Opg.: JBL/BNL d.d. 09-Dec-2009 conus: F7.5CKE2HA/B X = 99790.2  
 Get.: KOOGERS d.d. 2009-12-10 MV = NAP +8.82 m Y = 498653.3

Sondering volgens norm NEN 5140  
 conustype cilindrisch elektrisch  
 $\alpha$  afwijking van de vertikaal

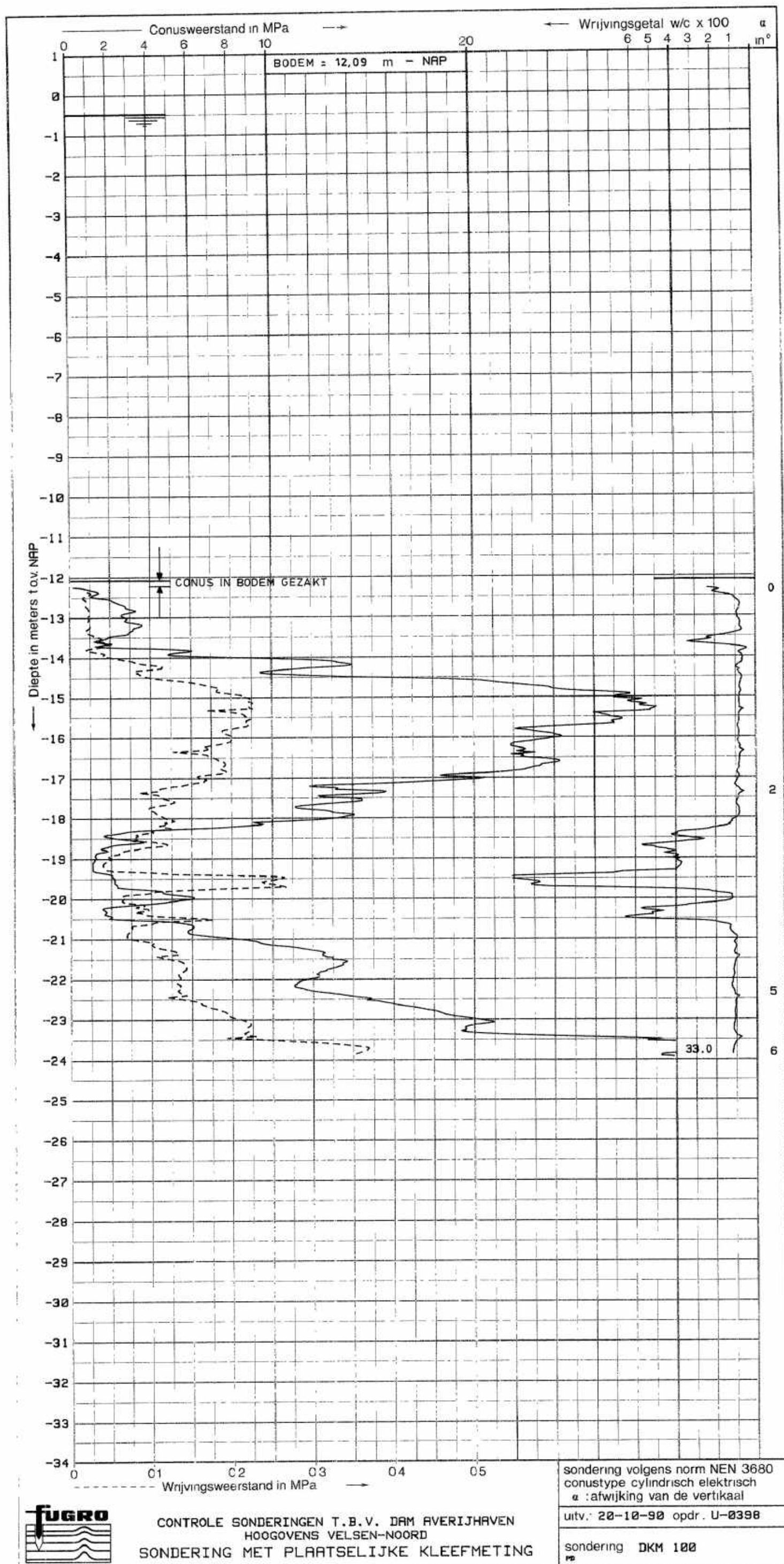


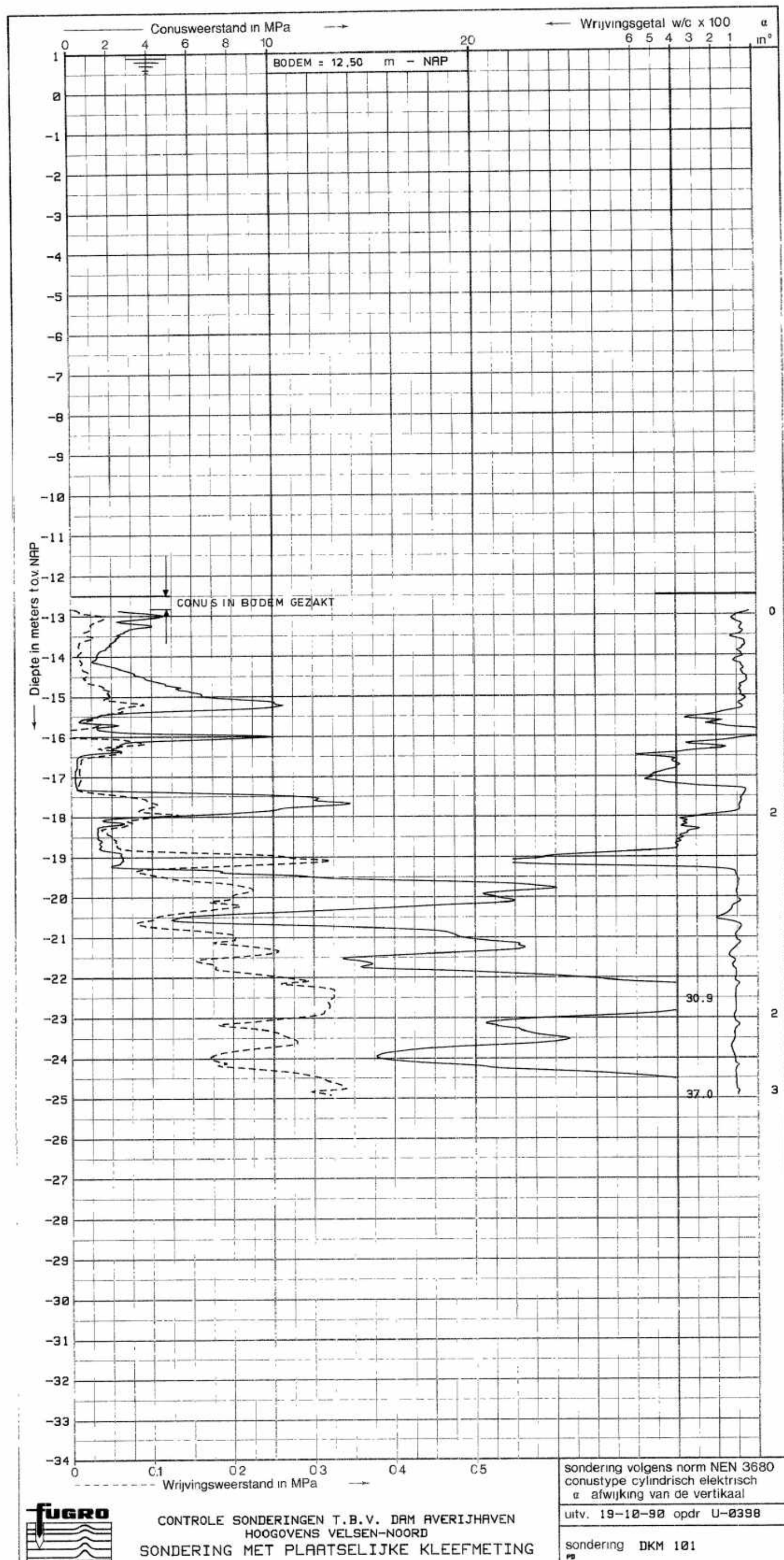
# SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WINDPARK IJMUIDEN A/D REINDERSWEG TE WIJK AAN ZEE

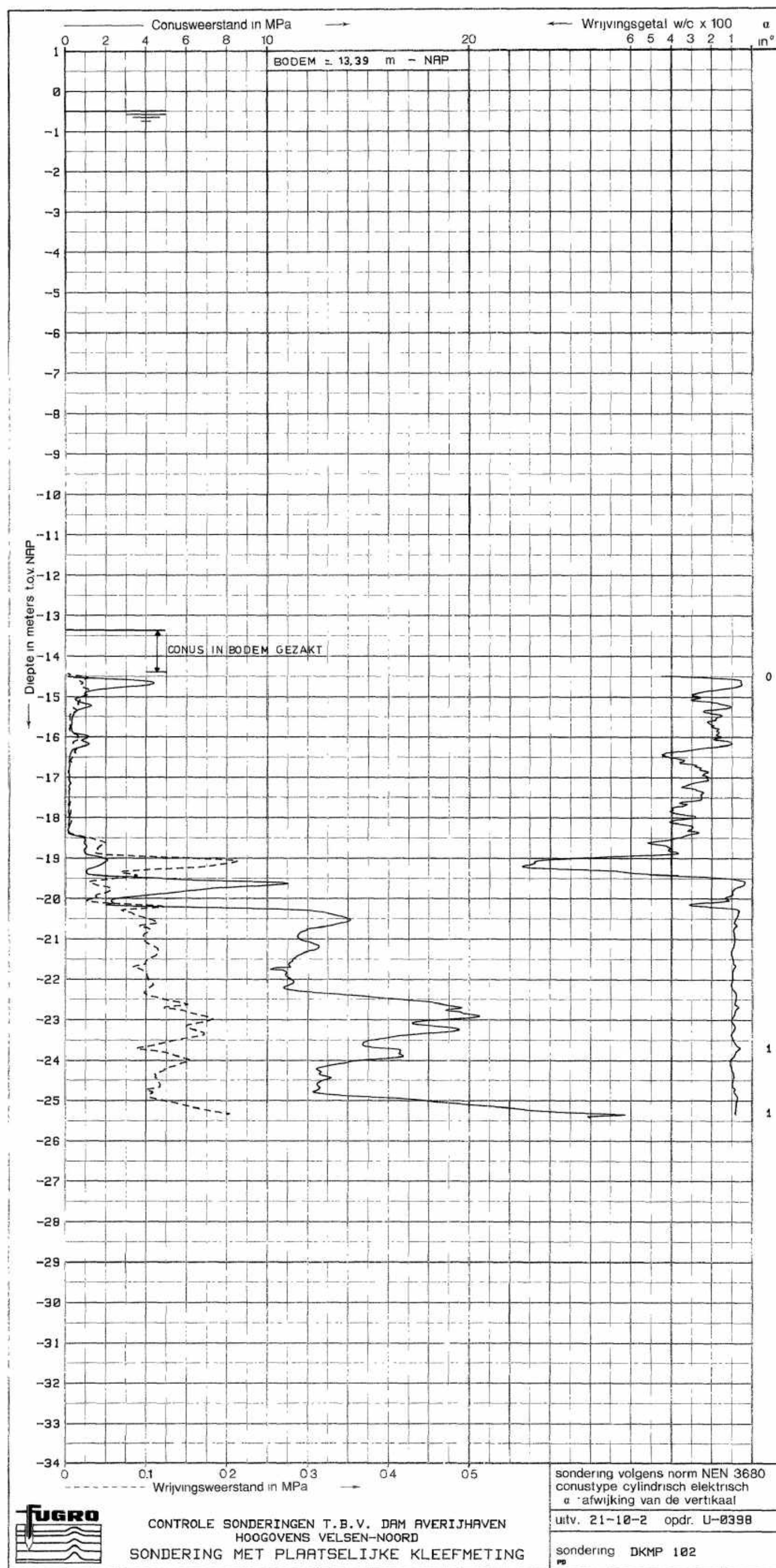
Opdr. 4009-0494-000  
 Sond. DKM8



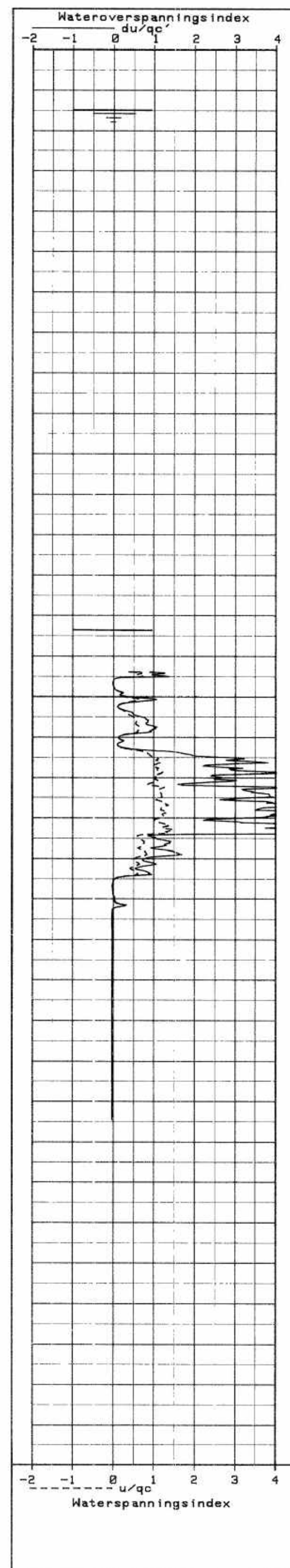
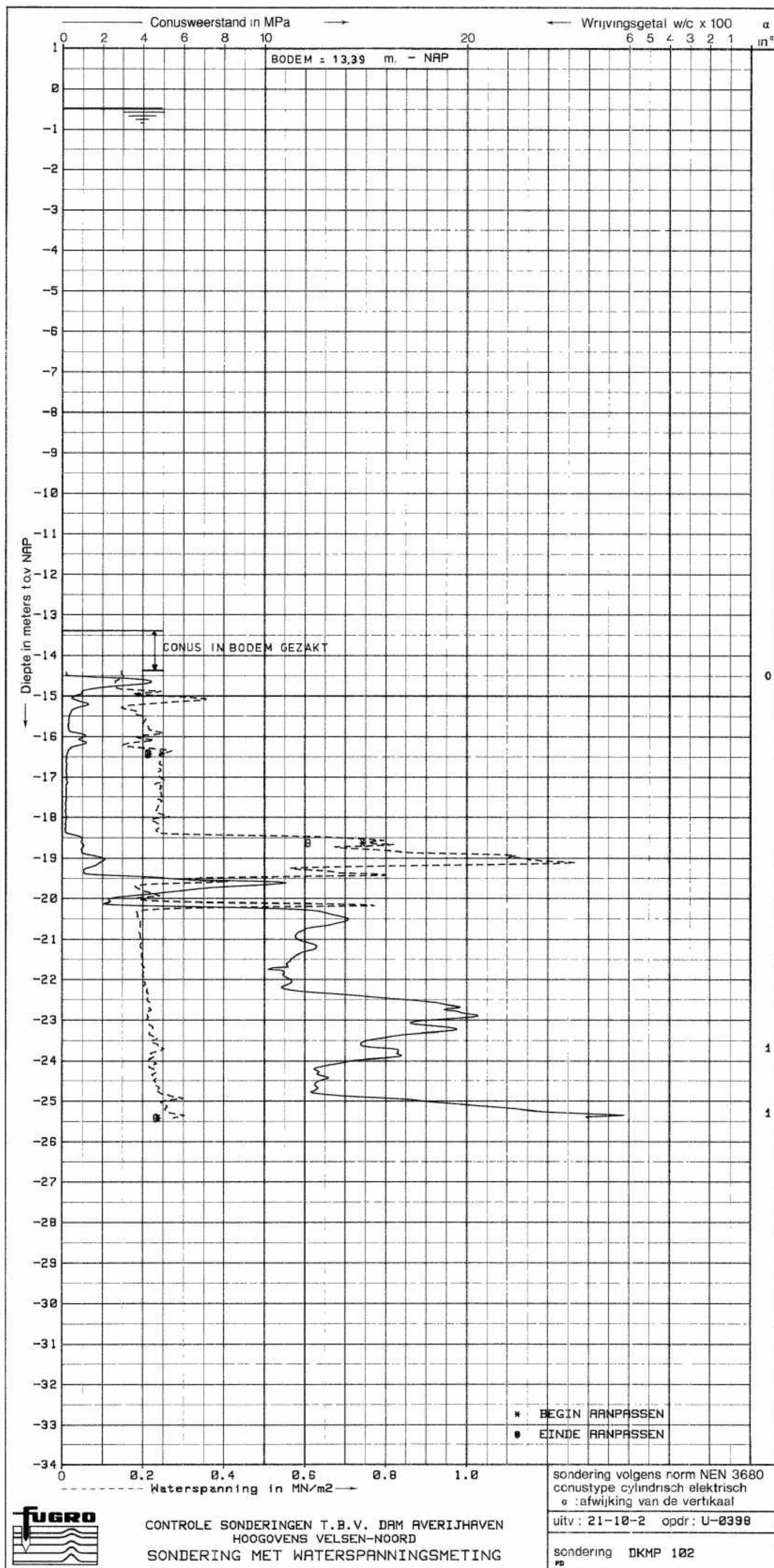












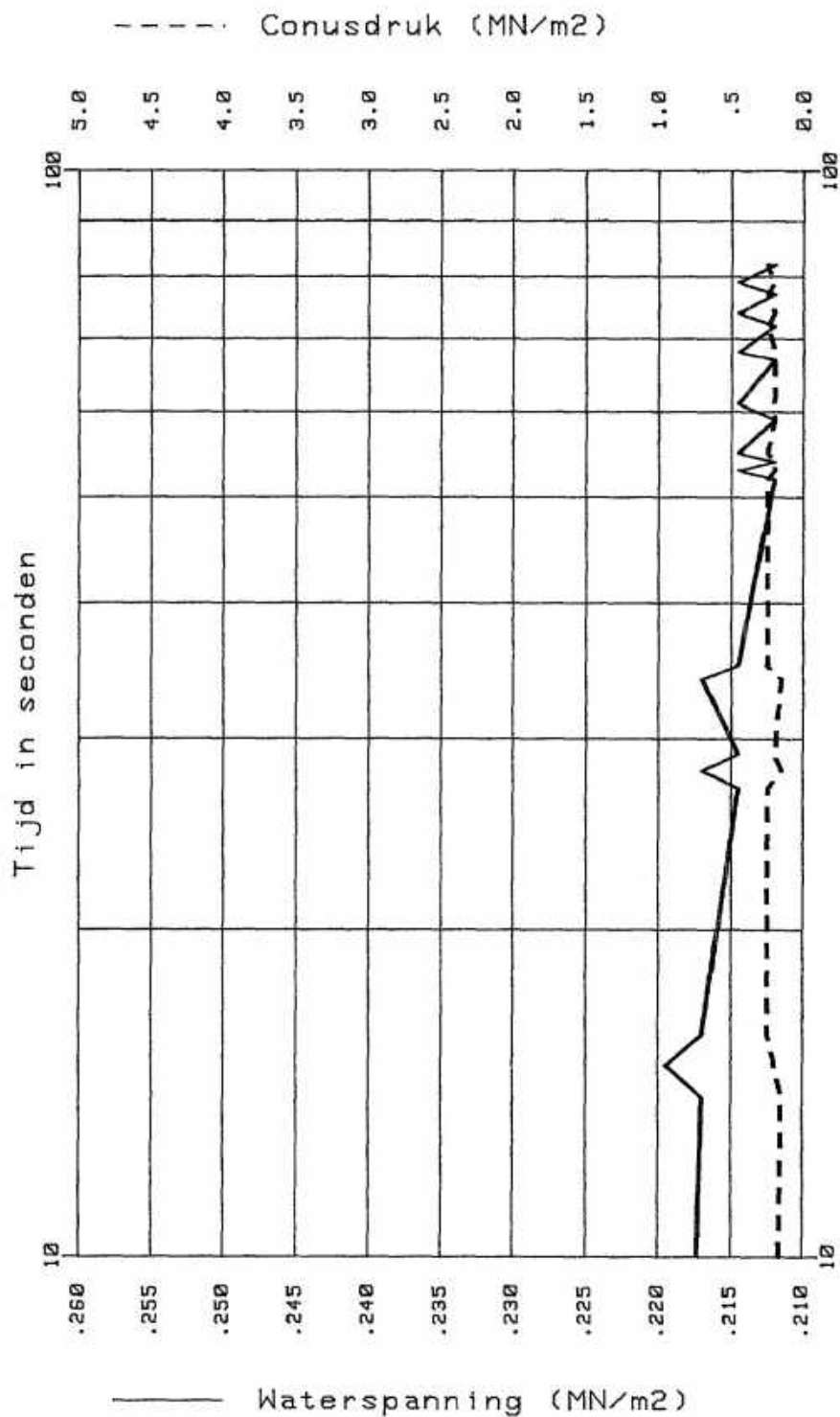
971005



# DISSIPATIETEST

CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
HOOGGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
U-0398-2



SONDERING DKMP 102

BODEM : 13.39 - NAP

DISSIPATIETEST Nr. 1

DIEPTE DISSIPATIETEST 16.41 M - NAP

DATUM 21-10-2

WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .247 MN/m<sup>2</sup>

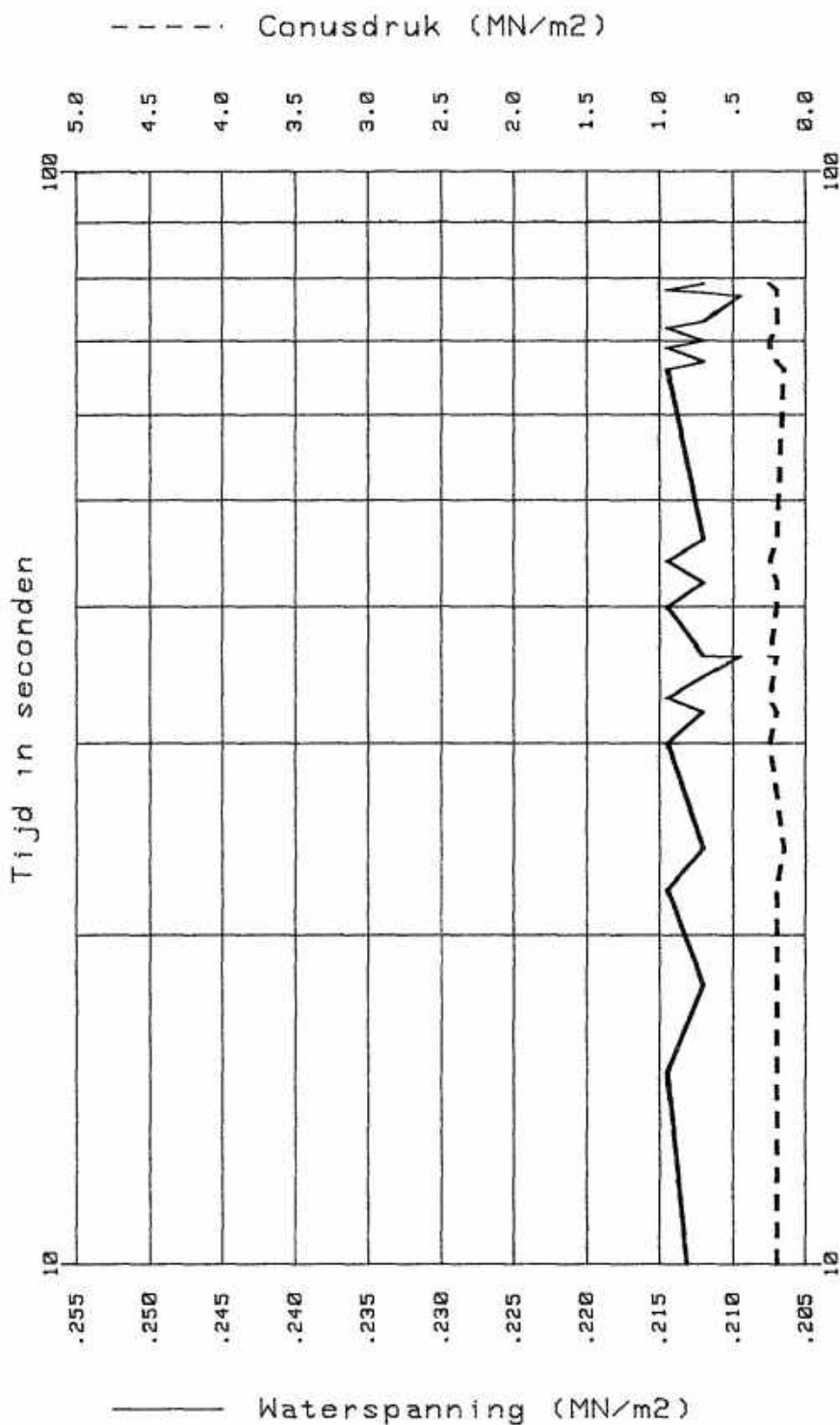
WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .212 MN/m<sup>2</sup>

971805



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398-3



SONDERING DKMP 102

BODEM = 13.39 - NAP

DISSIPATIETEST Nr. 2

DIEPTE DISSIPATIETEST 16.43 M - NAP

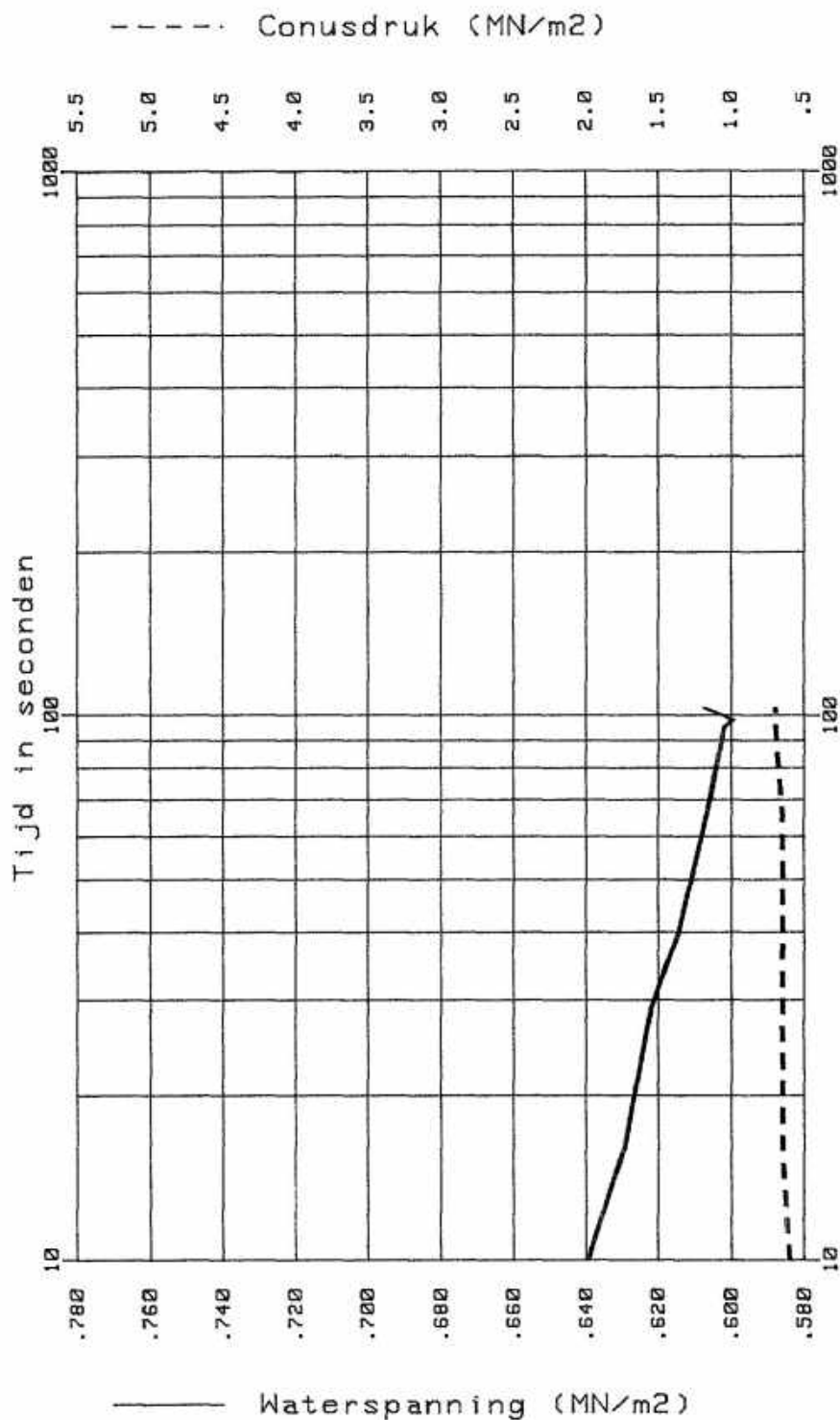
DATUM 21-10-2

WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .214 MN/m2

WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .212 MN/m2



071005



SONDERING DKMP 102

BODEM = 13,39 — NAP

DISSIPATIETEST Nr. 3

DIEPTE DISSIPATIETEST 18.63 M — NAP

DATUM 21-10-2

WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .742 MN/m<sup>2</sup>

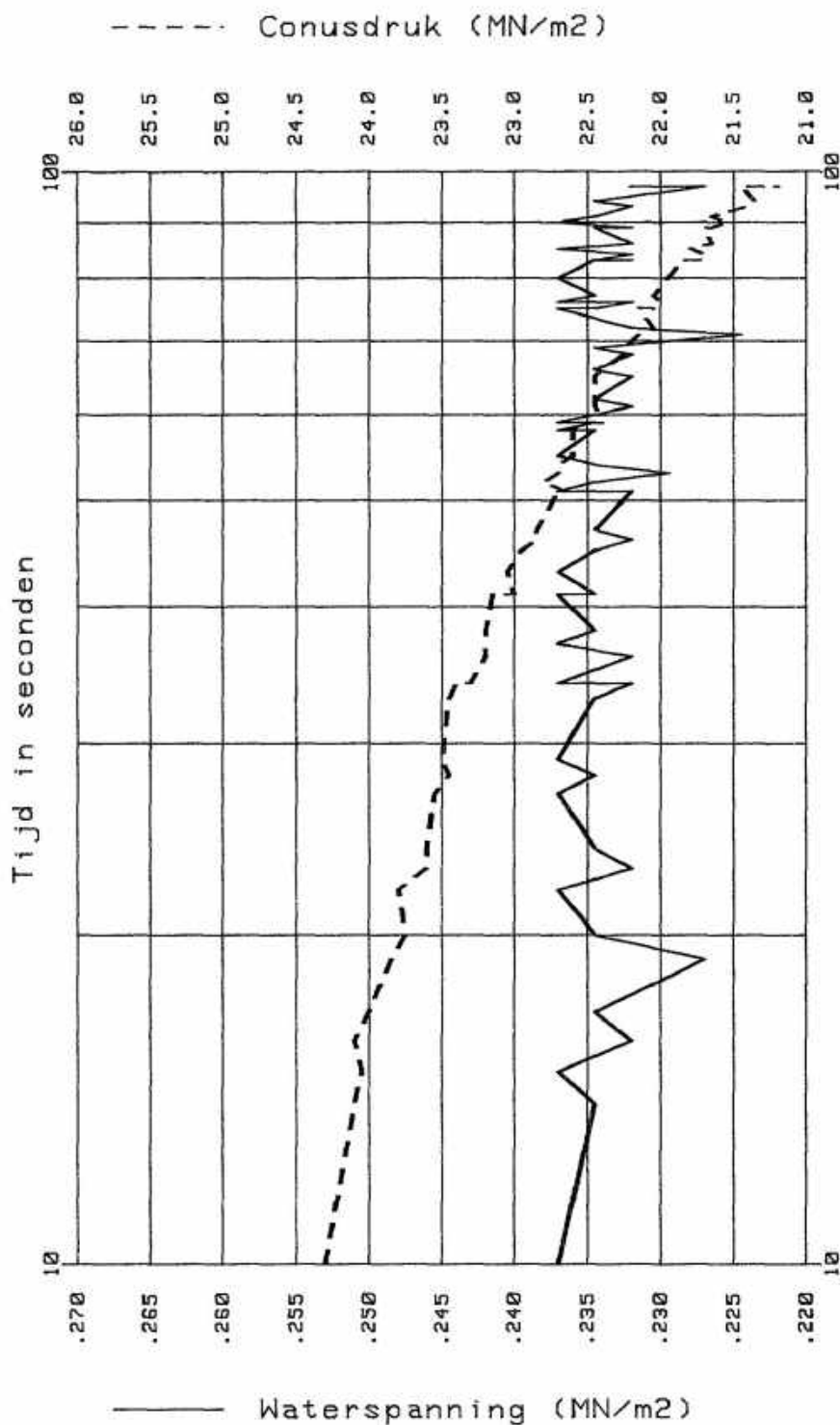
WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .607 MN/m<sup>2</sup>



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398-4

871005



SONDERING DKMP 102

BODEM : 13,39

- NAP

DISSIPATIETEST Nr. 4

DIEPTE DISSIPATIETEST 25.41 M - NAP

DATUM 21-10-2

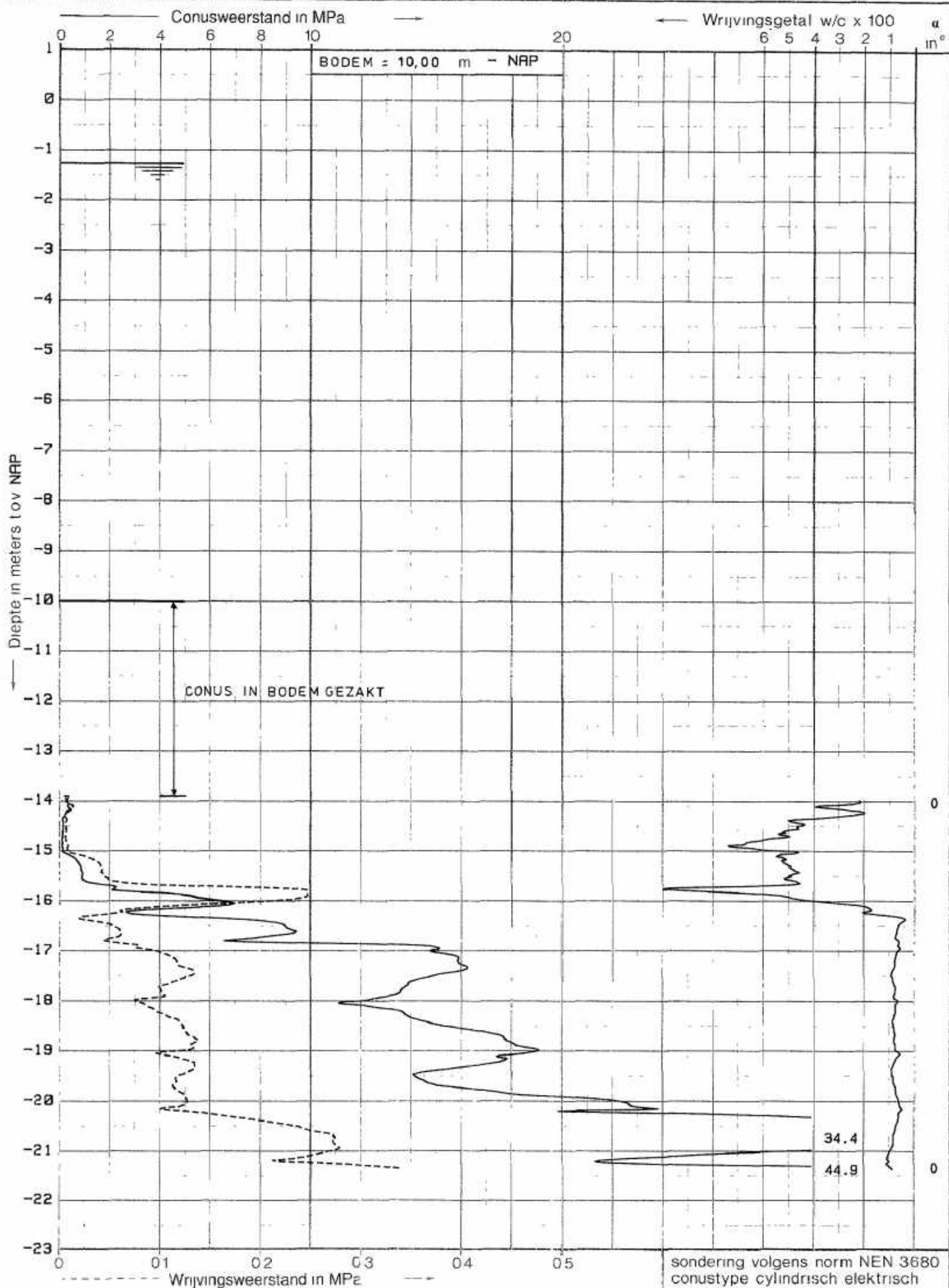
WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .237 MN/m<sup>2</sup>

WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .232 MN/m<sup>2</sup>



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398-5



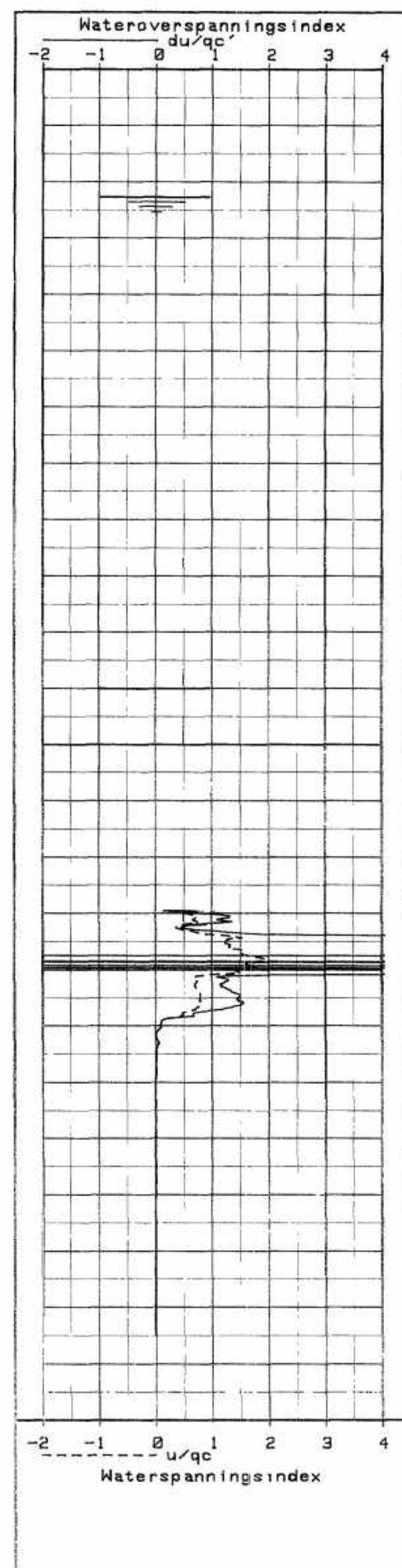
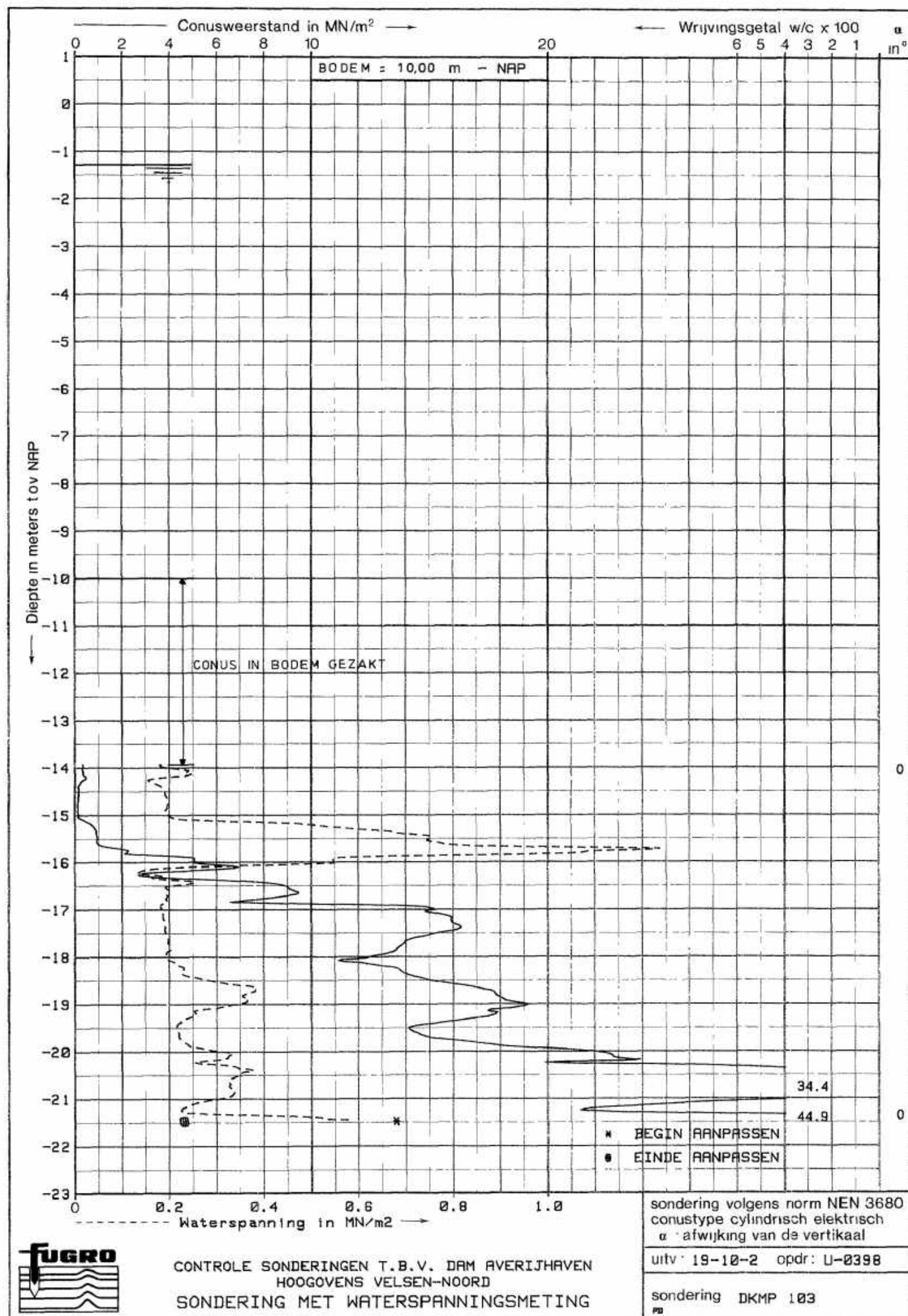
CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
HOOGGOVENS VELSEN-NOORD  
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

sondering volgens norm NEN 3680  
conustype cilindrisch elektrisch  
α afwijking van de vertikaal

uitv 19-10-2 opdr U-0398

sondering DKMP 103



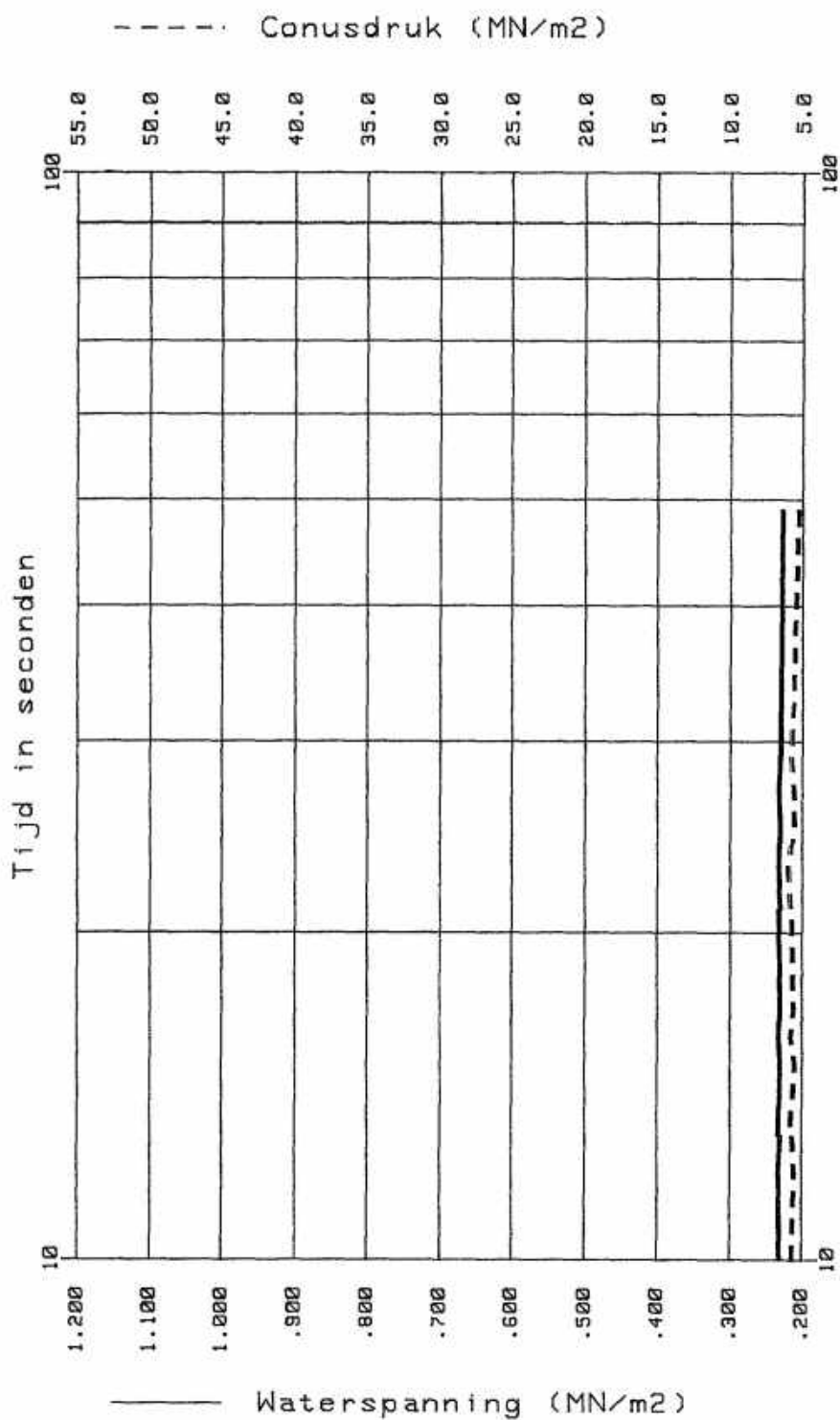


971803



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398-6



SONDERING DKMP 103

BODEN = 10.00 - NAP

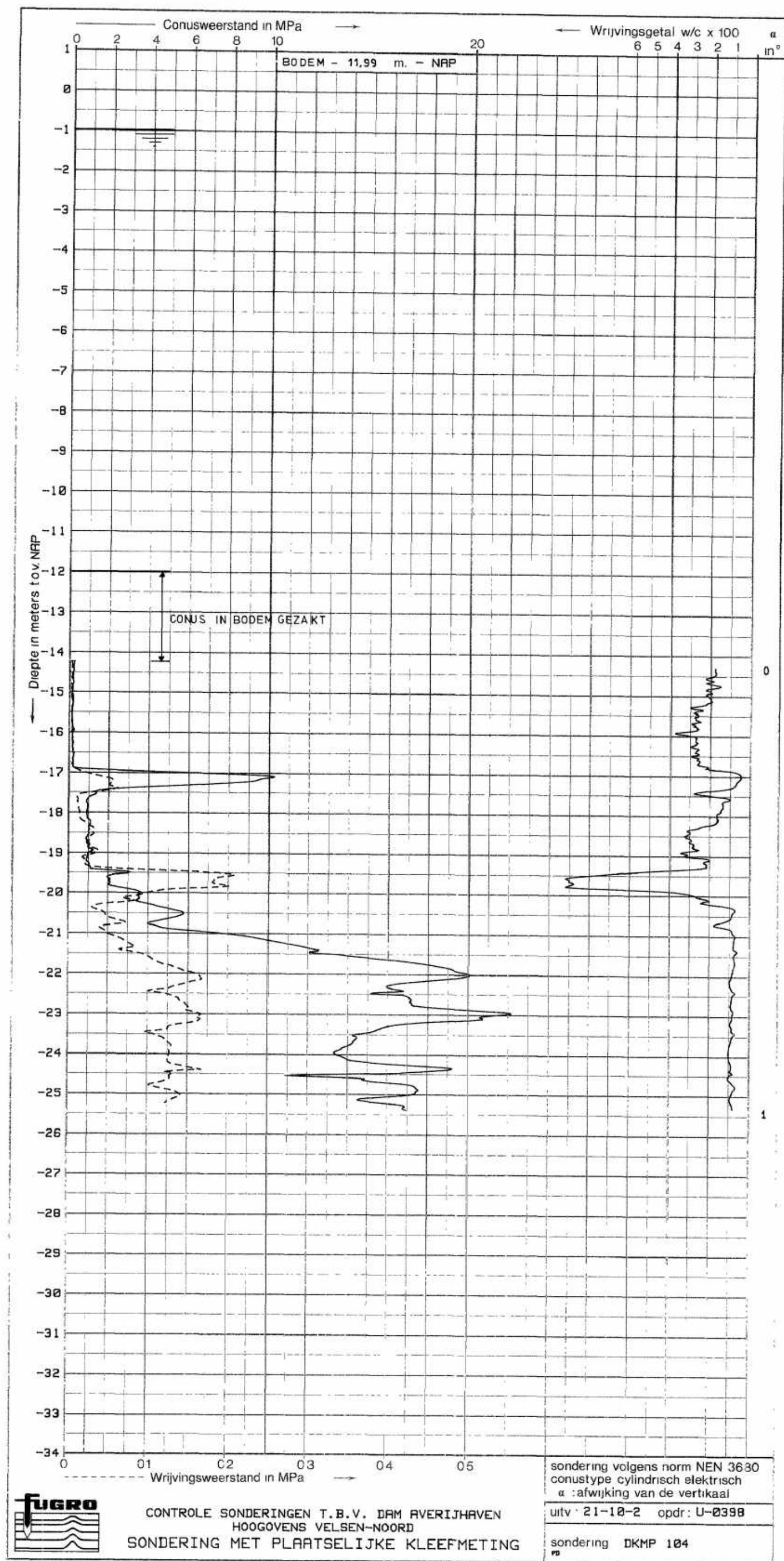
DISSIPATIETEST Nr.

DIEPTE DISSIPATIETEST 21.46 M - NAP

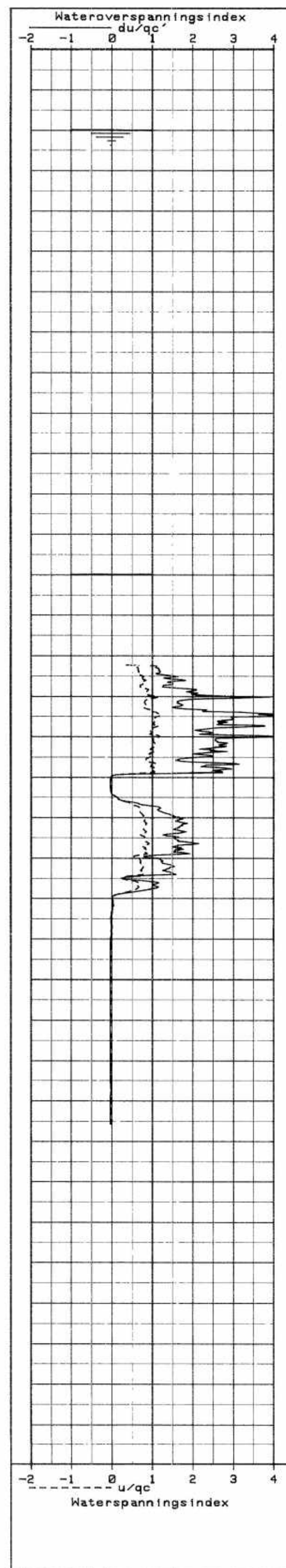
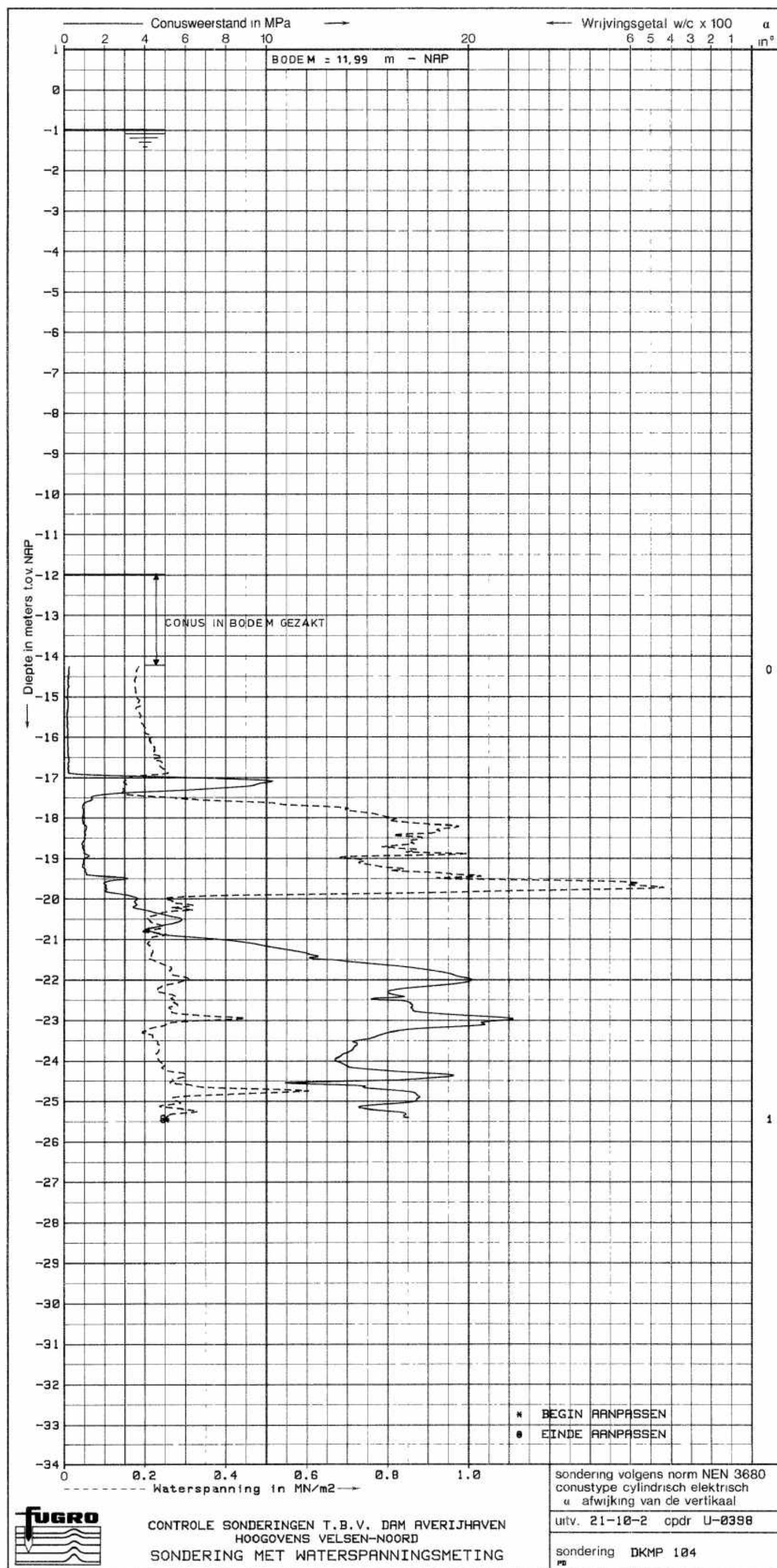
DATUM 19-10-2

WATERSpanning BEGIN DISSIPATIETEST : .678 MN/m²

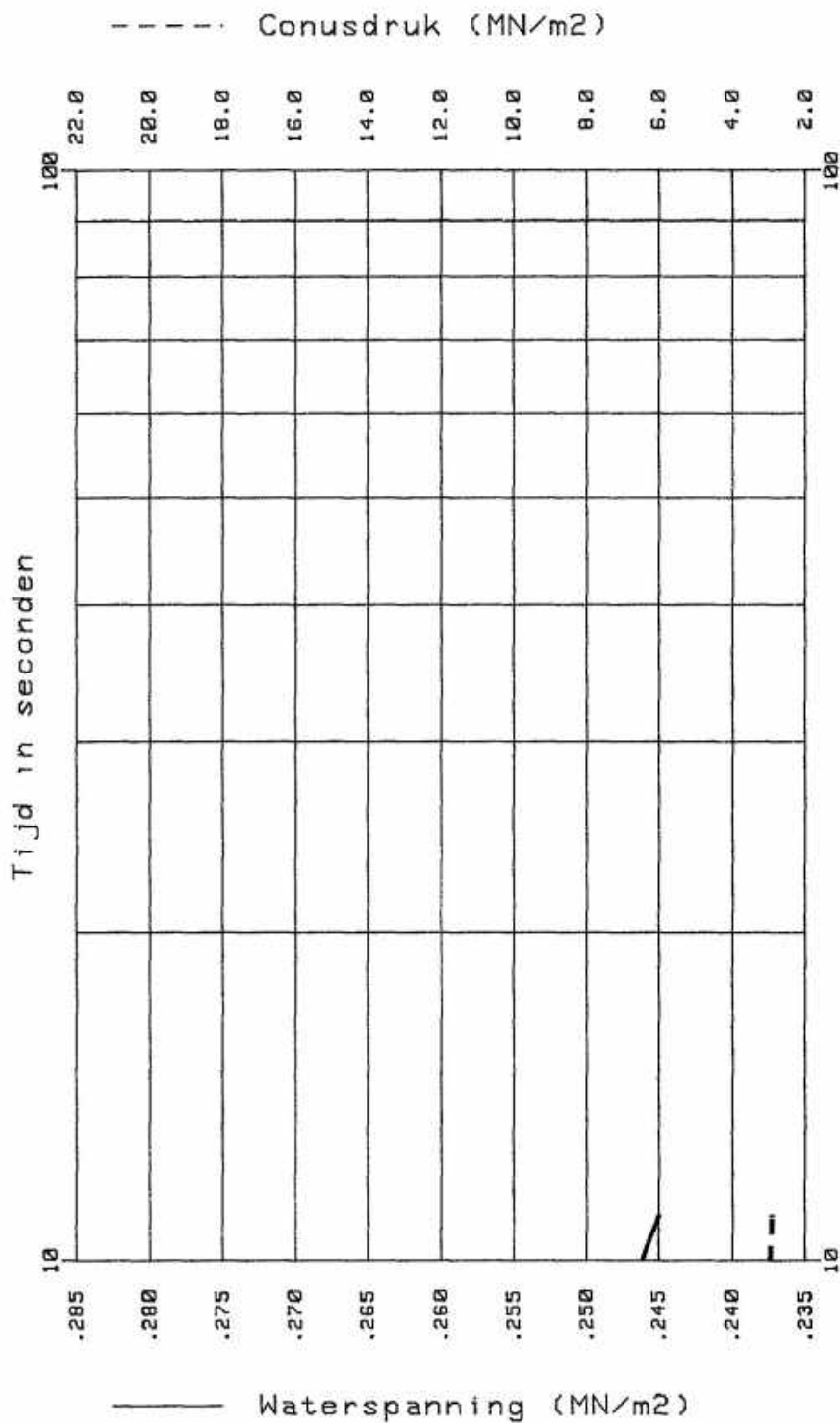
WATERSpanning EINDE DISSIPATIETEST : .228 MN/m²







071005



SONDERING DKMP 104

BODEM : 11 99 — NAP

DISSIPATIETEST Nr. 1

DIEPTE DISSIPATIETEST 25.42 M — NAP

DATUM 21-10-2

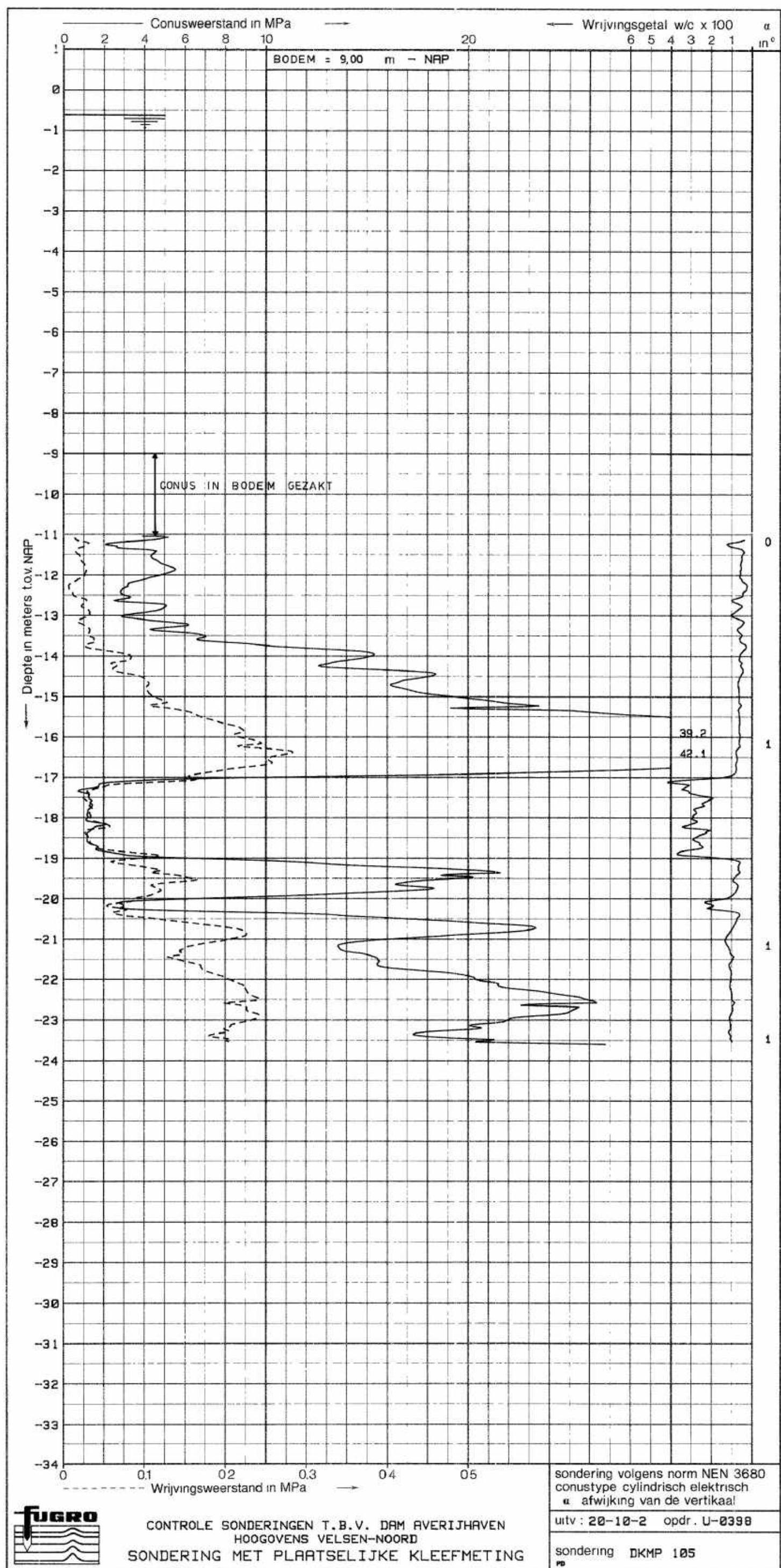
WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .253 MN/m<sup>2</sup>

WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .245 MN/m<sup>2</sup>

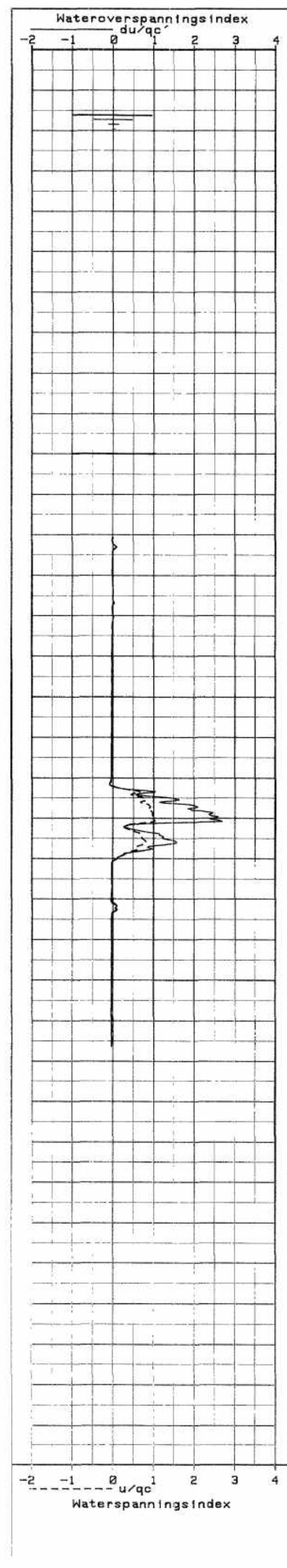
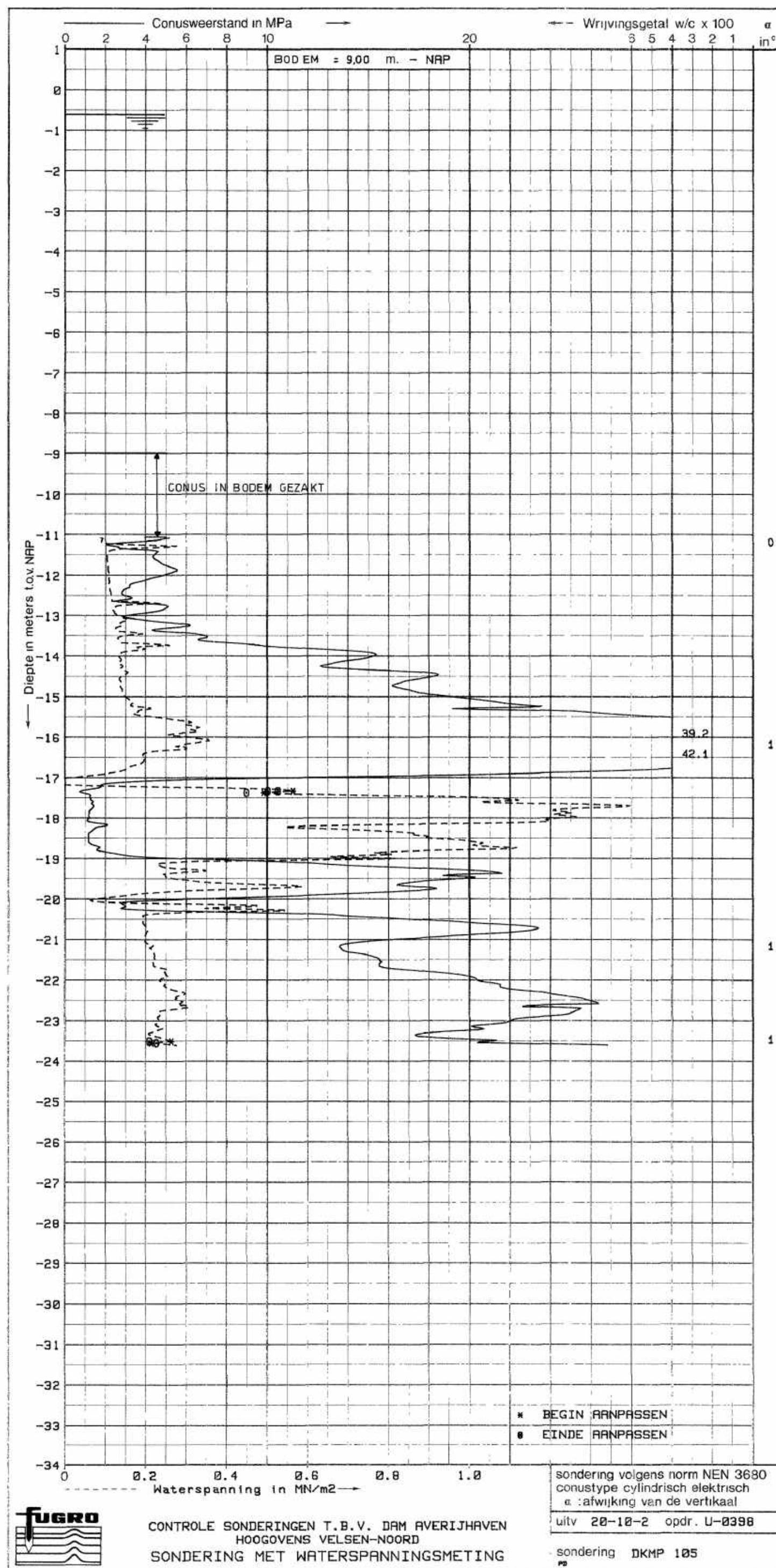


DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398-7





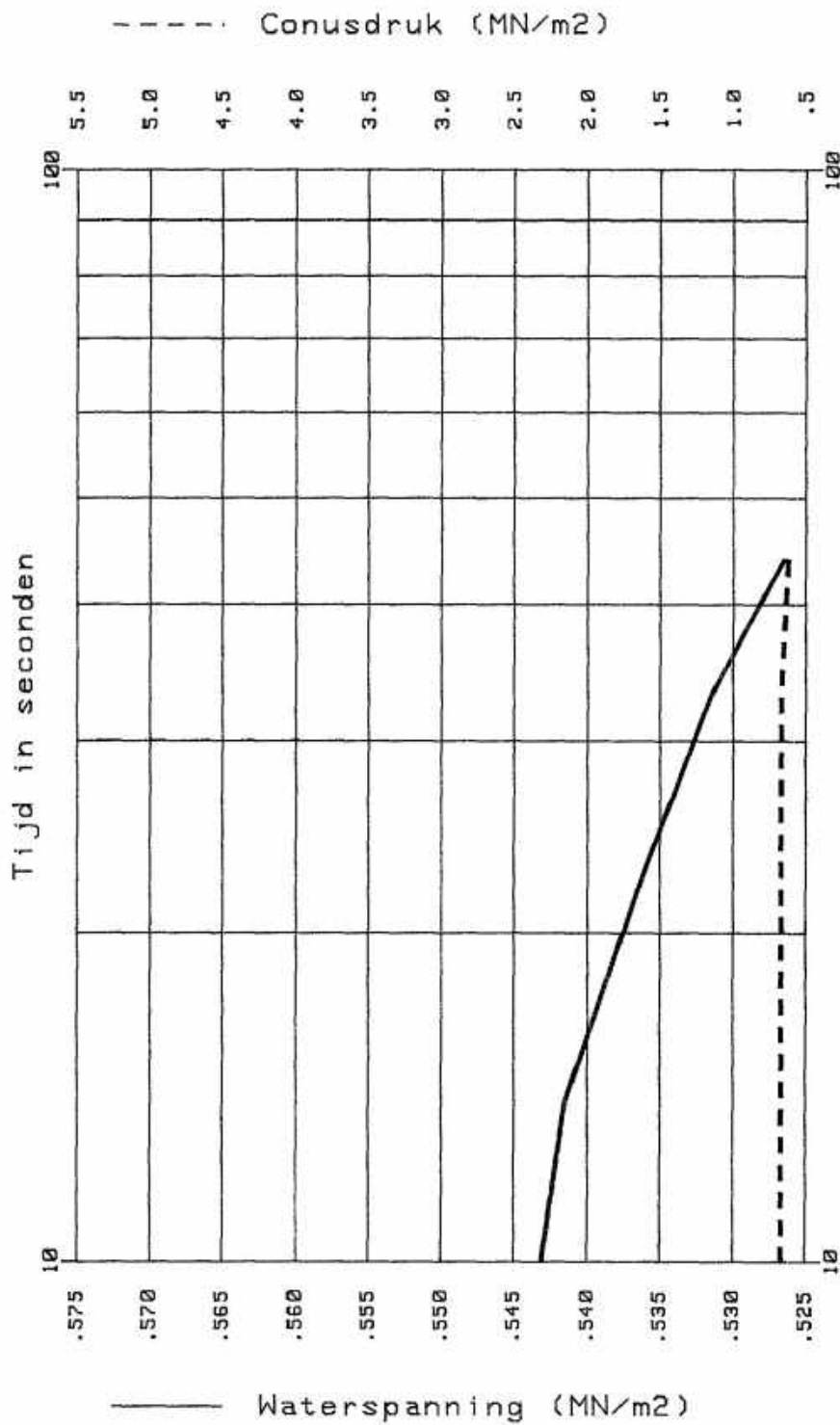


871025



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398-8



SONDERING DKMP 105

BODEM = 9,00 -- NAP

DISSIPATIETEST Nr. 1

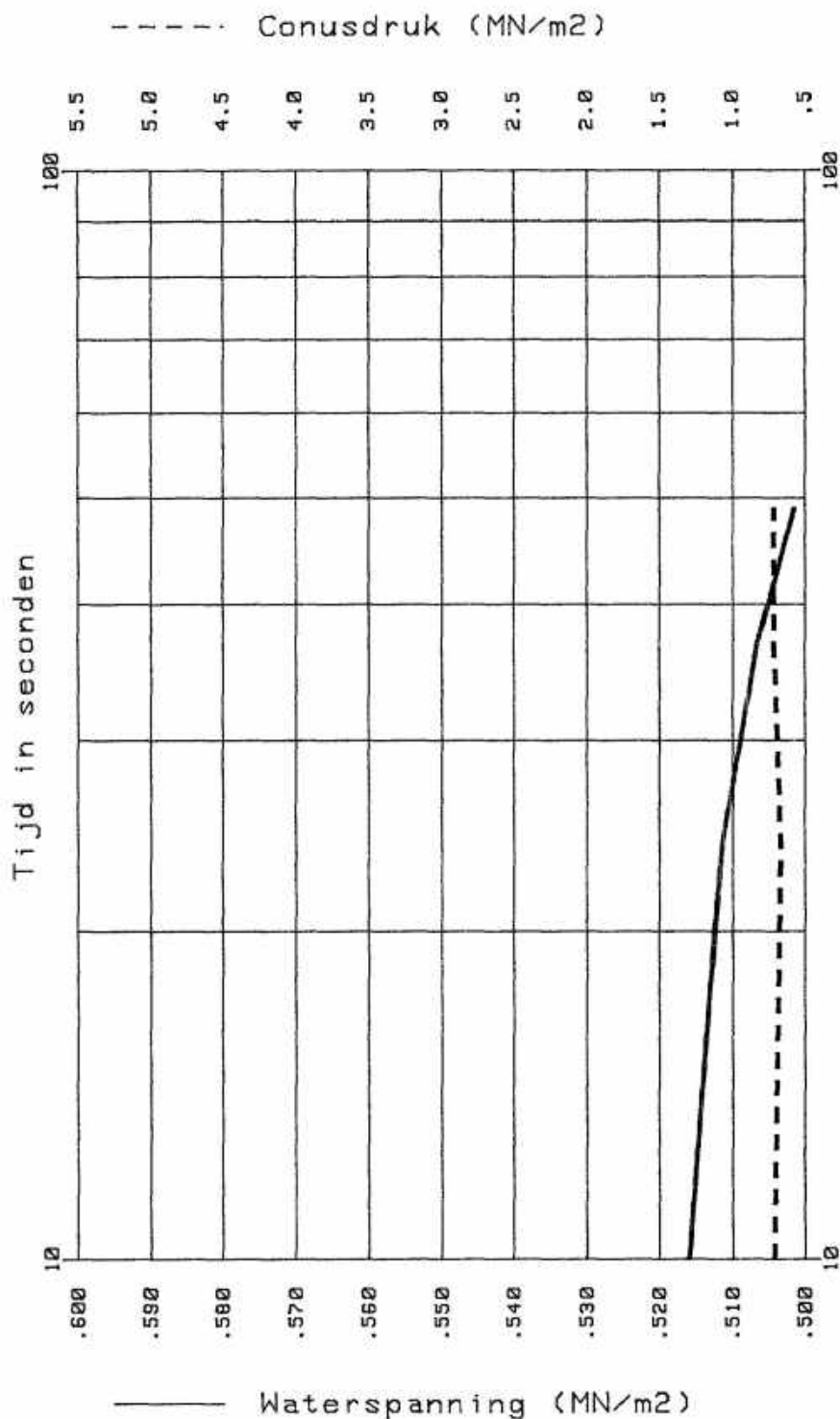
DIEPTE DISSIPATIETEST 17.31 M - NAP

DATUM 20-10-2

WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .564 MN/m<sup>2</sup>

WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .526 MN/m<sup>2</sup>

871005



SONDERING DKMP 105

BODEM : 9.00 - NAP

DISSIPATIETEST Nr. 2

DIEPTE DISSIPATIETEST 17.31 M - NAP

DATUM 20-10-2

WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .564 MN/m2

WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .502 MN/m2



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398 -9

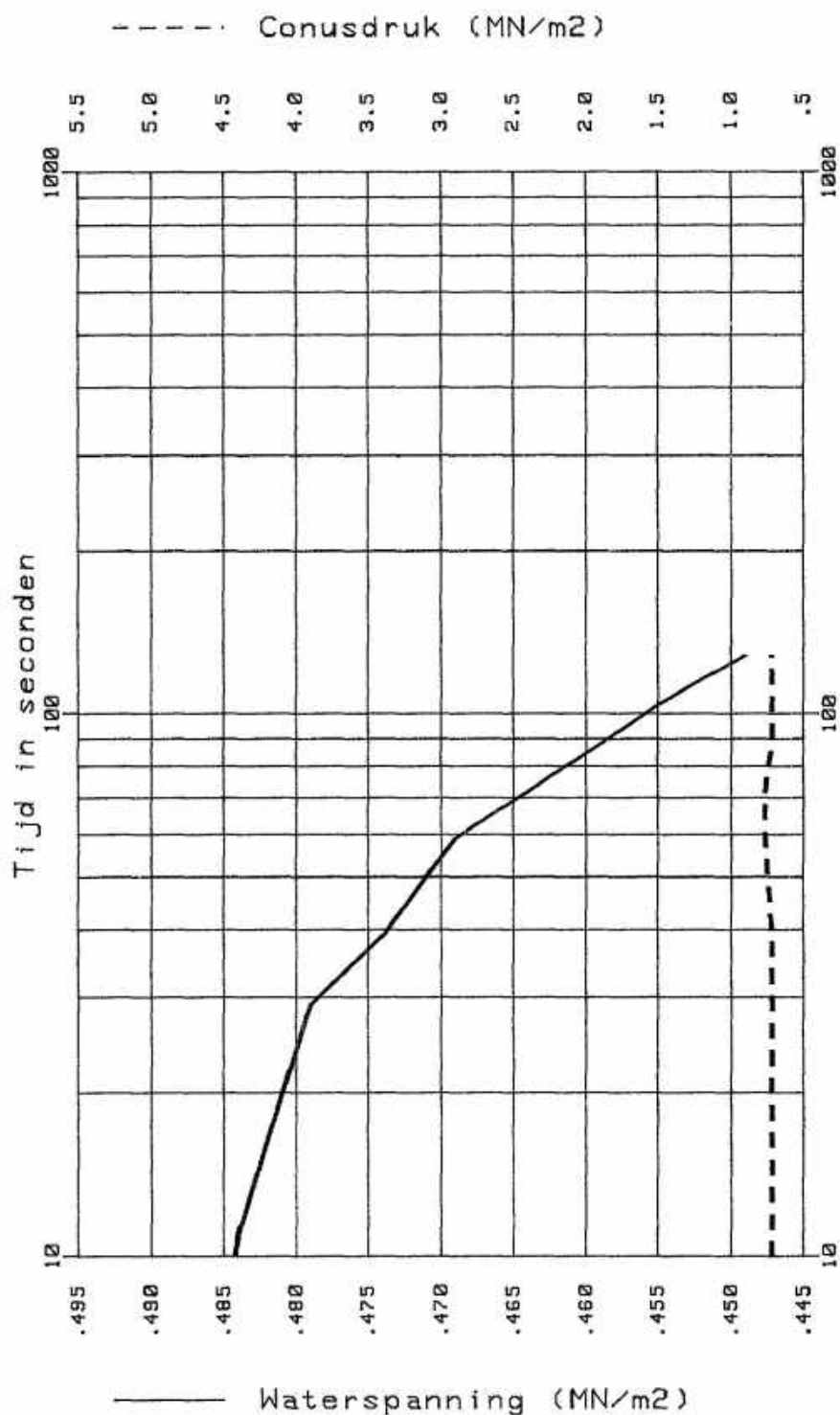


871005



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398-10



SONDERING DKMP 105

DISSIPATIETEST Nr. 3

DATUM 20-10-2

BODEM = 9.00

— NAP

DIEPTE DISSIPATIETEST 17.35 M - NAP

WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .491 MN/m<sup>2</sup>

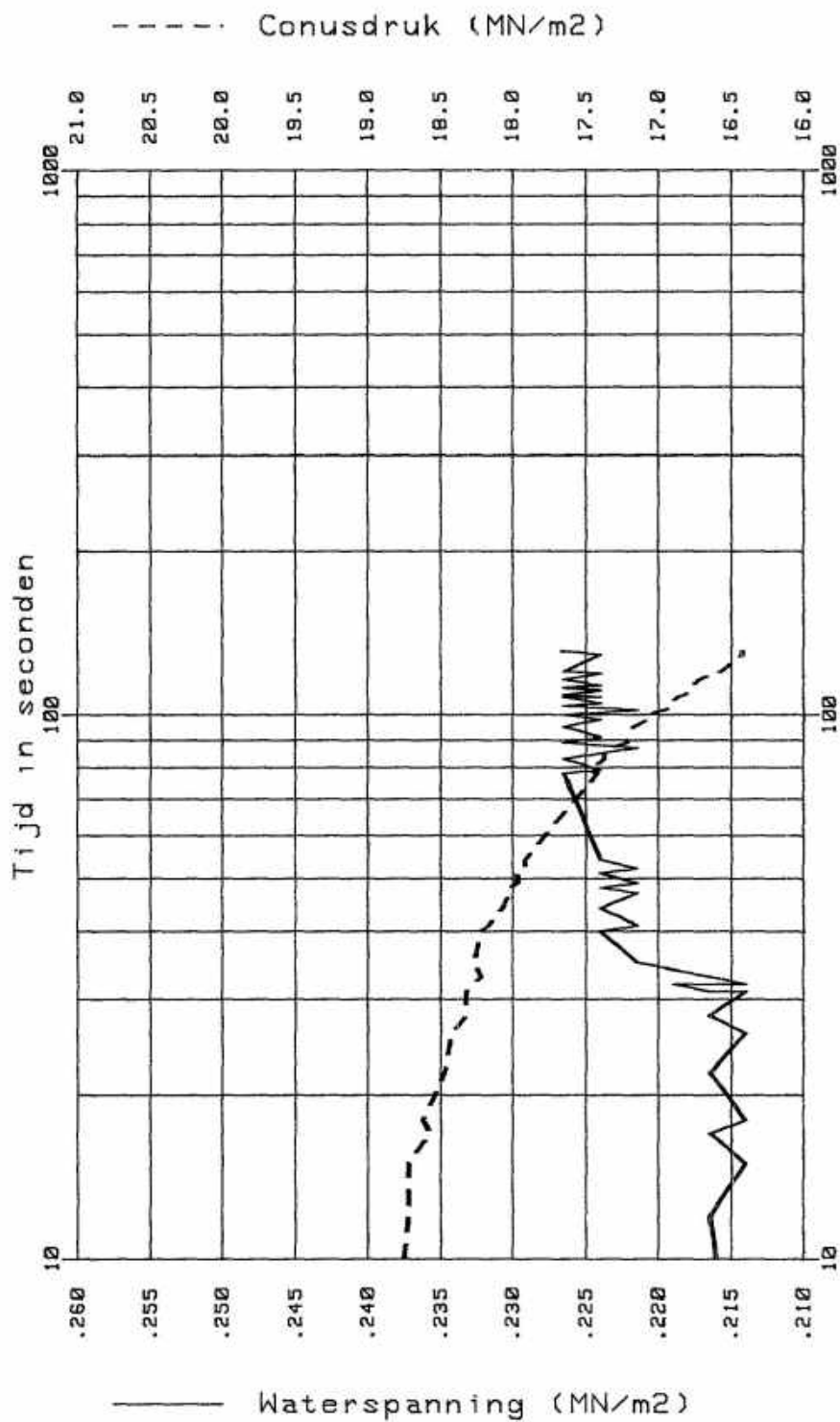
WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .449 MN/m<sup>2</sup>

971805



DISSIPATIETEST  
 CONTROLE SONDERINGEN T.B.V. DAM AVERIJHAVEN  
 HOOGOVENS VELSEN-NOORD

Opdracht Nr.  
 U-0398 -11



SONDERING DKMP 105

BODEM = 9.00 — NAP

DISSIPATIETEST Nr. 4

DIEPTE DISSIPATIETEST 23.53 M — NAP

DATUM 20-10-2

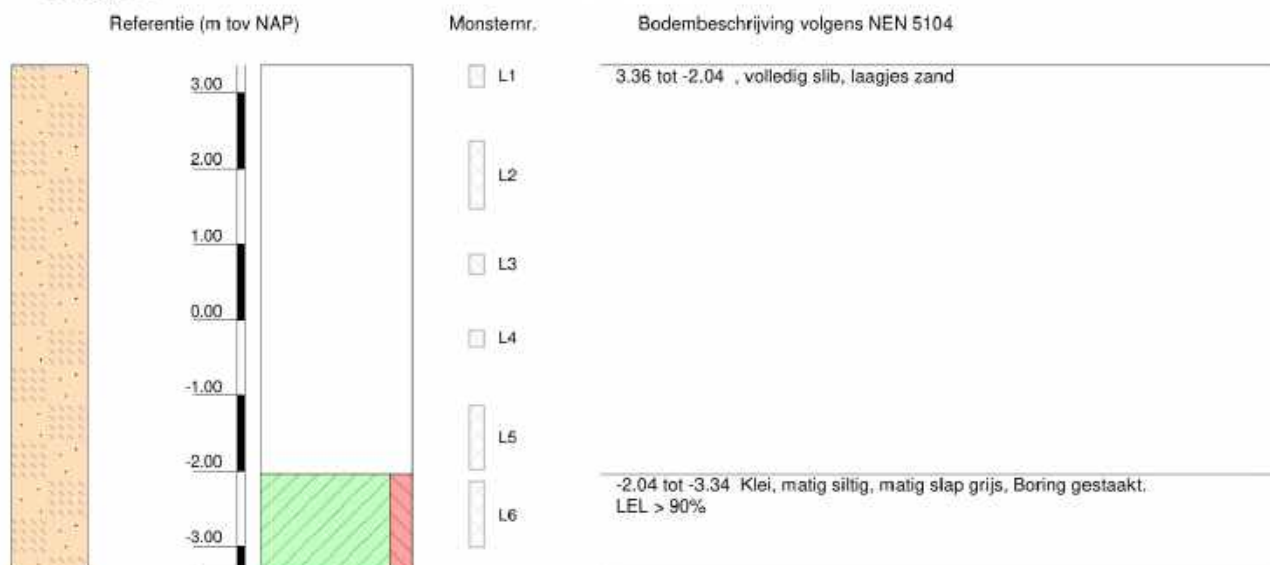
WATERSpanNING BEGIN DISSIPATIETEST : .214 MN/m<sup>2</sup>

WATERSpanNING EINDE DISSIPATIETEST : .227 MN/m<sup>2</sup>

## Boring: B1

## Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



### Algemene opmerking:

X: 100013.0

Y: 496482.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 3.36

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

### BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

1218-0096-231



## Boring: B2A

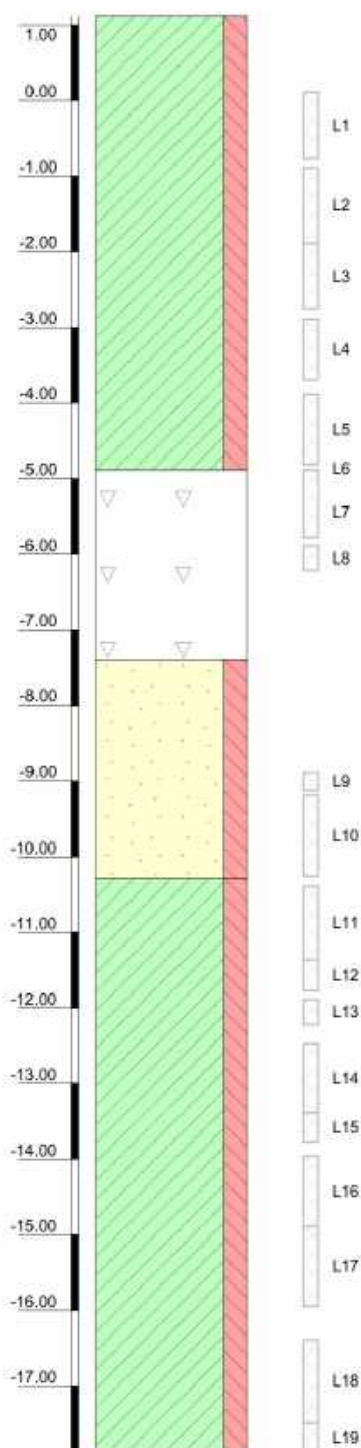
## Veldclassificatie

Pagina 1 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



1.11 tot -4.89 Klei, matig siltig, slap grijs

-4.89 tot -7.39 , volledig slakken grijs

-7.39 tot -10.29 Zand, matig fijn, matig siltig grijs

-10.29 tot -19.89 Klei, matig siltig, matig stevig grijs

Algemene opmerking:

X: 99999.8

Y: 496335.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 1.11

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2A

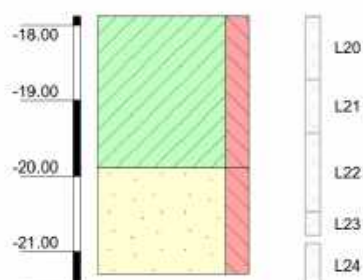
## Veldclassificatie

Pagina 2 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-10.29 tot -19.89 Klei, matig siltig, matig stevig grijs

-19.89 tot -21.29 Zand, matig fijn, matig siltig grijs

Algemene opmerking:

X: 99999.8

Y: 498335.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 1.11

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2B

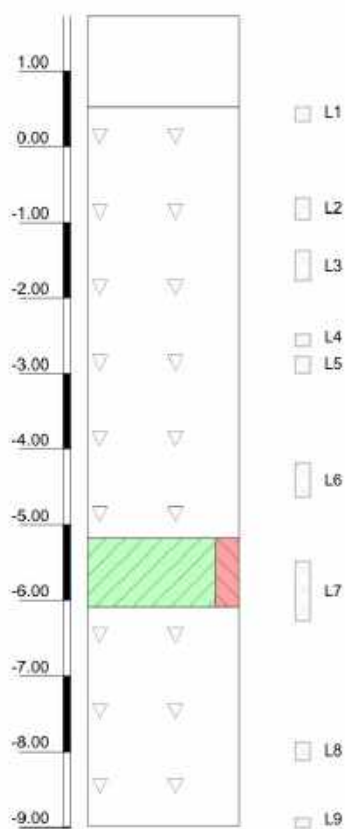
## Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



1.72 tot 0.52 , volledig slib, donker grijs

0.52 tot -5.18 , volledig slakken grijs

-5.18 tot -6.08 Klei, matig siltig, matig stevig grijs

-6.08 tot -8.98 , volledig slakken grijs

Algemene opmerking:

X: 99997.4

Y: 498325.3

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 1.72

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



## Boring: B2C

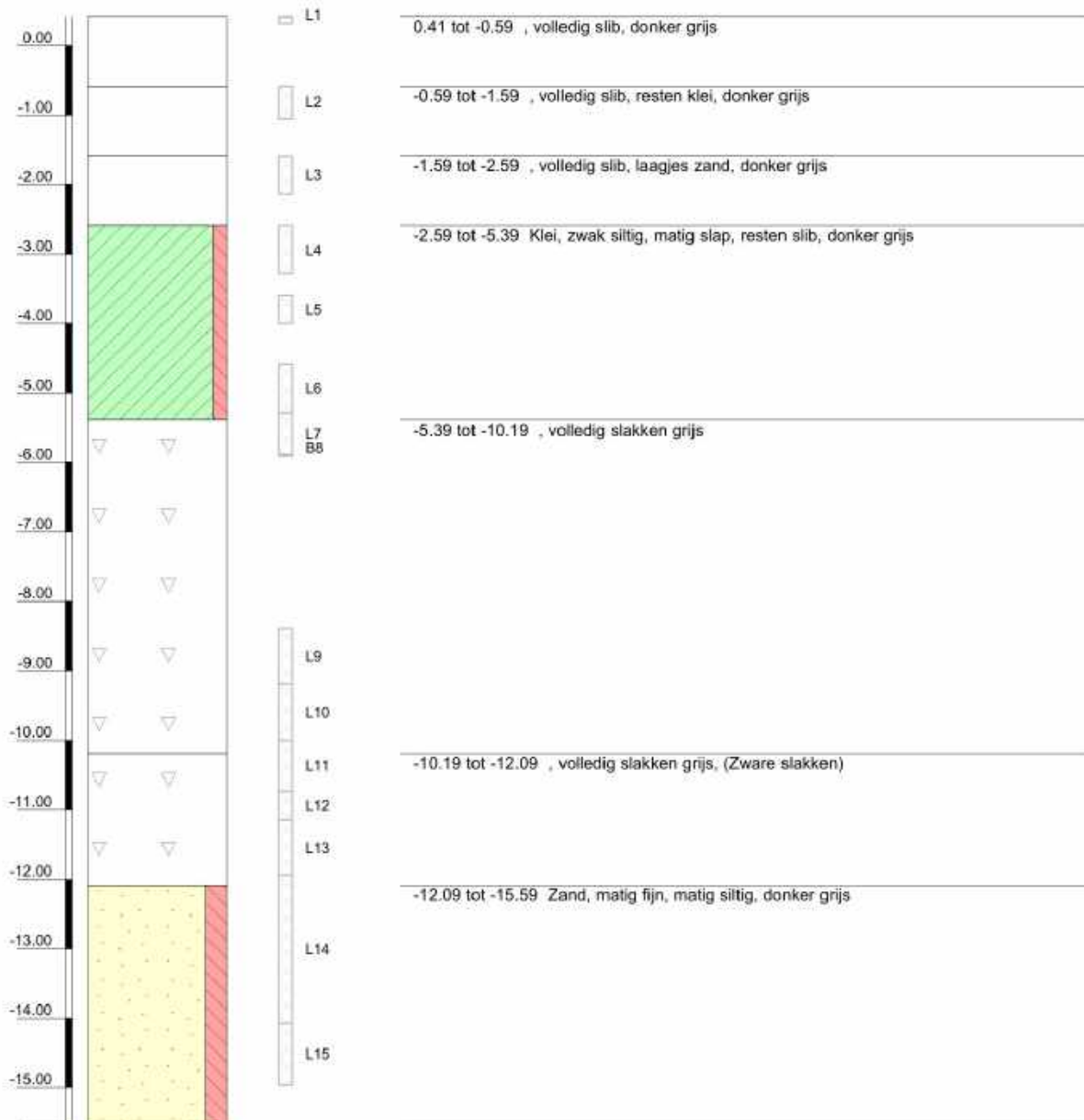
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

## Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 99840.1

Y: 498299.2

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 0.41

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2D

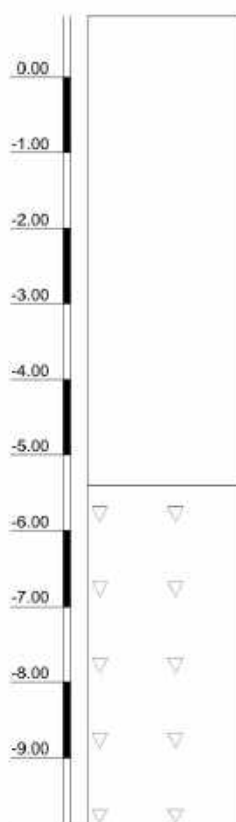
## Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.80 tot -5.40 , volledig slib grijs

-5.40 tot -9.90 , volledig slakken grijs

L1

L2

L3

L4

Algemene opmerking:

X: 99842.6

Y: 498292.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 0.80

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 12-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2E

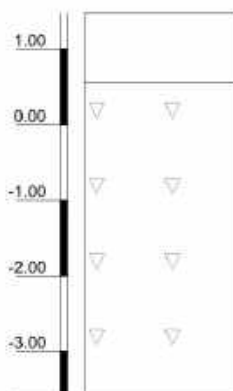
## Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



L1

L2

B3

1.47 tot 0.57 , volledig slib, donker grijs

0.57 tot -3.63 , volledig slakken grijs

Algemene opmerking:

X: 99645.2

Y: 496283.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 1.47

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



## Boring: B3Ba

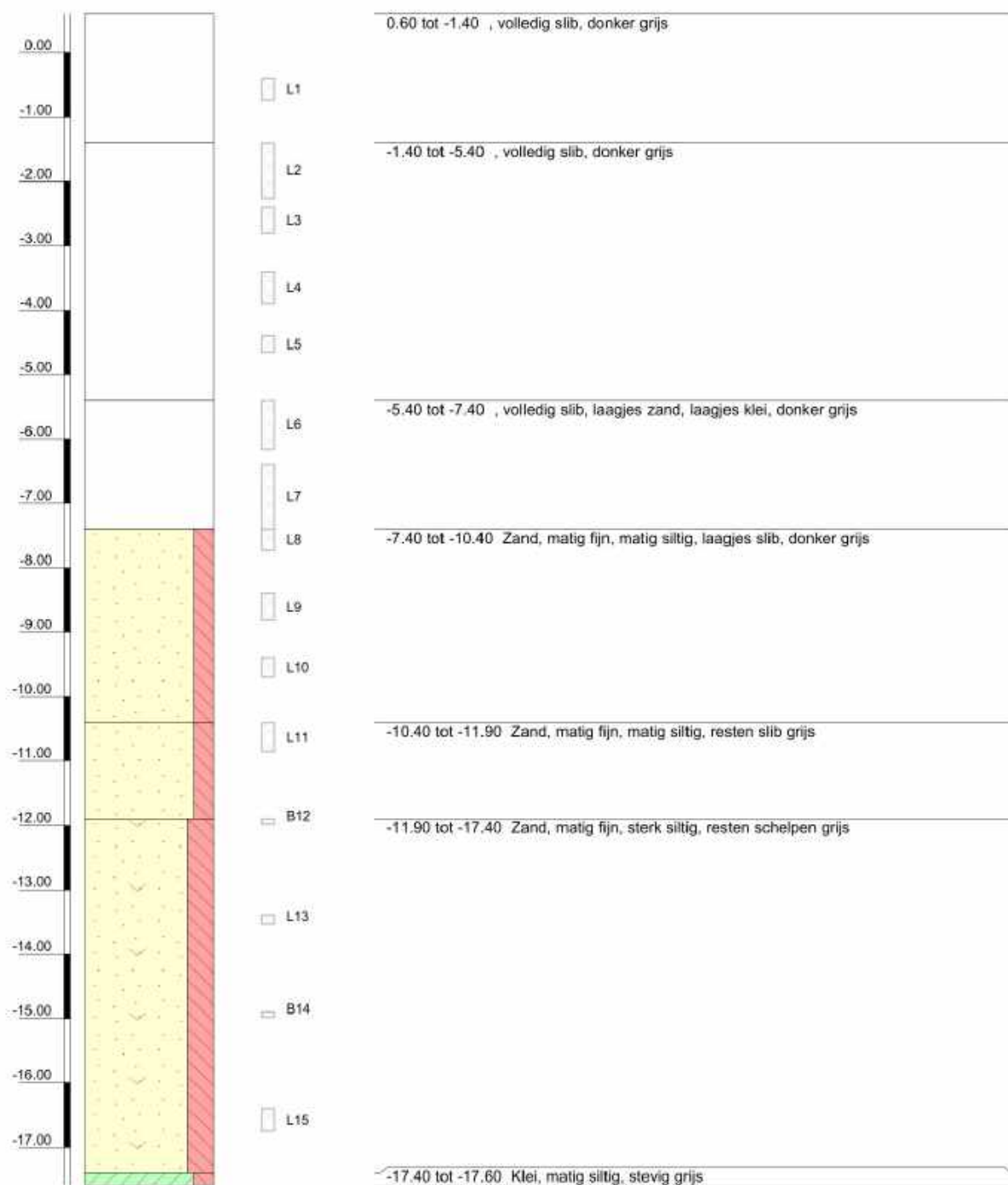
## Veldclassificatie

Pagina 1 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



Algemene opmerking:

X: 99903.4

Y: 496426.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 0.60

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B3Ba

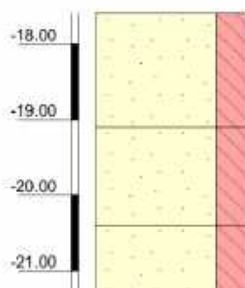
## Veldclassificatie

Pagina 2 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



L16

-17.60 tot -19.10 Zand, matig fijn, sterk siltig, resten klei grijs

L17

-19.10 tot -20.40 Zand, matig fijn, sterk siltig, resten klei, resten veen grijs

-20.40 tot -21.30 Zand, matig fijn, sterk siltig grijs

Algemene opmerking:

X: 99903.4

Y: 496426.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 0.60

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B3Bb

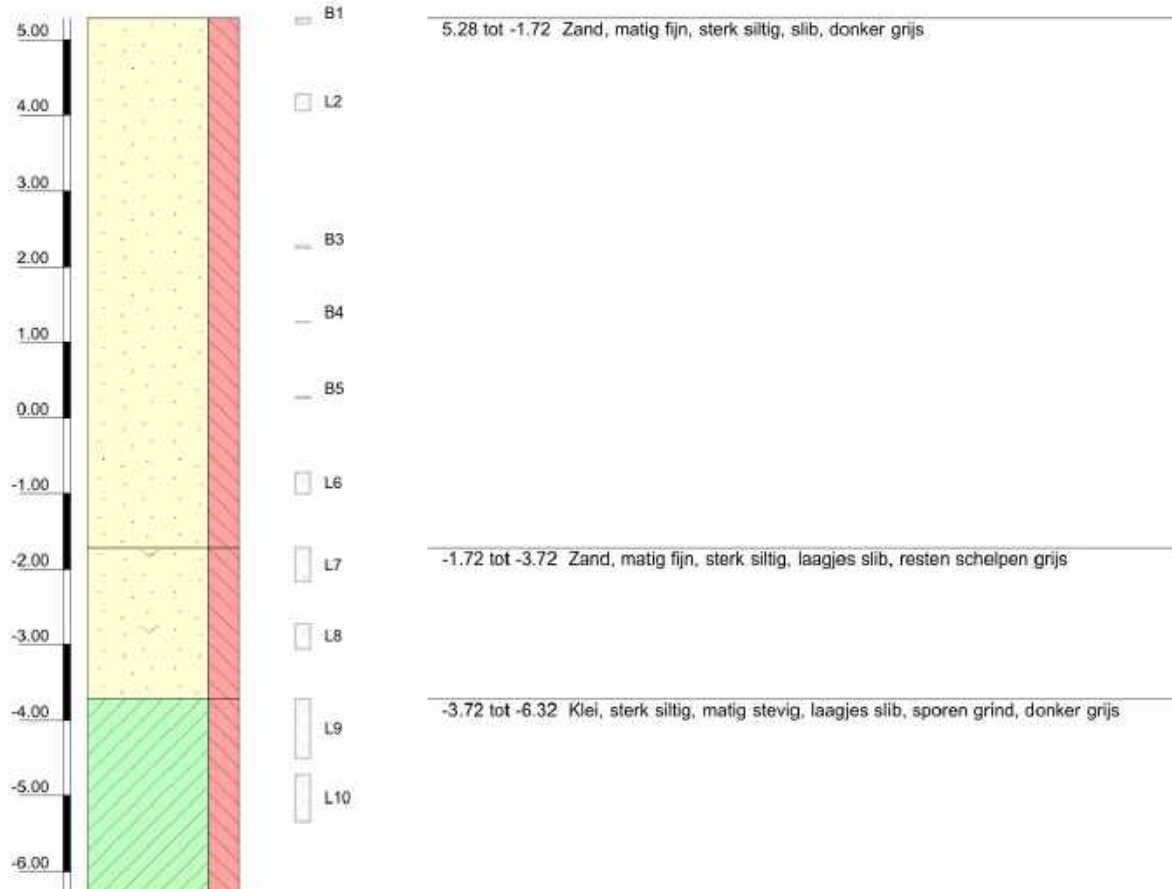
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

## Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 100011.9

Y: 496539.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

Bodem (m tov NAP): 5.28

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 16-04-2019

Boormeester: hwr

Geclassificeerd door: hwr

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



### 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  $60^\circ$  en een basisoppervlak van  $1000 \text{ mm}^2$  met een constante snelheid van ca  $20 \text{ mm/s}$  in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van  $15000 \text{ mm}^2$  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. Het basisoppervlak van de conus mag tussen  $500$  en  $2000 \text{ mm}^2$  variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van  $1500 \text{ mm}^2$  en een manteloppervlak van  $20000 \text{ mm}^2$ .

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in *NEN-EN-ISO 22476-1* vermelde  $400 \text{ mm}$  voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen heeft een lengte van  $230 \text{ mm}$  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 diepte-aanduiding 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 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.

## 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]<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 ingangsparameters.

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.

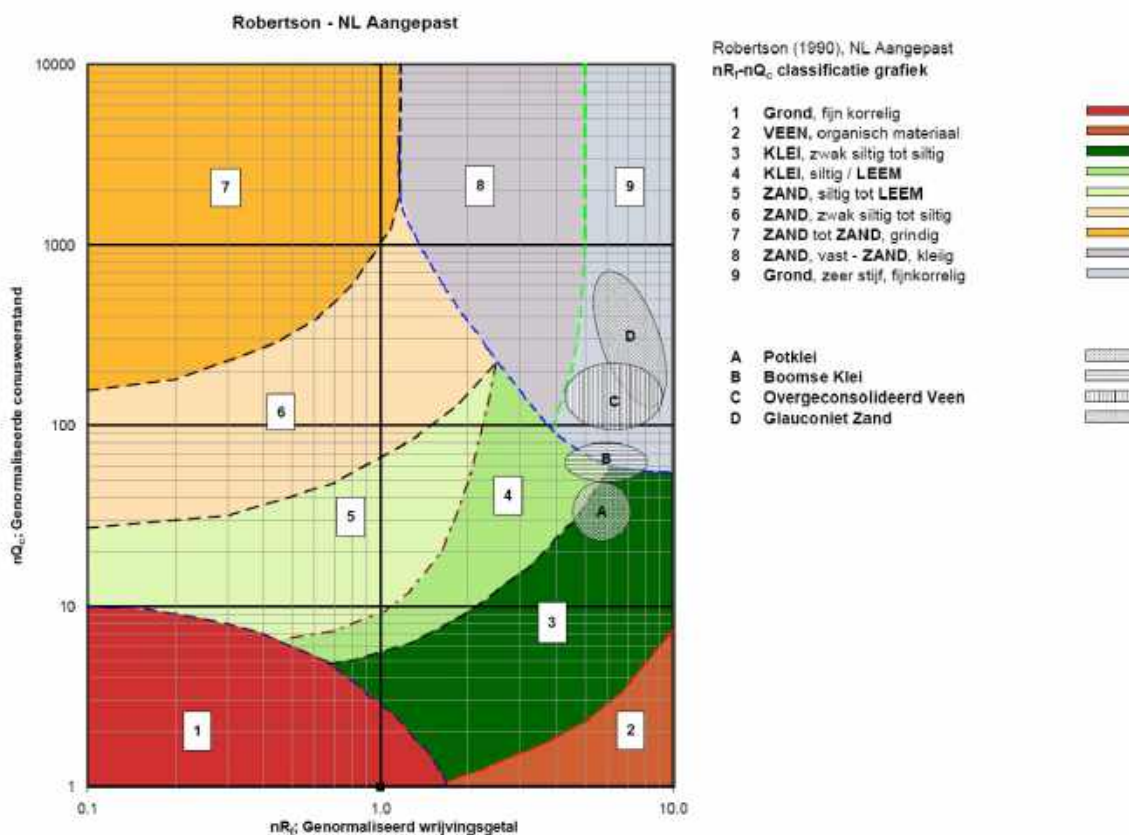
Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- 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), 151-82



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



**Figuur 1**

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

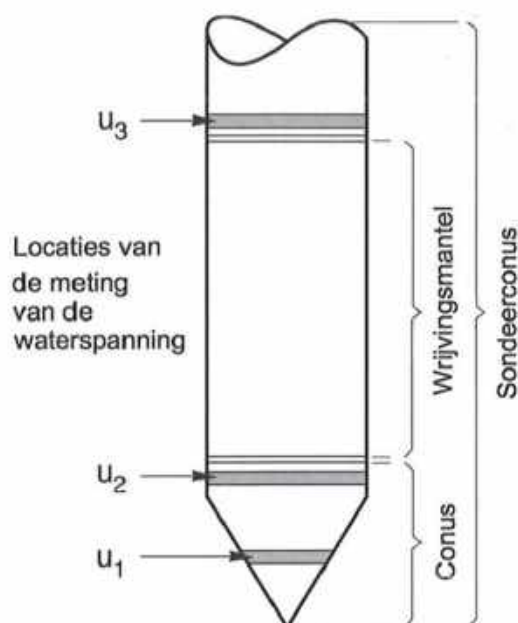
De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen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

## ANDERE CONUSTYPEN

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

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	<ul style="list-style-type: none"> <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 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 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 sondeerklassen worden de sondeerklassen 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*



**Noot 1:**

Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.

**Noot 2:**

Uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

<sup>a</sup>	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.
<sup>b</sup>	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 ( $q_c \geq 20 \text{ MPa}$ ).
<sup>c</sup>	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.
<sup>d</sup>	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

### 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

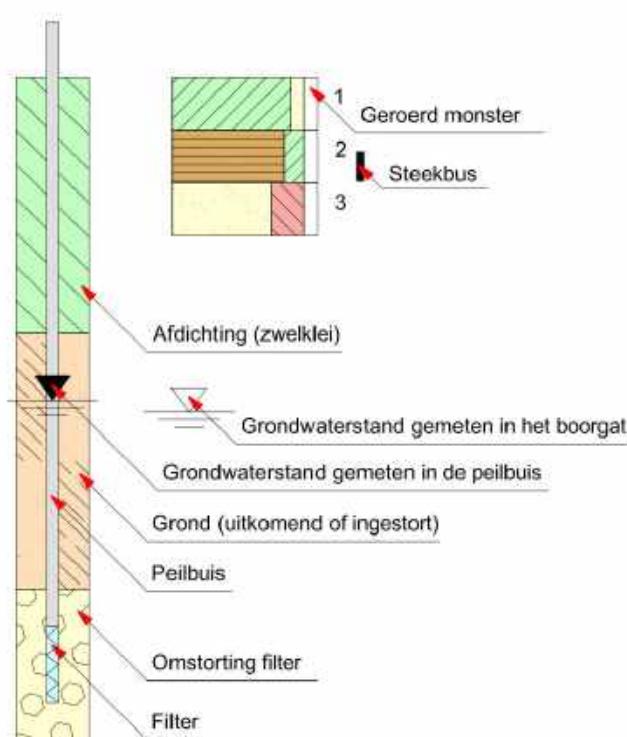
## Sonderingen

	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
	Valsondering

## 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



## FUGRO NL LAND B.V.

Vlamoven 41  
Postbus 5009  
6802 EA Arnhem  
T 026 36 43643

### RAPPORTAGE LABORATORIUMONDERZOEK

INHOUDSOPGAVE ENDE GRONDMONSTEREN			
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot	Opdrachtnummer	1218-0096-161
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Datum rapport	26-06-2019
Contactpersoon		Ontvangst monsters	v.a. 12-04-2019
Monsternamen	Uitgevoerd door Fugro NL Land B.V. Afdeling Grondonderzoek; v.a. 09-04-2019		
Dit rapport bevat de resultaten van het in-situ- en/of laboratoriumonderzoek dat ten behoeve van bovengenoemd project is uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd door het laboratorium van Fugro NL Land B.V. Arnhem. Eventueel uitbesteed onderzoek is duidelijk als zodanig gekenmerkt.			

Inhoudsopgave	Pagina
Voorblad onderzoeksrapport	1
Boorstaat	2 t/m 11
Volumiek gewicht / watergehalte	12 t/m 19
Laboratoriumstaat Atterbergse grenzen	20 t/m 24
Laboratoriumstaat korrelvorm Powers	25
Korrelverdelingsdiagram	26 t/m 34
Gedraineerde triaxiaal testen (CID ms)	35 t/m 43
Monsterverzicht	44

#### OPMERKINGEN:

Tenzij anders aangegeven hebben verwijzingen naar RAW proefnummers betrekking op de Standaard RAW Bepalingen 2015. De met "Q" gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA (L034). De reproduceerbaarheid van de metingen en / of proeven voldoet aan de gestelde waarde in de desbetreffende norm of in het proefvoorschrift. Gegevens over de meetonzekerheid zijn op aanvraag verkrijgbaar.

Korrelverdelingen voor B2B L3, B2C L9 en B2D L3 zijn uitgevoerd op het materiaal van de triaxiaal testen en vooraf uit gezeefd over de 11.2 mm zeef

1218-0096-161.B02.doc.docx

Wanneer u naar aanleiding van de resultaten van dit rapport nog vragen heeft verzoeken wij u contact op te nemen met ondergetekende.

Wij vertrouwen erop u hiermee van dienst te zijn geweest en uw opdracht naar wens te hebben uitgevoerd.

Met vriendelijke groet,

Fugro NL Land B.V. [REDACTED]

ing [REDACTED]

Team Manager Geotechnical Lab Testing Netherlands



## Boring: B1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

## Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 1

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



L1

L2

L3

L4

L5

L6

3.36 tot 3.08 Klei, uiterst siltig, matig humeus bruin-grijs

3.08 tot 2.36

2.36 tot 1.46 Klei, sterk zandig grijs

1.46 tot 0.86

0.86 tot 0.61 Zand, zeer fijn, sterk siltig grijs

0.61 tot -0.14

-0.14 tot -0.36 Zand, matig fijn, sterk siltig grijs

-0.36 tot -1.14

-1.14 tot -1.98 Klei, sterk siltig, zwak humeus, donker grijs

-1.98 tot -2.14

-2.14 tot -3.01 Klei, zwak siltig, zwak humeus, slib, donker grijs

Algemene opmerking:

X: 100013.0

Y: 496482.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 3.36

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

## BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

1218-0096-231

## Boring: B2A

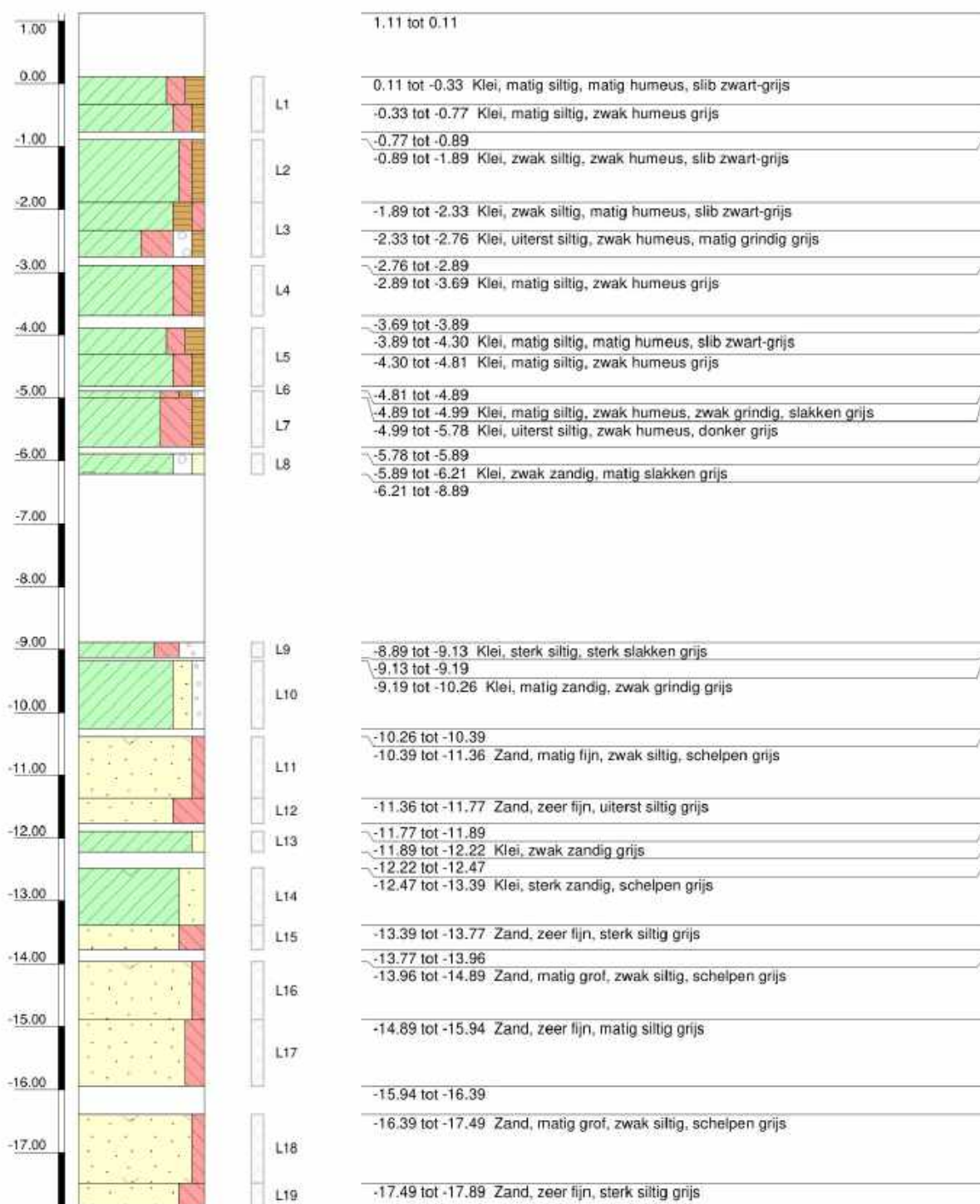
## Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99999.8

Y: 498335.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.11

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 30-04-2019

Geclassificeerd door: rbo

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2A

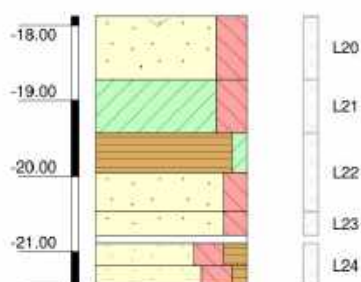
## Laboratorium classificatie

Pagina 2 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



-17.89 tot -18.72	Zand, zeer fijn, sterk siltig, schelpen grijs
-18.72 tot -19.43	Klei, sterk siltig grijs
-19.43 tot -19.95	Veen, zwak kleilig bruin
-19.95 tot -20.47	Zand, zeer fijn, matig siltig grijs
-20.47 tot -20.78	Zand, matig fijn, matig siltig grijs
-20.78 tot -20.89	
-20.89 tot -21.18	Zand, uiterst fijn, sterk siltig, matig humeus bruin-grijs
-21.18 tot -21.47	Zand, uiterst fijn, sterk siltig, zwak humeus grijs

Algemene opmerking:

X: 99999.8

Y: 498335.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.11

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 30-04-2019

Geclassificeerd door: rbo

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



# Boring: B2B

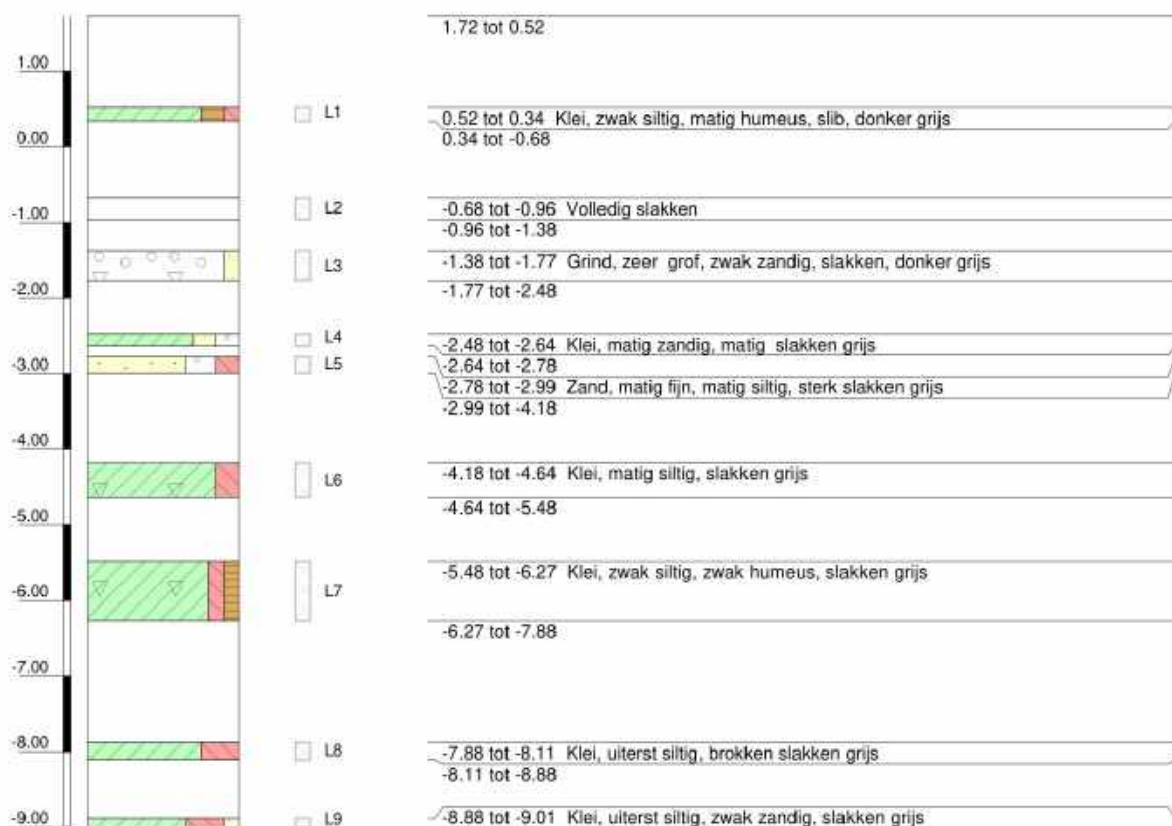
# Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99997.4

Y: 498325.3

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.72

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2C

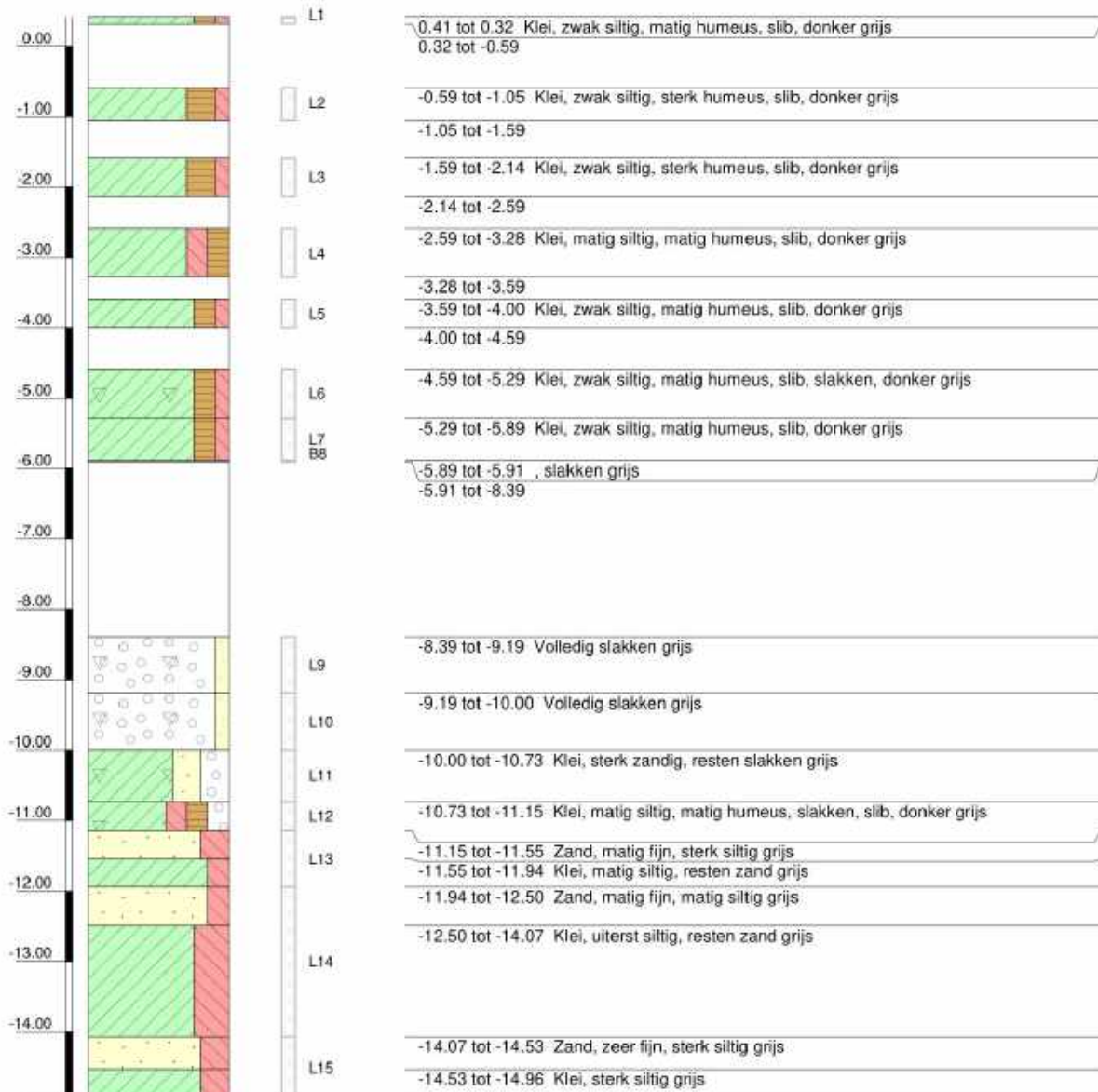
## Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99840.1

Y: 498299.2

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.41

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloestof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2D

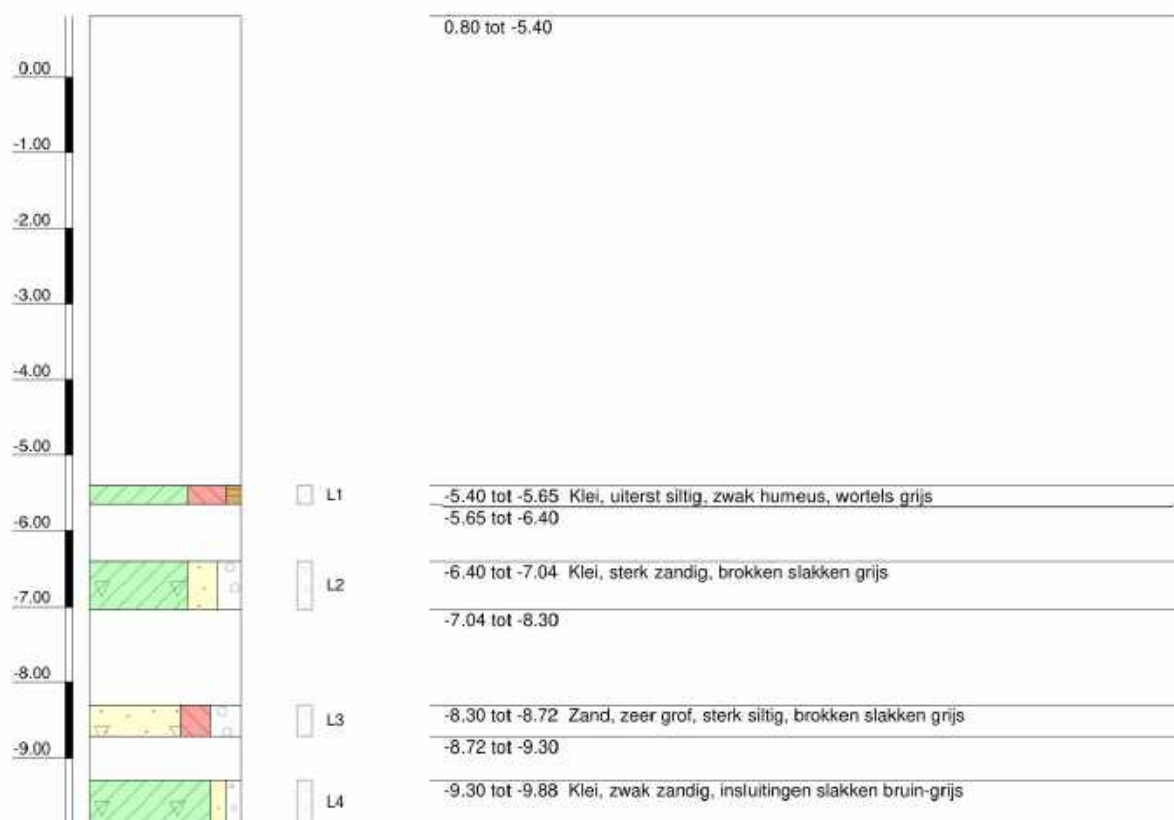
## Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99842,6

Y: 498292,6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.80

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 12-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



## Boring: B2E

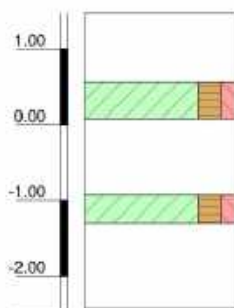
## Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



L1

L2

B3

1.47 tot 0.57

0.57 tot 0.08 Klei, zwak siltig, matig humeus, slib, donker grijs

0.08 tot -0.93

-0.93 tot -1.30 Klei, zwak siltig, matig humeus, resten slib, insluitingen slakken, donker grijs

-1.30 tot -2.43

-2.43 tot -2.51 , slakken grijs

Algemene opmerking:

X: 99845.2

Y: 496283.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.47

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B3Ba

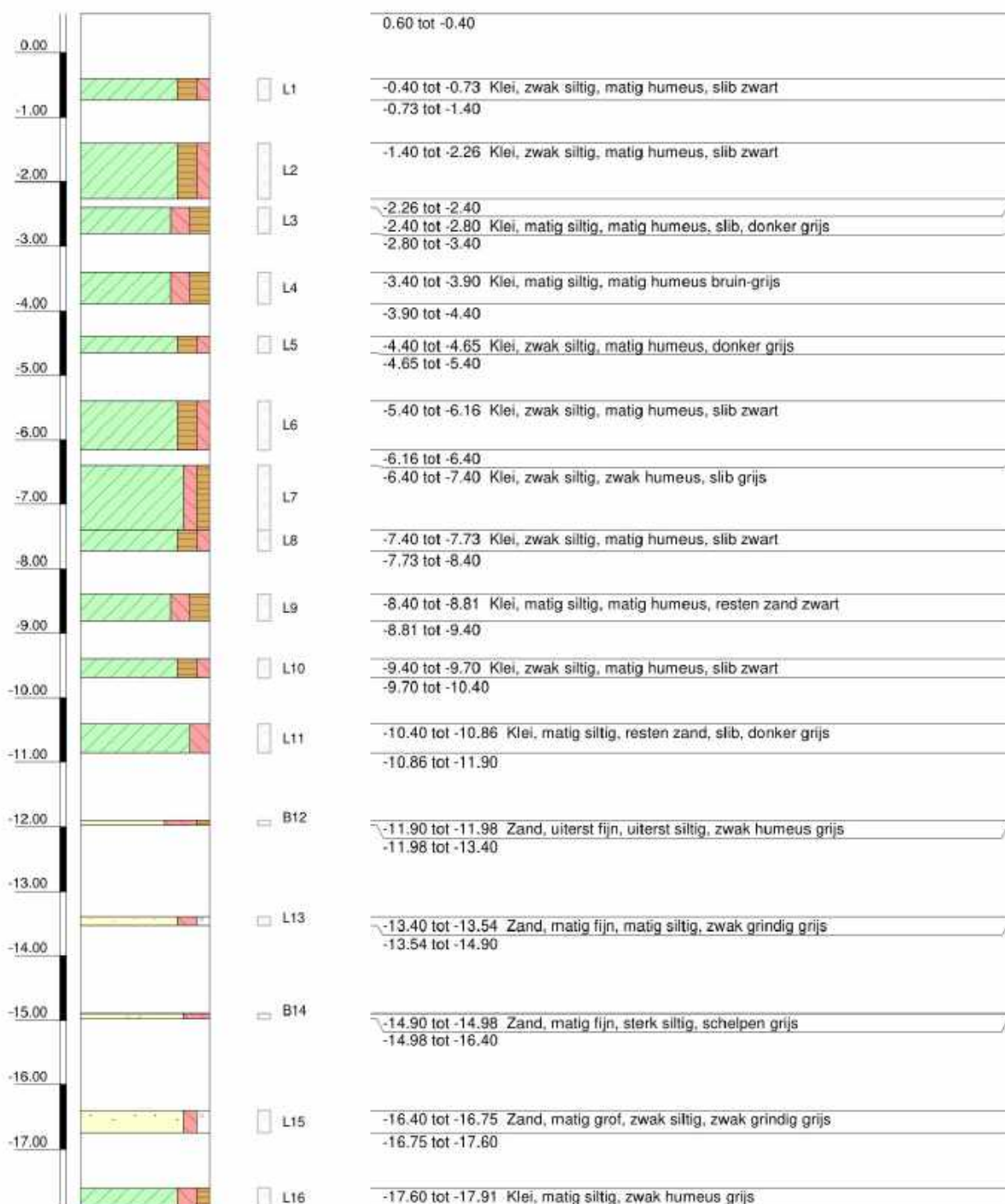
## Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99903.4

Y: 496426.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.60

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 26-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

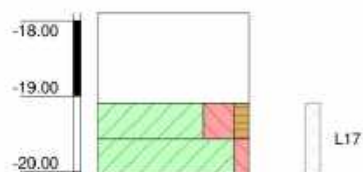
## Boring: B3Ba

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

## Laboratorium classificatie

Pagina 2 van 2



-17.91 tot -19.10

-19.10 tot -19.57 Klei, sterk siltig, zwak humeus, insluitingen zand grijs

-19.57 tot -20.04 Klei, zwak siltig grijs

Algemene opmerking:

X: 99903.4

Y: 496426.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.60

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 26-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



## Boring: B3Bb

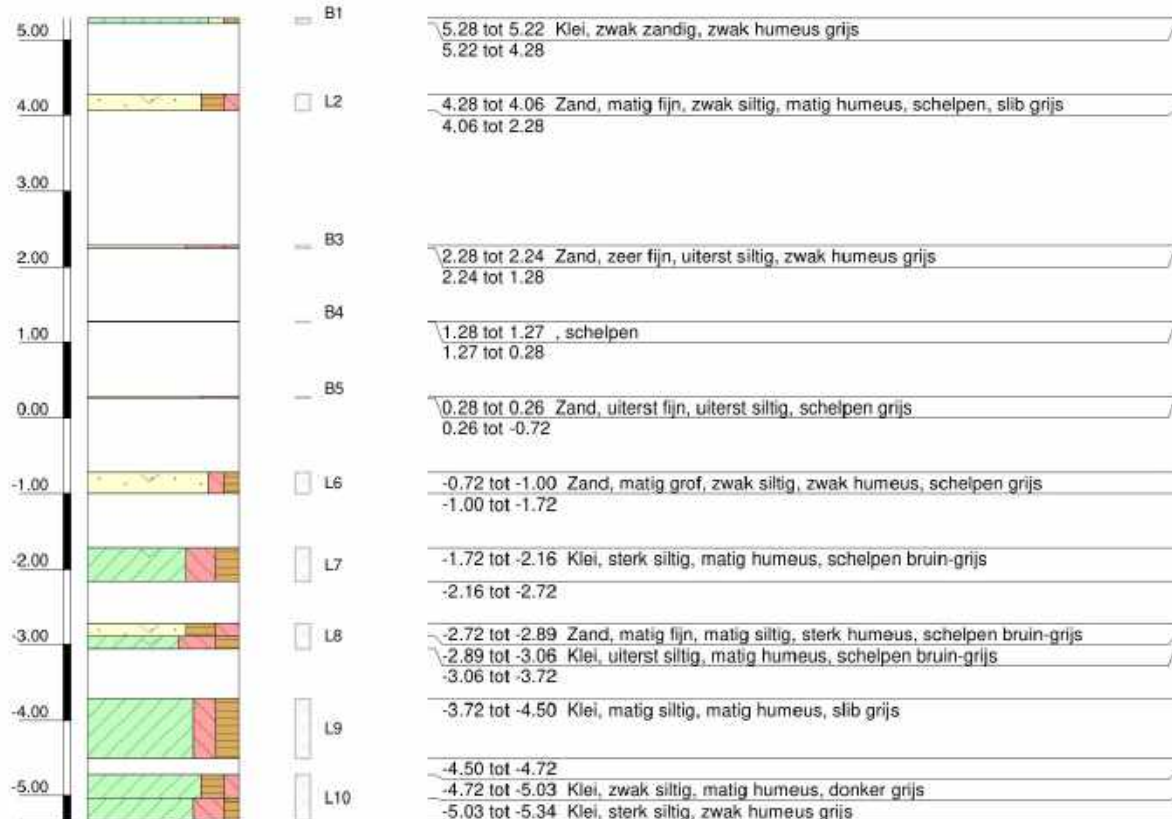
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

## Laboratorium classificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 100011.9

Y: 496539.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 5.28

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 16-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 26-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**























ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot		
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Opdrachtnummer	1218-0096-161
Contact persoon		Datum rapport	13-05-2019
Monsternamen	Door Fugro NL Land B.V.	Datum ontvangst	v.a. 12-04-2019

ONDERZOEK MONSTERS		
Monster	Omschrijving	Diepte in t.o.v. NAP
1	B1-L2	1.61 tot 1.56
2	B1-L4	-0.24 tot -0.29
3	B1-L6	-2.24 tot -2.29
4		
5		

RESULTATEN							
Parameter/verrichting	Monster					Eenheid	Methode van onderzoek
	1	2	3	4	5		
Gehalte < 2µm Q						%(m/m)	proef 29 Std RAW
Gehalte organische stof Q						%(m/m)	proef 36 Std RAW
Massa verlies bij HCl-beh Q						%(m/m)	proef 37 Std RAW
Zoutgehalte bodemvocht						NaCl g/l	1)
Gehalte < 63µm Q						%(m/m)	proef 2 Std RAW
Vloeigrens ( $W_L$ ) Q	46	n.m.	n.m.			%(m/m)	proef 14 Std RAW
Uitrolgrens ( $W_p$ ) Q	27	n.m.	n.m.			%(m/m)	proef 14 Std RAW
Plasticiteits-index ( $I_p$ ) Q	18					--	proef 14 Std RAW
A-Lijn	19					--	berekend $0.73 \cdot (W_L - 20)$
Watergehalte Q						%(m/m)	NEN5112
Wmax (bij $I_c = 0.75$ )	32					%(m/m)	berekend als $W_p + 0.25 I_p$
Wmax (bij $I_c = 0.60$ )	35					%(m/m)	berekend als $W_p + 0.40 I_p$
Consistentie-index ( $I_c$ )						--	berekend als $(W_L - A) / (W_L - W_p)$
Vloeibaarheid-index ( $I_f$ )						--	berekend als $1 - I_c$

OPMERKINGEN			
De met 'Q' gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.			
1) Uitgevoerd door SYNLAB Analytics & Services B.V. te Hoogvliet,	2) Geldt voor deklaag,	3) Geldt voor kern	

Opgesteld door: AWG	Gecontroleerd: JKK	Opdr nr.: 1218-0096-161
---------------------	--------------------	-------------------------

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot		
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Opdrachtnummer	1218-0096-161
Contact persoon		Datum rapport	13-05-2019
Monsternamen	Door Fugro NL Land B.V.	Datum ontvangst	v.a.12-04-2019

ONDERZOEK MONSTERS		
Monster	Omschrijving	Diepte in t.o.v. NAP
1	B2A-L2	-0.99 tot -1.04
2	B2A-L4	-2.89 tot -2.99
3	B2A-L11	-10.49 tot -10.54
4	B2A-L16	-14.06 tot -14.16
5	B2A-L18	-16.39 tot -16.49

RESULTATEN							
Parameter/verrichting	Monster					Eenheid	Methode van onderzoek
	1	2	3	4	5		
Gehalte < 2µm Q						%(m/m)	proef 29 Std RAW
Gehalte organische stof Q						%(m/m)	proef 36 Std RAW
Massa verlies bij HCl-beh Q						%(m/m)	proef 37 Std RAW
Zoutgehalte bodemvocht						NaCl g/l	1)
Gehalte < 63µm Q						%(m/m)	proef 2 Std RAW
Vloeigrens ( $W_L$ ) Q	231	101	n.m.	n.m.	n.m.	%(m/m)	proef 14 Std RAW
Uitroigrens ( $W_p$ ) Q	61	56	n.m.	n.m.	n.m.	%(m/m)	proef 14 Std RAW
Plasticiteits-index ( $I_p$ ) Q	170	46				--	proef 14 Std RAW
A-Lijn	154	59				--	berekend $0.73 \cdot (W_L - 20)$
Watergehalte Q						%(m/m)	NEN5112
Wmax (bij $I_c = 0.75$ )	103	67				%(m/m)	berekend als $W_p + 0.25 I_p$
Wmax (bij $I_c = 0.60$ )	129	74				%(m/m)	berekend als $W_p + 0.40 I_p$
Consistentie-index ( $I_c$ )						--	berekend als $(W_L - A) / (W_L - W_p)$
Vloeibaarheid-index ( $I_f$ )						--	berekend als $1 - I_c$

OPMERKINGEN			
De met 'Q' gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.			
1) Uitgevoerd door SYNLAB Analytics & Services B.V. te Hoogvliet,	2) Geldt voor deklaag,	3) Geldt voor kern	

Opgesteld door: AWG	Gecontroleerd: JKK	Opdr nr.: 1218-0096-161
---------------------	--------------------	-------------------------

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot		
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Opdrachtnummer	1218-0096-161
Contact persoon		Datum rapport	13-05-2019
Monsternamen	Door Fugro NL Land B.V.	Datum ontvangst	v.a.12-04-2019

ONDERZOEK MONSTERS		
Monster	Omschrijving	Diepte in t.o.v. NAP
6	B2A-L21	-18.82 tot -18.92
7		
8		
9		
10		

RESULTATEN							
Parameter/verrichting		Monster					Methode van onderzoek
		6	7	8	9	10	
Gehalte < 2µm	Q						%(m/m) proef 29 Std RAW
Gehalte organische stof	Q						%(m/m) proef 36 Std RAW
Massa verlies bij HCl-beh	Q						%(m/m) proef 37 Std RAW
Zoutgehalte bodemvocht							NaCl g/l 1)
gehalte < 63µm	Q						%(m/m) proef 2 Std RAW
Vloeigrens ( $W_L$ )	Q	128					%(m/m) proef 14 Std RAW
Uitrolgrens ( $W_p$ )	Q	60					%(m/m) proef 14 Std RAW
Plasticiteits-Index ( $I_p$ )	Q	68					-- proef 14 Std RAW
A-Lijn		79					-- berekend als $0.73 \cdot (W_L - 20)$
Watergehalte	Q						%(m/m) NEN5112
Wmax (bij $I_c = 0.75$ )		77					%(m/m) berekend als $W_p + 0.25 I_p$
Wmax (bij $I_c = 0.60$ )		87					%(m/m) berekend als $W_p + 0.40 I_p$
Consistentie-index ( $I_c$ )							-- berekend als $(W_L - A)/(W_L - W_p)$
Vloeibaarheid-index (II)							-- berekend als $1 - I_c$

OPMERKINGEN			
De met 'Q' gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.			
1) Uitgevoerd door SYNLAB Analytics & Services B.V. te Hoogvliet, 2) Geldt voor deklaag, 3) Geldt voor kern			

Opgesteld door: AWG	Gecontroleerd: JKK	Opdr nr.: 1218-0096-161
---------------------	--------------------	-------------------------



ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot		
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Opdrachtnummer	1218-0096-161
Contact persoon		Datum rapport	13-05-2019
Monstername	Door Fugro NL Land B.V.	Datum ontvangst	v.a.12-04-2019

ONDERZOEK MONSTERS		
Monster	Omschrijving	Diepte in t.o.v. NAP
1	B2C-L2	-0.69 tot -0.74
2	B2C-L5	-3.69 tot -3.74
3		
4		
5		

RESULTATEN							
Parameter/verrichting		Monster					Methode van onderzoek
		1	2	3	4	5	
Gehalte < 2µm	Q						%(m/m) proef 29 Std RAW
Gehalte organische stof	Q						%(m/m) proef 36 Std RAW
Massa verlies bij HCl-beh	Q						%(m/m) proef 37 Std RAW
Zoutgehalte bodemvocht							NaCl g/l 1)
Gehalte < 63µm	Q						%(m/m) proef 2 Std RAW
Vloeigrens ( $W_L$ )	Q	216	136				%(m/m) proef 14 Std RAW
Uitrolgrens ( $W_p$ )	Q	58	46				%(m/m) proef 14 Std RAW
Plasticiteits-index ( $I_p$ )	Q	157	91				-- proef 14 Std RAW
A-Lijn		143	85				-- berekend $0.73 \cdot (W_L - 20)$
Watergehalte	Q						%(m/m) NEN5112
Wmax (bij $I_c = 0.75$ )		98	68				%(m/m) berekend als $W_p + 0.25 I_p$
Wmax (bij $I_c = 0.60$ )		121	82				%(m/m) berekend als $W_p + 0.40 I_p$
Consistentie-index ( $I_c$ )							-- berekend als $(W_L - A) / (W_L - W_p)$
Vloeibaarheid-index ( $I_L$ )							-- berekend als $1 - I_c$

OPMERKINGEN			
De met 'Q' gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.			
1) Uitgevoerd door SYNLAB Analytics & Services B.V. te Hoogvliet, 2) Geldt voor deklaag, 3) Geldt voor kern			

Opgesteld door: AWG	Gecontroleerd: JKK	Opdr nr.: 1218-0096-161
---------------------	--------------------	-------------------------

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot		
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Opdrachtnummer	1218-0096-000
Contact persoon		Datum rapport	26-06-2019
Monstername	Door Fugro NL Land B.V.	Datum ontvangst	v.a. 12-04-2019

ONDERZOEK MONSTERS		
Monster	Omschrijving	Diepte in t.o.v. NAP
1	B3Ba-L7	-6.40 tot -7.40
2	B3Ba-L9	-8.40 tot -8.80
3	B3Ba-L11	-10.40 tot -10.80
4		
5		
















RESULTATEN							
Parameter/verrichting	Monster					Eenheid	Methode van onderzoek
	1	2	3	4	5		
Watergehalte	Q					%(m/m)	NEN5112
Gehalte < 63µm	Q					%(m/m)	proef 2 Std RAW
Gehalte < 2µm	Q					%(m/m)	proef 29 Std RAW
Gloeiverlies	Q					%(m/m)	proef 28 Std RAW
Gehalte CaCO <sub>3</sub>	Q					%(m/m)	proef 28 Std RAW
Geleidingsvermogen	Q					µS/cm	proef 122 Std RAW 2000
Vloeigrens (W <sub>L</sub> )	Q	127	46	115		%(m/m)	proef 14 Std RAW
Uitrolgrens (W <sub>p</sub> )	Q	40	24	42		%(m/m)	proef 14 Std RAW
Plasticiteits-index (I <sub>p</sub> )	Q	87	22	74		--	proef 14 Std RAW)
A-lijn		78	19	70		--	berekend 0.73*(W <sub>L</sub> -20)
Zoutgehalte bodemvocht						NaCl g/l	1)
W <sub>max</sub>		61	29	60		%(m/m)	berekend als W <sub>p</sub> + 0.25 I <sub>p</sub>
Consistentie-index (I <sub>c</sub> )						--	berekend als (W <sub>L</sub> -A)/(W <sub>L</sub> -W <sub>p</sub> )
Vloeibaarheid-index (I <sub>f</sub> )						--	berekend als 1-I <sub>c</sub>

OPMERKINGEN	
De met 'Q' gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.	
1) Uitgevoerd door SYNLAB Analytics & Services B.V. te Hoogvliet,	2) Geldt voor deklaag, 3) Geldt voor kern

Opgesteld door: EKN	Gecontroleerd: JKK	Opdr nr.: 1218-0096-000
---------------------	--------------------	-------------------------

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot,	Opdrachtnummer	1218-0096-161
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat.	Datum rapport	26-06-2019
Contactpersoon	■■■■■■■■■■	Datum ontvangst	v.a. 12-04-2019
Monstername	Door Fugro NL Land B.V.		

BEPALING KORRELVORM					
Boring / monster nummer	diepte [t.o.v. NAP]	Classificatie vlgs. NEN 5104 [Q]	Korrelvorm vlgs. Powers		
			bolvormigheid	rondheid	R
B2B L3	-1.38 t/m -1.77	Slakken, donker grijs	Weinig bolvormig	Hoekig	0.20
B2C L9	-8.39 t/m -9.19	Slakken, donker grijs	Weinig bolvormig	Hoekig	0.20
B2D L3	-8.30 t/m -8.70	ZAND , zeer grof, sterk siltig, brokken slakken, grijs	Weinig bolvormig	Hoekig	0.20

RONDHEIDSSCHAAL VAN MAURICE POWERS (1953)						
	0.15	0.20	0.30	0.40	0.60	0.85
ZEER BOLVORMIG						
WEINIG BOLVORMIG						
	ZEER HOEKIG	HOEKIG	MATIG HOEKIG	MATIG ROND	ROND	ZEER ROND
						
B2B L3	1mm -2mm.	B2C L9	1mm-2mm.	B2D L3	1mm-2mm	

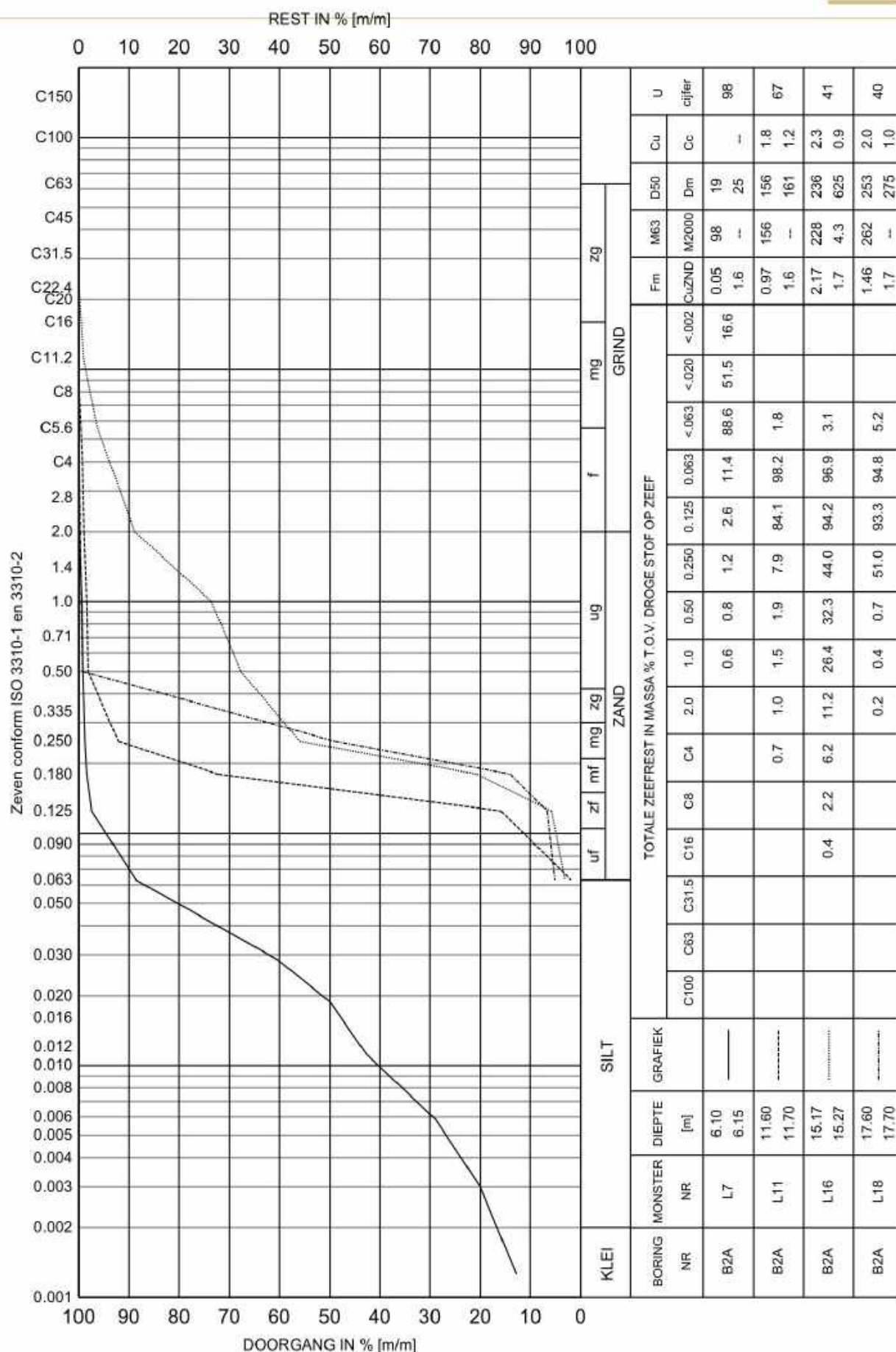
OPMERKINGEN:
De gemaakte foto's zijn 10x ingezoomd, de korrels waren te groot om deze bij 60x zoom mooi scherp te krijgen.
De met "Q" gemerkte verrichtingen zijn erkend door RvA

Opgesteld door: EKN	Gecontroleerd: JKK	Opdr.: 1218-0096-161
---------------------	--------------------	----------------------





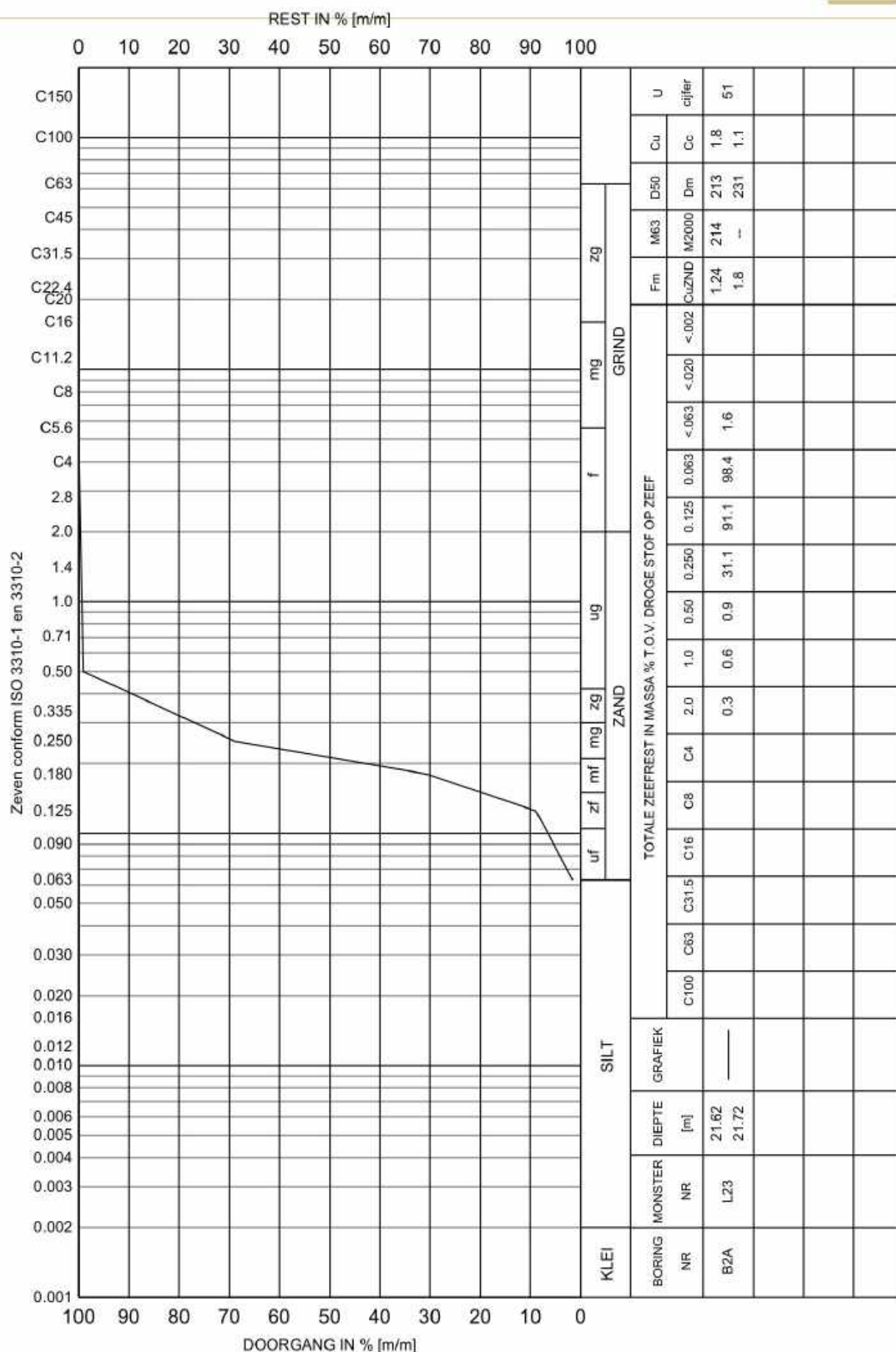
Opdr. 1218-0096-161



## KORRELVERDELINGSDIAGRAM

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Opdr. 1218-0096-161



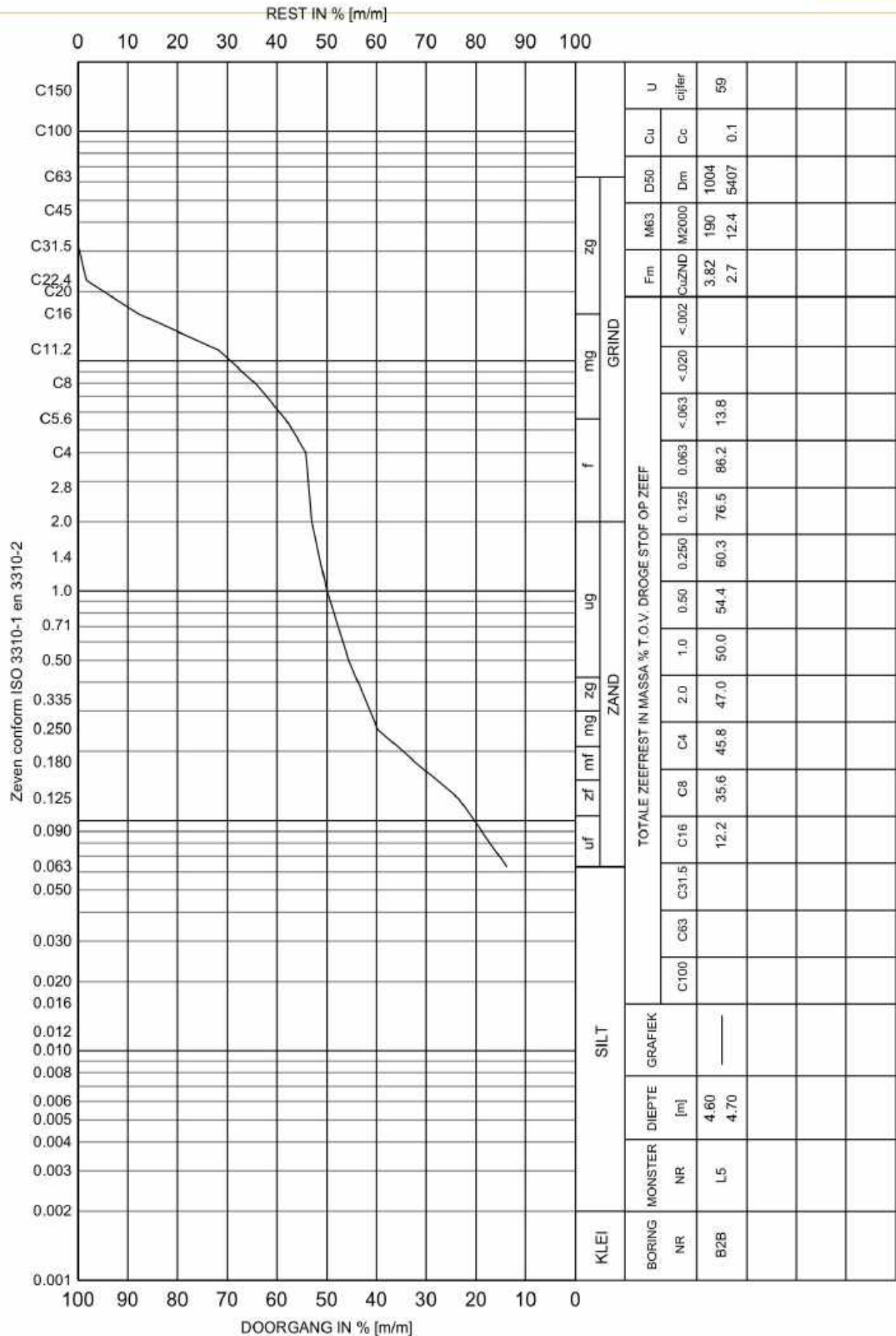
Opm.: Diepte is in meters tov. maaiveld

## KORRELVERDELINGSDIAGRAM

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Opdr. 1218-0096-161





Opm.: Diepte is in meters tov. maaiveld

### KORRELVERDELINGSDIAGRAM

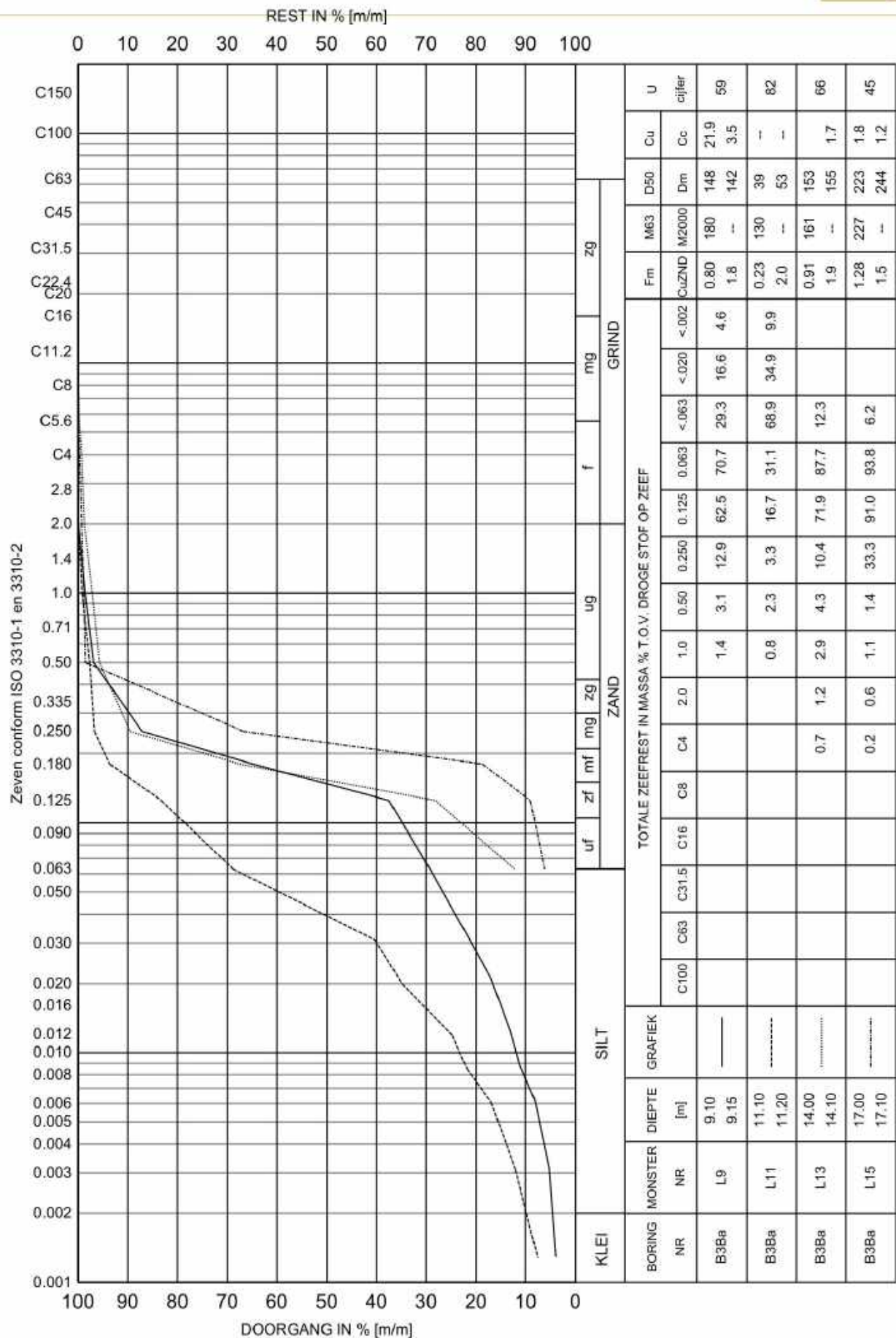
Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Opdr. 1218-0096-161



Opdr. 1218-0096-161

Pagina 30 van 44



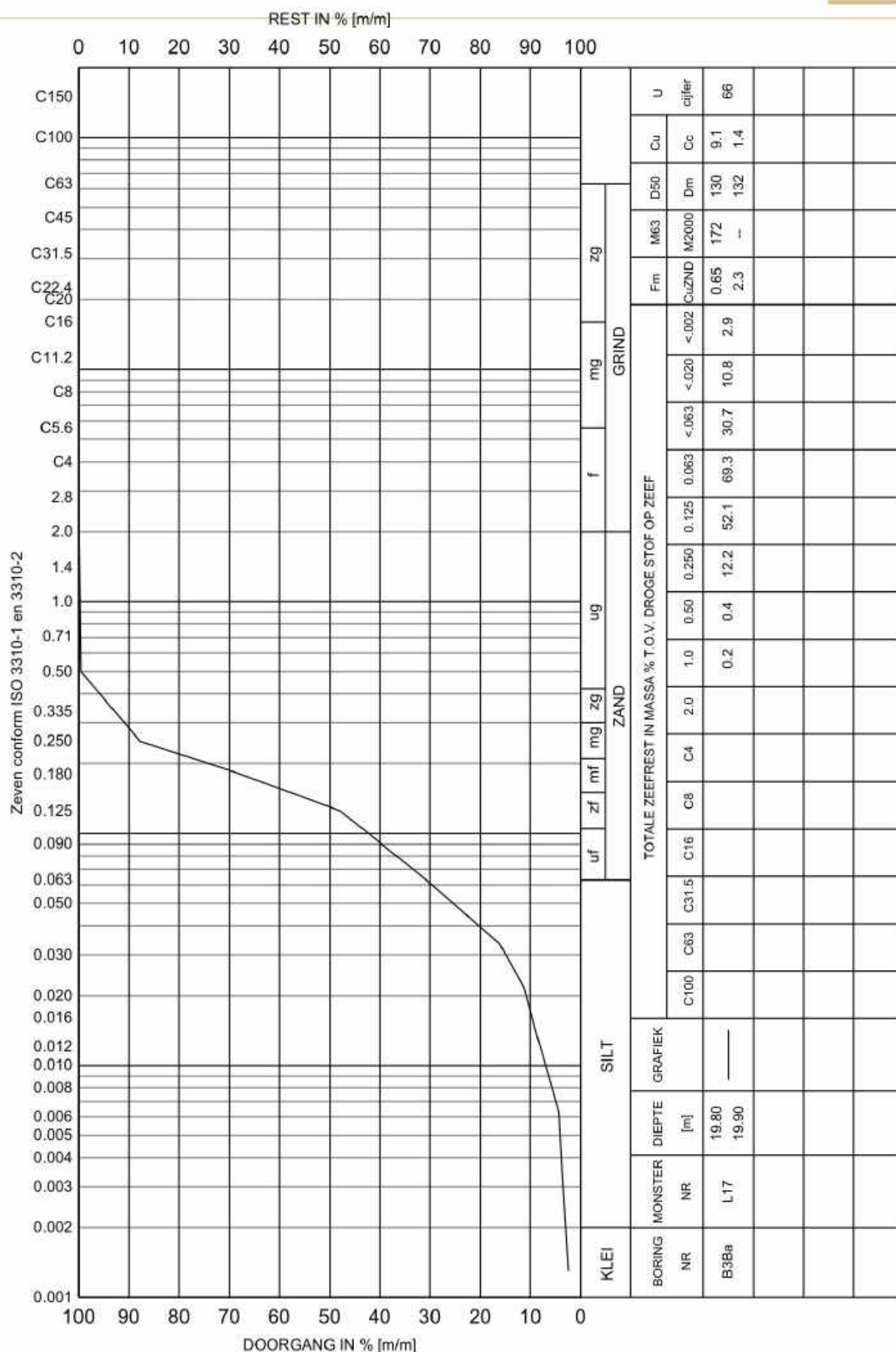
Opm.: Diepte is in meters tov. maaiveld

## KORRELVERDELINGSDIAGRAM

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Opdr. 1218-0096-161

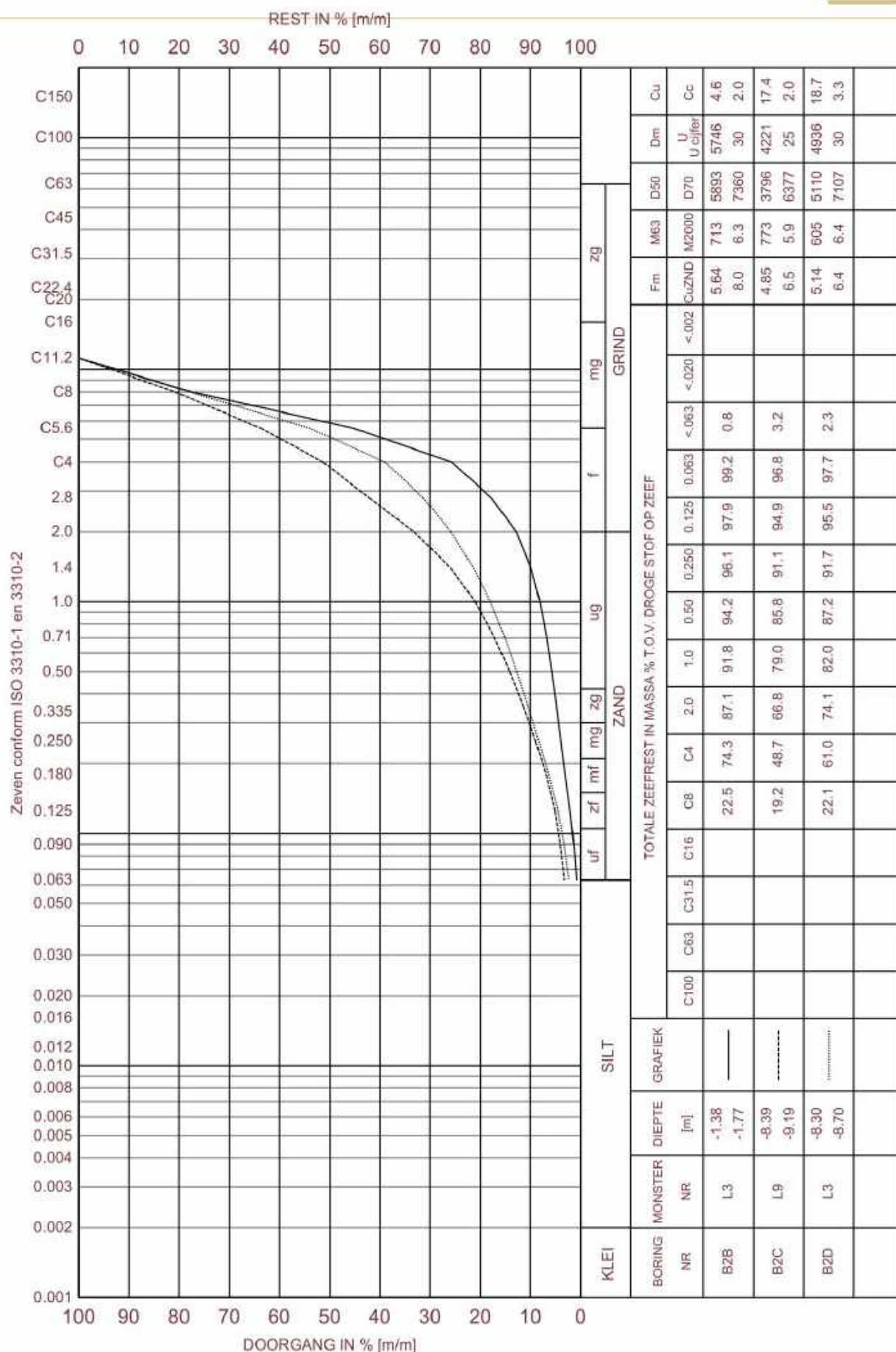




## KORRELVERDELINGSDIAGRAM

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Opdr. 1218-0096-161



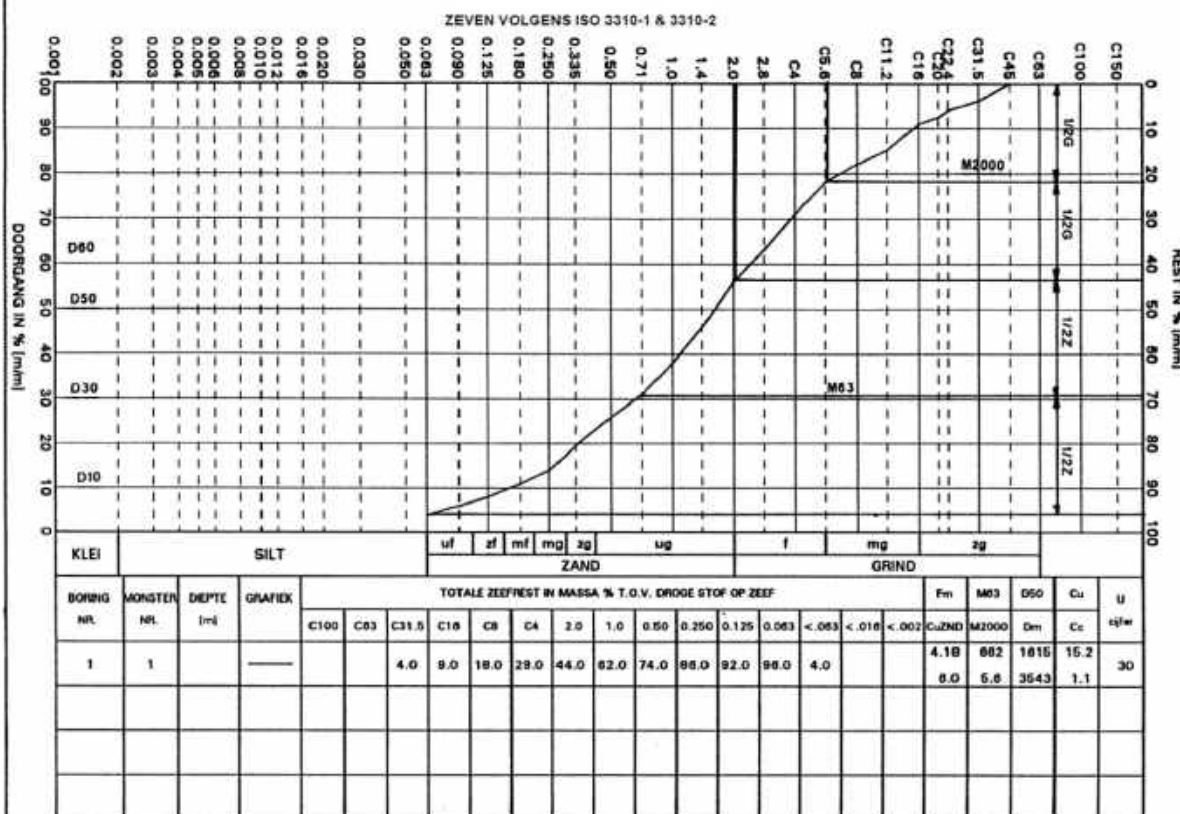
## KORRELVERDELINGSDIAGRAM

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Opdr. 1218-0096-161

## VERKLARING PARAMETERS UIT KORRELVERDELING

### KORREL VERDELINGS DIAGRAM



- Fm (fijnheidsgetal) : som van de massapercentages op de zeven:  
C63, C31.5, C16, C8, C4, 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm en 125 µm  
gedeeld door 100
- M63 (zandmediaan) : gemiddelde korrelgrootte van de zandfractie in µm, waarbij 63 µm staat voor de ondergrens  
en 2 mm voor de bovengrens
- M2000 (grindmediaan) : gemiddelde korrelgrootte van de grindfractie in mm, waarbij 2 mm staat voor de ondergrens  
en 63 mm voor de bovengrens
- D50 : de gemiddelde korrelgrootte van al het materiaal in µm
- Dm : de som van de zeefdoorgang in µm, per massapercentage in stappen van 10 (10 t/m 90%),  
gedeeld door 9
- Cu (gelijkmatigheids  
coëfficiënt) : D60/D10 is het quotiënt van de afmetingen van de denkbeeldige zeefopeningen, waardoor  
60% en 10% van al het materiaal doorgaat
- CuZND (gelijkmatigheids  
coëfficiënt van materiaal  
63 µm / < 2 mm) : D60/D10 is het quotiënt van de afmetingen van de denkbeeldige zeefopeningen, waardoor  
60% en 10% van het materiaal tussen 63 µm en 2 mm doorgaat
- Cc (krommings  
coëfficiënt) :  $[D_{30}^2 / (D_{60} \times D_{10})]$  is het quotiënt van het kwadraat van de denkbeeldige zeefopeningen,  
waardoor 30% van al het materiaal doorgaat en het product van de denkbeeldige  
zeefopeningen, waardoor 60% en 10% van al het materiaal doorgaat
- U-cijfer : specifieke oppervlak zandfractie, berekend als:

$$\frac{\sum (m_1 \times u_1) + (m_2 \times u_2) \dots (m_n \times u_n)}{\text{massa zandfractie}}$$

waarin:

- $m^1, m^2, \text{etc.}$  = massa subfractie
- $u^1, u^2, \text{etc.}$  = specifiek oppervlak subfractie



# ALGEMENE INFORMATIE

Boring : B2B  
 Monster : L3  
 Diepte : -1.38 m t.o.v. N.A.P

Proefstuk : Geprepareerd (zand)  
 Monsterklasse : 3  
 Test Methode : CID  
 meertraps proef  
 isotroop geconsolideerd  
 compressie proef

# VISUELE CLASSIFICATIE

SLAKKEN , donkergrijs

INITIELE EIGENSCHAPPEN	TRAP 1	TRAP 2	TRAP 3	
Hoogte	140.0			mm
Diameter	70.0			mm
Volumiek gewicht	20.5			kN/m <sup>3</sup>
Droog volumiek gewicht	18.6			kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	10.0			%
Ongedr. schuifsterkte $C_u$ TV/PP	-/-			kN/m <sup>2</sup>
B-factor	-			-
Dichtheid van het korrelmateriaal (Geschat)	2.65			t/m <sup>3</sup>

# NA VERZADIGING

Verzadigingsspanning	300	300	300	kN/m <sup>2</sup>
Droog volumiek gewicht	18.6			kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	17.7			%
B-factor	0.96			-

# NA CONSOLIDATIE

Horizontale consolidatie spanning	28.0	56.0	113	kN/m <sup>2</sup>
Verticale consolidatie spanning	28.0	56.0	113	kN/m <sup>2</sup>
$K_0$ -factor	1.00	1.00	1.00	-
Droog volumiek gewicht	18.8	18.7	18.9	kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	17.1	17.4	16.8	%

# AFSCHUIFFASE

Axiale reksnelheid	4.0	4.0	4.0	%/uur
Bij maximale deviator spanning				
effectieve horizontale spanning	28.4	56.2	113	kN/m <sup>2</sup>
effectieve verticale spanning	245	403	705	kN/m <sup>2</sup>
Axiale rek	2.9	2.1	3.6	%
$\phi'$ (secant)	52	49	46	°
$\epsilon_{50}$	0.6	0.4	0.4	%
$E'_{50}$	19.1	41.7	68.4	MN/m <sup>2</sup>
Bij maximum hoofdspanningsverhouding $\sigma_1'/\sigma_3'$				
effectieve horizontale spanning	28.3	56.2	113	kN/m <sup>2</sup>
effectieve verticale spanning	244	403	705	kN/m <sup>2</sup>
Axiale rek	2.9	2.1	3.6	%
$\phi'$ (secant)	52	49	46	°
$\epsilon_{50}$	0.6	0.4	0.4	%
$E'_{50}$	19.1	41.7	68.4	MN/m <sup>2</sup>

# EIND CONDITIES

Bezwijkvorm proefstuk		Opgestuikt	
Droge dichtheid		18.3	kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte		18.6	%

# BEZWIJK OMHULLENDE

	maximale deviator spanning	maximale spannings-verhouding	maximale rek alle belastingtrappen
Effectieve hoek van inwendige wrijving	43	43	°
Effectieve cohesie	20	20	kN/m <sup>2</sup>

# Opmerkingen:

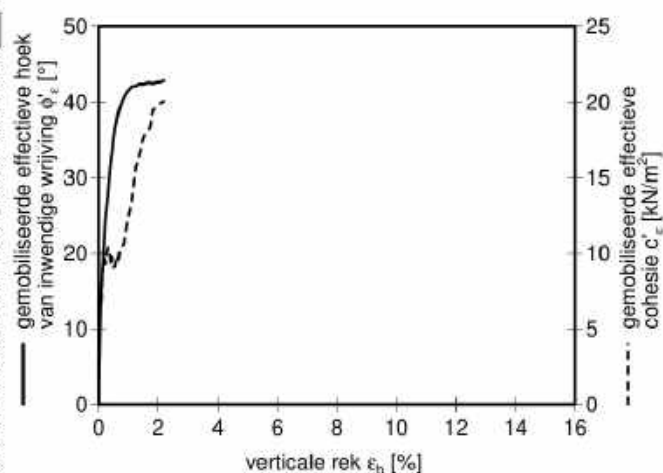
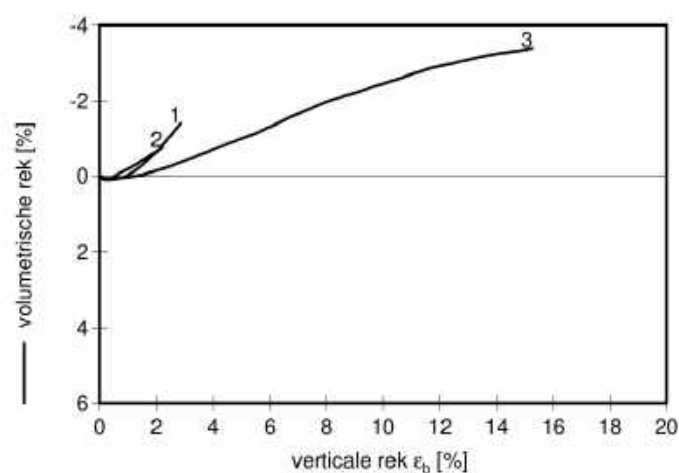
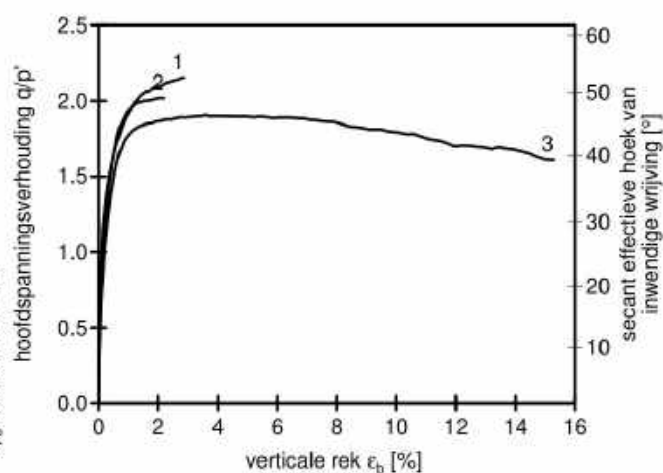
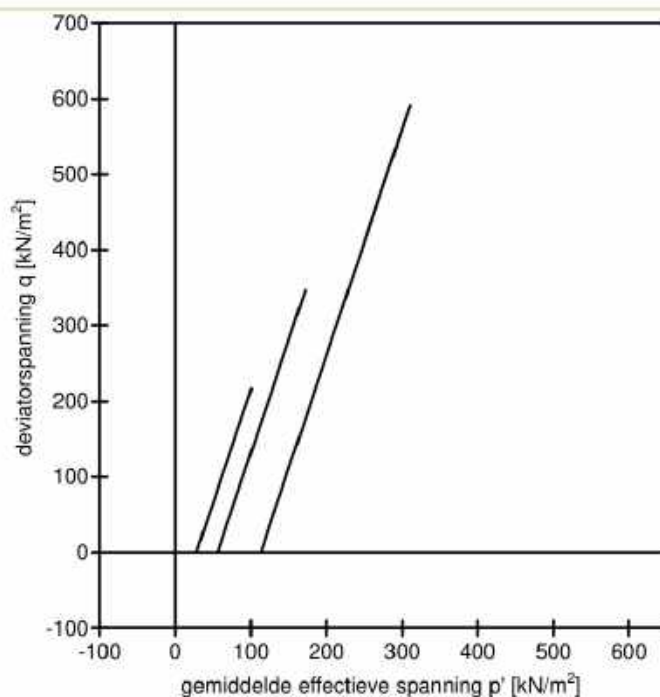
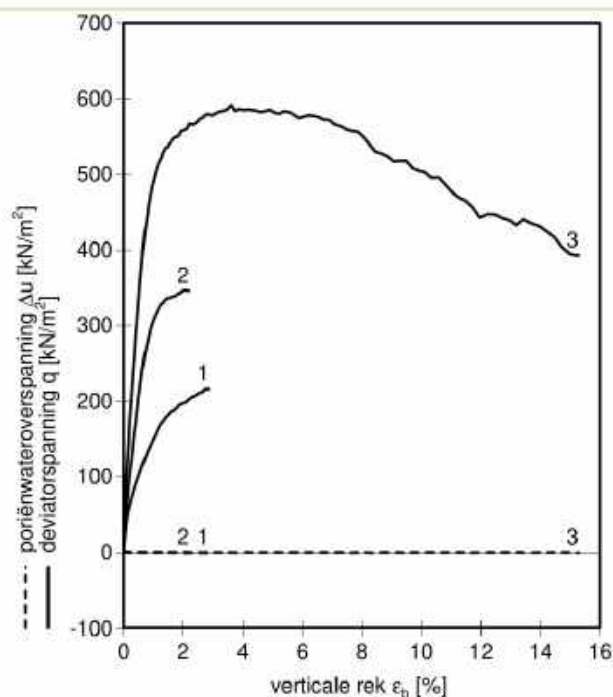
- Monster is uitgezeefd over 11.2 mm.

Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

# GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot



Boring : B2B  
 Monster : L3  
 Diepte : -1.38 m t.o.v. N.A.P.  
 Grondsoort : SLAKKEN, donkergrijs

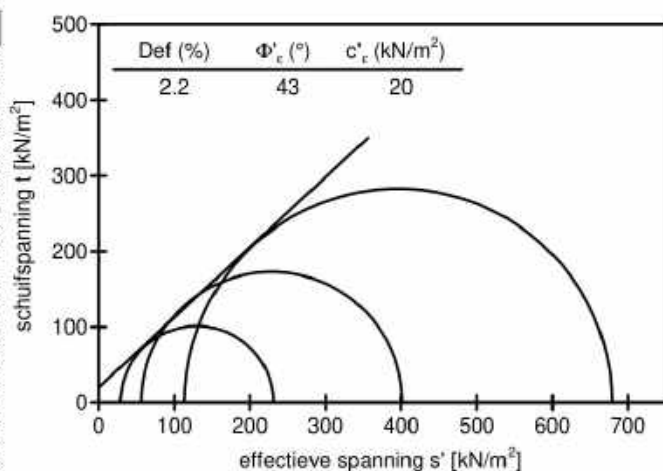
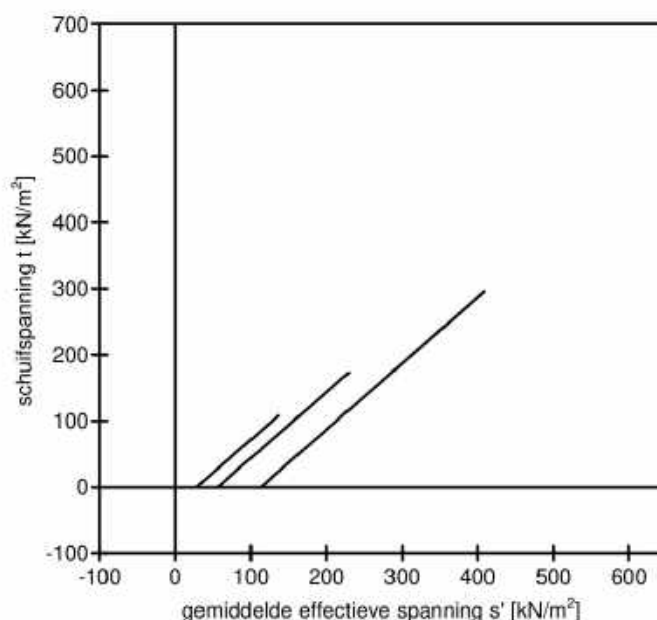
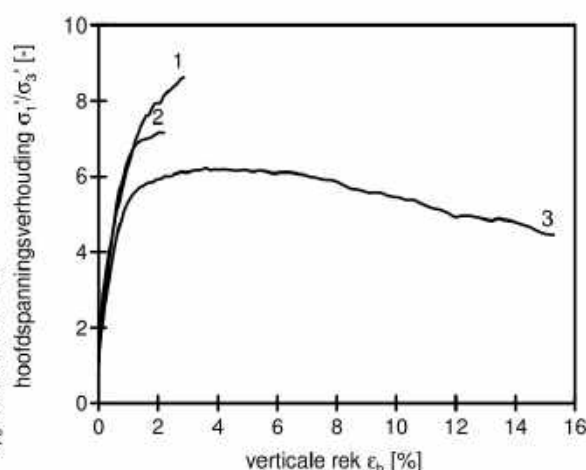
Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

## GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Trap	Parameter	Waarde parameter										
		bij $\epsilon_b$ [%]										
		0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	15.0	25.0	30.0	Max rek
1 2 3	$\phi'_e$ [°]	35	42	42	43	-	-	-	-	-	-	43
	$c'_e$ kN/m <sup>2</sup>	9	13	18	20	-	-	-	-	-	-	20
1	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	78.3	104	119	127	-	-	-	-	-	-	130
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	50.3	75.4	91.1	99.0	-	-	-	-	-	-	102
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	61.5	78.6	88.9	94.5	-	-	-	-	-	-	96.2
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	101	151	182	198	-	-	-	-	-	-	204
2	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	158	210	225	229	-	-	-	-	-	-	228
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	102	154	168	173	-	-	-	-	-	-	171
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	124	159	169	172	-	-	-	-	-	-	171
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	203	308	337	346	-	-	-	-	-	-	343
3	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	279	359	382	392	402	406	405	311	-	-	397
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	166	246	269	279	289	293	292	198	-	-	284
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	224	277	292	299	306	308	308	245	-	-	302
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	333	491	538	558	579	585	583	395	-	-	567



Boring : B2B  
 Monster : L3  
 Diepte : -1.38 m t.o.v. N.A.P.  
 Grondsoort : SLAKKEN, donkergrijs

Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

## GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot



# ALGEMENE INFORMATIE

Boring : B2C  
 Monster : L9  
 Diepte : -8.39 m t.o.v. N.A.P

Proefstuk : Geprepareerd (zand)  
 Monsterklasse : 3  
 Test Methode : CID  
 meertraps proef  
 isotroop geconsolideerd  
 compressie proef

# VISUELE CLASSIFICATIE

SLAKKEN , donkergrijs

INITIELE EIGENSCHAPPEN	TRAP 1	TRAP 2	TRAP 3	
Hoogte	140.0			mm
Diameter	70.0			mm
Volumiek gewicht	20.5			kN/m <sup>3</sup>
Droog volumiek gewicht	18.6			kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	10.0			%
Ongedr. schuifsterkte $C_u$ TV/PP	-/-			kN/m <sup>2</sup>
B-factor	-			-
Dichtheid van het korrelmateriaal (Geschat)	2.65			t/m <sup>3</sup>

# NA VERZADIGING

Verzadigingsspanning	300	300	300	kN/m <sup>2</sup>
Droog volumiek gewicht	18.6			kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	16.0			%
B-factor	0.96			-

# NA CONSOLIDATIE

Horizontale consolidatie spanning	55.0	109	218	kN/m <sup>2</sup>
Verticale consolidatie spanning	55.0	109	218	kN/m <sup>2</sup>
$K_0$ -factor	1.00	1.00	1.00	-
Droog volumiek gewicht	18.8	19.2	19.7	kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	15.3	14.2	12.9	%

# AFSCHUIFFASE

Axiale reksnelheid	4.0	4.0	4.0	%/uur
Bij maximale deviator spanning				
effectieve horizontale spanning	55.3	109	218	kN/m <sup>2</sup>
effectieve verticale spanning	240	500	1014	kN/m <sup>2</sup>
Axiale rek	4.4	5.9	10.5	%
$\phi'$ (secant)	39	40	40	°
$\epsilon_{50}$	0.6	0.6	0.8	%
$E'_{50}$	16.6	30.5	52.7	MN/m <sup>2</sup>
Bij maximum hoofdspanningsverhouding $\sigma_1'/\sigma_3'$				
effectieve horizontale spanning	55.3	109	218	kN/m <sup>2</sup>
effectieve verticale spanning	240	500	1014	kN/m <sup>2</sup>
Axiale rek	4.4	5.9	10.5	%
$\phi'$ (secant)	39	40	40	°
$\epsilon_{50}$	0.6	0.6	0.8	%
$E'_{50}$	16.6	30.5	52.7	MN/m <sup>2</sup>

# EIND CONDITIES

Bezwijkvorm proefstuk		Opgestuikt	
Droge dichtheid		19.9	kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte		12.6	%

# BEZWIJK OMHULLENDE

	maximale deviator spanning	maximale spannings-verhouding	maximale rek alle belastingtrappen
Effectieve hoek van inwendige wrijving	40	40	39 °
Effectieve cohesie	0	0	0 kN/m <sup>2</sup>

# Opmerkingen:

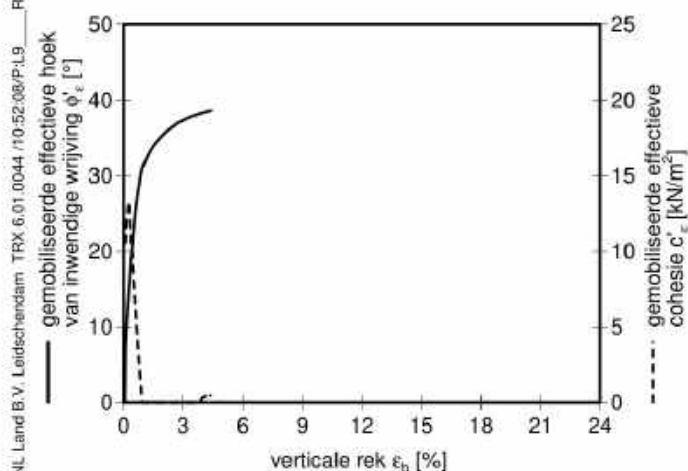
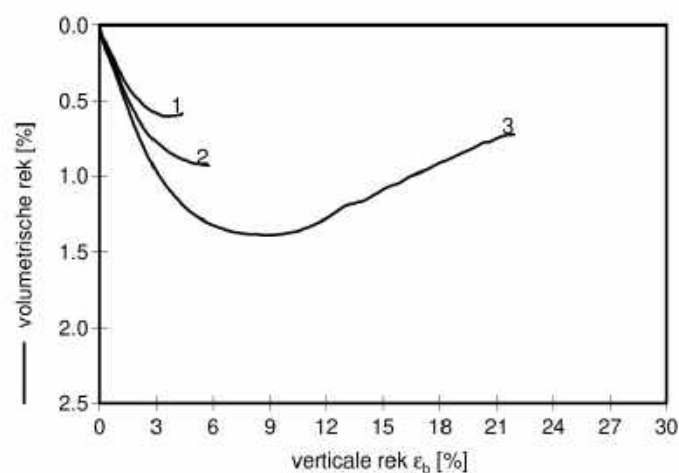
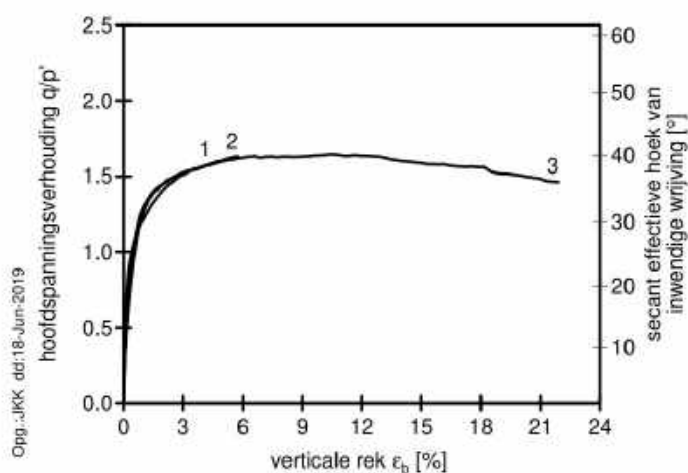
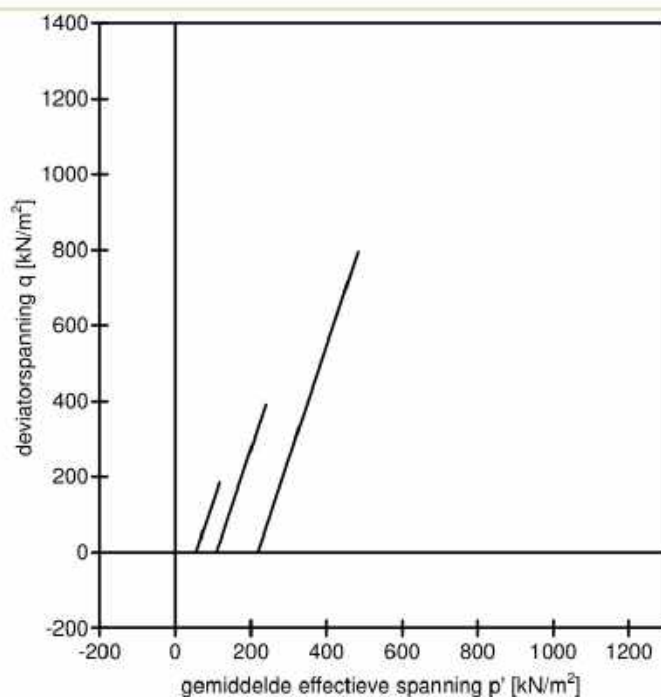
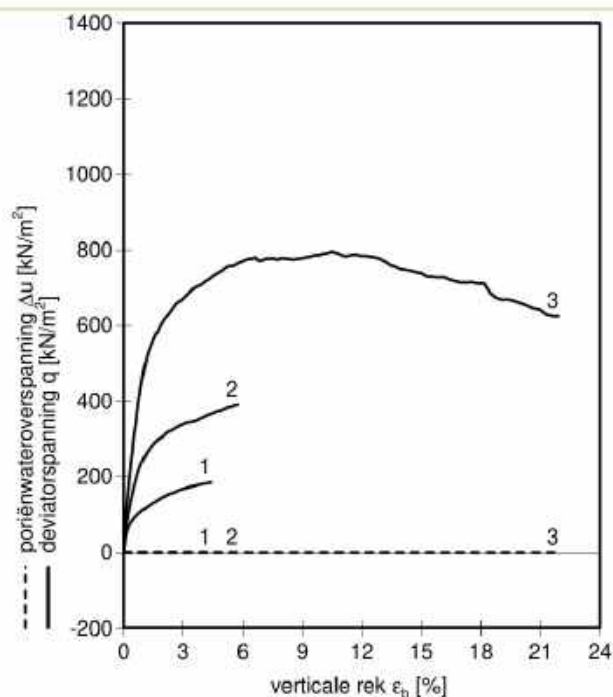
- Monster is uitgezeefd over 11.2 mm.

Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

# GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot



Boring : B2C  
 Monster : L9  
 Diepte : -8.39 m t.o.v. N.A.P.  
 Grondsoort : SLAKKEN, donkergrijs

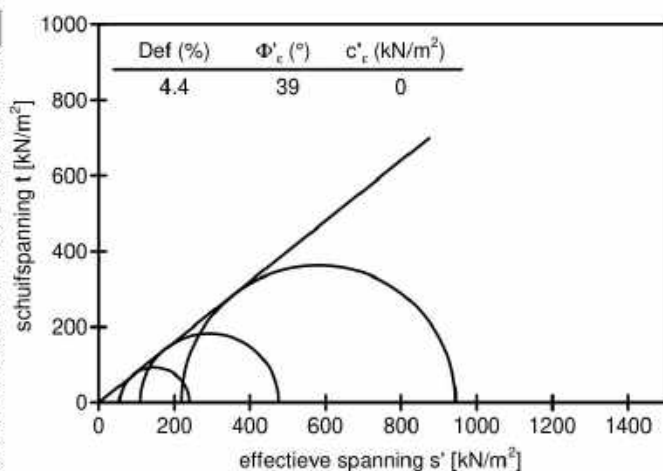
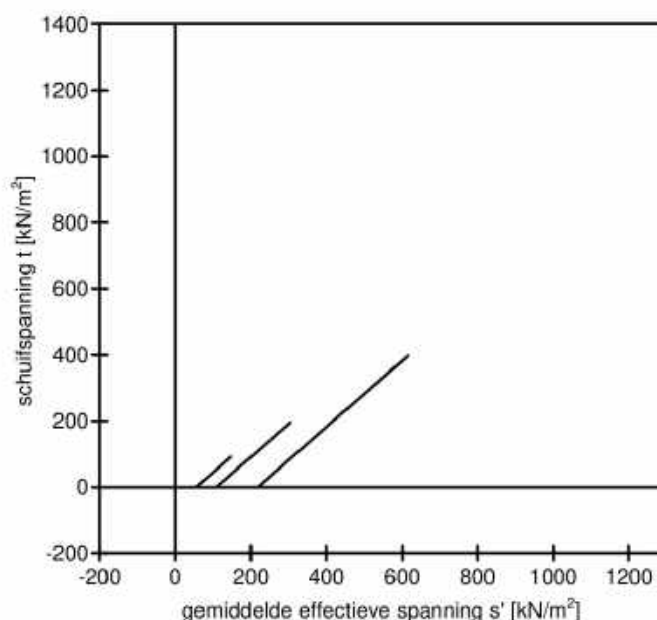
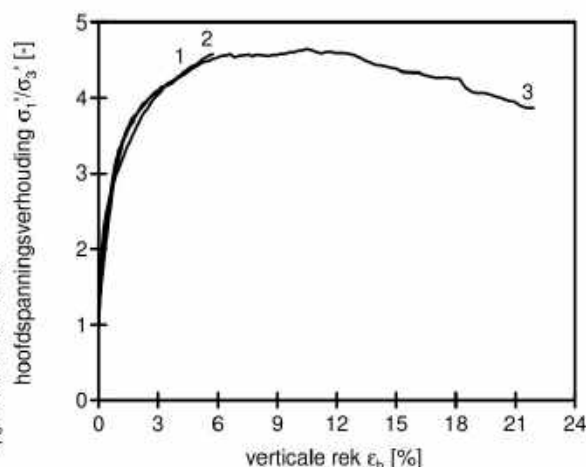
Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

## GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Trap	Parameter	Waarde parameter										
		bij $\epsilon_b$ [%]										
		0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	15.0	25.0	30.0	Max rek
1 2 3	$\phi'_\epsilon$ [°]	23	31	34	35	37	38	39	-	-	-	39
	$c'_\epsilon$ kN/m <sup>2</sup>	8	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0
1	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	99.4	112	121	129	139	146	-	-	-	-	148
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	44.5	56.7	65.9	73.5	84.0	90.7	-	-	-	-	92.2
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	84.5	92.8	99.0	104	111	116	-	-	-	-	117
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	88.9	113	132	147	168	181	-	-	-	-	184
2	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	192	233	253	263	278	288	298	-	-	-	293
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	83.2	124	144	154	169	179	189	-	-	-	183
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	164	192	205	212	222	228	235	-	-	-	231
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	166	248	288	308	339	358	377	-	-	-	367
3	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	365	457	501	525	554	574	591	587	-	-	581
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	147	239	283	307	336	356	373	369	-	-	363
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	316	377	407	422	442	455	467	464	-	-	460
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	293	477	566	613	672	712	747	738	-	-	727



Boring : B2C  
 Monster : L9  
 Diepte : -8.39 m t.o.v. N.A.P.  
 Grondsoort : SLAKKEN , donkergrijs

Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

## GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot



# ALGEMENE INFORMATIE

Boring	: B2D	Proefstuk	: Geprepareerd (zand)
Monster	: L3	Monsterklasse	: 3
Diepte	: -8.30 m t.o.v. N.A.P	Test Methode	: CID meertraps proef isotroop geconsolideerd compressie proef

# VISUELE CLASSIFICATIE

ZAND , zeer grof, sterk siltig, brokken slakken, grijs

INITIELE EIGENSCHAPPEN	TRAP 1	TRAP 2	TRAP 3	
Hoogte	140.0			mm
Diameter	70.0			mm
Volumiek gewicht	20.5			kN/m <sup>3</sup>
Droog volumiek gewicht	18.6			kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	10.0			%
Ongedr. schuifsterkte $C_u$ TV/PP	-/-			kN/m <sup>2</sup>
B-factor	-			-
Dichtheid van het korrelmateriaal (Geschat)	2.65			t/m <sup>3</sup>

# NA VERZADIGING

Verzadigingsspanning	300	300	300	kN/m <sup>2</sup>
Droog volumiek gewicht	18.6			kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	13.6			%
B-factor	0.96			-

# NA CONSOLIDATIE

Horizontale consolidatie spanning	41.0	82.0	165	kN/m <sup>2</sup>
Verticale consolidatie spanning	41.0	82.0	165	kN/m <sup>2</sup>
$K_0$ -factor	1.00	1.00	1.00	-
Droog volumiek gewicht	18.8	19.0	19.3	kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte	13.0	12.4	10.2	%

# AFSCHUIFFASE

Axiale reksnelheid	6.0	6.0	3.7	%/uur
Bij maximale deviator spanning				
effectieve horizontale spanning	41.4	83.6	165	kN/m <sup>2</sup>
effectieve verticale spanning	197	380	748	kN/m <sup>2</sup>
Axiale rek	4.0	4.5	6.4	%
$\phi'$ (secant)	41	40	40	°
$\epsilon_{50}$	0.8	0.6	0.7	%
$E'_{50}$	9.2	26.4	41.4	MN/m <sup>2</sup>
Bij maximum hoofdspanningsverhouding $\sigma_1'/\sigma_3'$				
effectieve horizontale spanning	41.4	82.6	165	kN/m <sup>2</sup>
effectieve verticale spanning	197	377	748	kN/m <sup>2</sup>
Axiale rek	4.0	4.3	6.4	%
$\phi'$ (secant)	41	40	40	°
$\epsilon_{50}$	0.8	0.6	0.7	%
$E'_{50}$	9.2	26.5	41.4	MN/m <sup>2</sup>

# EIND CONDITIES

Bezwijkvorm proefstuk		Opgestuipt	
Droge dichtheid		19.4	kN/m <sup>3</sup>
Vochtgehalte		10.0	%

# BEZWIJK OMHULLENDE

	maximale deviator spanning	maximale spannings-verhouding	maximale rek alle belastingtrappen
Effectieve hoek van inwendige wrijving	39	39	38 °
Effectieve cohesie	2	3	6 kN/m <sup>2</sup>

# Opmerkingen:

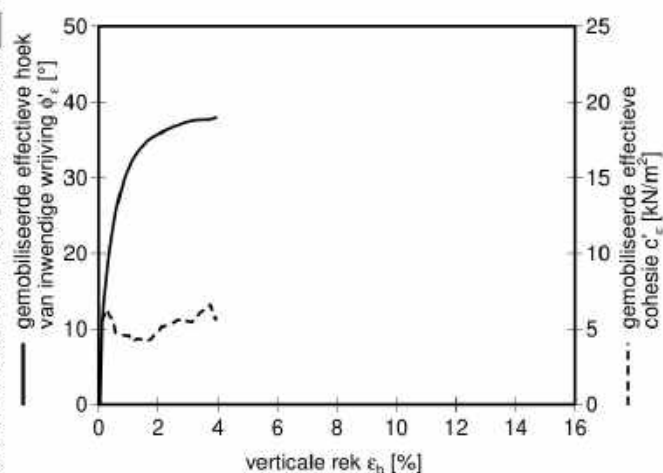
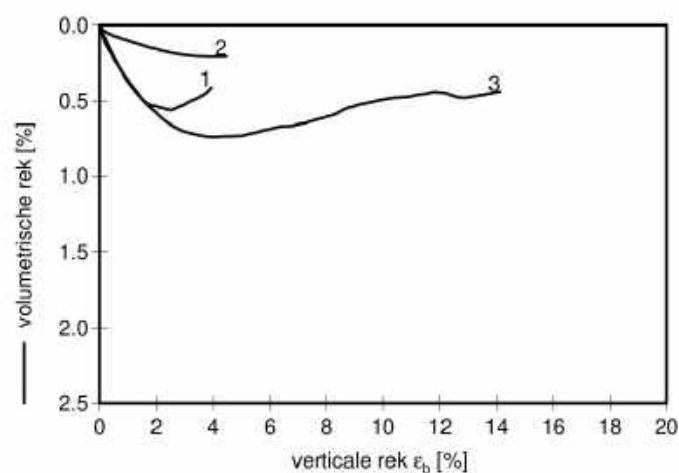
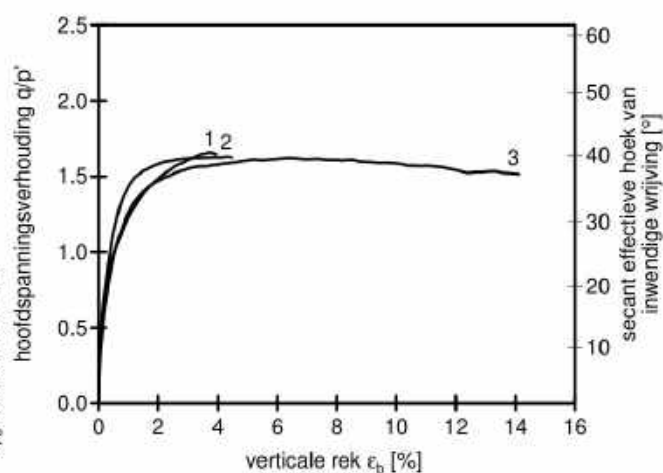
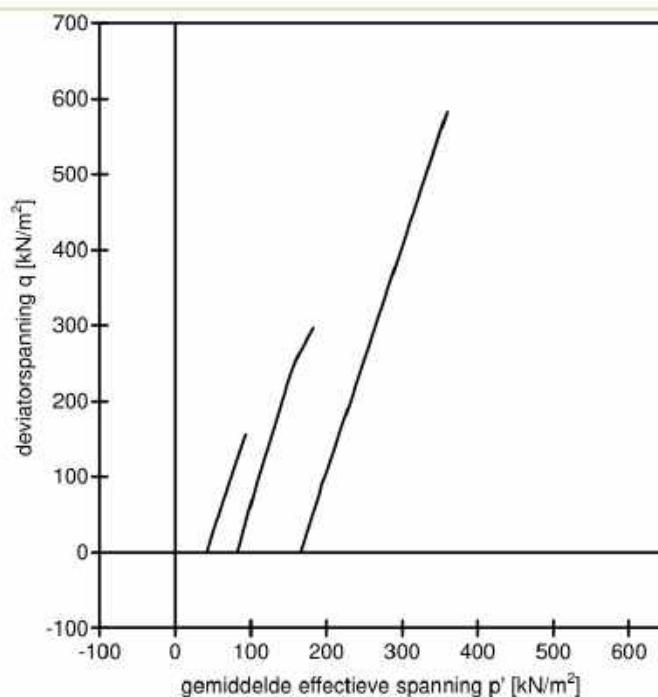
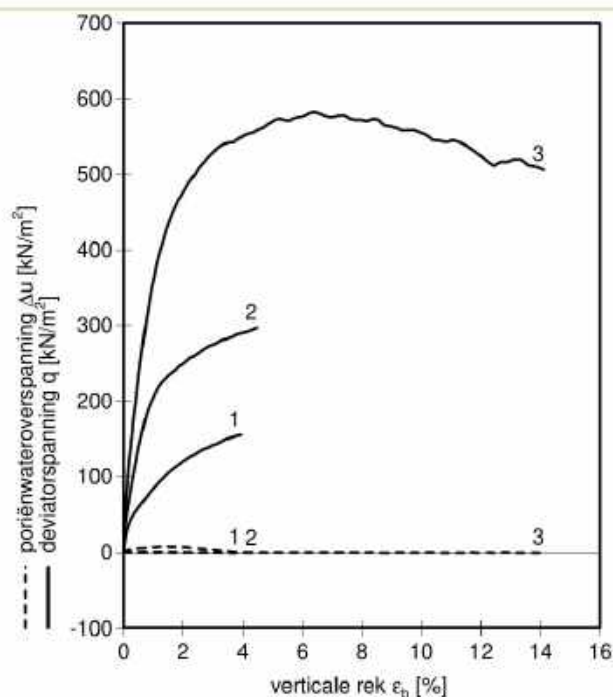
- Monster is uitgezeefd over 11.2 mm.

Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

# GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot



Boring : B2D  
 Monster : L3  
 Diepte : -8.30 m t.o.v. N.A.P.  
 Grondsoort : ZAND, zeer grof, sterk siltig, brokken  
 slakken, grijs

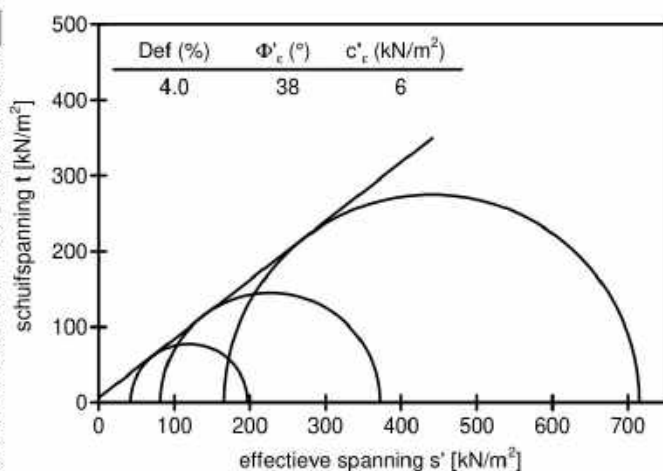
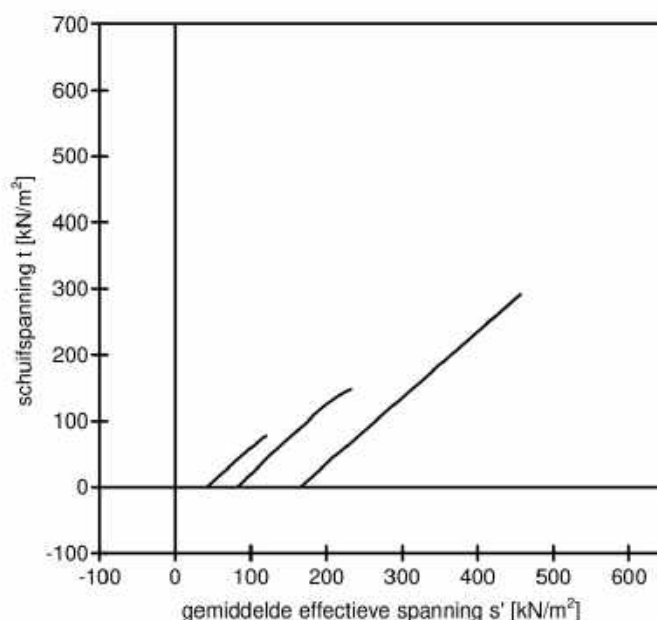
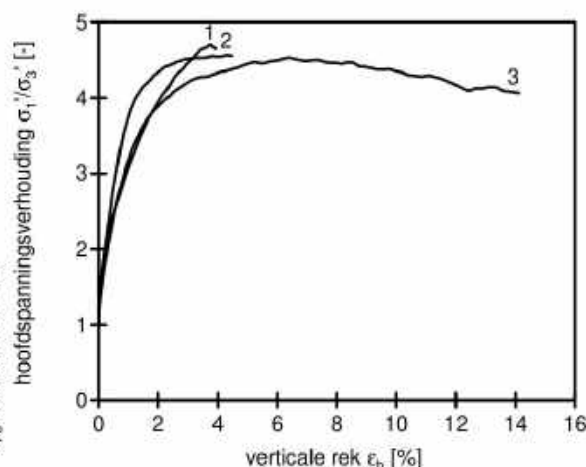
Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

## GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

Trap	Parameter	Waarde parameter										
		bij $\epsilon_b$ [%]										
		0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	15.0	25.0	30.0	Max rek
1 2 3	$\phi'_e$ [°]	24	31	34	36	37	38	-	-	-	-	38
	$c'_e$ kN/m <sup>2</sup>	5	5	4	5	5	6	-	-	-	-	6
1	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	70.6	83.2	93.3	101	112	119	-	-	-	-	119
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	29.9	42.5	52.5	60.0	71.0	77.7	-	-	-	-	77.7
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	60.7	69.1	75.8	80.8	88.3	93.5	-	-	-	-	93.2
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	59.9	85.1	105	120	142	155	-	-	-	-	155
2	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	145	178	191	200	216	227	-	-	-	-	227
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	69.0	103	117	125	137	145	-	-	-	-	145
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	122	144	152	158	170	179	-	-	-	-	179
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	138	206	233	250	275	290	-	-	-	-	290
3	$s'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	281	345	382	403	430	440	450	-	-	-	441
	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	116	180	217	238	265	275	285	-	-	-	276
	$p'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	243	285	310	324	342	349	355	-	-	-	349
	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	233	361	434	476	529	550	569	-	-	-	551



Boring : B2D  
 Monster : L3  
 Diepte : -8.30 m t.o.v. N.A.P.  
 Grondsoort : ZAND , zeer grof, sterk siltig, brokken slakken, grijs

Uitgevoerd conform NEN 5117: 1991/A1: 1997 nl

## GECONSOLIDEERDE GEDRAINEERDE TRIAXIAALPROEF

Opdr. 1218-0096-161

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot



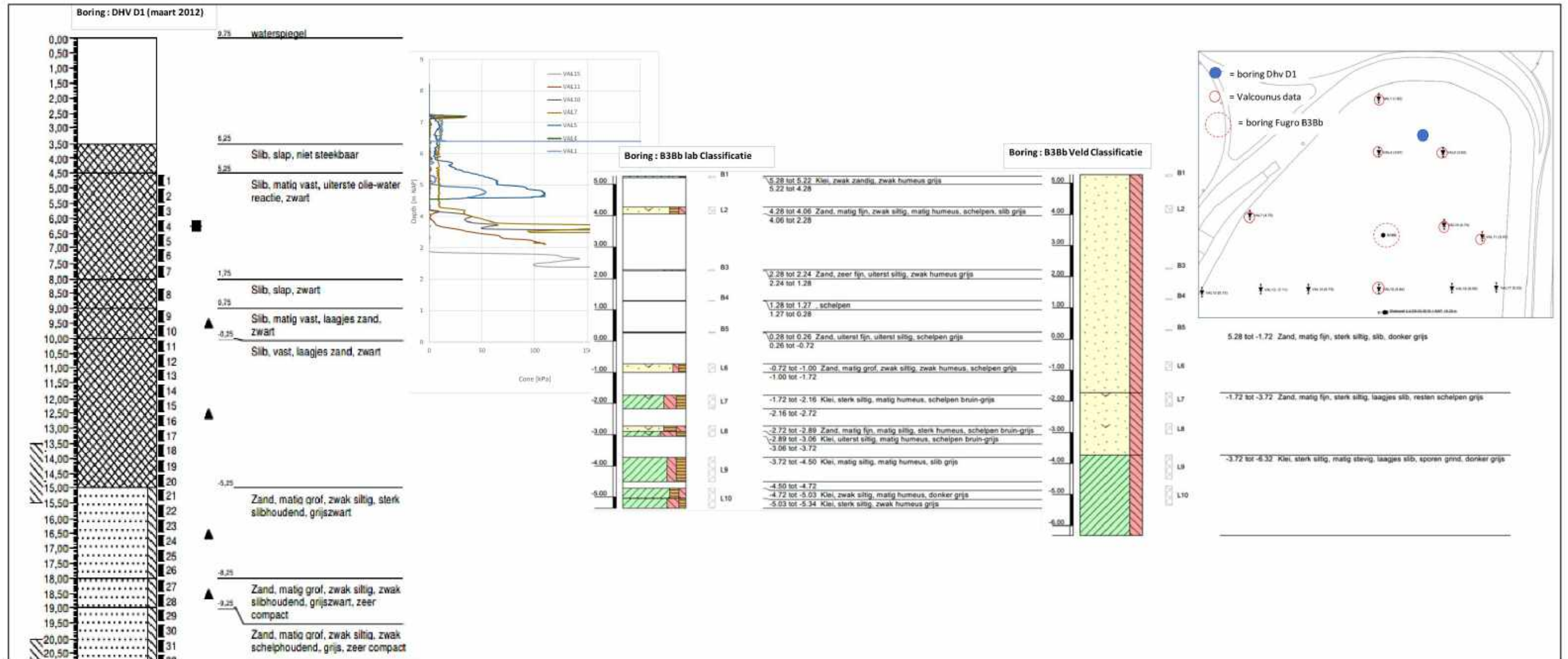
# MONSTEROVERZICHT

ALGEMEEN			S:
Project	Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot	Opdrachtnummer	1218-0096-161
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Datum rapport	26-06-2019
te	Haarlem	Vervaldatum	26-08-2019
Contactpersoon		Datum ontvangst monsters	v.a. 12-04-2019
MONSTEROVERZICHT			
Volgnummer	Type materiaal/omschrijving	Aantal/ Hoeveelheid	Monsternummer(s)
B1	Liners	5	L1 – L5
	Zakjes	-	-
B2A	Liners	24	L1 – L24
	Zakjes	-	-
B2B	Liners	9	L1 – L9
	Zakjes	-	-
B2C	Liners	14	L1 – L7, L9 – L15
	Zakjes	1	B8
B2D	Liners	4	L1 – L4
	Zakjes	-	-
B2E	Liners	2	L1 – L2
	Zakjes	1	B3
B3Ba	Liners	15	L1 – L11, L13, L15 – L17
	Zakjes	2	B12, B14
B3Bb	Liners	6	L2, L6 – L10
	Zakjes	4	B1, B3 – B6

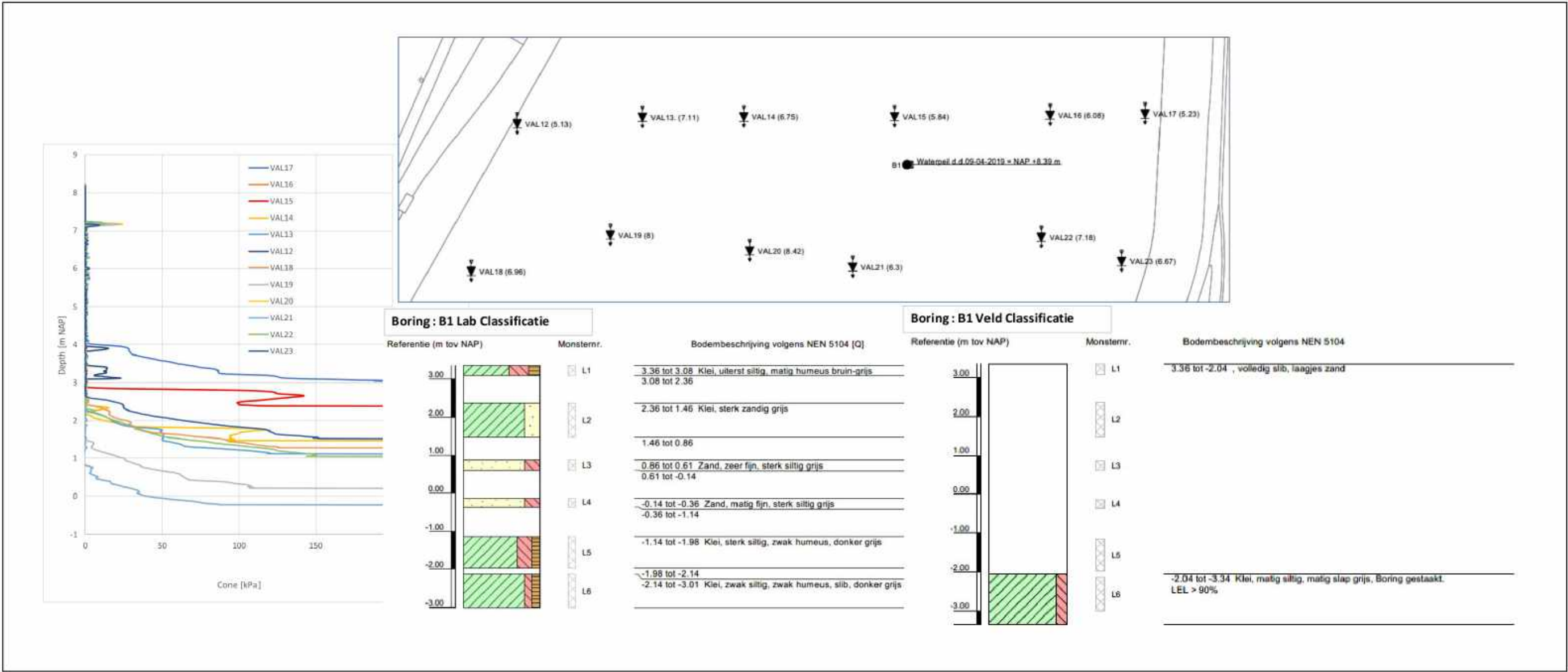
Bovenstaand is een overzicht gegeven van de monsters, die in het kader van onderhavig onderzoek zijn onderzocht en zich thans nog bevinden in het Laboratorium voor Infra- en Geotechniek. Met "vervaldatum" is de datum aangegeven waarna de monsters, bij geen tegenbericht uwerzijds, uit de monsteropslag zullen worden verwijderd en vernietigd. Wanneer u (een deel van) bovengenoemde monsters na de vervaldatum (eventueel onder geconditioneerde omstandigheden) tegen betaling wenst te laten bewaren, verzoeken wij u dit formulier uiterlijk 1 week vóór de vervaldatum aan ons te retourneren.

Ondergetekende verzoekt de monsters te bewaren tot:		
Datum	Naam	Handtekening
Opgesteld door: JKK		Gecontroleerd: WMW

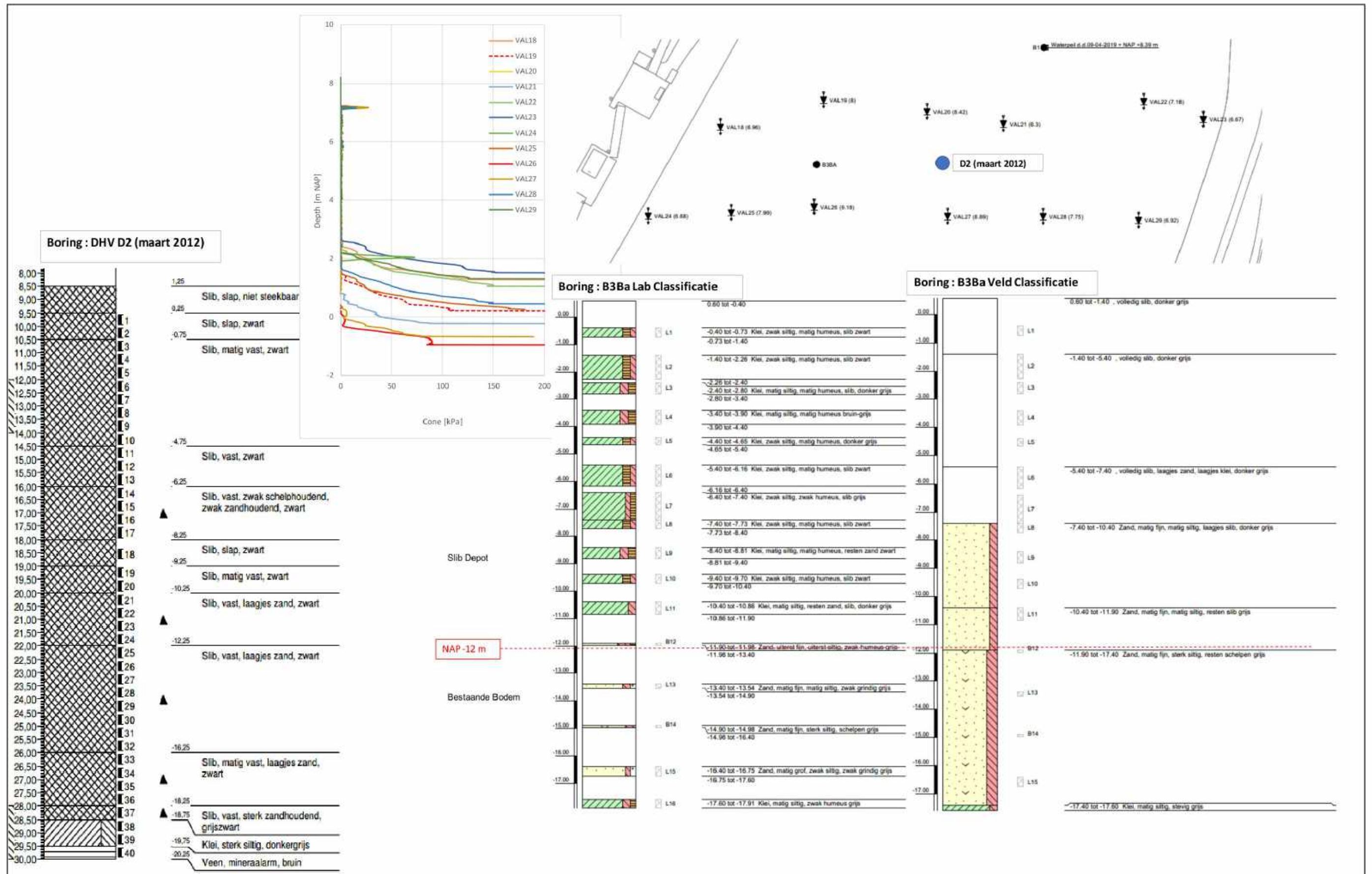
Leesbare versie van: Figuur 2 8: Boorprofiel B3Bb (Fugro 2019) incl Boorprofiel D01 DHV 2012 [5]



Leesbare versie van deel 1 van: Figuur 2 9: Boorprofiel B1, B3Ba (Fugro 2019) incl Boorprofiel D02 DHV 2012 [5]





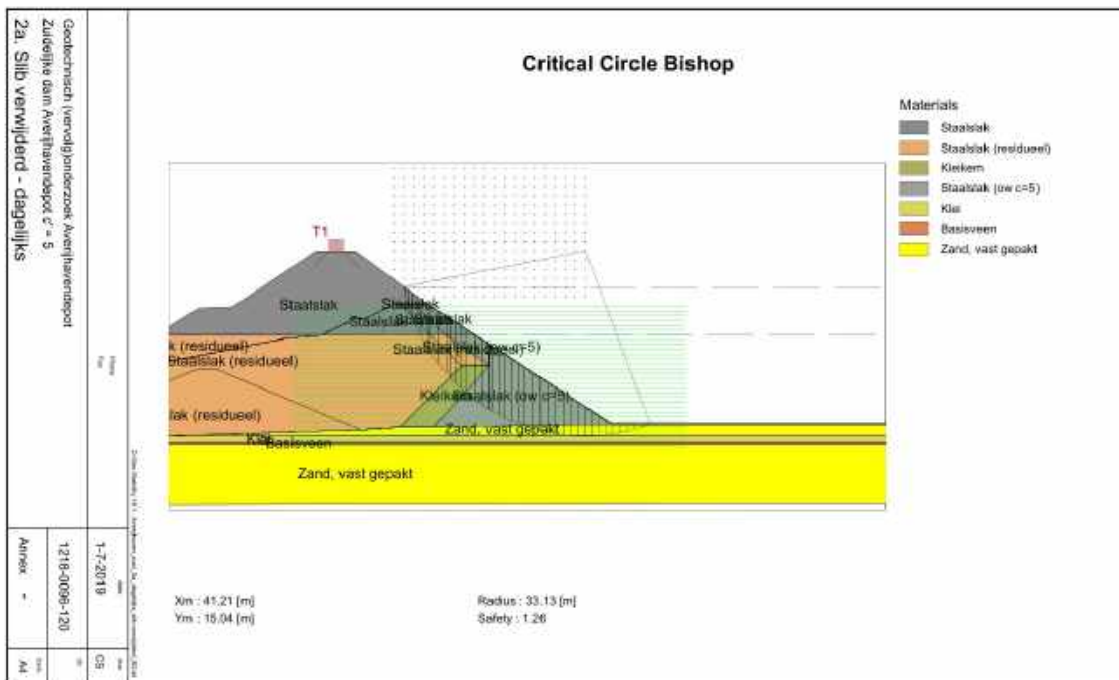
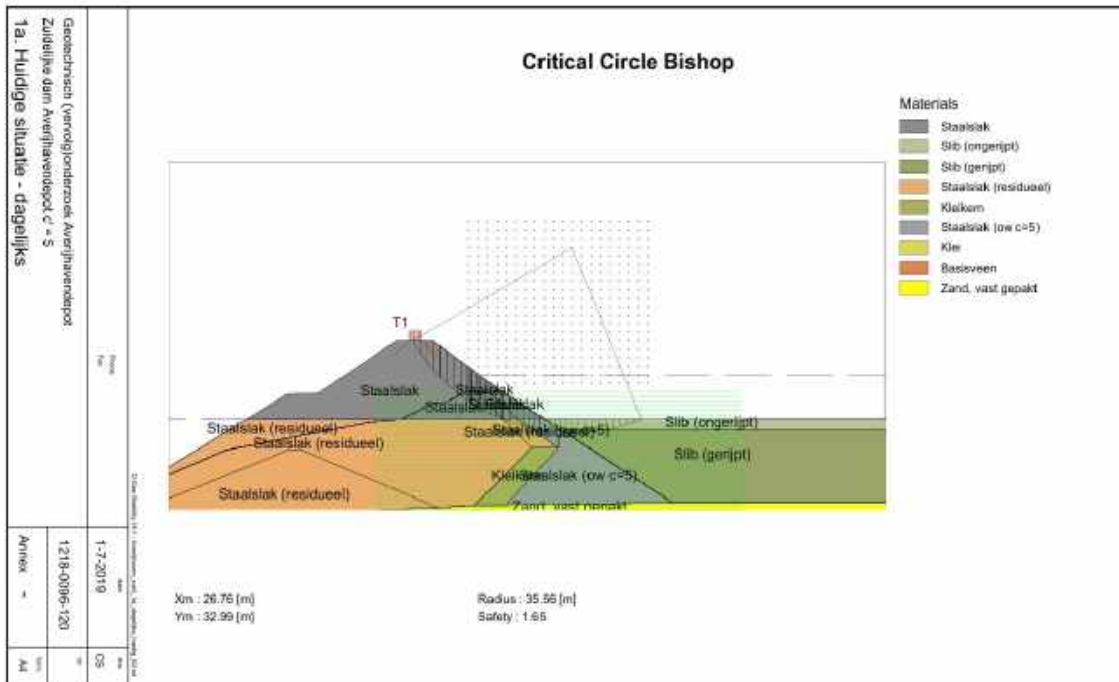


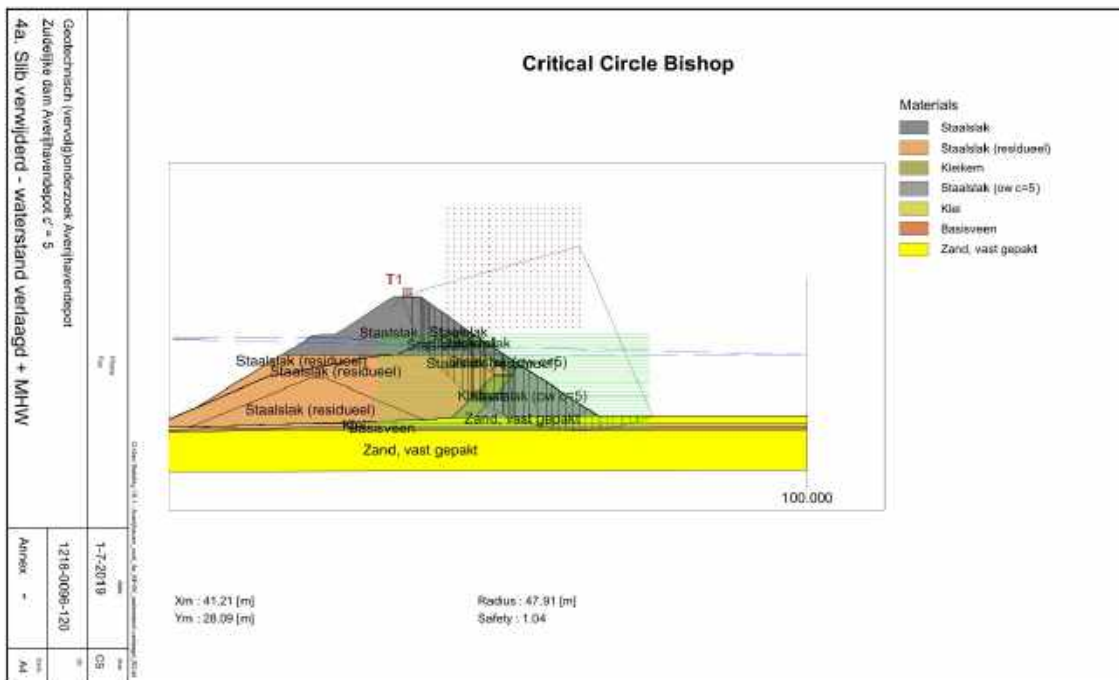
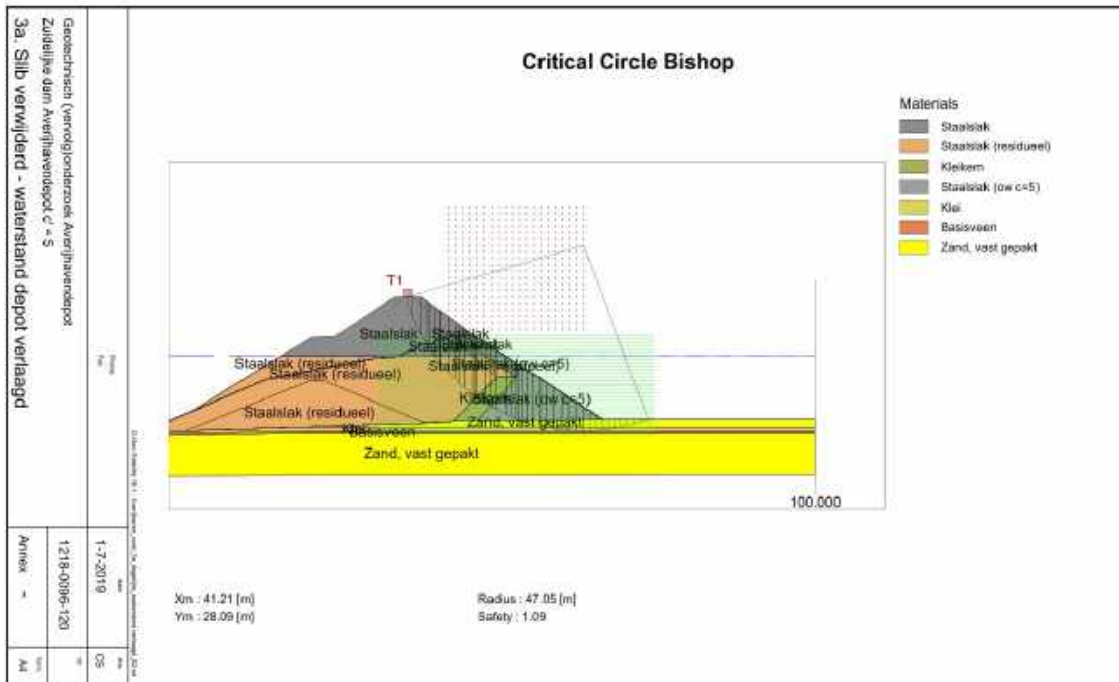
**B. RESULTATEN STABILITEITBEREKENINGEN**

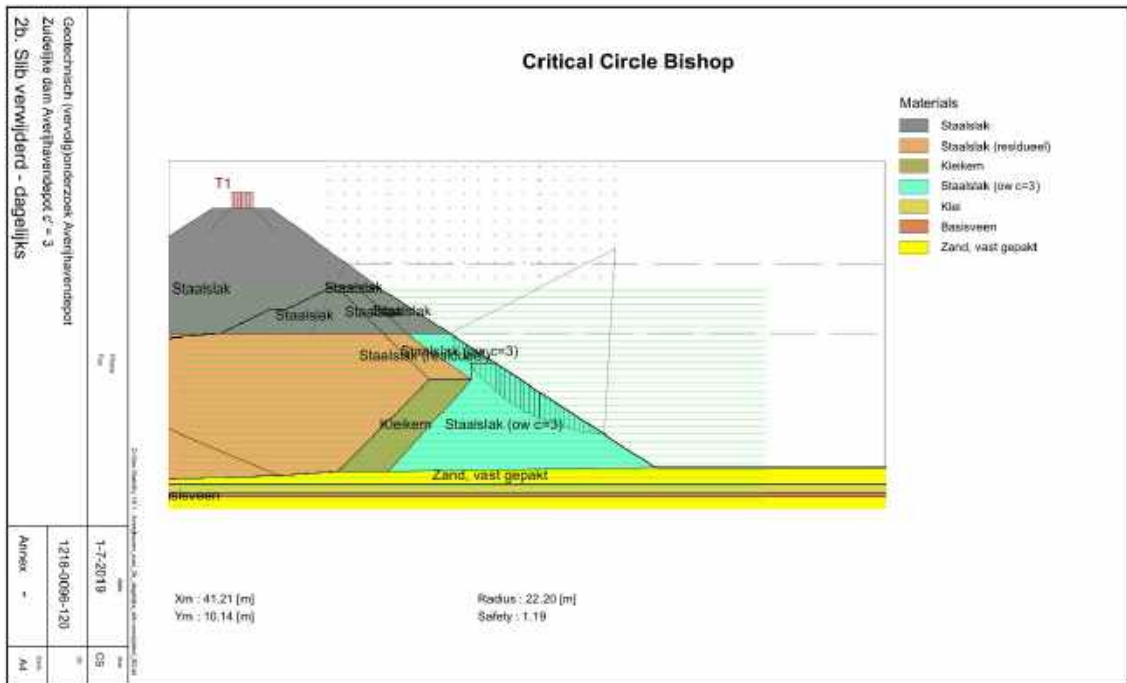
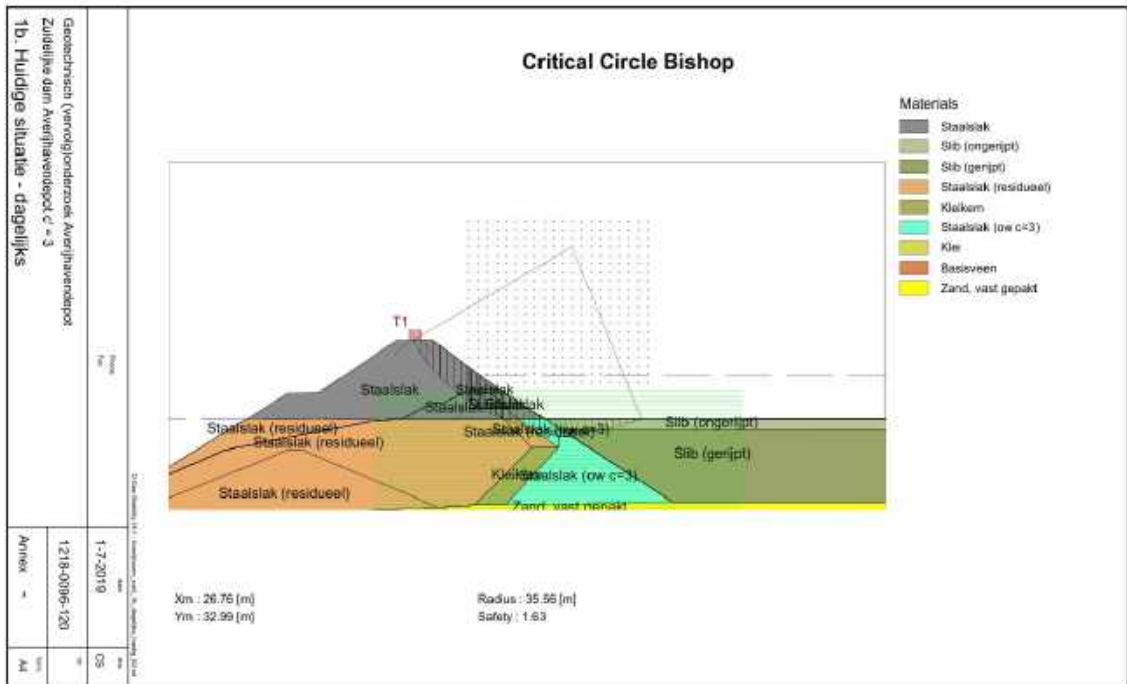
Tabel berekeningnummers, beschrijving beschouwde situatie en cohesie

Beschrijving situatie	$c' = 5$	S.F.	$c' = 3$	S.F.	$c' = 1$	S.F.
Dagelijks, huidige situatie	1a	1,65	1b	1,63	1c	1,62
Dagelijkse situatie, slib verwijderd uit depot	2a	1,26	2b	1,19	2c	1,04
Dagelijks, waterstand depot verlaagd (NAP 0 m)	3a	1,09	3b	1,08	3c	1,04
MHW situatie	4a	1,04	4b	1,04	4c	1,03

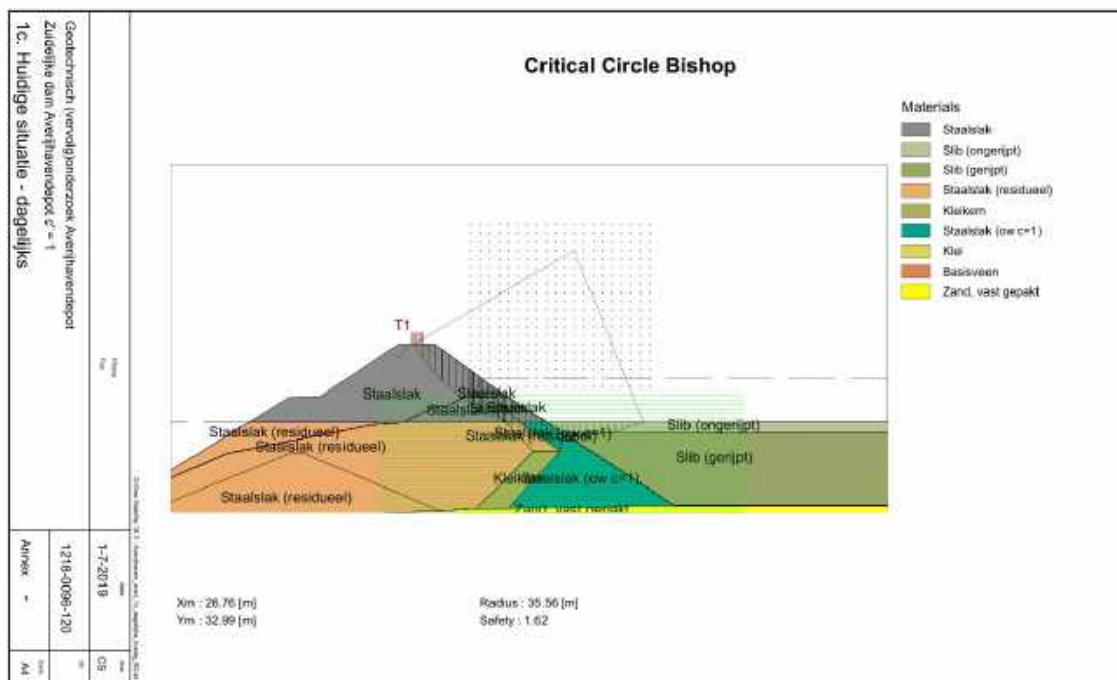
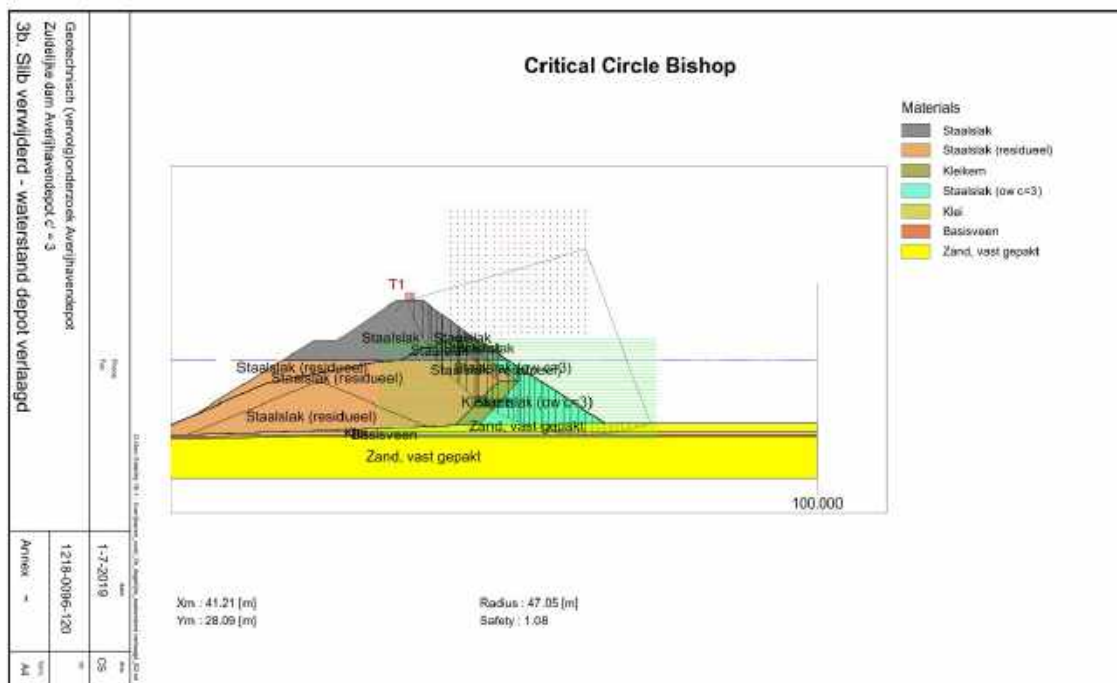


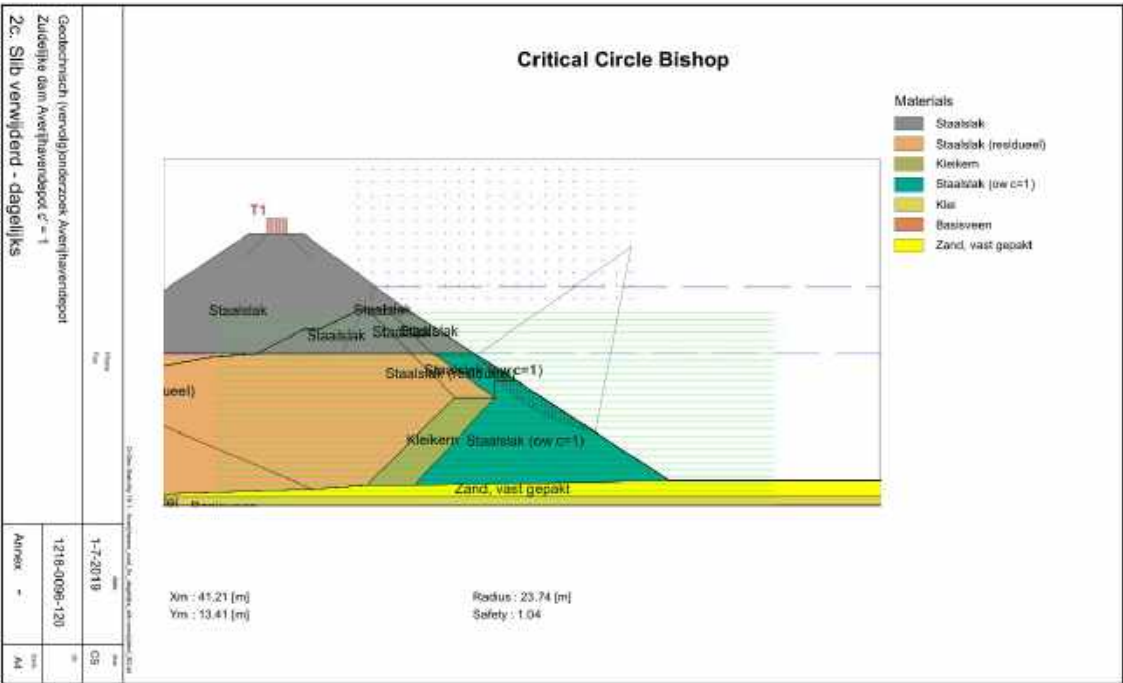
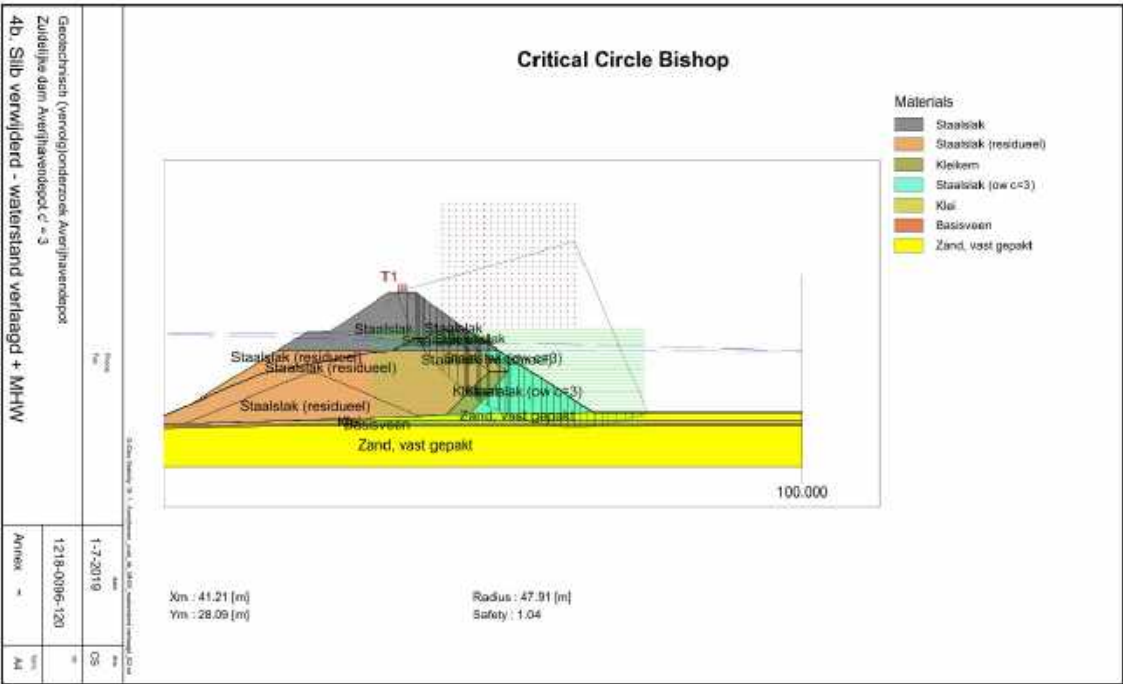


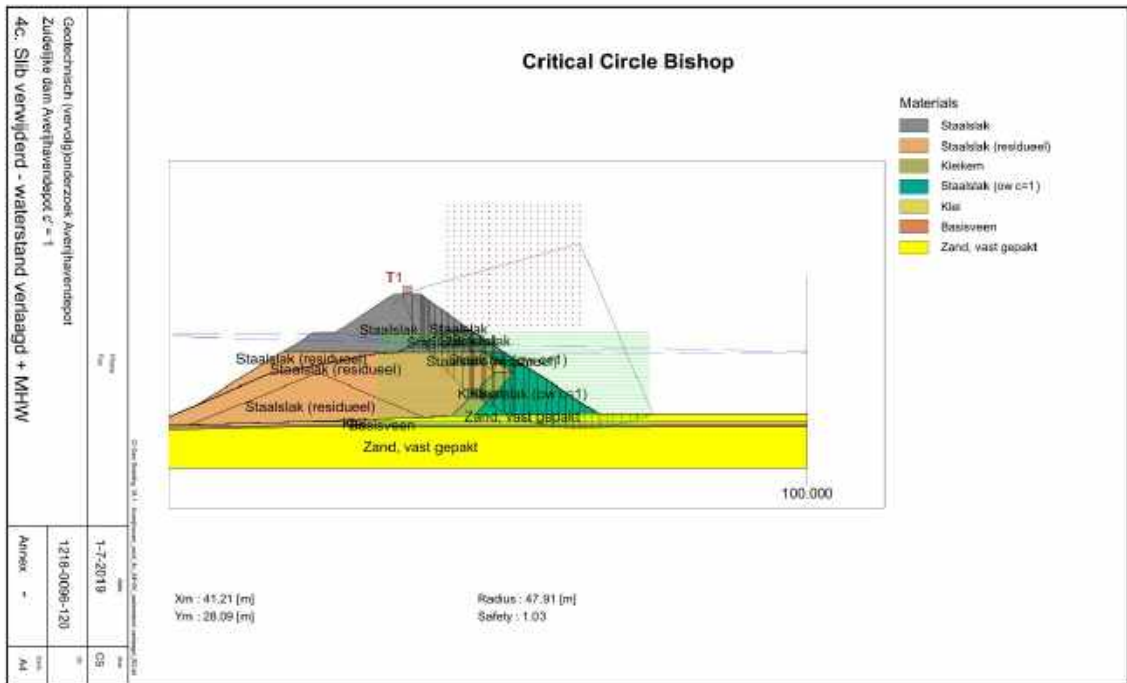
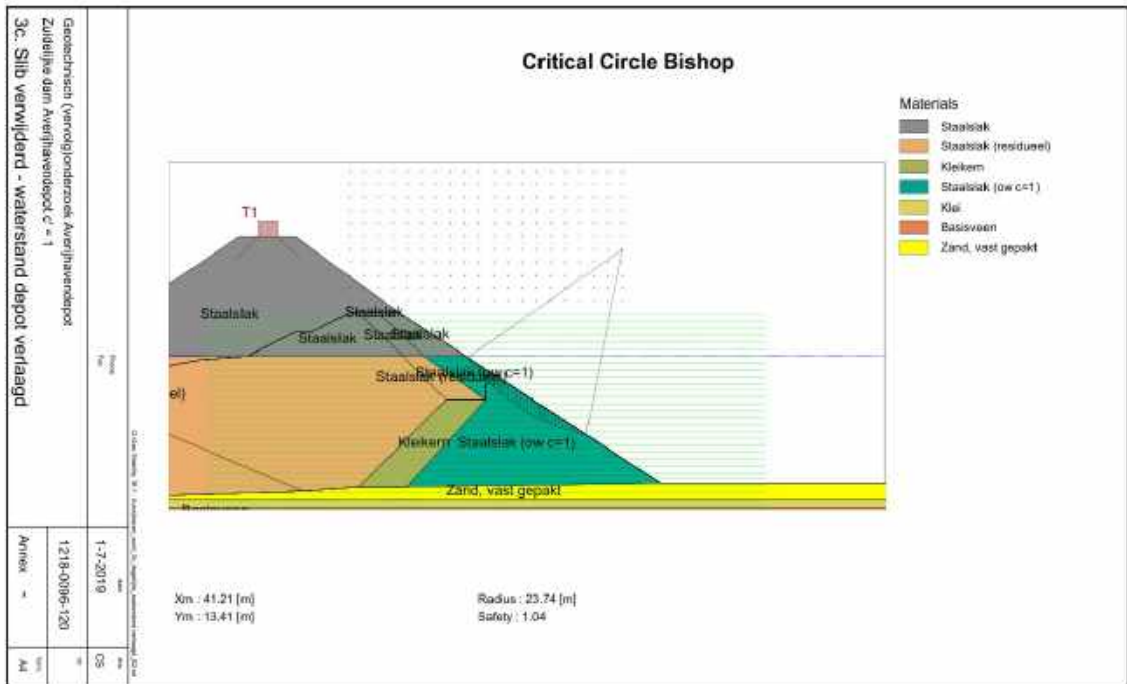






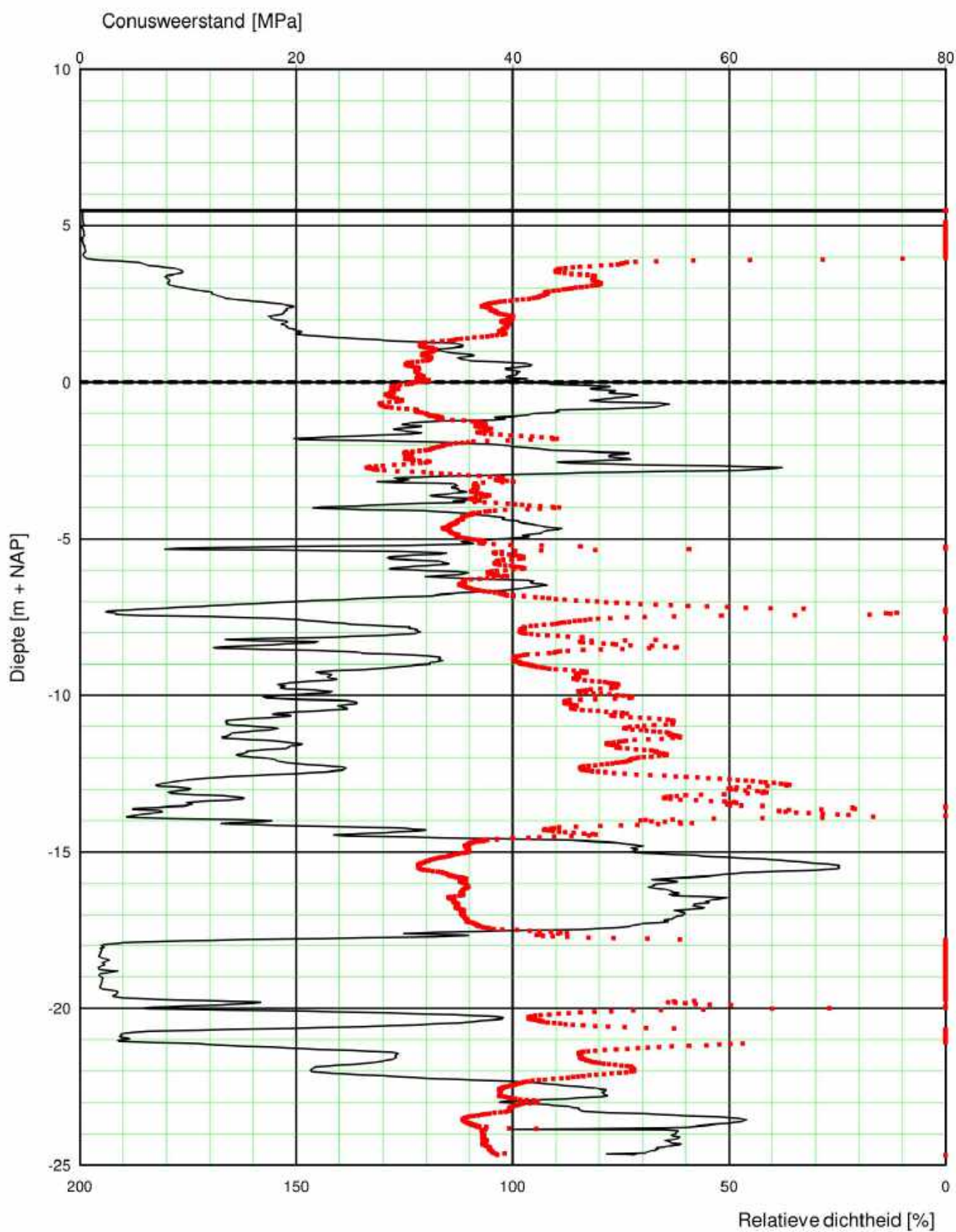


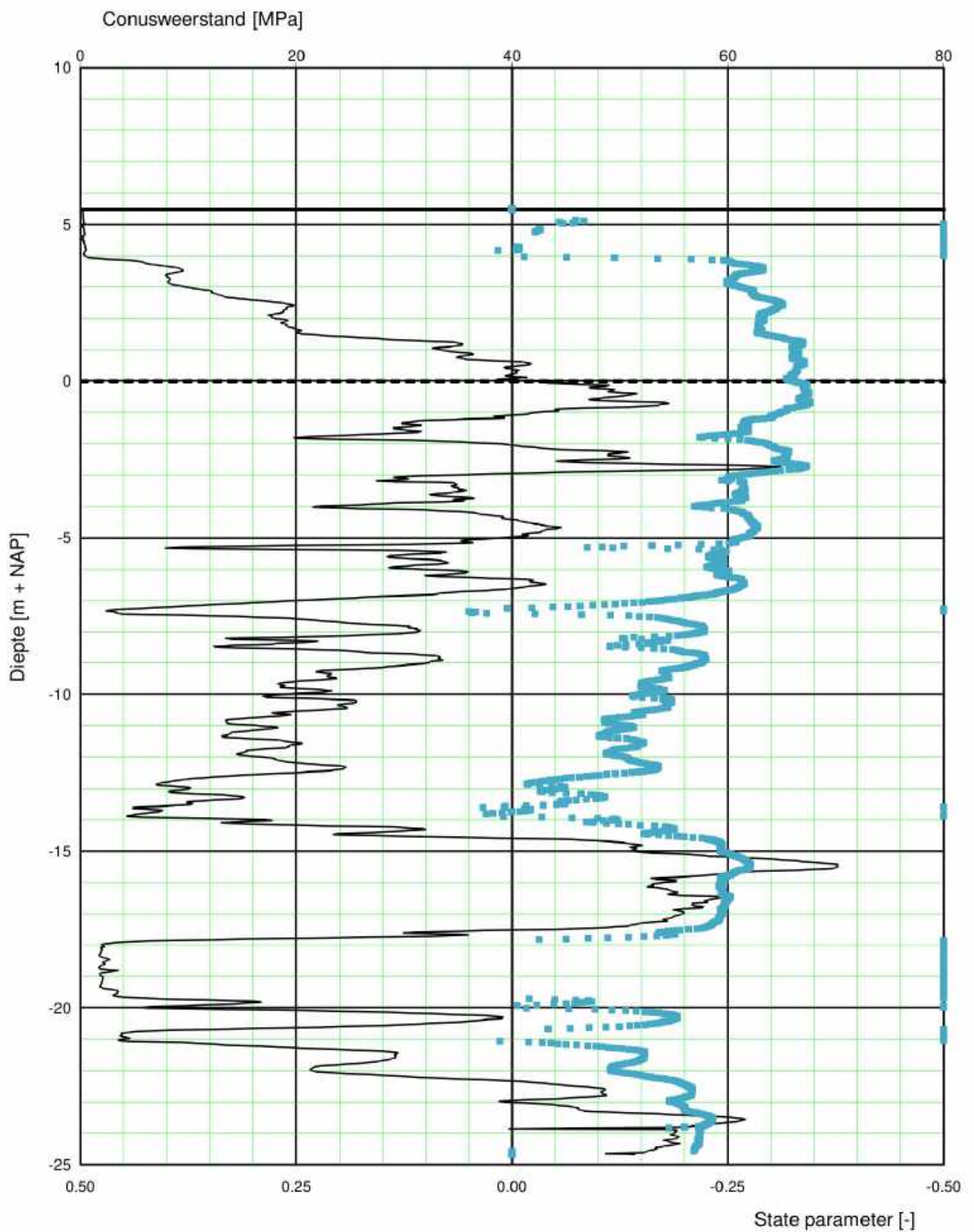




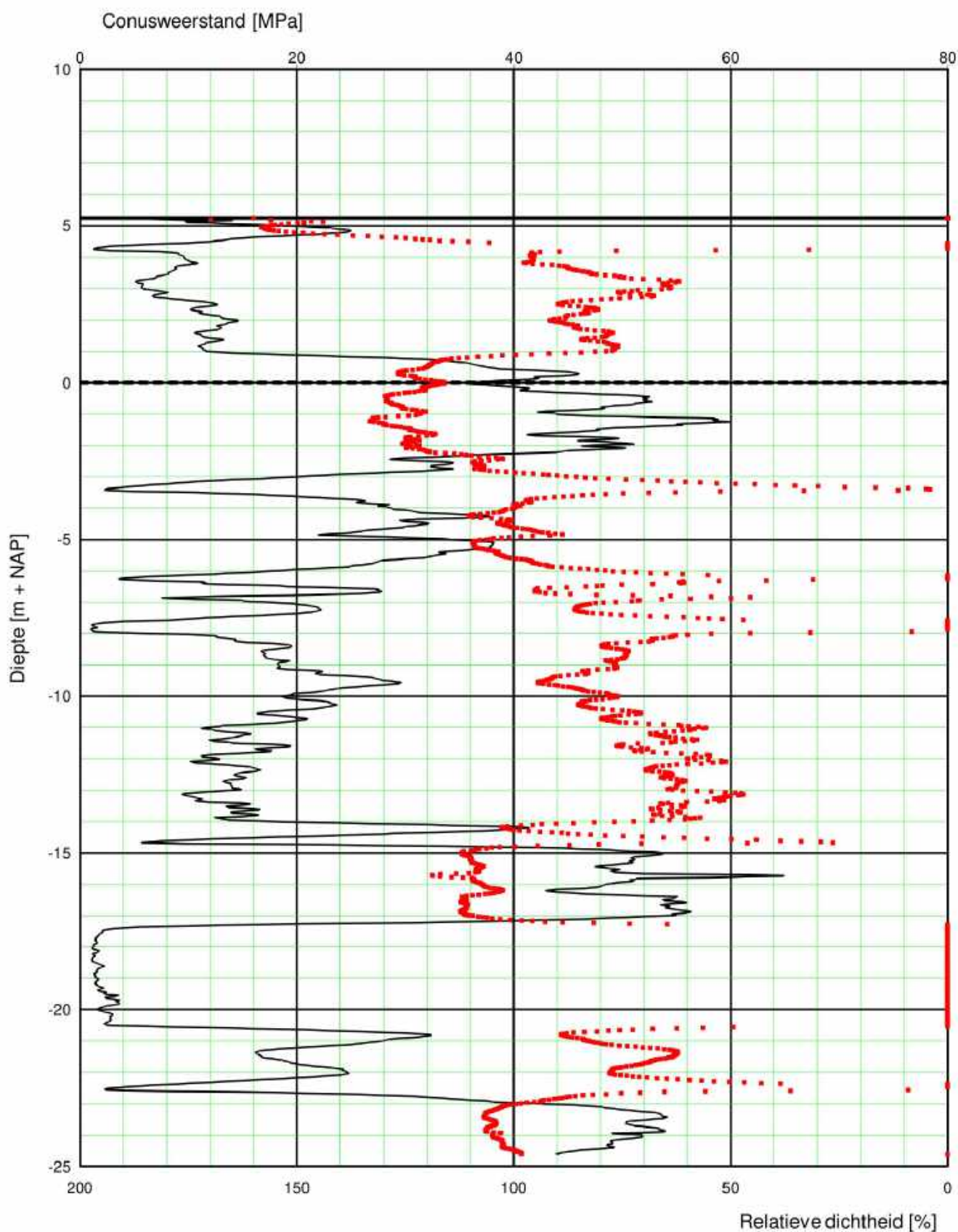


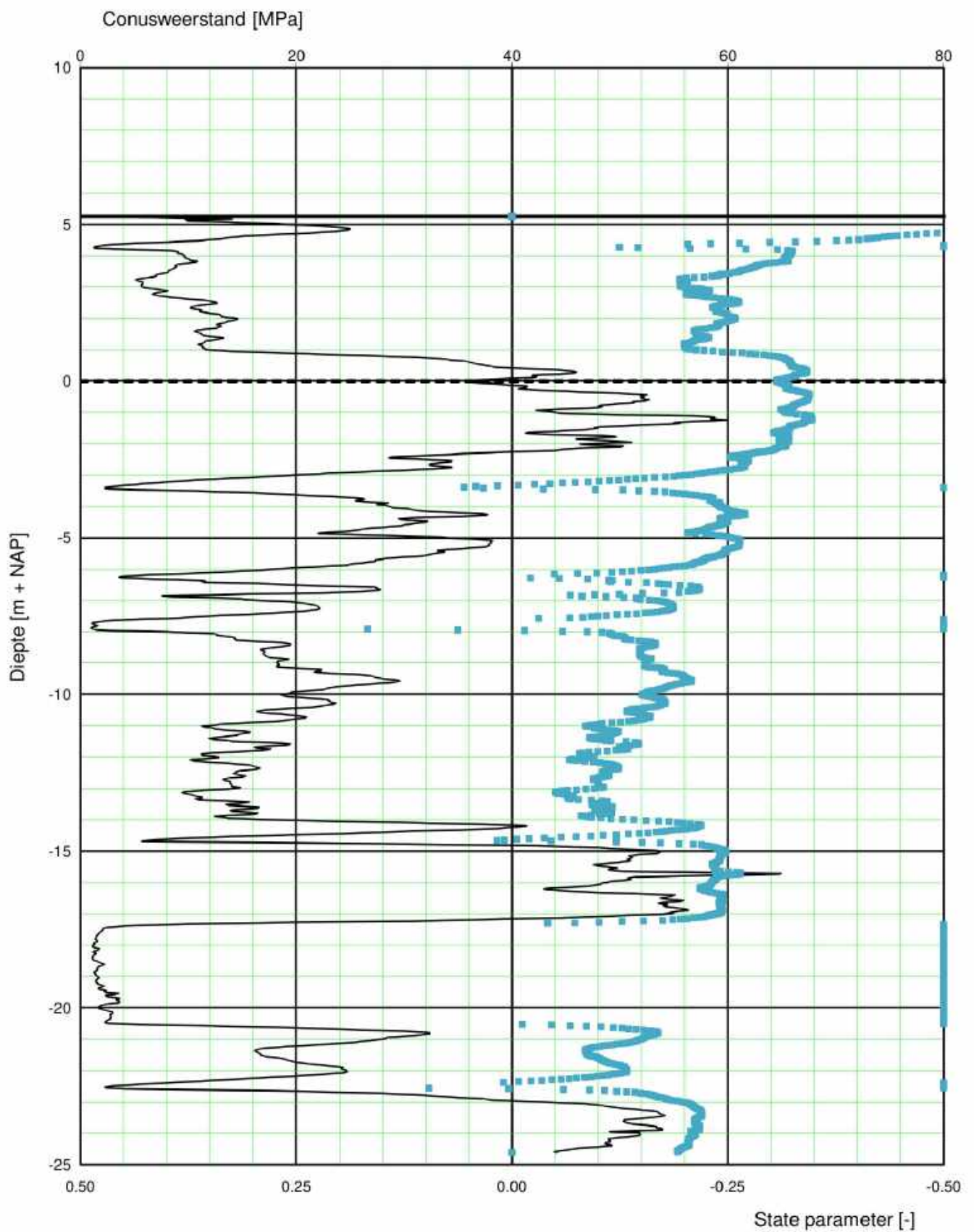
**C. RELATIEVE DICHTHEID SONDERINGEN**

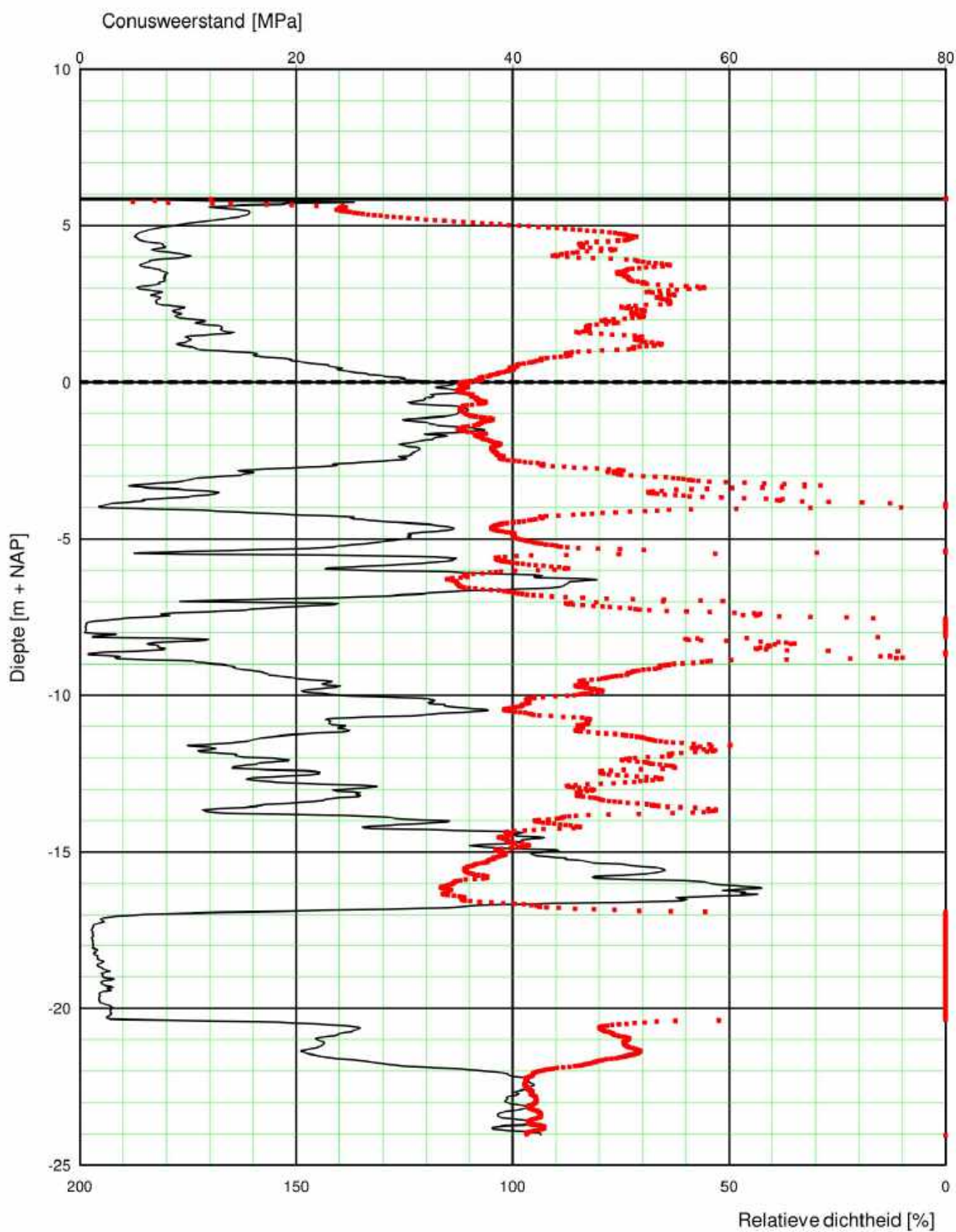




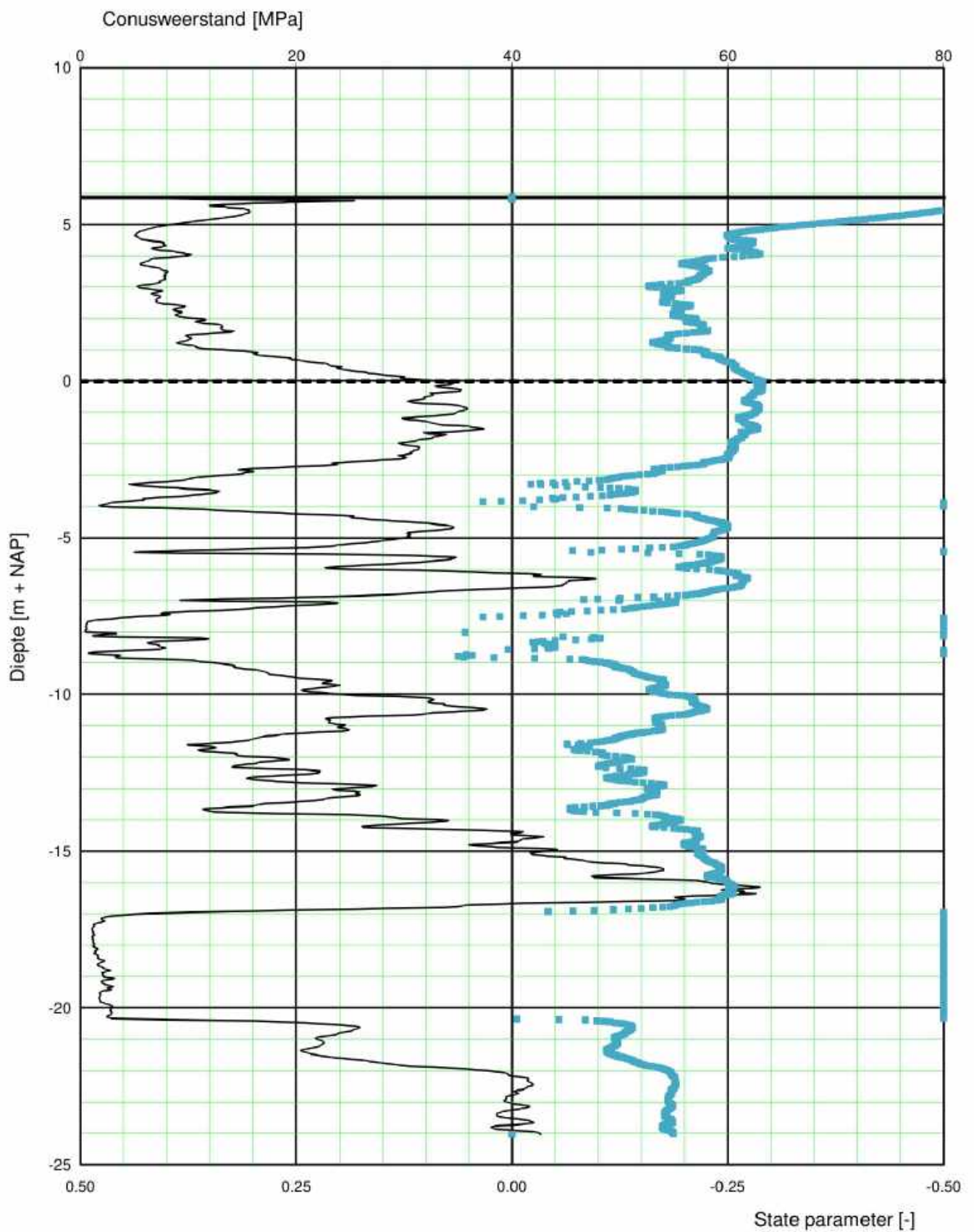


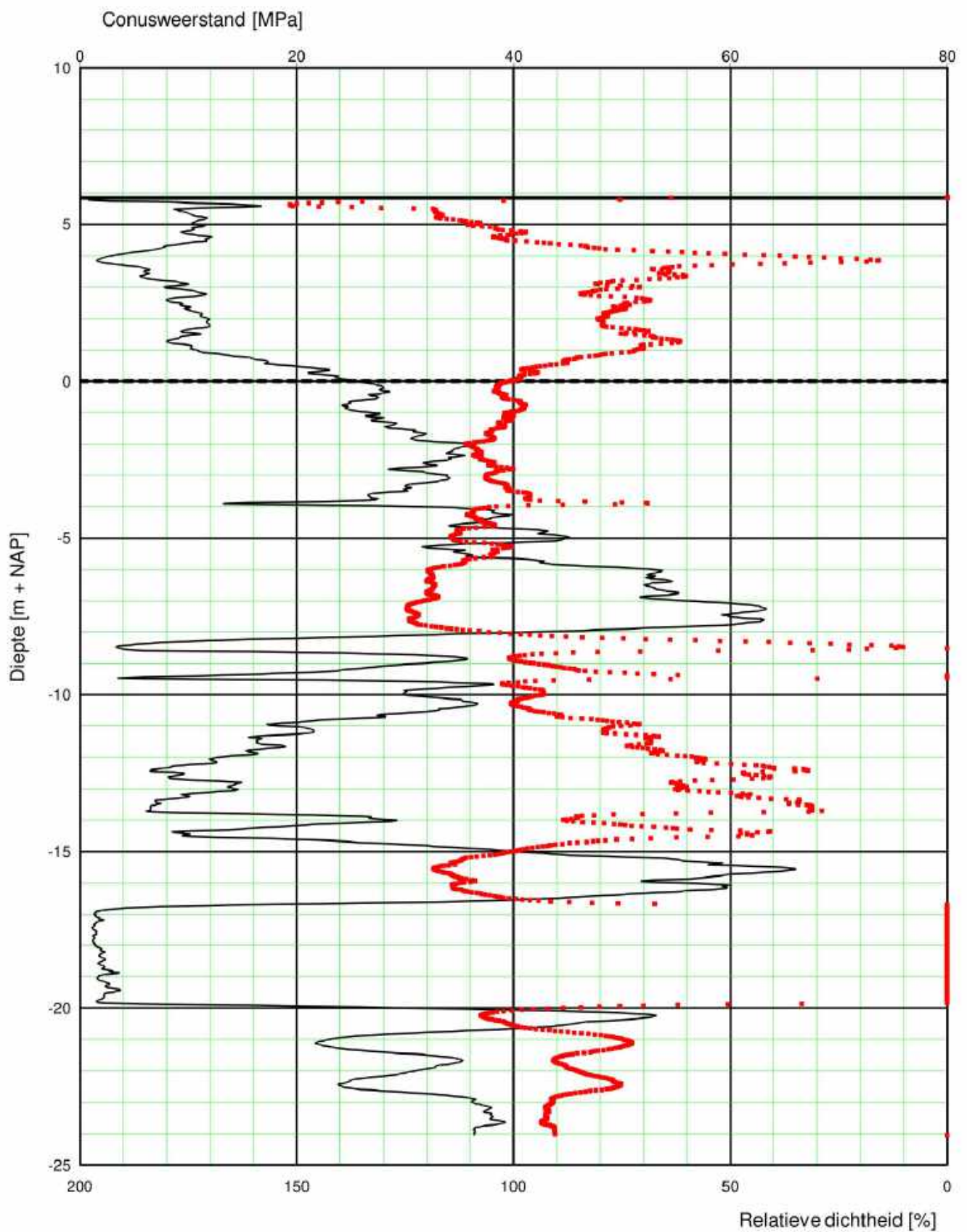


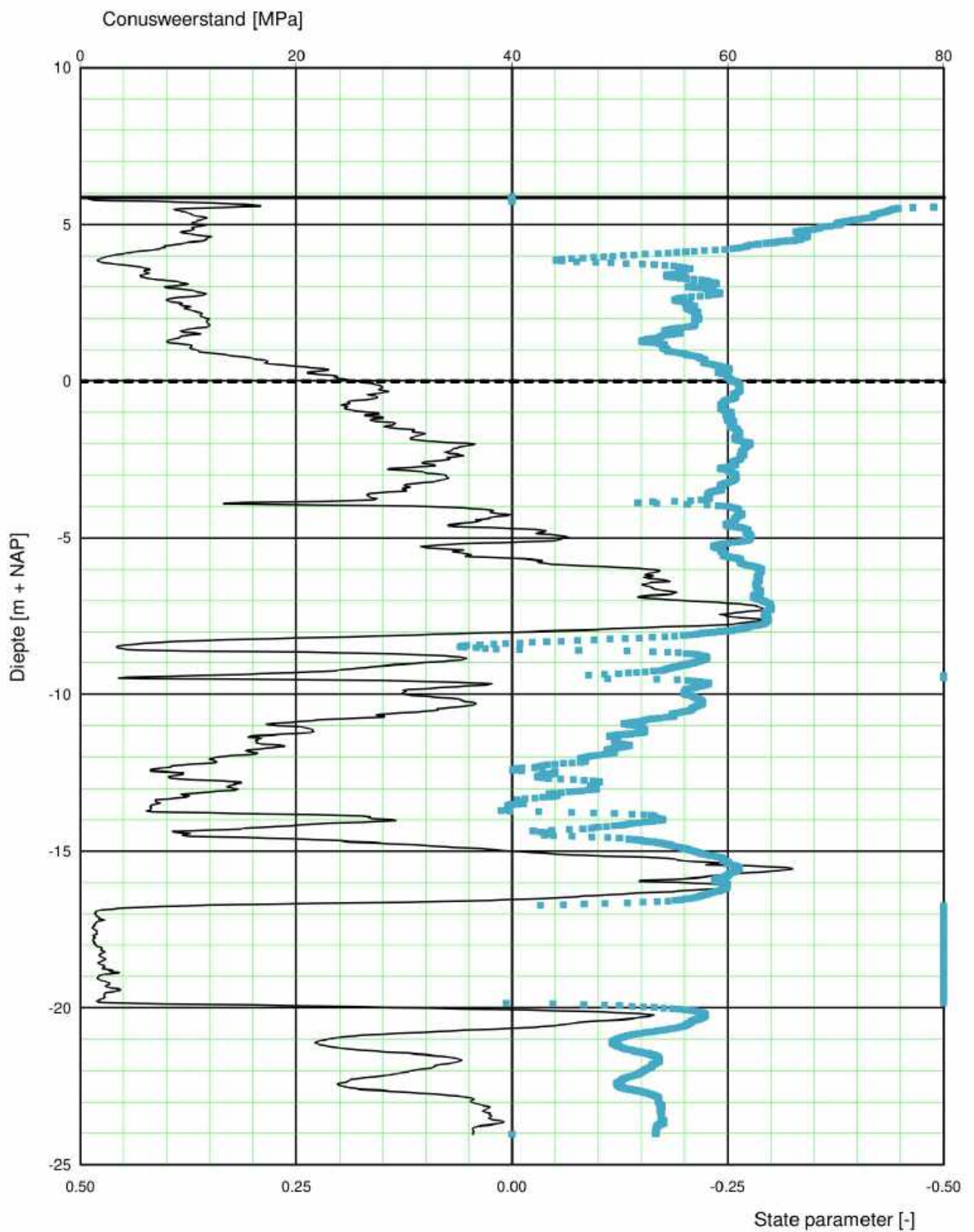




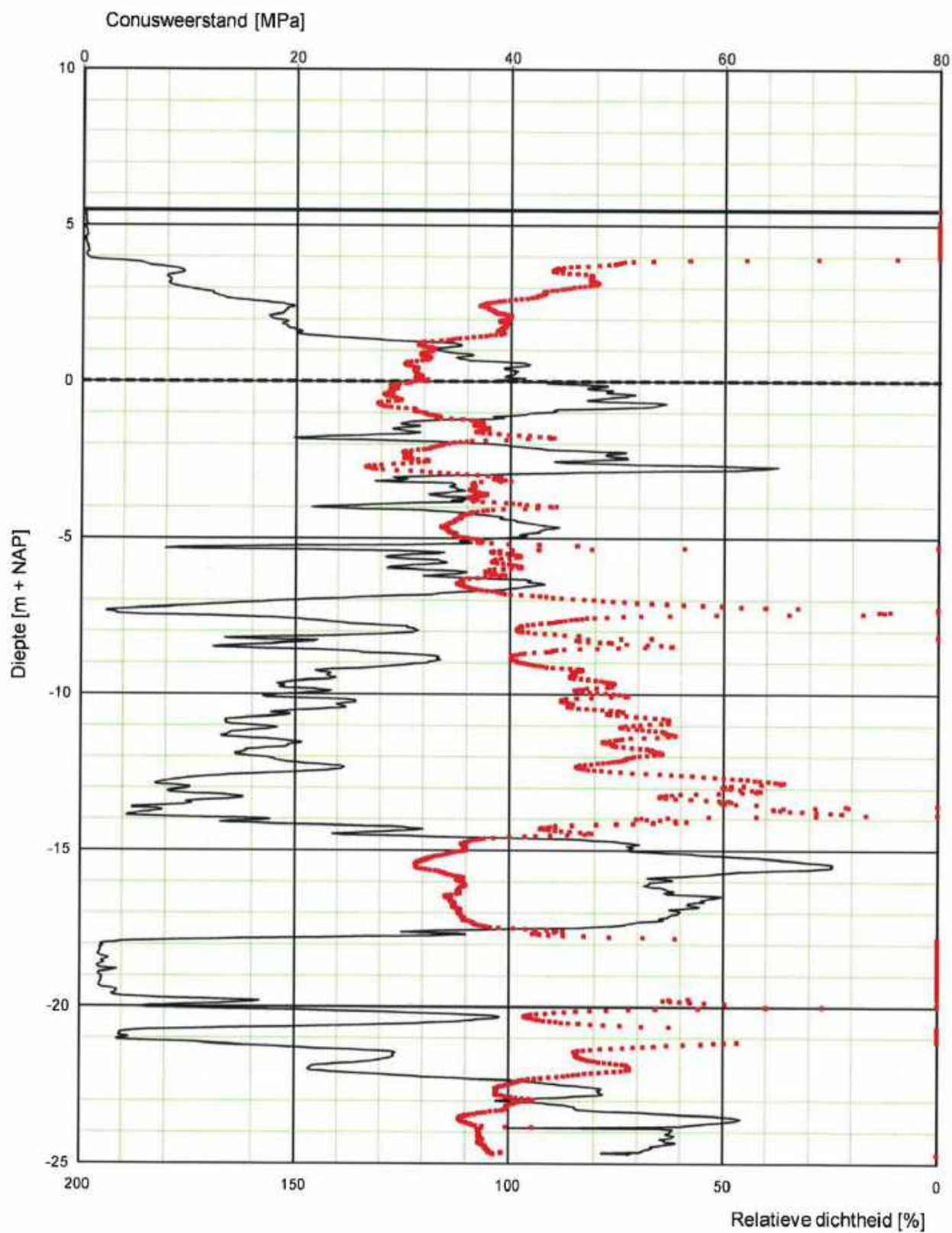


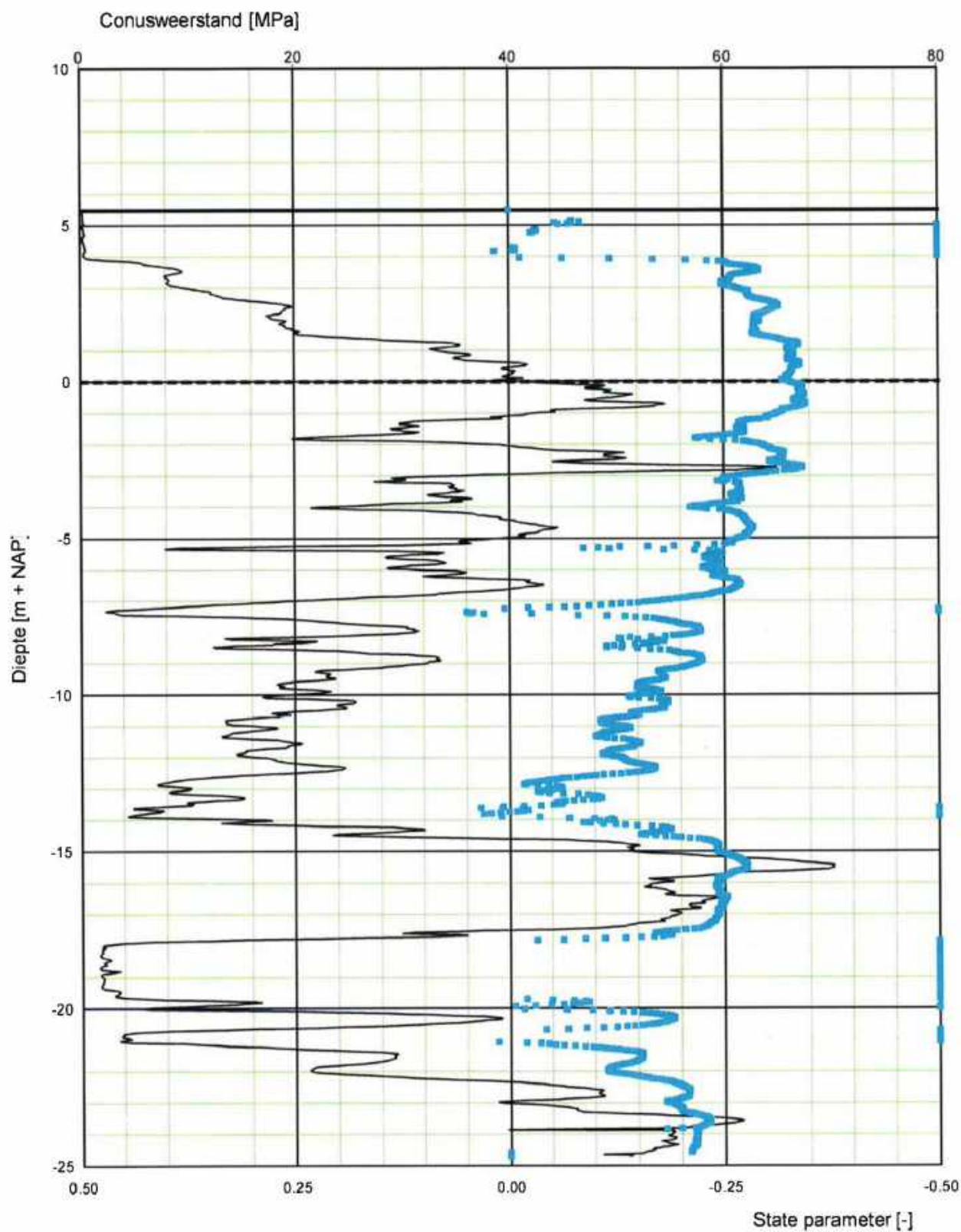


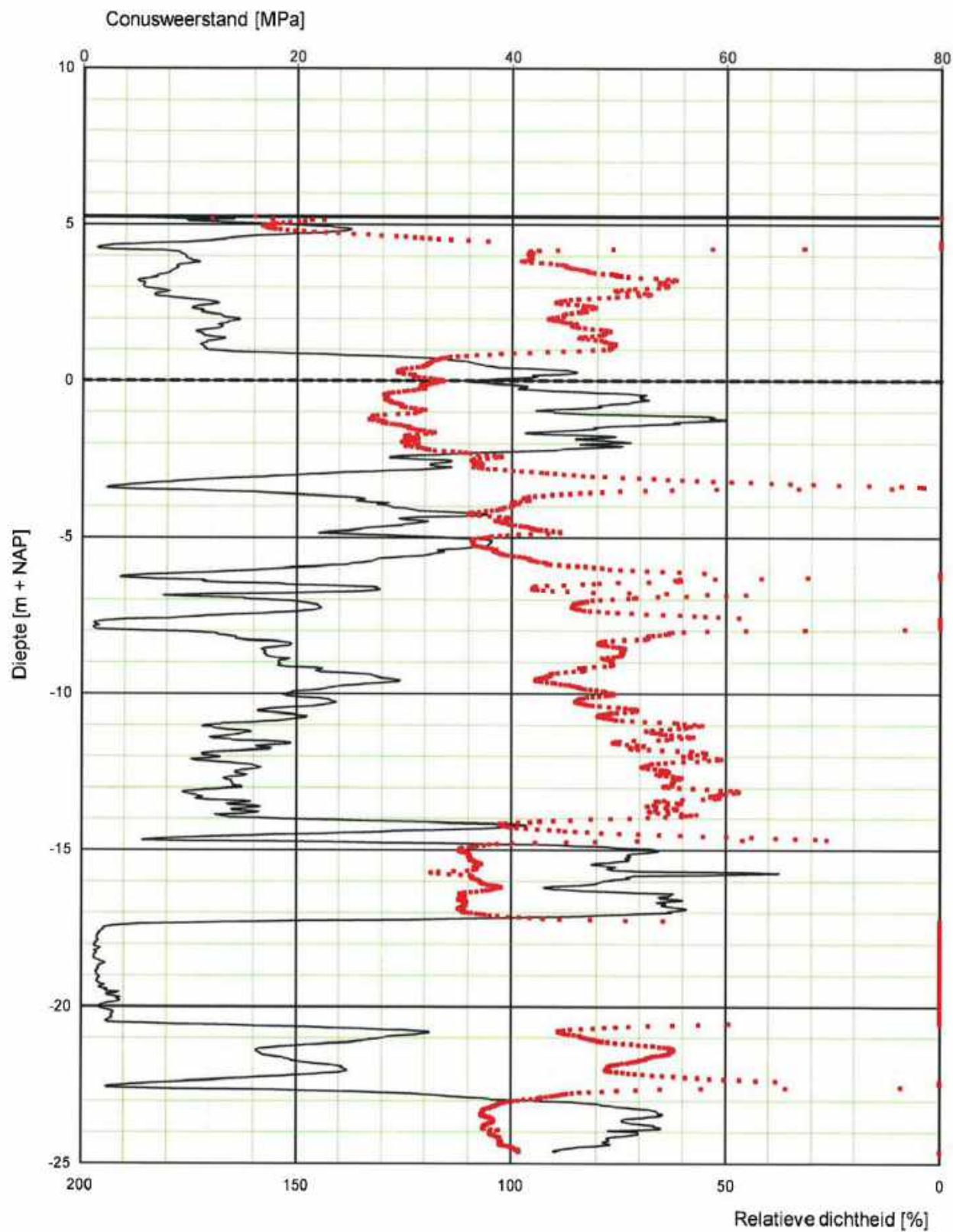




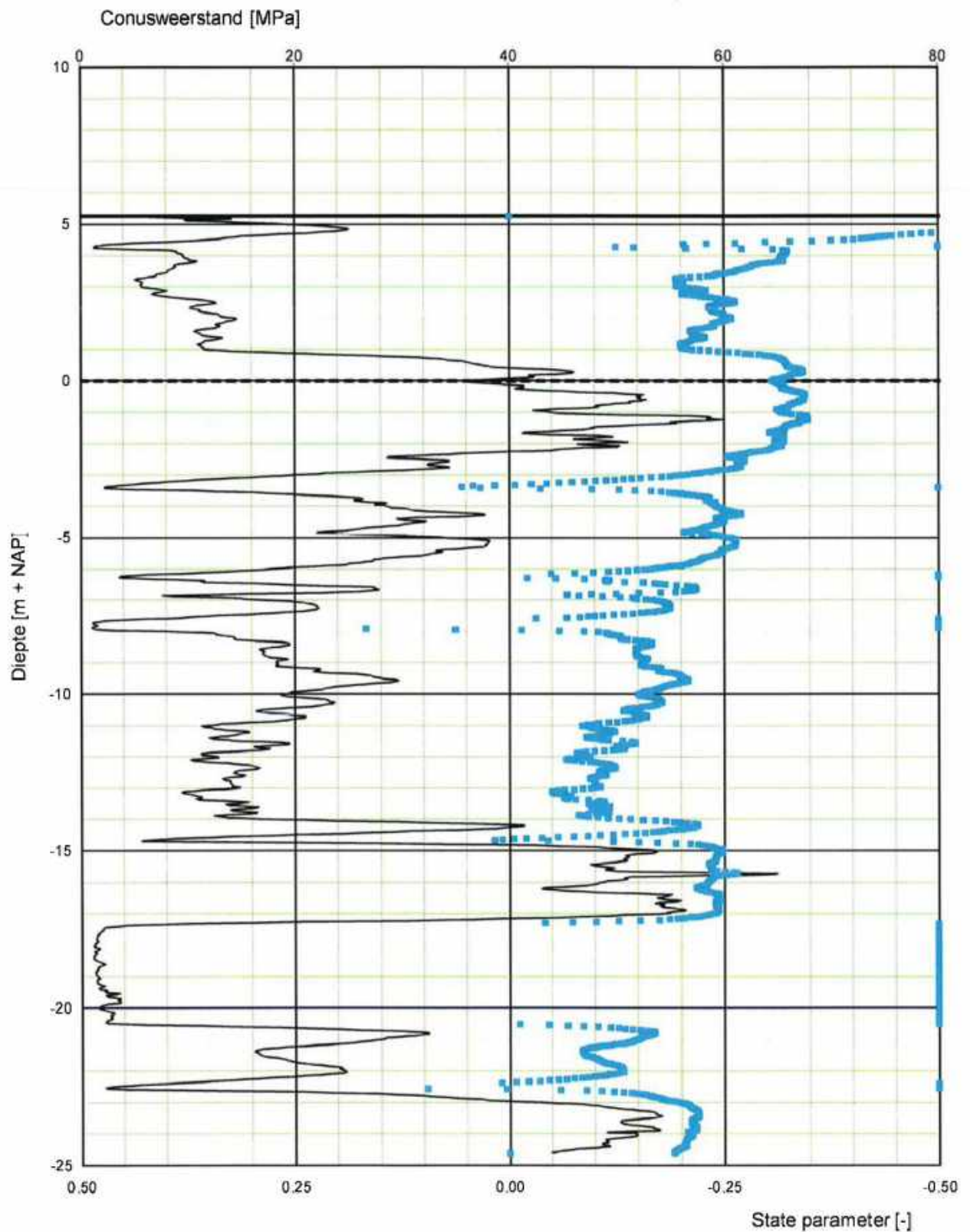


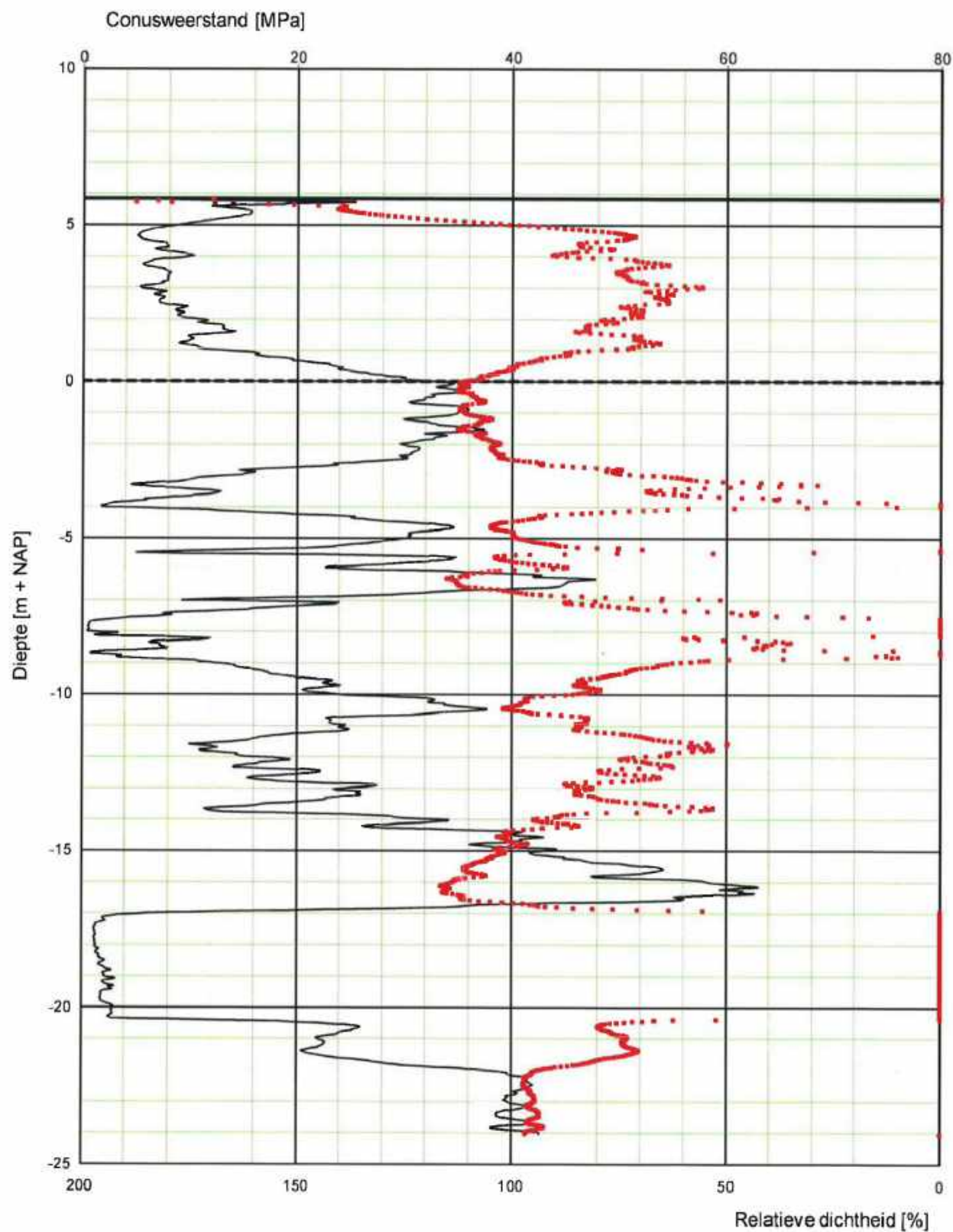


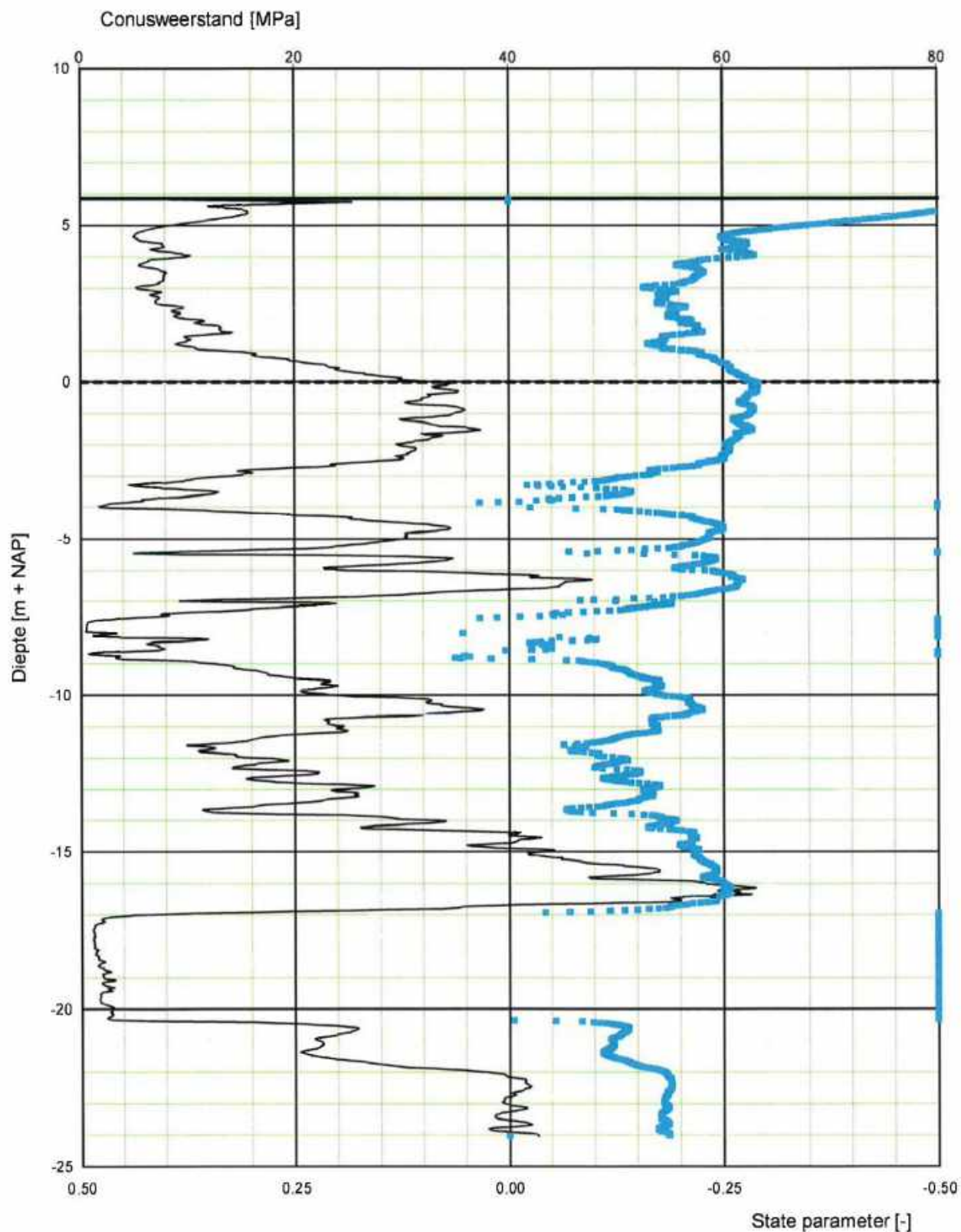




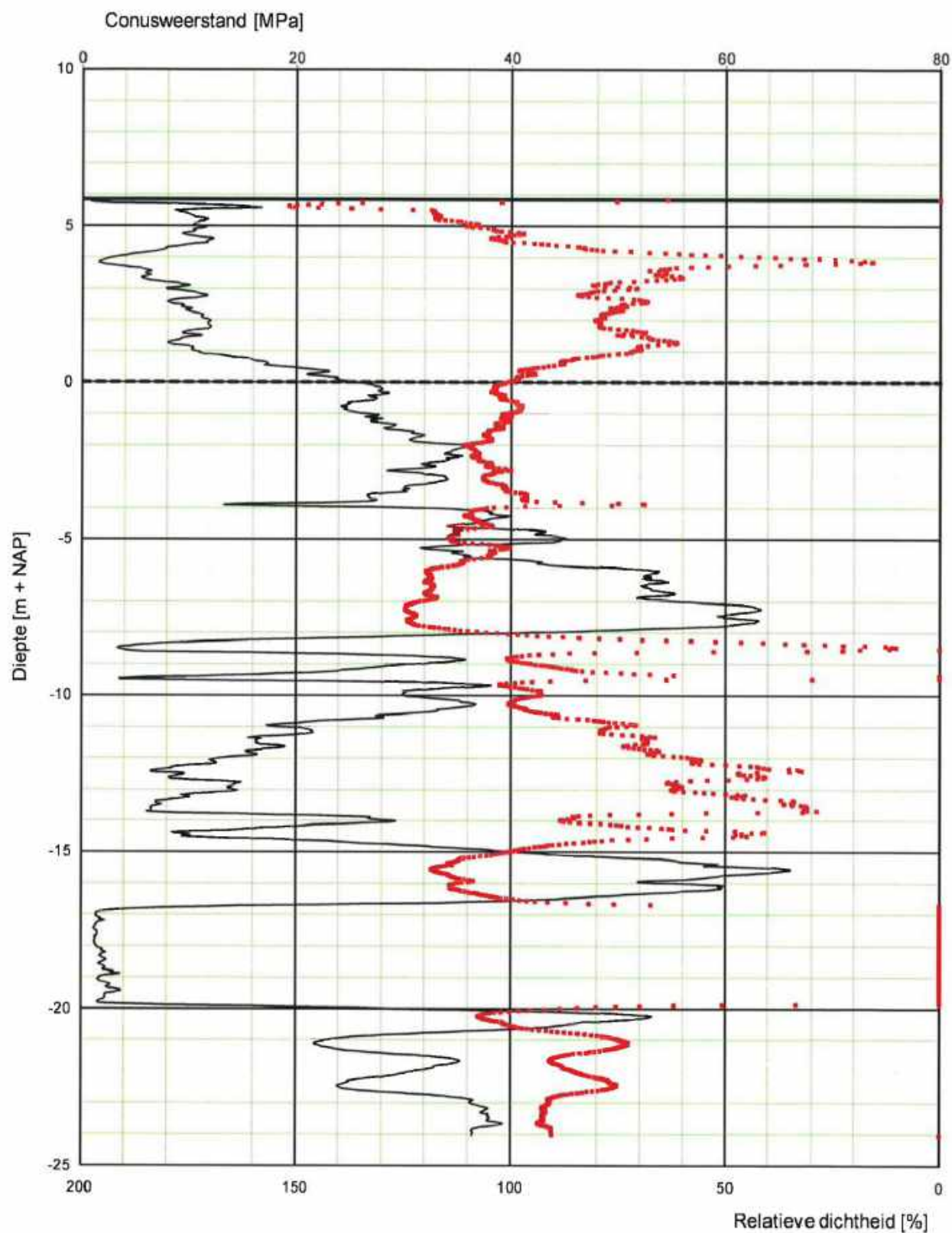


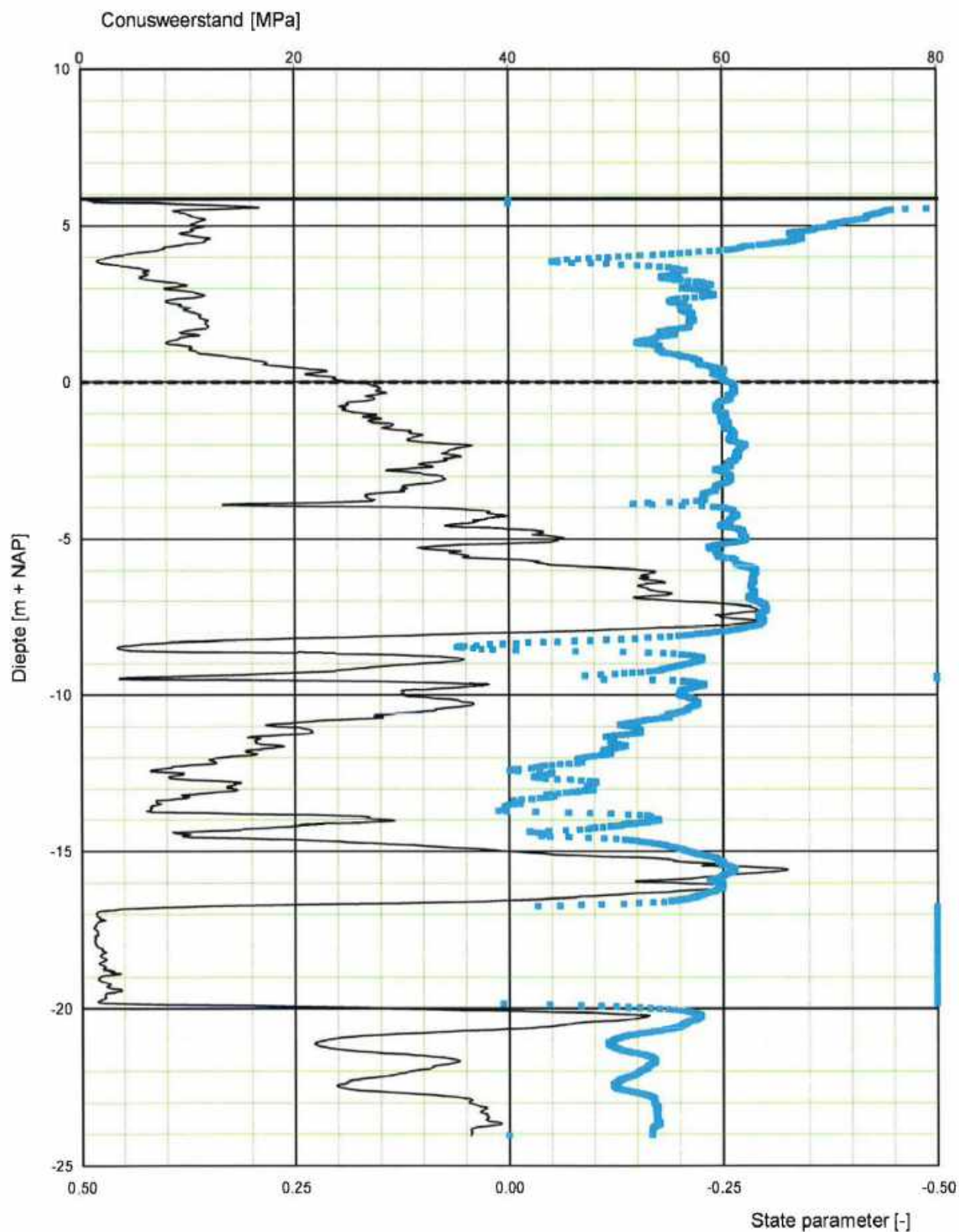












**D. INTERPRETATIE BORINGEN**



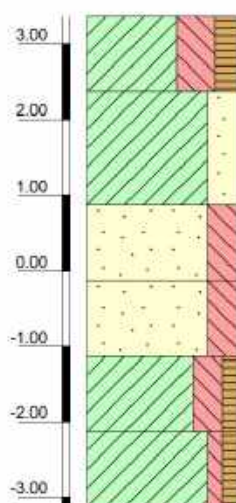
## Boring: B1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

## Classificatie

Pagina 1 van 1



Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]

3.36 tot 2.37 Klei, uiterst siltig, matig humeus bruin-grijs

2.37 tot 0.87 Klei, sterk zandig grijs

0.87 tot -0.13 Zand, zeer fijn, sterk siltig grijs

-0.13 tot -1.13 Zand, matig fijn, sterk siltig grijs

-1.13 tot -2.13 Klei, sterk siltig, zwak humeus, donker grijs

-2.13 tot -3.14 Klei, zwak siltig, zwak humeus, slib, donker grijs

Algemene opmerking:

X: 100013.0

Y: 498482.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 3.36

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2A

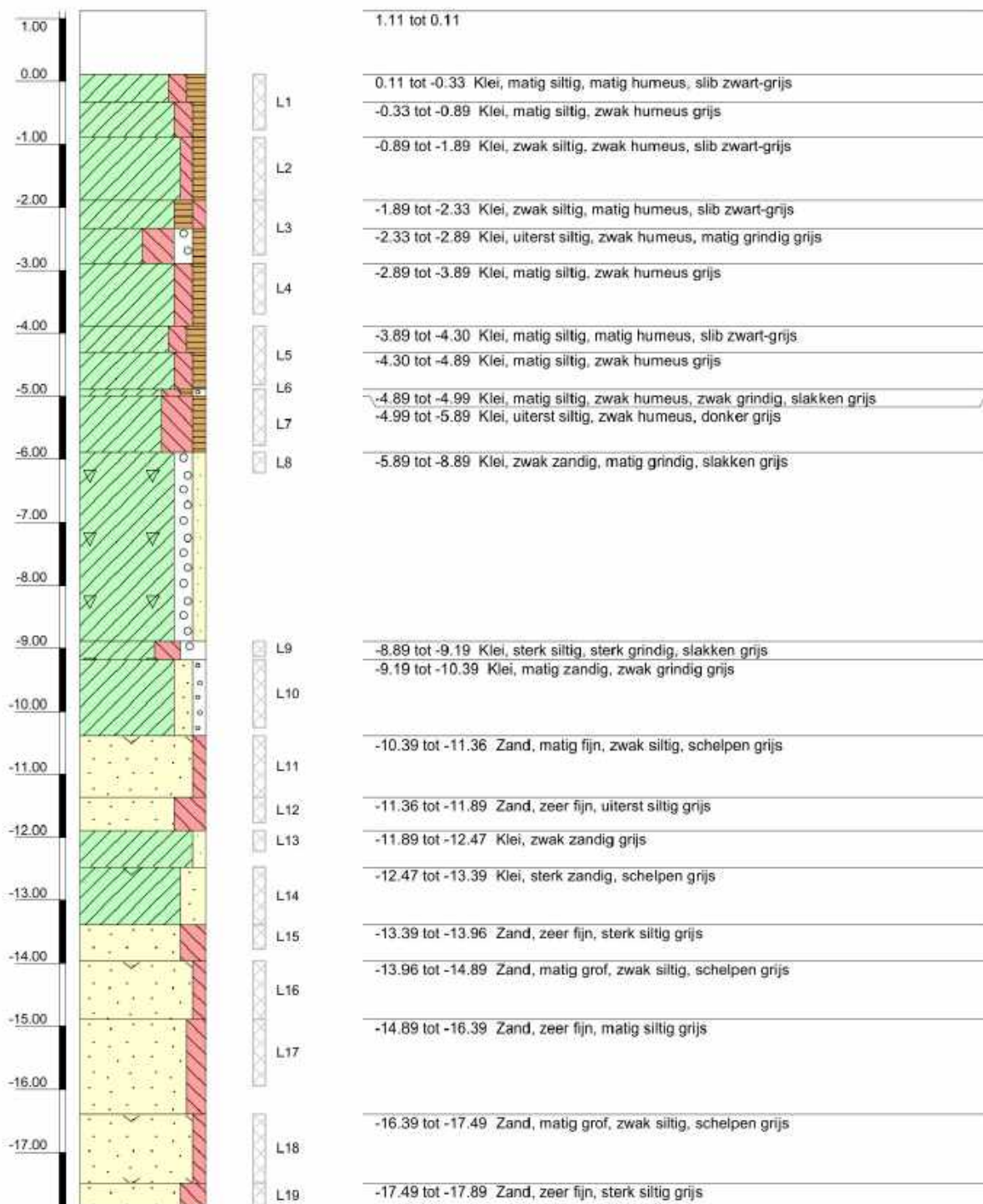
## Classificatie

Pagina 1 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99999.8

Y: 498335.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.11

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 30-04-2019

Geclassificeerd door: rbo

## Boring: B2A

## Classificatie

Pagina 2 van 2

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]

-18.00		L20	-17.89 tot -18.72 Zand, zeer fijn, sterk siltig, schelpen grijs
-19.00		L21	-18.72 tot -19.43 Klei, sterk siltig grijs
-20.00		L22	-19.43 tot -19.95 Veen, zwak kleilig bruin
-21.00		L23	-19.95 tot -20.47 Zand, zeer fijn, matig siltig grijs
		L24	-20.47 tot -20.89 Zand, matig fijn, matig siltig grijs
			-20.89 tot -21.18 Zand, uiterst fijn, sterk siltig, matig humeus bruin-grijs
			-21.18 tot -21.47 Zand, uiterst fijn, sterk siltig, zwak humeus grijs

Algemene opmerking:

X: 99999.8

Y: 498335.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.11

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 30-04-2019

Geclassificeerd door: rbo

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



## Boring: B2B

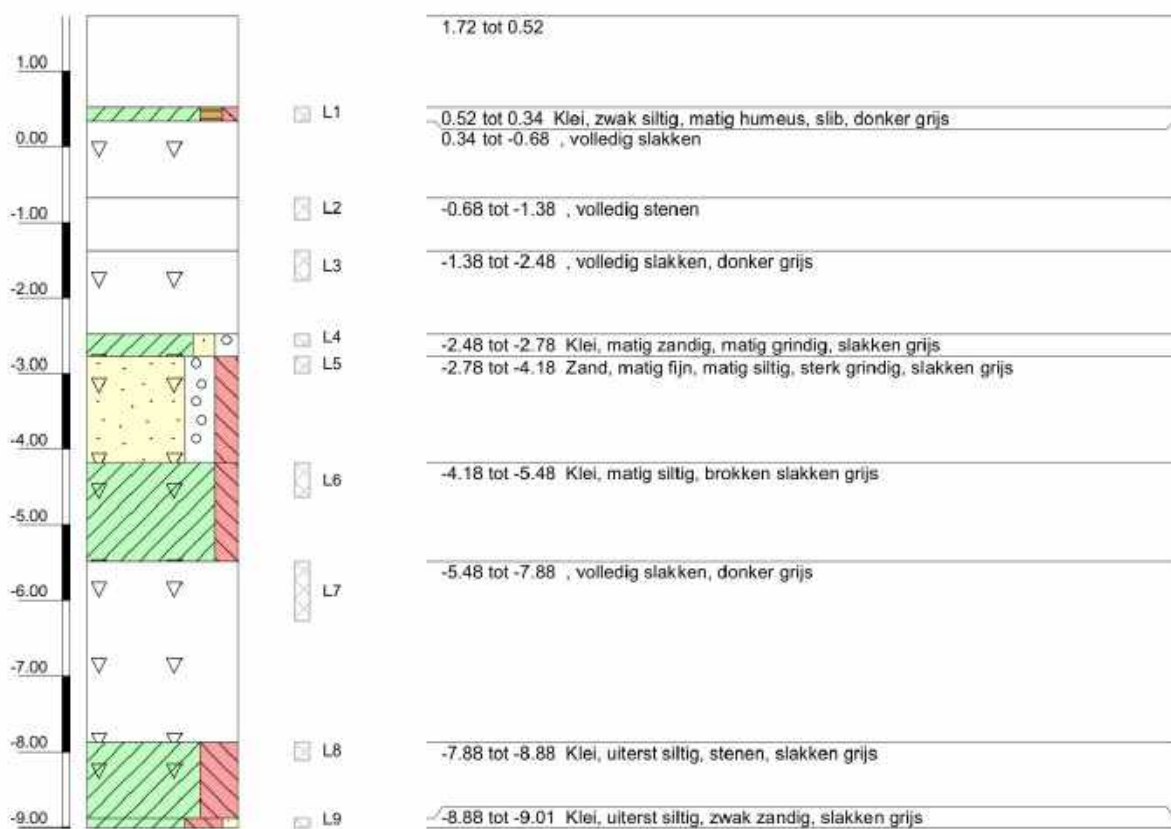
## Classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99997.4

Y: 498325.3

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.72

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2C

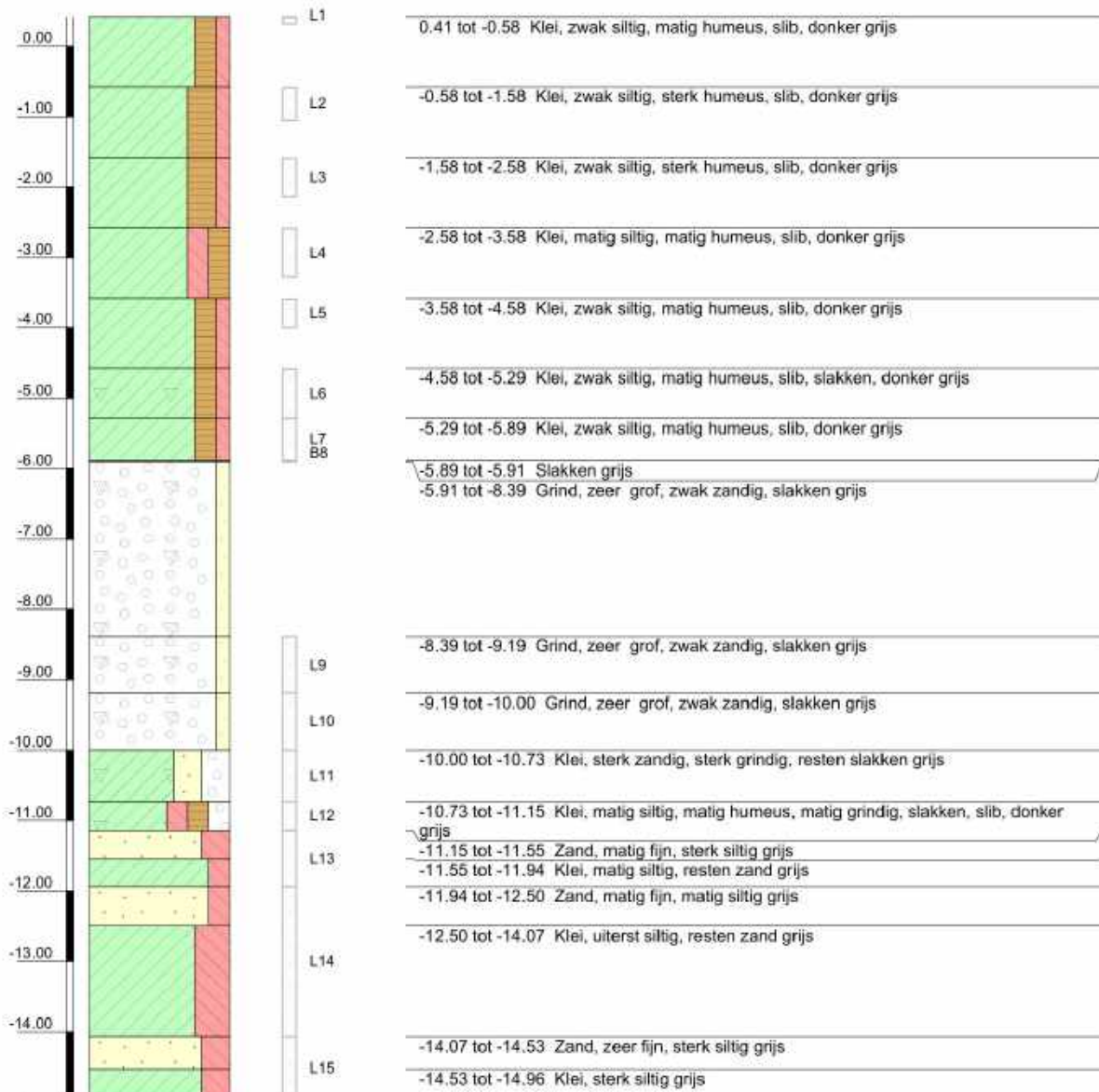
## Classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99840.1

Y: 498299.2

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.41

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 09-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B2D

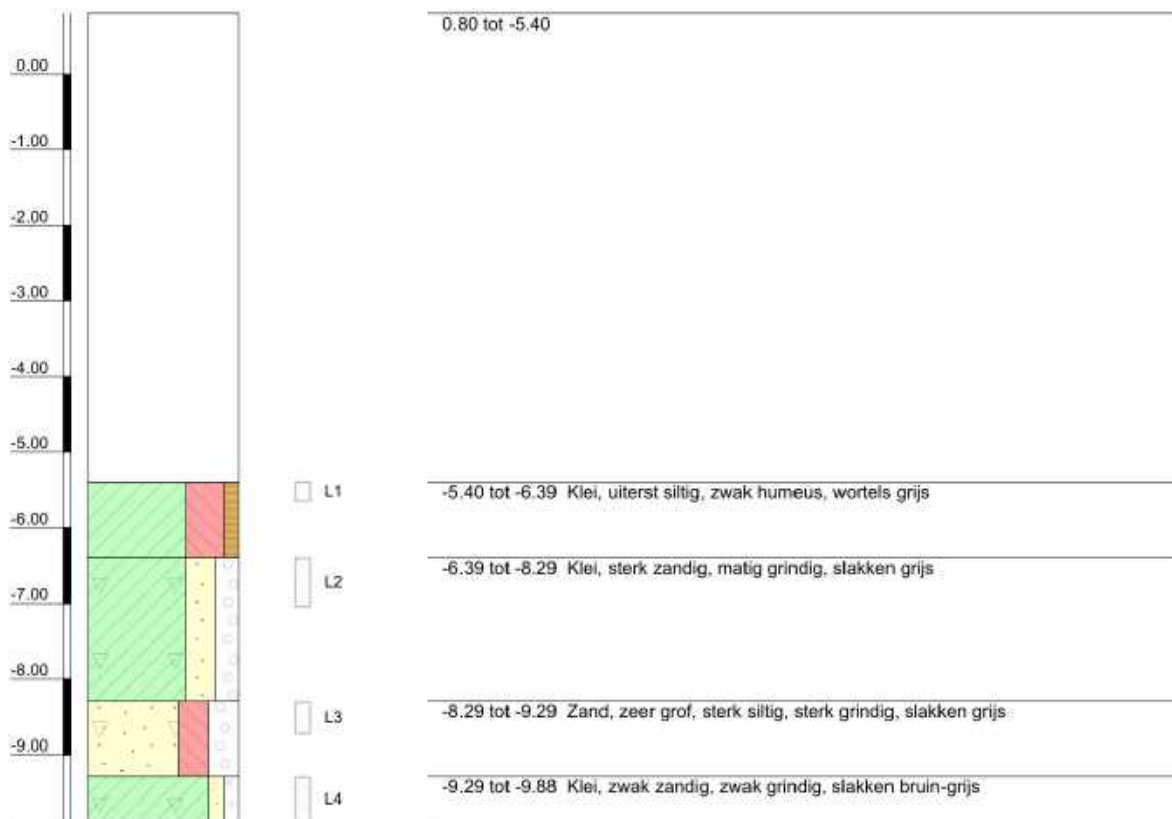
## Classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99842.6

Y: 498292.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.80

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 12-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**



## Boring: B2E

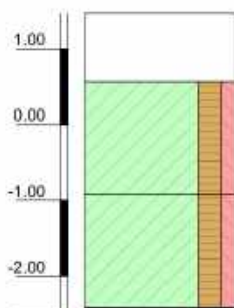
## Classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



L1

L2

B3

1.47 tot 0.57

0.57 tot -0.92 Klei, zwak siltig, matig humeus, slib, donker grijs

-0.92 tot -2.42 Klei, zwak siltig, matig humeus, slib, donker grijs

-2.42 tot -2.51 Slakken grijs

Algemene opmerking:

X: 99845.2

Y: 498283.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.47

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 25-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B3Ba

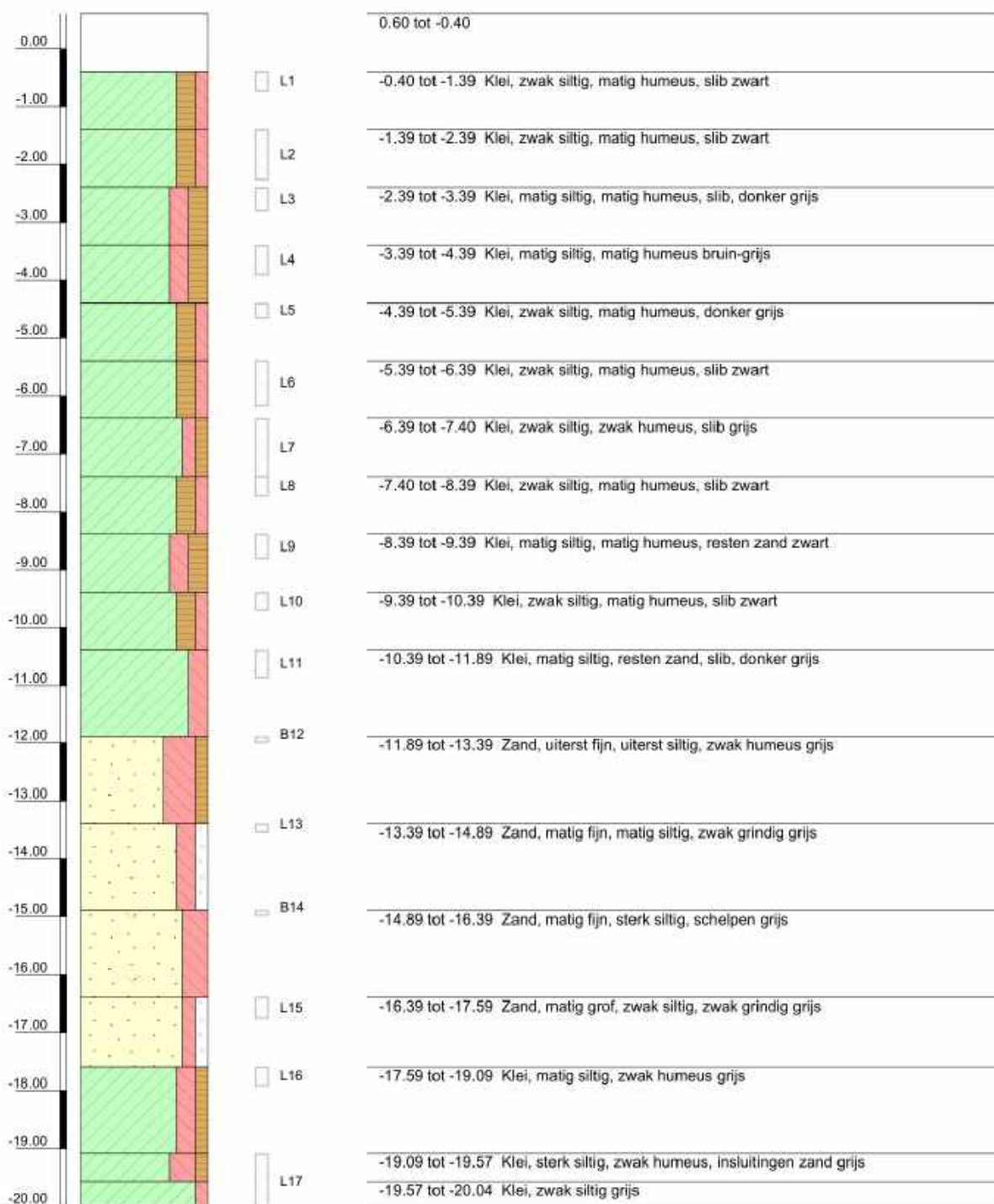
## Classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 99903.4

Y: 498426.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.60

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 15-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 26-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

**1218-0096-231**

## Boring: B3Bb

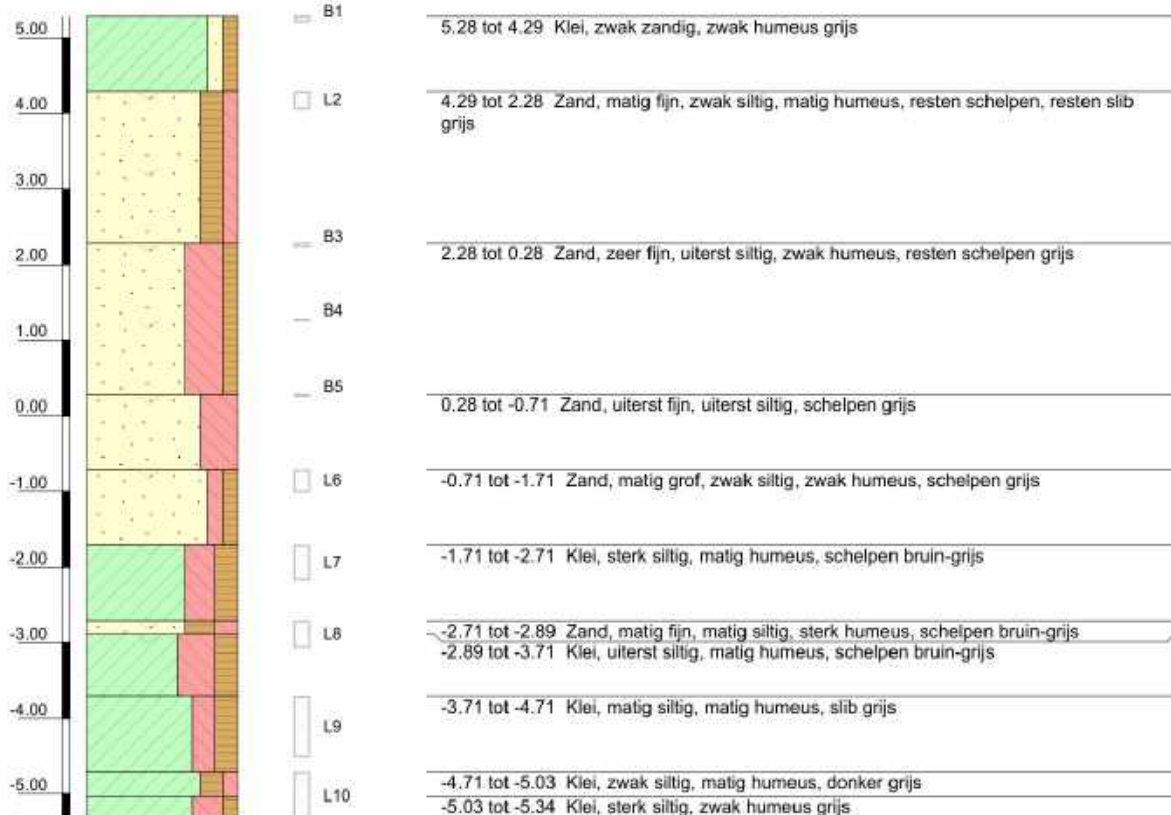
## Classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]



Algemene opmerking:

X: 100011.9

Y: 498539.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 5.28

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 16-04-2019

Boormeester: hwr

Datum laboratorium classificatie: 26-04-2019

Geclassificeerd door: mlb

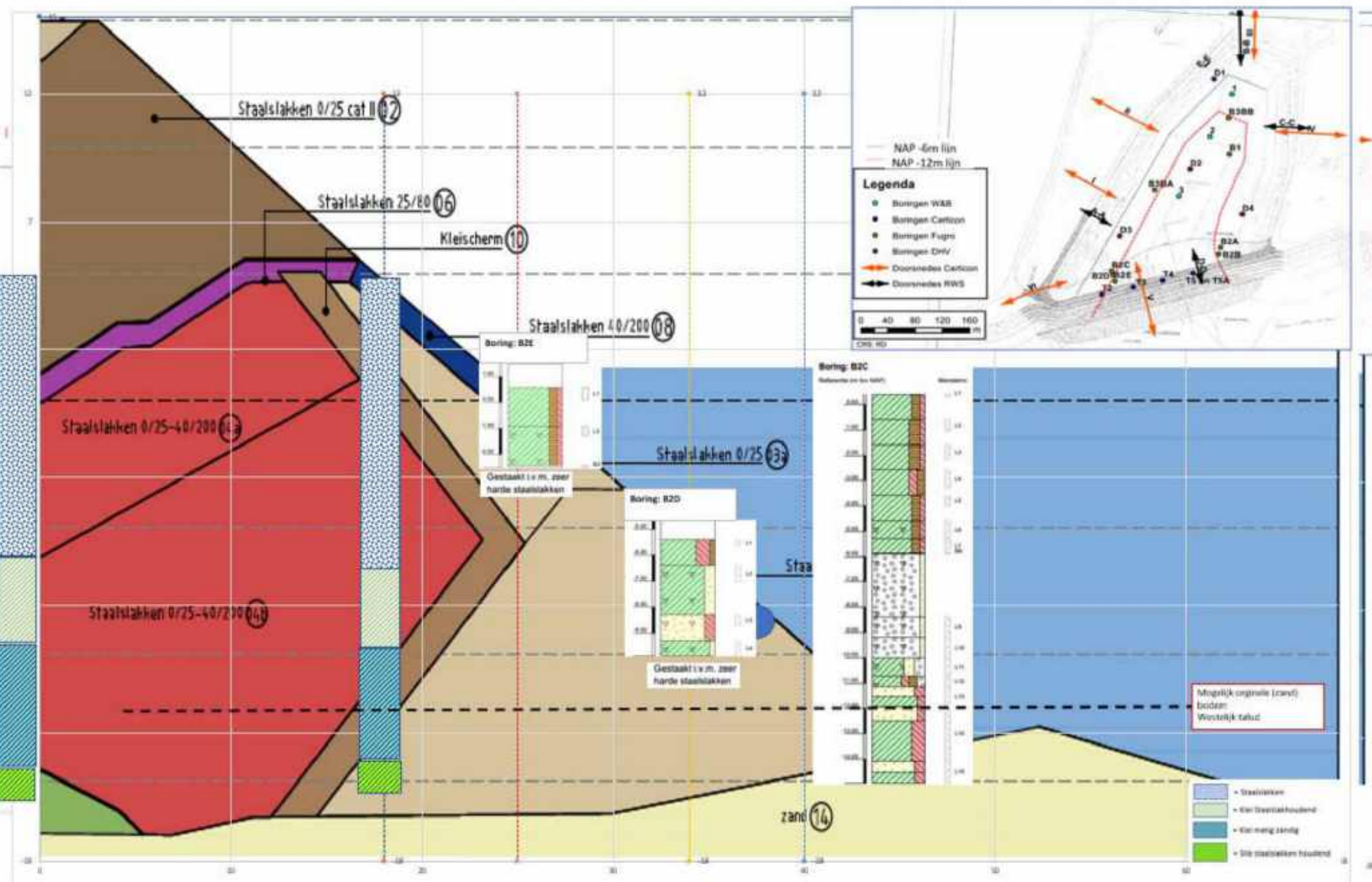
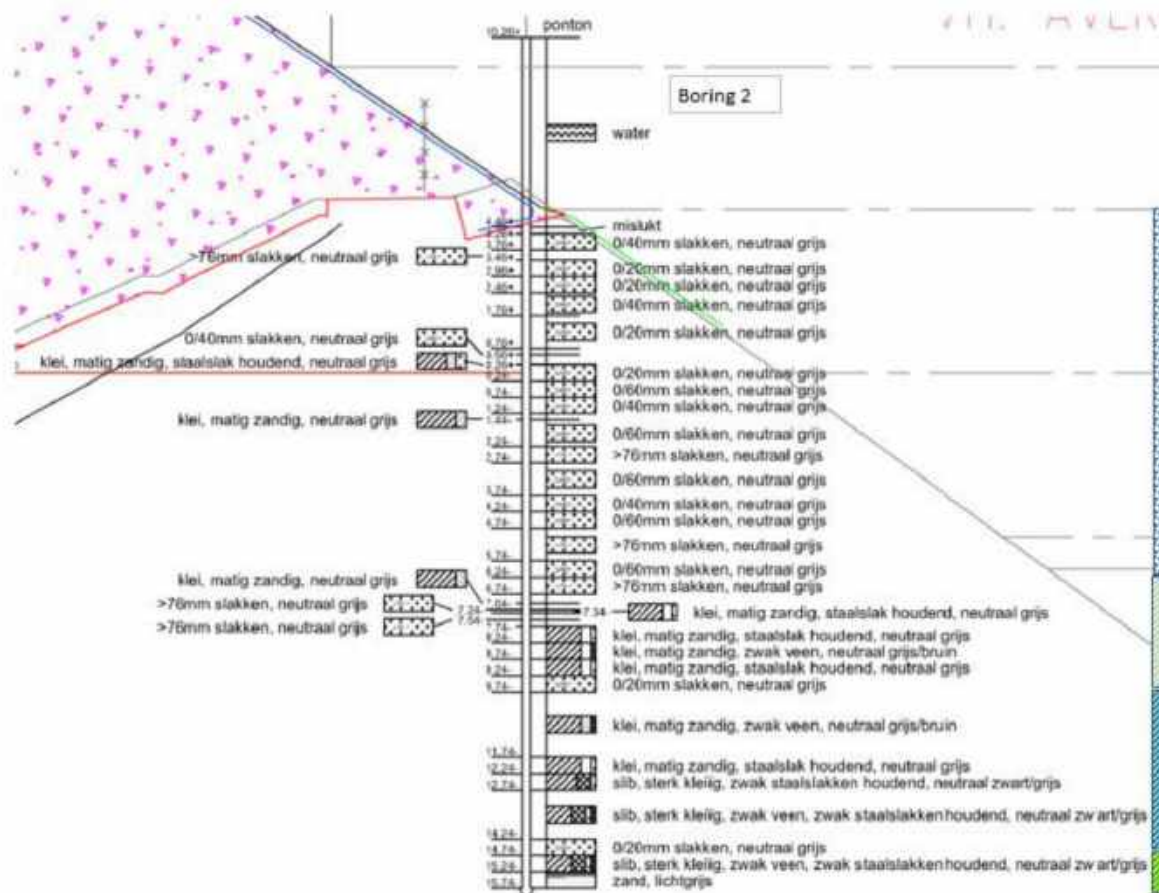
**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Geotechnisch (vervolg)onderzoek Averijhavendepot

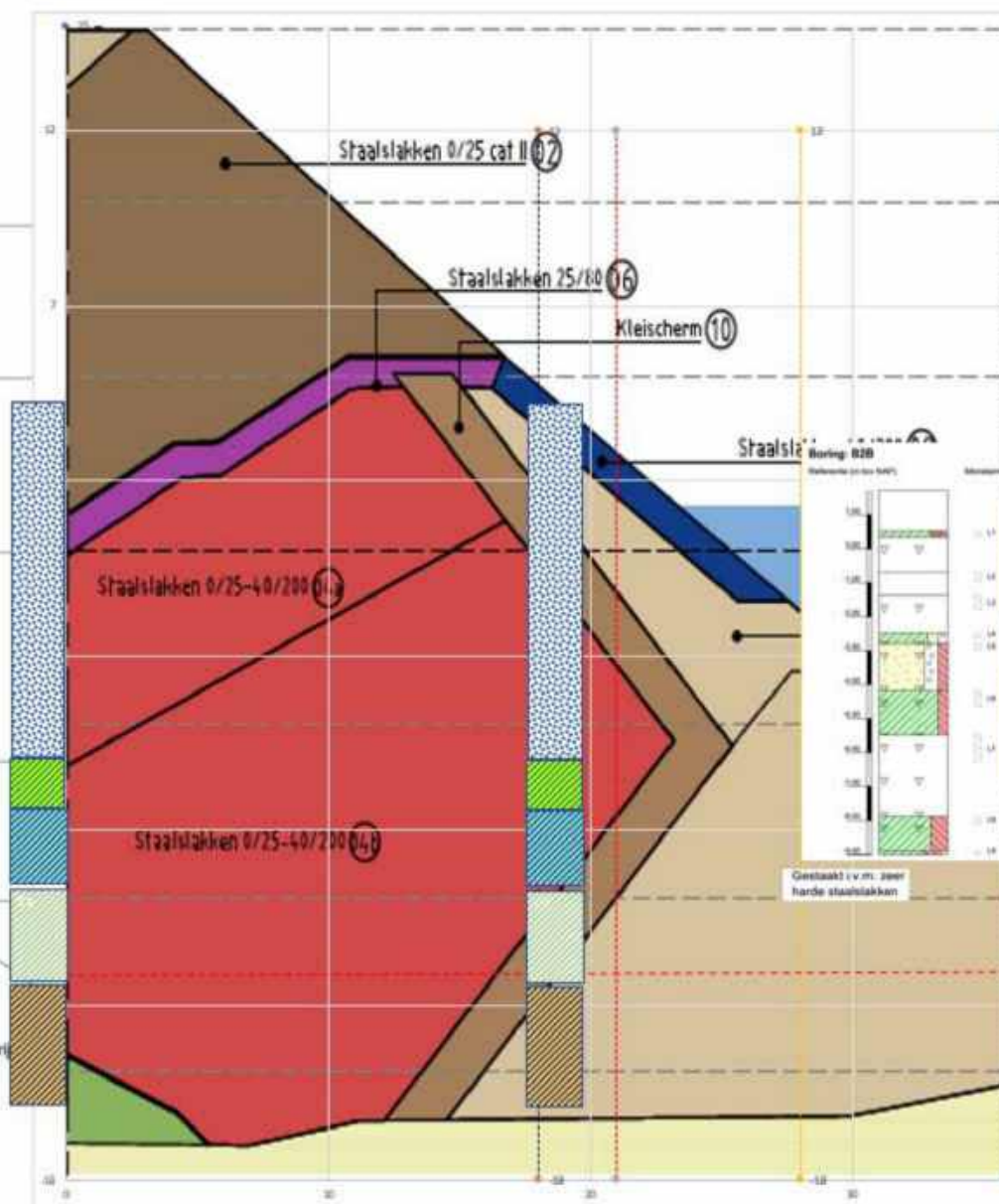
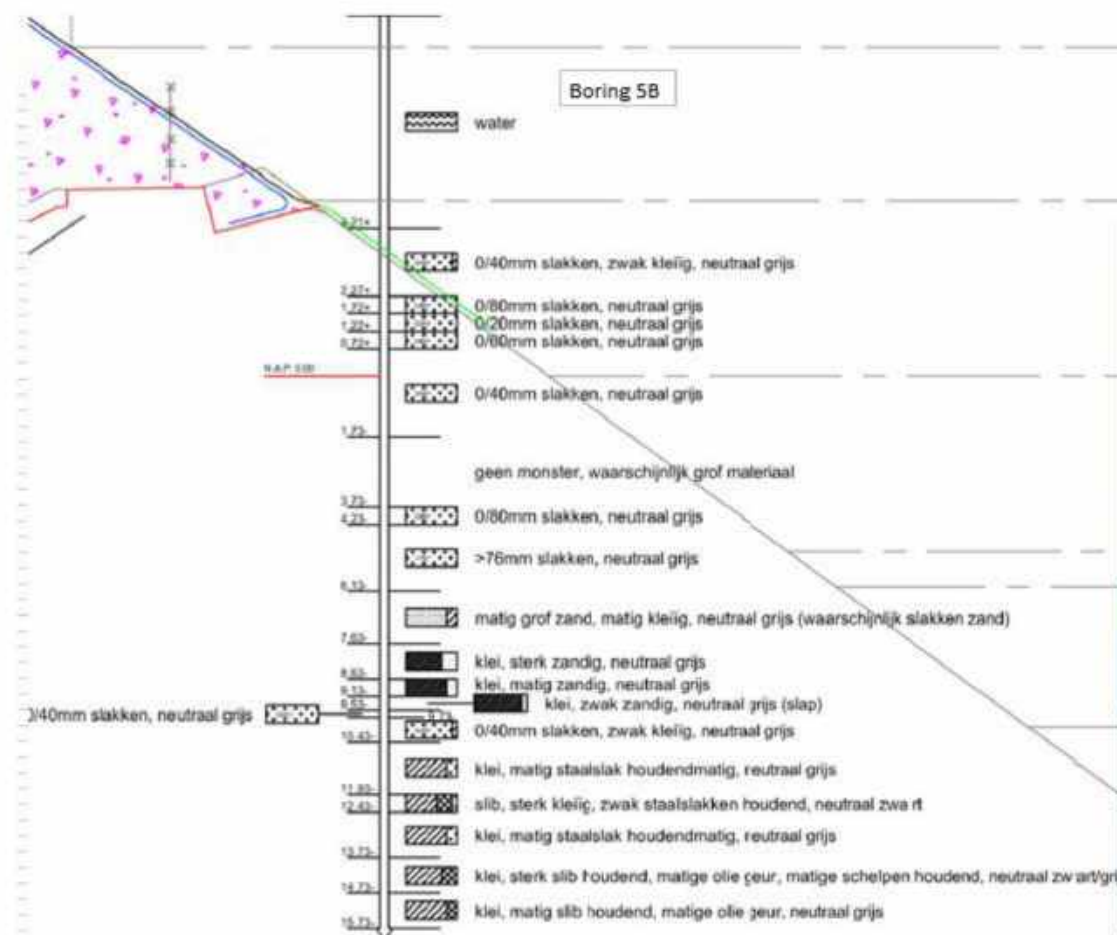
**1218-0096-231**



**E. INTERPRETATIE BINNENTEEEN ZUIDELIJKE DAM**







### Legenda

- Boringen V&B
- Boringen Carboon
- Boringen Fugro
- Boringen DHR
- Doornedse Carboon
- Doornedse RWS

0 40 80 120 160 m

### Classificatie

Bodemclassificatie volgens NEN 5749 (2)

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

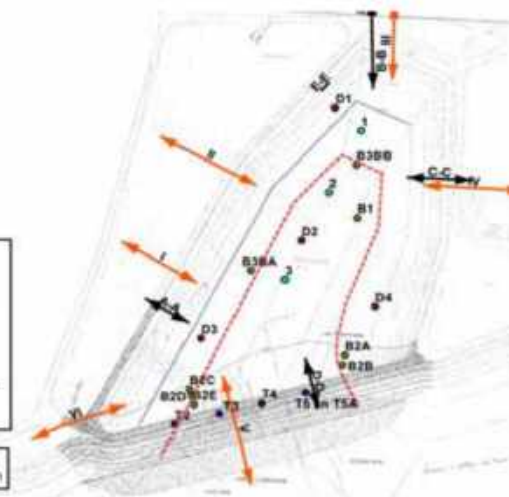
Monsternummer

Monsternummer

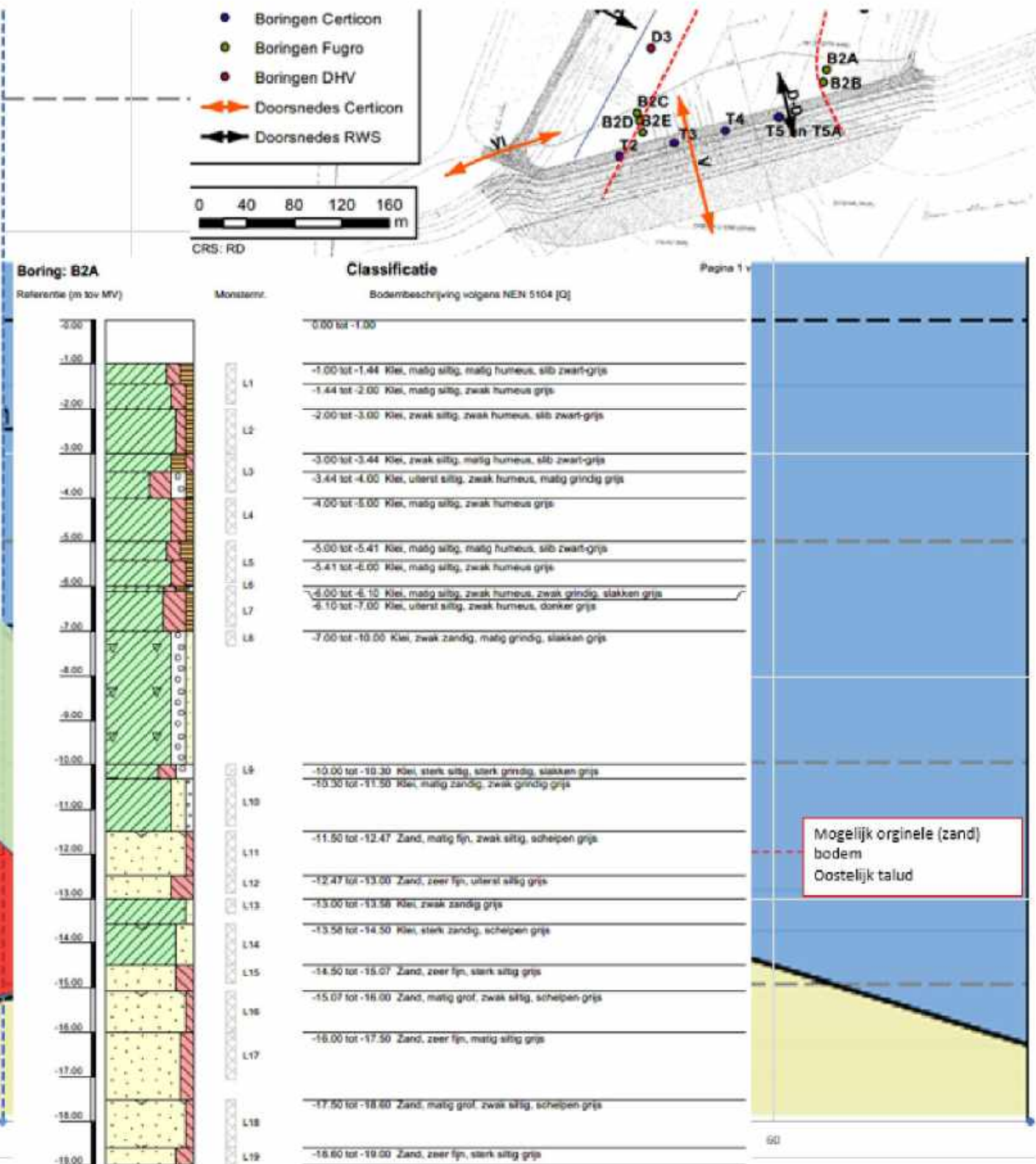
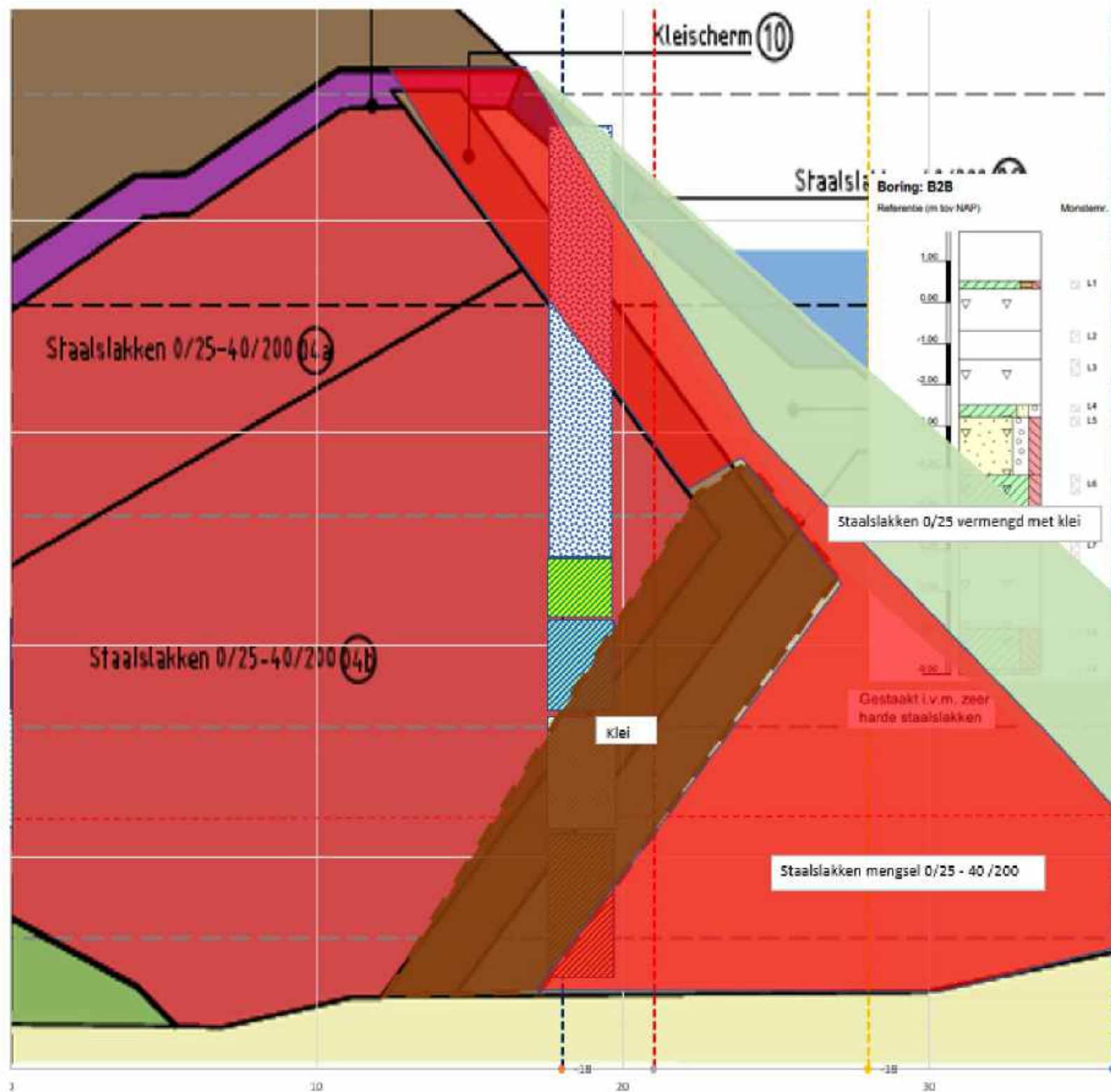
Monsternummer

Monsternummer

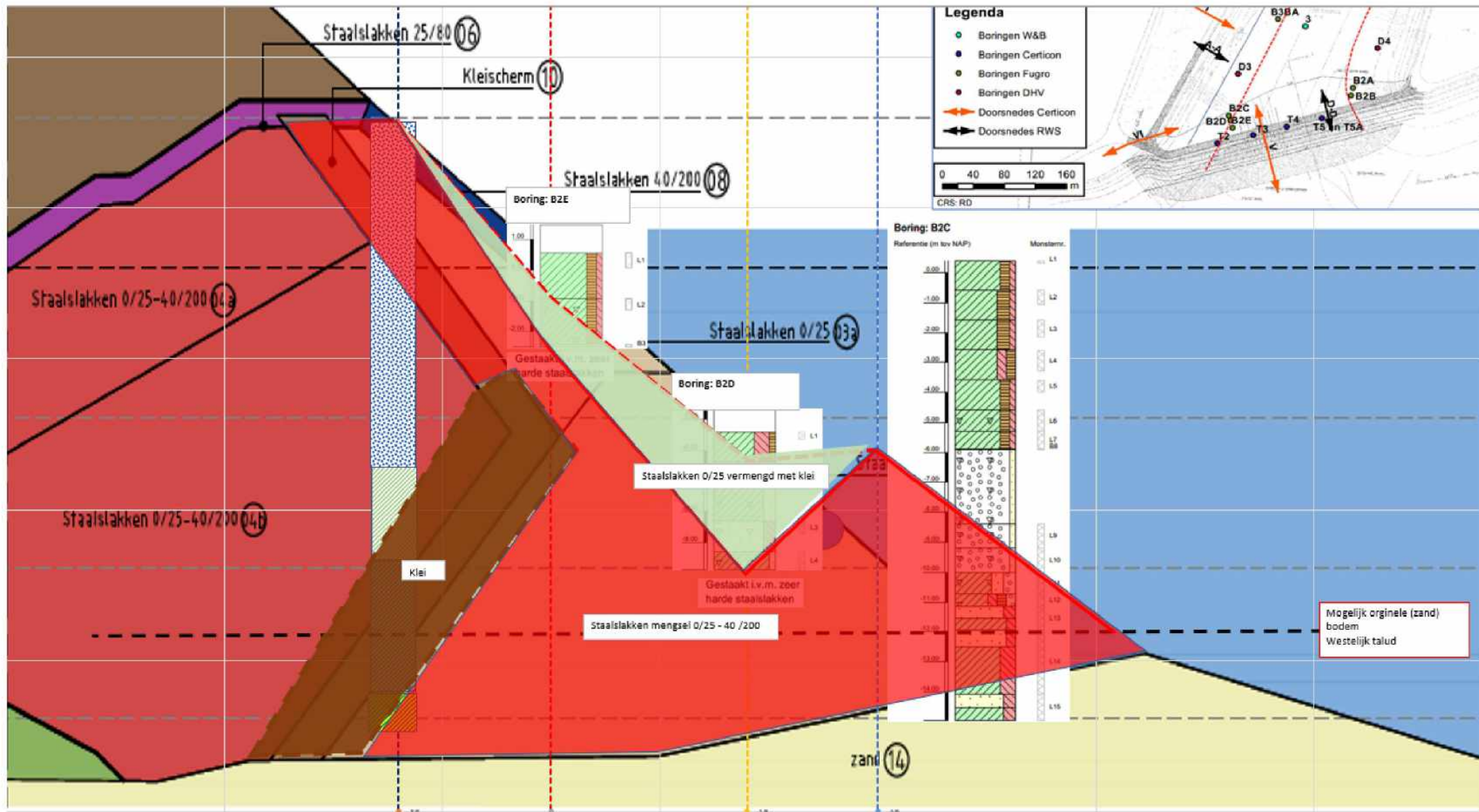
Monsternummer



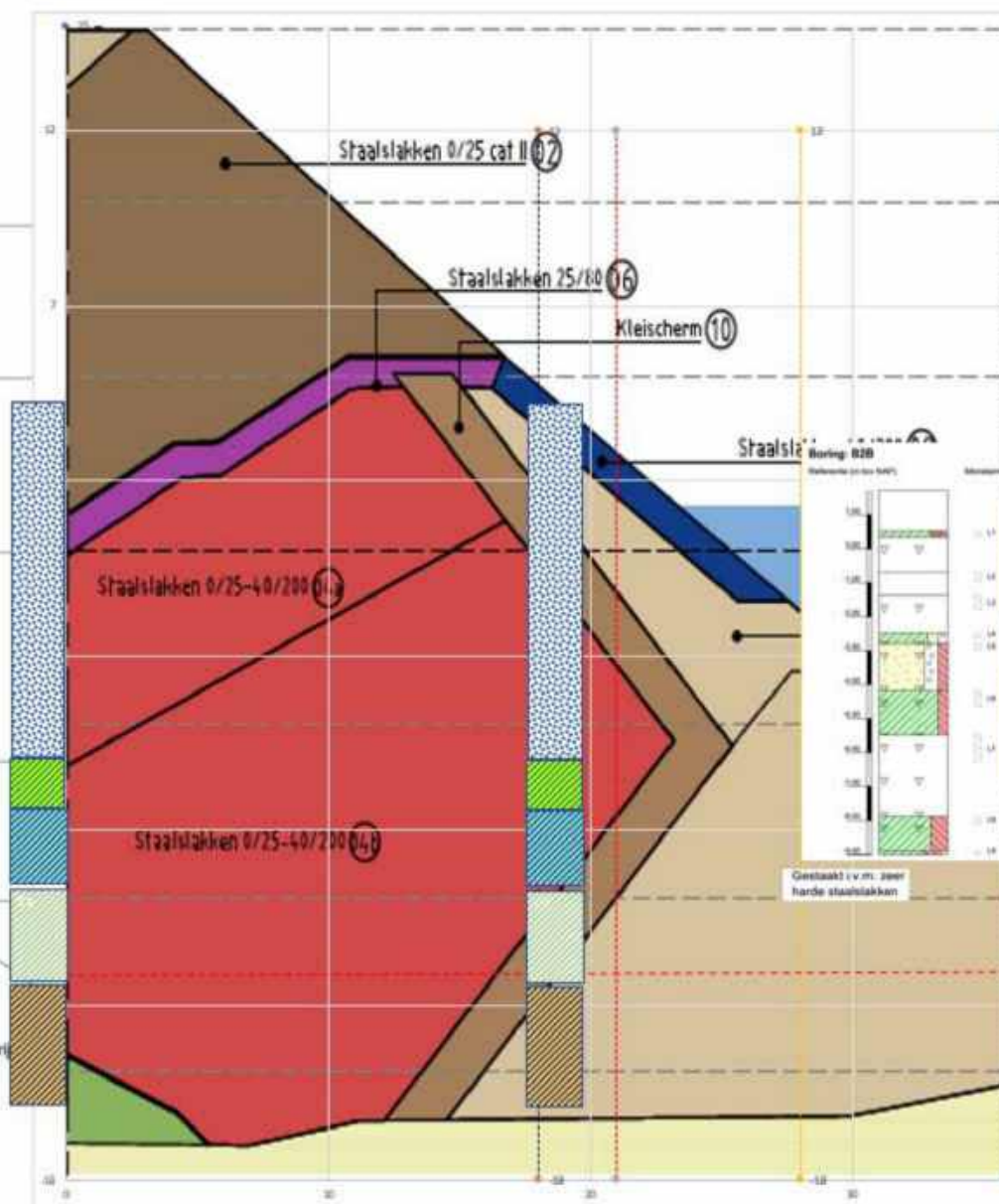
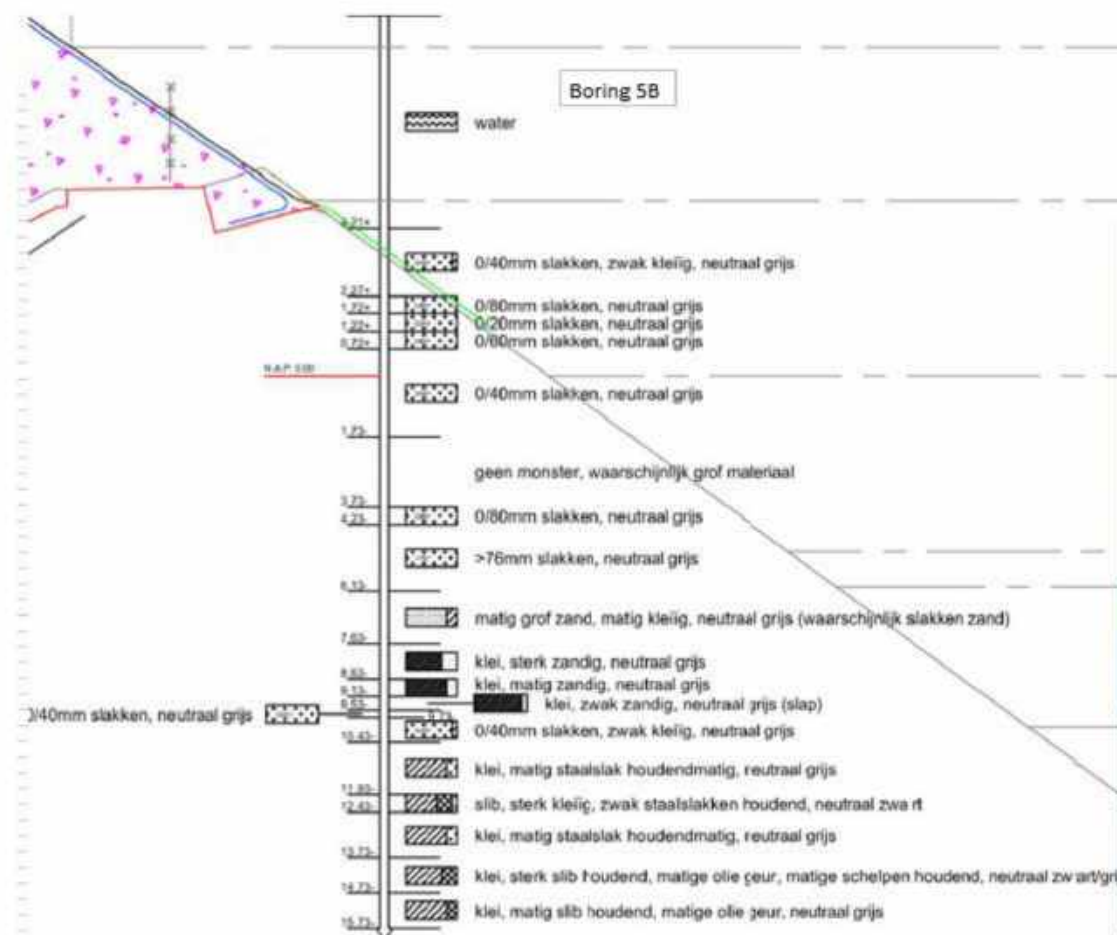












### Legenda

- Boringen V&B
- Boringen Carboon
- Boringen Fugro
- Boringen DHR
- Doornedse Carboon
- Doornedse RWS

0 40 80 120 160 m

### Classificatie

Bodemclassificatie volgens NEN 5104 (2)

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

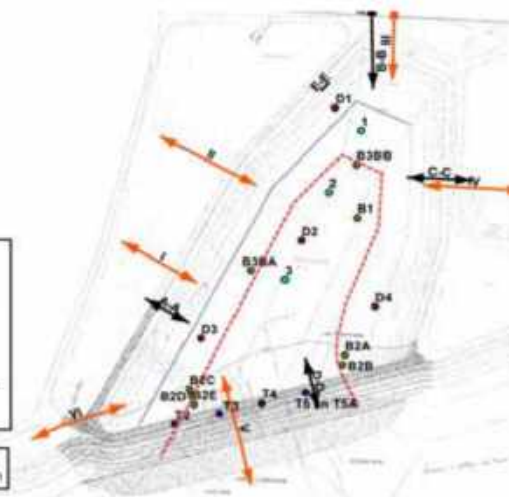
Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

Monsternummer

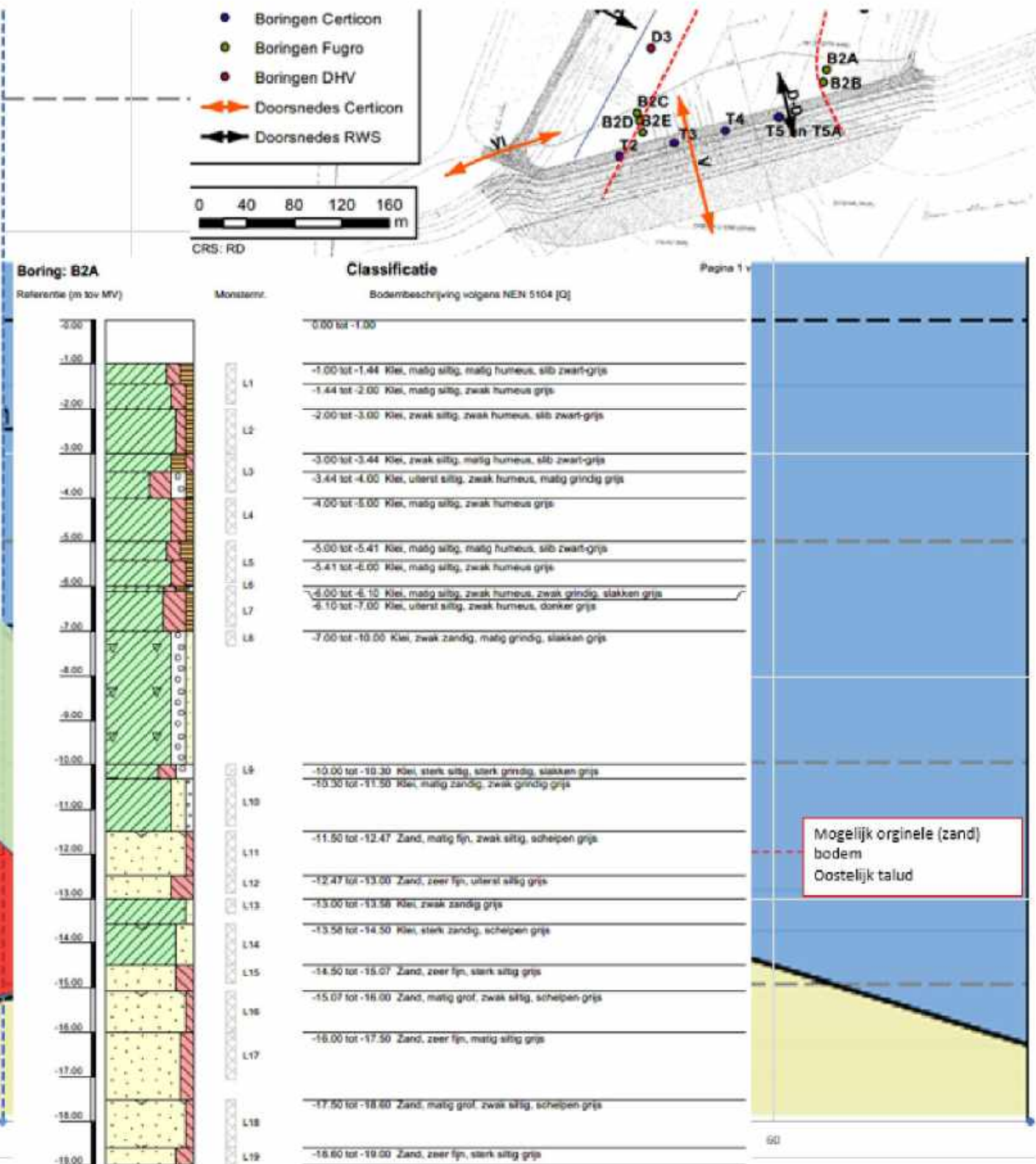
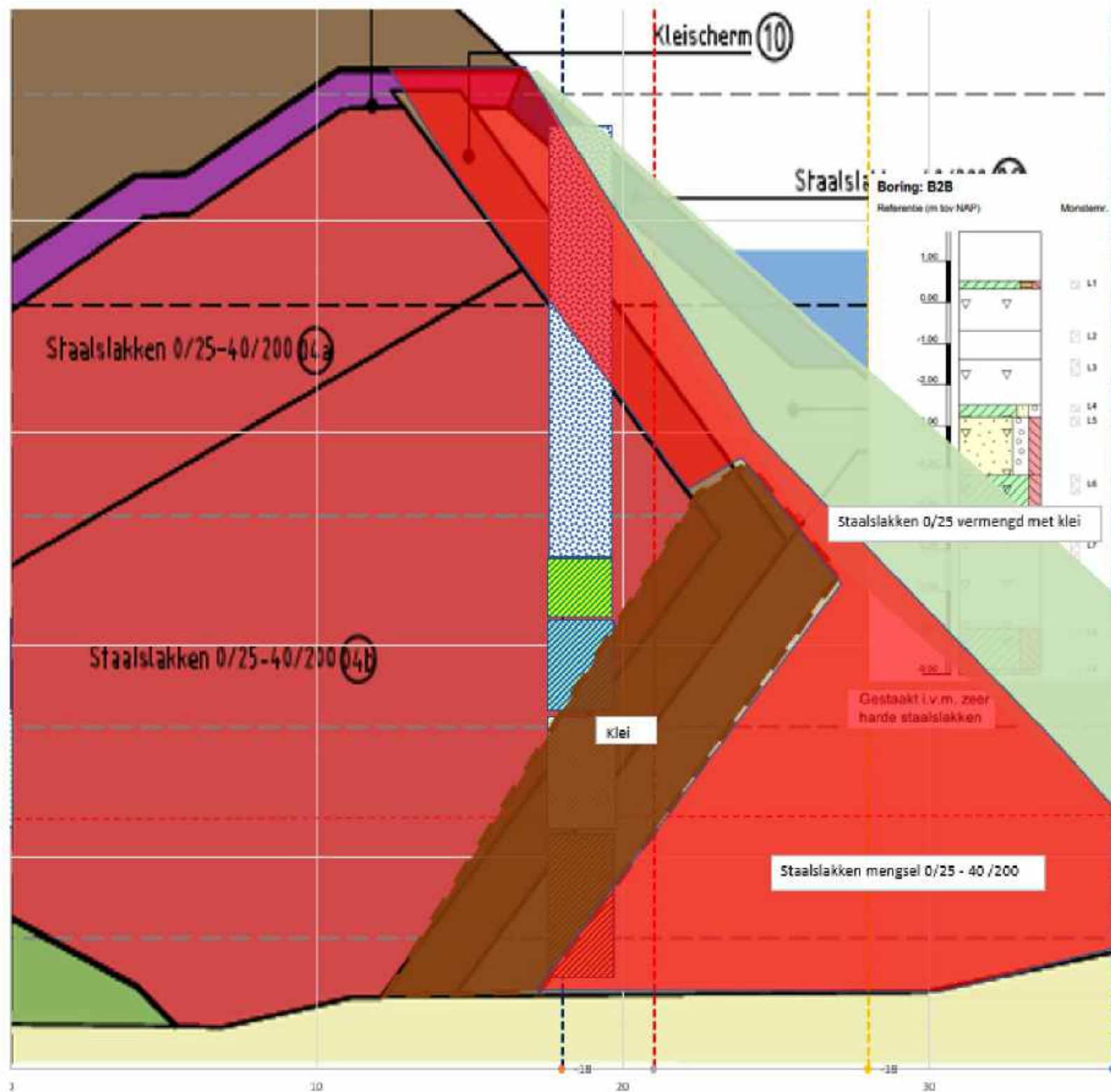
Monsternummer



Mogelijk originele (zand) bodem  
Oostelijk takel

- Staalslakken
- Klei Staalslakhoudend
- Klei matig zandig
- Silt staal slakken houdend

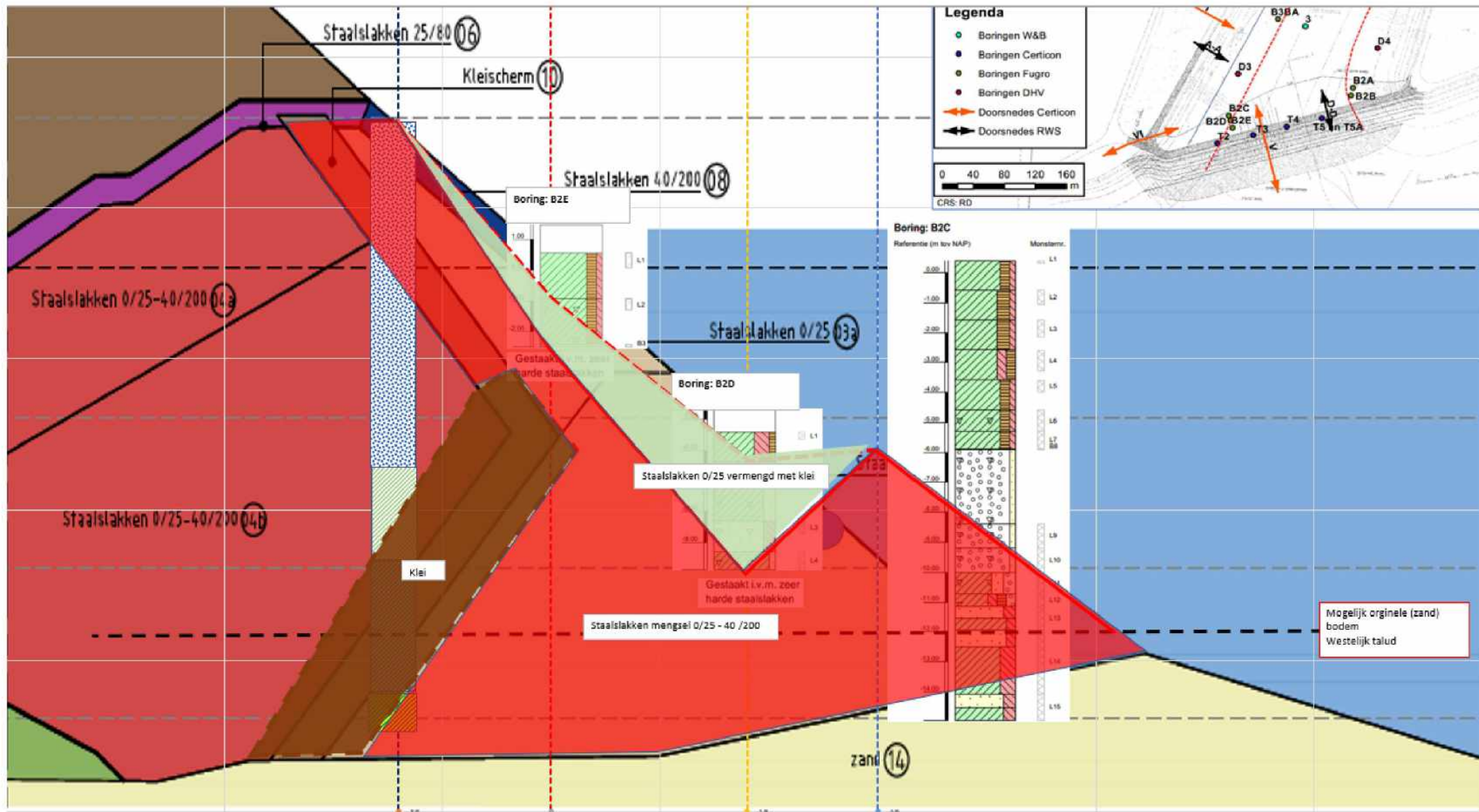














**F. DWARSPROFIELEN BAGGERSPECIEDEPOT**

