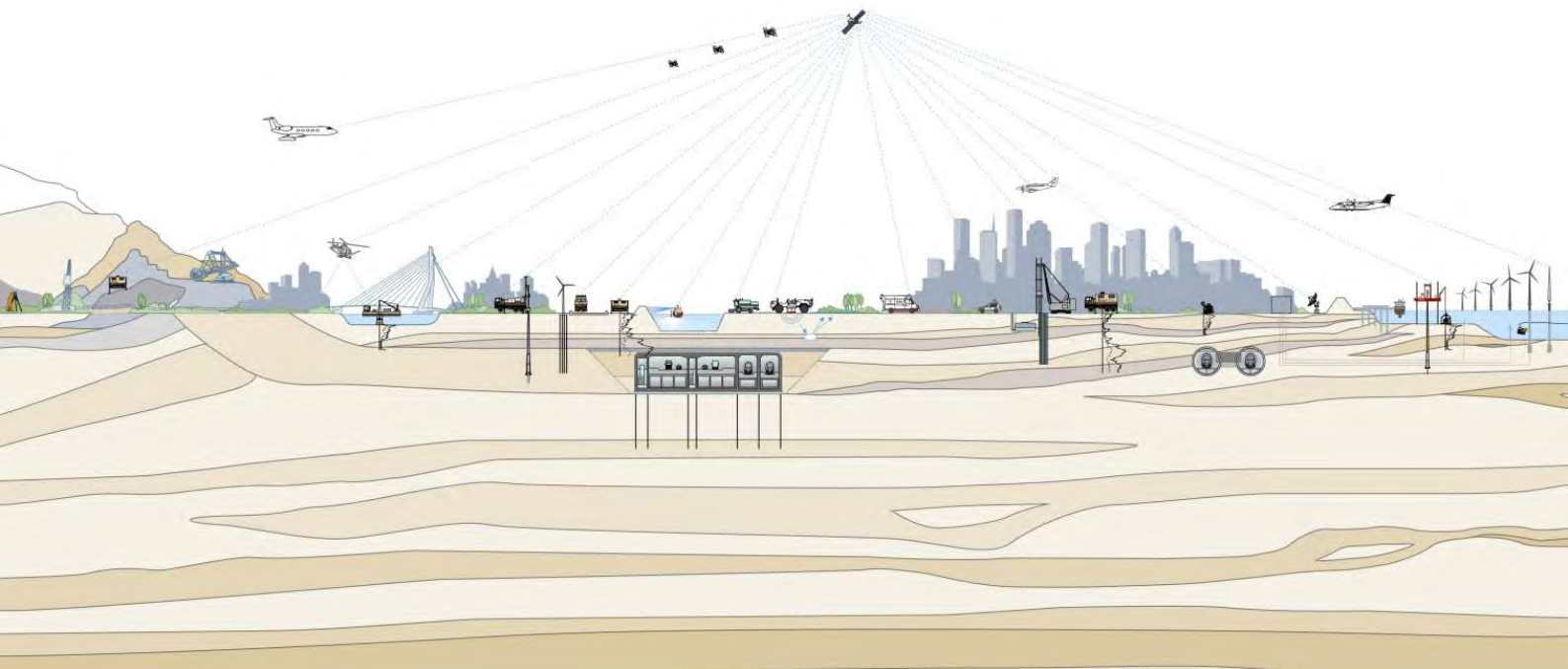
FUGRO GEOSERVICES B.V.
Geo-Consultancy

3D EINDIGE-ELEMENTENANALYSE
betreffende

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN

Opdrachtnummer: 1015-0267-004



3D EINDIGE-ELEMENTENANALYSE
betreffende

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN

Opdrachtnummer: 1015-0267-004

Opdrachtgever	:	Rijkswaterstaat Zuid-Holland Postbus 8185 3503 RD Utrecht
Projectleider	:	ir. F.J.M. Hoefsloot Principal Consultant Geo-Consultancy
Opgesteld door	:	ing. A. Cherkaoui Geotechnical Consultant
Gecontroleerd door	:	ir. F.J.M. Hoefsloot Principal Consultant Geo-Consultancy

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	17 september 2016	Concept	
2	10 oktober 2016	Definitief	

FILE: 1015-0267-004_31.R01_v2.docx

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING

1. INLEIDING 2
2. 3D MODELERING 3
   2.1 Beschrijving diverse paalsystemen 7
   2.2 Draagkracht op druk en keuze paalpuntniveau 9
   2.3 Invloed mogelijke damwanden die achtergebleven zijn op tunnelbakconstructie 10
3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN PARAMETERBEPALING 11
   3.1 Algemeen 11
   3.2 Grondparameters 11
   3.3 Onderbouwing parameters diepe klei/leemlagen 15
   3.4 Bodemschematisatie en grondlaagindeling 16
4. RESULTATEN 17
   4.1 Beïnvloeding tunnelbak t.g.v. fundatie KW3 en KW4 ondiep/diep 17
   4.2 Installatie-effecten op tunnelbak 18
   4.3 Waterpartijen effect Sophia-spoortunnel 20
   4.4 Paalmatrassysteem aardenbaan 24
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 25
6. REFERENTIES 28

BIJLAGEN Nr.

Geotechnisch onderzoek
- Rapportage Geotechnisch Veldwerk 1016-0267-004_21.KR01
- Rapportage Laboratoriumonderzoek 1016-0267-161.LR01
- Situatietekening met mootindeling A1
- Geotechnisch lengteprofiel – Noord A2
- Geotechnisch lengteprofiel – Zuid A3
- Berekening en toetsing rekenwaarden netto draagkracht A4
- Grondparameters Plaxis 3D-model A5
- Resultaten Plaxis 3D-berekeningen ondiep funderen A6
- Resultaten Plaxis 3D-berekeningen installatie-effecten A7
- Resultaten Plaxis 3D-berekeningen invloed verwijderen ophoging A8

1. INLEIDING

Op 24 mei 2016 ontving Fugro GeoServices B.V. te Leidschendam van Rijkswaterstaat Zuid-Holland te Utrecht de opdracht voor het uitvoeren van aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek en aanvullend advies ten behoeve van het project “A15/N3 - Aanleg op- en afritten” te Papendrecht.

Het doel van dit rapport is het verkrijgen van inzicht in de spanningsveranderingen en deformaties in grond en de spoortunnelconstructie ten gevolge van de aanleg van KW3 en KW4 die onderdeel uitmaken van het project. Voor beide kunstwerken bestaan varianten met zowel een ondiep als diep aanlegniveau van de paalfundering. Spanningsveranderingen en deformaties worden bepaald en geanalyseerd met behulp van het eindige-elementenprogramma Plaxis 3D.

De analyses in de vorige, opgeleverde, fase betroffen 2D-berekeningen en zijn gebaseerd op niet locatie-specifieke gemiddelde parameters en opbouw van de Kedichemformatie.

In concept memo 1015-0267-004.M01 d.d. 23 juni 2016 van Fugro zijn paaldraagvermogen van diverse paalsystemen versus diepte gepresenteerd op basis waarvan Sweco Transportation & Mobility conceptontwerpen van de landhoofdconstructie zijn gemaakt die gebruikt zijn voor de 3D-eindige-elementenanalyses.

Dit rapport is opgebouwd uit de volgende onderdelen:
- 3D modelering, uitgangspunten en draagkrachtberekeningen op druk belaste palen (hoofdstuk 2);
- geotechnisch onderzoek en parameterbepaling (hoofdstuk 3);
- resultaten van de analyses (hoofdstuk 4);
- conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5);
- een referentielijst (hoofdstuk 6).

2. 3D MODELERING

In rapport 1015-0267-000_31.R02_v3a van Fugro is een 2D-analyse en is uitgegaan van het landhoofdontwerp met een landhoofd op 5,0 m uit de zijkant van de tunnelbak en een oriënterende opgave van de belastingen.

Door Sweco, afdeling Wegen zijn voorlopige berekeningen gemaakt en de paalbelastingen gegeven van een aantal toe te passen varianten voor de landhoofdconstructie van KW3 en KW4 [1].

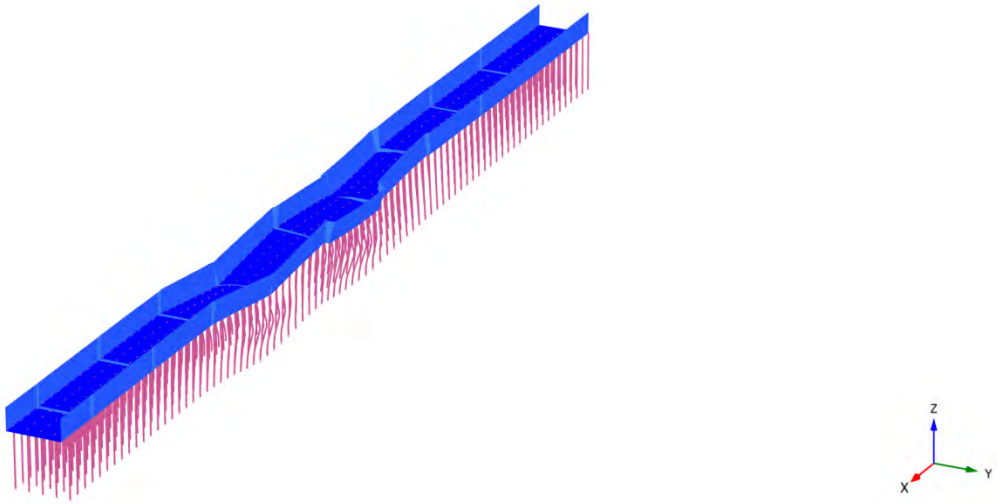
Hieruit is gebleken dat de paalbelastingen kleiner zijn geworden en de belasting op paalpuntniveau beter gespreid kan worden doordat enerzijds het oplegpunt van het landhoofd in het midden gesitueerd is en anderzijds zijn de veranderlijke belastingen verwaarloosd voor vervormingsanalyses.

Voor de bepaling van de vervormingen zijn in dit rapport alleen de permanente belastingen meegenomen.

Berekeningsmethode
De modelleringen zijn uitgevoerd in Plaxis 3D versie AE.01. Hierbij is voornamelijk rekening gehouden met de bijdrage in de vervorming van de diepgelegen samendrukbare lagen van de formatie van Kedichem. In de Plaxisberekening is een grondwaterstand van MV -0,5 m (ca. NAP -2,0 m) aangehouden.

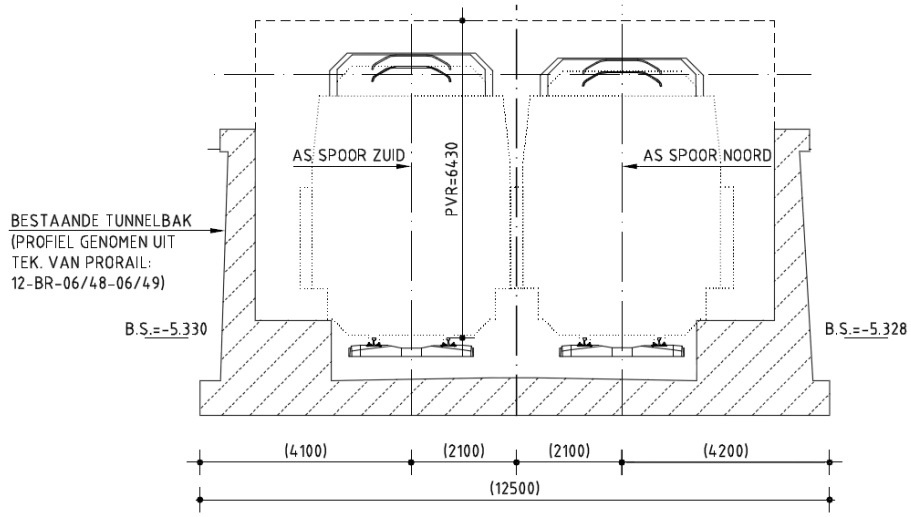
Het model heeft een totale breedte van ca. 100 m en een lengte van ca. 243 m. Dit betreffen de moten 14 t/m de helft van moot 21. Een tekening van het 3D-model is weergegeven in figuur 2-1. De moten zijn verdeeld in secties van ca. 25 m over het tracé. De tekening met mootindeling is toegevoegd in bijlage(n) A1 van voorliggend rapport. Voor de fijnheid van het mesh is gekozen voor fijn met een lokale verfijning ter plaatse van de tunnelelementen. Het model bestaat uit totaal ca. 400.000 à 500.000 elementen.

Tunnelconstructie
De breedte van de tunnelbak bedraagt circa 12,5 m. Het gewicht van het beton is aangenomen op 24 kN/m^3. Voor de elasticiteitsmodulus van het beton is uitgegaan van 20.000 MPa. Ter plaatse van de mootsecties zijn in het model buigslappe voegen als plaatelementen (‘plate elements’) gemodelleerd met een breedte van 1,0 m. Voor deze voegen is een stijfheid EI ingeschat van 45 kNm^2/m. Om numerieke rekenproblemen in Plaxis te voorkomen is gekozen voor een stijfheidsratio kleiner dan 10^6.



Figuur 2-1: Plaxis 3D model

De tunnelbak met palen is door middel van plaatelementen met interfaces gemodelleerd. De interface R_{inter} tussen wand en grond is gelijk gekozen aan 0,7 (-) voor de zandlagen en 0,5 (-) voor de holocene klei/veenlagen. De onderzijde van de tunnelwand is dikker gemodelleerd. Voor de dikte van het bovenste deel van de wand is 0,5 m aangenomen. Voor de dikte aan de teen van de tunnelbak is in het model 1,0 m aangenomen. Een tekening van de tunnelconstructie is weergegeven in figuur 2-2.



Figuur 2-2: Bestaande tunnelbak (bron: tekening Prorail 12-BR-06/48-06/49).

Funderingspalen

De palen zijn gemodelleerd als ‘embedded piles’ met een diameter van Ø 0,5 m en een stramienmaat van 3,0 x 3,0 m. De schachtwrijving van de ‘embedded piles’ naar de ondergrond vindt in het model alleen vanaf NAP -12,5 m in de zeer vastgepakte zandlaag plaats, zoals ook mag worden verwacht in het ontwerp van de constructie. Voor de palen is

een puntweerstand F_{max} van 2,0 MN per paal ingevoerd. In het model is voor alle moten een gelijk paalpuntniveau onder de tunnelbak van NAP -20,0 m aangehouden.

De volgende uitgangspunten zijn voor de Plaxis 3D modellering aangehouden:

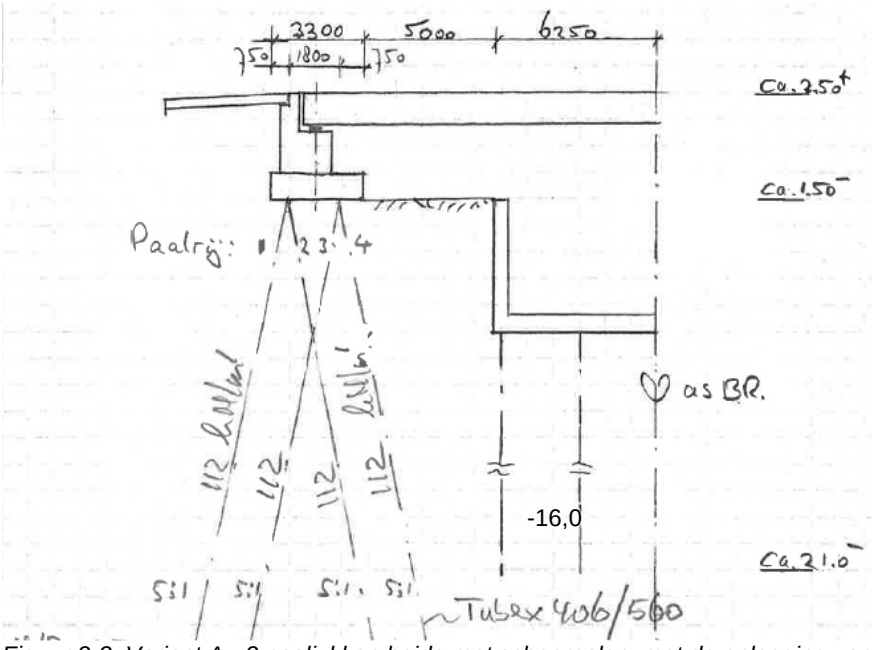
- Maaiveldhoogte: NAP -1,5 m
- Grondwaterstand: NAP -2,0 m
- Hartlijn tunnelvloer: NAP -6,5 m
- Breedte tunnelbak: 12,5 m
- Palen tunnel:
  - NAP -20,0 m
  - Paalafmeting 500 x 500 mm gemodelleerd met Ø 500 mm
- Tubexpalen Ø 406/560 mm / Diepwandpaneel 1000 x 2800 mm:
  - Paalpuntniveau ondiep: -18,0 m
  - Paalpuntniveau diep: -45,0 m

De keuze van het paalpuntniveau voor de systemen is gebaseerd op berekeningen van de draagkracht op druk op basis van het uitgevoerde grondonderzoek op locatie. De resultaten van deze berekeningen zijn gegeven in paragraaf 2.2 en de bijlage(n) A4 van voorliggend rapport.

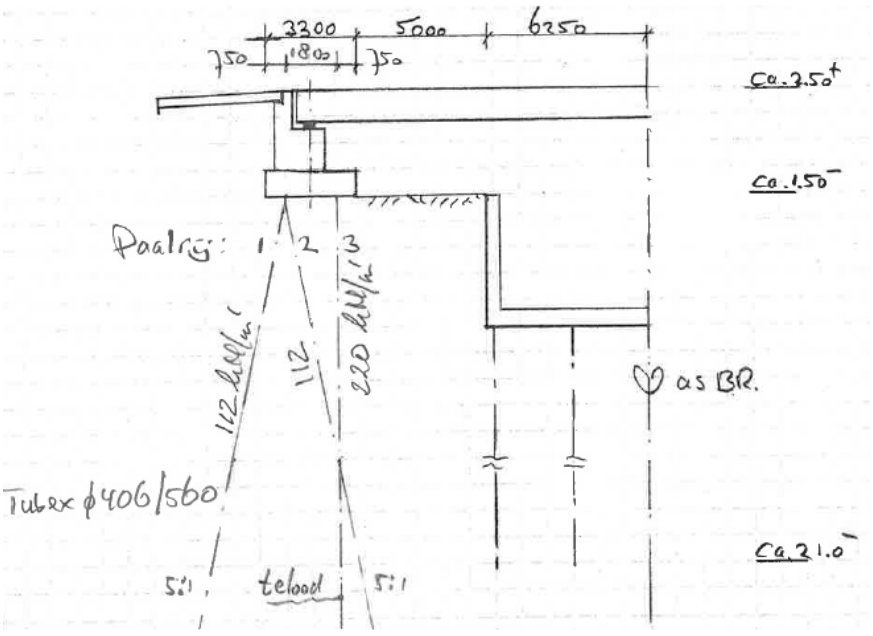
Varianten
Per kunstwerk zijn er in totaal drie varianten bekeken:

- Variant A: 2 paaljukken beide met schoorpalen, met de oplegging van het dek tussen de jukken in;
- Variant B: 2 paaljukken, voorste met te lood palen en achterste met schoorpalen, met de oplegging van het dek tussen de jukken in;
- Variant C: 1 rij baretten h.o.h. 4 m in de aslijn van het landhoofd.

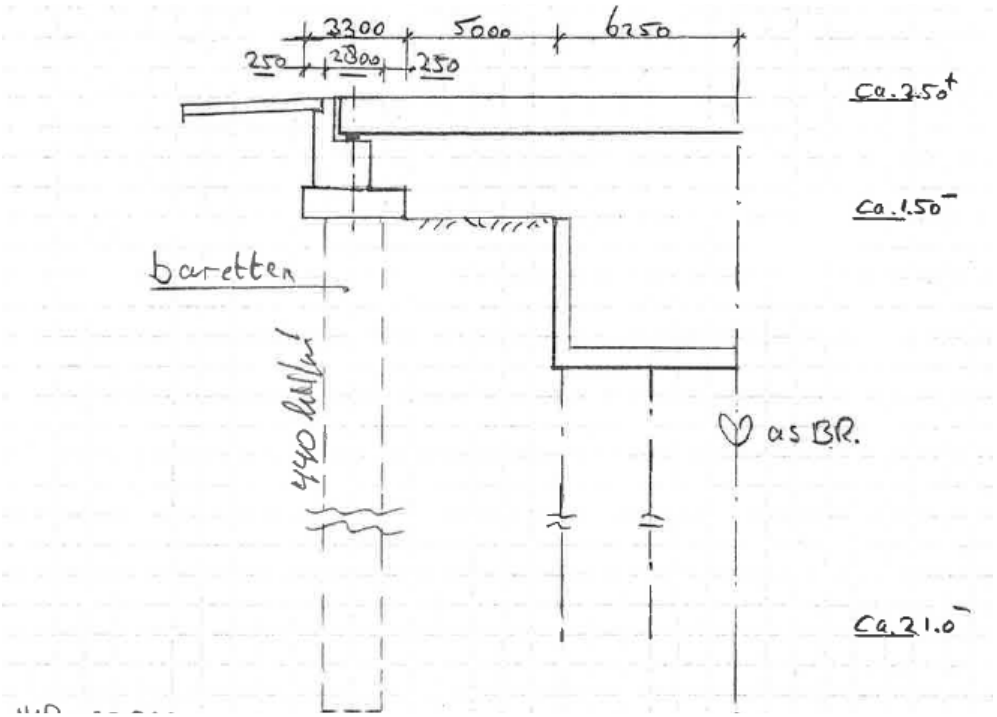
De verschillen tussen de belastingen tussen kunstwerk 3 en 4 zijn niet groot. In de berekening is gekozen om voor beide kunstwerken de belasting gelijk te houden (zie figuur 2-3 t/m figuur 2-5).



Figuur 2-3: Variant A - 2 paaljukken beide met schoorpalen, met de oplegging van het dek tussen de jukken in (bron: Sweco [1])



Figuur 2-4: Variant B - 2 paaljukken, voorste met te lood palen en achterste met schoorpalen, met de oplegging van het dek tussen de jukken in (bron: Sweco [1])



Figuur 2-5: Variant C - 1 rij baretten h.o.h. 4 m in de aslijn van het landhoofd (bron: Sweco [1])

Belastingen
In het 3D-model is voor de paalfundering uitgegaan van een reële belastingafdracht op ca. 2 m boven paalpuntniveau en een spreiding van de lijnlast over een breedte van 1,0 m. Voor de diepwandpaneel is de lijnlast van 440 kN/m[1] gespreid over een breedte van 2,8 m. De strooklengte waarover de belasting aangrijpt bedraagt ca. 18,2 à 21,2 m.

Er is een tussenafstand van 14,7 à 31,0 m aangehouden tussen de kunstwerken conform de tekening met mootindeling (zie bijlage(n) A1).

2.1 Beschrijving diverse paalsystemen
Voor ondiep en diep funderen komt een aantal paalsystemen in aanmerking. De selectiecriteria zijn: trillingsarm, geringe vervorming omgeving, groot draagvermogen en de uitvoerbaarheid bij toepassing van een diep paalpuntniveau. Tevens zijn risico-aspecten genoemd m.b.t. tot effecten naar de omgeving tijdens installatie en in de gebruiksfase.
De hiervoor in aanmerking komende paalsystemen zijn:
- Tubexgroutinjectiepalen;
- Baretten (Diepwandpanelen);
- Boorpalen;
- Casing boorpalen;
- Geboorde buispalen met in- en uitwendige groutinjectie.

Genoemde paalsystemen worden hierna toegelicht.

Tubex-groutinjectiepalen
Tubex-groutinjectiepalen zijn trillingsvrij grondverdringend en worden schroevend op diepte gebracht. De buis blijft permanent achter in de grond. De haalbare dieptes zijn ca. 50 tot 60 m. Om diepere paalpuntniveaus te bereiken is een systeem met groutinjectie noodzakelijk.

De paalafmetingen van Tubex variëren over het algemeen met buis-/punt-/schachtafmetingen van rond 355/450 tot 762/950 mm. Met Tubex-groutinjectiepalen wordt de relatief grote draagkrachtcapaciteit gecombineerd met de (bijna) zekerheid van het op diepte komen van de palen. In de zandlagen wordt een paalschacht gevormd gelijk aan de puntdiameter; in klei zal de schacht de afmetingen hebben van de buisdiameter. De vervormingskarakteristiek komt overeen met die van een grondverdringende paal.

Baretten (Diepwandpanelen)
Baretten zijn enkele diepwandpanelen en zijn, gegraven onder steunvloeistof, in de grond gevormde gewapend betonnen wanden. Diepwandpanelen kunnen daarbij ook als funderingselementen voor landhoofden worden toegepast. De dikte van de wand varieert doorgaans van 0,5 m tot 2,0 m meestal met een paneelbreedte van 2,5 m á 3,0 m; de paneelbreedte is mede afhankelijk van de bodemgesteldheid en in de omgeving aanwezige constructies. De panelen worden ontgraven met een diepwandgrijper waarbij een bentoniet steunvloeistof wordt toegepast om de stabiliteit van de ontgraven sleuf in stand te houden. Na het plaatsen van de wapeningskorf wordt de steunvloeistof van onderaf vervangen door beton.

De diepwandpanelen zijn zeer geschikt om grote belastingen naar draagkrachtige zandlagen over te brengen. De draagkracht van diepwandpanelen wordt ontleend aan wrijving tussen het beton en de grond en vanwege het grote puntoppervlak kunnen diepwanden een groot verticaal draagvermogen mobiliseren, maar hebben een relatief ongunstig last-zakkingsgedrag zodat er een grote verticale vervorming nodig is alvorens deze draagkracht is opgebouwd net als de grote diameter boorpaal variant. Ter compensatie van, met name, het initiële vervormingsgedrag kan worden overwogen een puntinjectie toe te passen. Deze is echter beperkt tot de maximaal te mobiliseren schachtwrijving.

Grote diameter boorpalen
Grote diameter boorpalen worden op dezelfde wijze vervaardigd als diepwandpanelen. De paalafmetingen zijn sterk afhankelijk van de paalleverancier en variëren over het algemeen van 0,6 tot 2 m.

Voor dit type paalsysteem dient er rekening te worden gehouden met een ongunstig last-zakkingsgedrag. Dit resulteert in een forse toename van de zettingen en zettingsverschillen tussen de afzonderlijke palen ten opzichte van paalsysteem zoals bijvoorbeeld een grondverdringend systeem. Daarnaast komt bij installatie van een boorpaal grote hoeveelheden grond vrij uit het boorgat. Dit dient van de projectlocatie te worden afgevoerd hetgeen het nodige transport met zich mee brengt.

Casing boorpaal
De casing boorpaal is een variant waarbij een stalen casing draaiend op diepte wordt gebracht en water dient als steunvloeistof aan de boorpunt. Na het aanbrengen van de wapening en storten beton wordt de casing draaiend getrokken. Een dergelijke variant achten wij voor dit project bij diep funderen niet haalbaar in verband met de hoge wrijving tussen casing en ondergrond bij een diep paalpuntniveau en grote diameter zowel bij het inbrengen als het trekken van de casing. Voor ondiep funderen komt het systeem wel in aanmerking en wordt gekenmerkt door geringe vervorming naar de omgeving tijdens de uitvoering.

Geboorde buispalen met in- en uitwendige groutinjectie
Deze techniek komt vrijwel overeen met de casing boorpaal met het verschil dat de buis in de grond achter blijft. De geboorde buispalen worden geïnstalleerd met behulp van groutinjectie middels een aangelaste bak. Groutinjectie zorgt voor smering waardoor de paal makkelijker op diepte komt. Daarnaast wordt om de paal een groutschil gevormd zodat de wrijvingscapaciteit groter wordt en de diameter in geringe mate wordt vergroot.

Op basis van bovengenoemde verschillen, ervaringen alsmede de nieuwe voortschrijdende inzichten gaat de voorkeur van Fugro bij diep funderen uit naar de toepassing van Tubex groutinjectiepalen of diepwandpanelen met puntinjectie als paalsysteem onder de landhoofden.

2.2 Draagkracht op druk en keuze paalpuntniveau

Voor de keuze het paalpuntniveau voor ondiep en diep funderen zijn de volgende door Sweco verstrekte uitgangspunten [1] gehanteerd:

- De rekenwaarden (UGT) voor de paalbelastingen vanuit de landhoofdconstructie ($F_{c;d}$) voor variant A varieert van ca. 853 tot 943 kN.
- De rekenwaarden (UGT) voor de paalbelastingen vanuit de landhoofdconstructie ($F_{c;d}$) voor variant B varieert van ca. 1093 tot 1185 kN.
- De rekenwaarden (UGT) voor de paalbelastingen vanuit de landhoofdconstructie ($F_{c;d}$) voor variant C varieert van ca. 3472 tot 3652 kN.

Voor op druk belaste palen is voor diverse afmetingen Tubexpalen en diepwandpanelen op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. De resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in de bijlage(n) A4 van voorliggend rapport

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van de UGT type B volgens 7.6.2.3 van NEN 9997-1 zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het project is geplaatst in geotechnische categorie 2.
- Omdat in dit stadium van het ontwerp de stijfheid van de constructie nog niet exact bekend is, is de stijfheid van de constructie niet in rekening gebracht. Volgens tabel A.10a van NEN 9997-1 is voor de factoren ξ_3 en ξ_4 een waarde van 1,39 gehanteerd.
- Bij de draagkrachtberekeningen is rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef langs de paalschacht. Deze kan ontstaan door het optreden van zettingen in de samendrukbare lagen tot een diepte van ca. NAP -12,5 m
- Bij de draagkrachtberekeningen zijn de volgende paalfactoren aangehouden;

Tubexpalen met groutinjectie			Diepwandpanelen		
α_p	=	0,63	α_p	=	0,35
α_s	=	0,009	α_s	=	0,006
β	=	1,0	β	=	1,0
s	=	1,0	s	=	0,69 / 0,72 / 0,75

- Er is gerekend met een gereduceerde waarde van α_p tot 70%, uitgaande van een bouwaanvraag na 1 januari 2017.
- Toetsing volgens de UGT type B houdt in dat voldaan moet worden aan: $F_{c;d} \leq (R_{c;d} - F_{nk;d})$. De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

Paalpuntniveau bij ondiep funderen
Een geschikt puntniveau voor zowel een diepwandpaneel als een Tubexpaal met groutinjectie voor ondiep funderen is gekozen op ca. NAP -18,0 m. Op een dieper gelegen niveau bevindt zich een samendrukbare leemlaag en neemt de draagkracht af. Bij sondering DKMP403 wordt de draagkracht voor ondiep funderen niet gehaald. Geadviseerd wordt hier extra onderzoek uit te voeren en het gebied afbakenen met extra sonderingen of maatregelen te nemen zoals dieper te funderen of extra funderingselementen te plaatsen .

Paalpuntniveau bij diep funderen
Een geschikt puntniveau voor een diepwandpaneel voor diep funderen is gekozen op ca. NAP -45,0 m. Op een dieper gelegen niveau bevindt zich een samendrukbare leemlaag en neemt de draagkracht af.

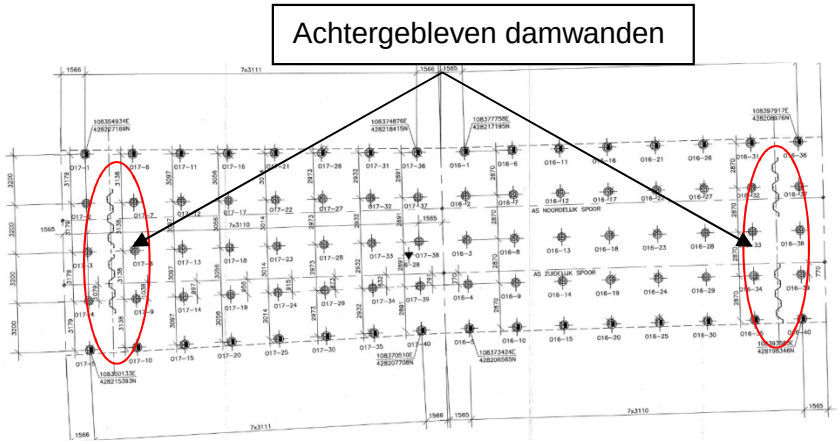
2.3 Invloed mogelijke damwanden die achtergebleven zijn op tunnelbakconstructie

Door Fugro is een documenteninventarisatie uitgevoerd van de achtergebleven damwanden die mogelijk tijdens de uitvoering als compartimenten zijn gebruikt. De as-built tekeningen van moten 15 t/m 18 zijn daarbij onderzocht op aanwezigheid van damwanden. In figuur 2-6 is als indicatief de damwanden aangegeven die loodrecht op het spoor achtergebleven zijn. Evenwijdig aan het spoor is niet duidelijk of er nog damwanden in de grond zitten.

Indien er nog mogelijke damwanden ter plaatse van de voegovergang in de onderwaterbetonvloer achtergebleven zijn is de verwachting dat dit een gunstige / positieve bijdrage levert aan de schuifwerking tussen de moten. De vervormingsverschillen over de voegen zullen nog minder zijn dan berekend is in hoofdstuk 4.

De bijdrage van eventuele damwanden evenwijdig aan het spoor langs de tunnelbak wordt als verwaarloosbaar gezien omdat de verwachting is dat ten gevolge van horizontale vervormingen de damwanden mee zullen vervormen.

Gezien de berekeningsresultaten van dit onderzoek is derhalve overwogen geen verder veldonderzoek uit te voeren naar de aanwezigheid van damwanden in de grond die mogelijk de tunnelbak gunstig / positief kunnen beïnvloeden.



Figuur 2-6: palenplan moten 16 en 17 (bron: tekening nr. O-M12-BF-101 rev. E d.d. 24-02-2003)

3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN PARAMETERBEPALING

3.1 Algemeen

Het geotechnisch onderzoek voor dit project heeft bestaan uit een veldwerkonderzoek en laboratoriumonderzoek.

Door Fugro zijn aanvullende sonderingen gemaakt en laboratorium onderzoek uitgevoerd om de benodigde parameters beter vast te stellen met de bijbehorende stratigrafie ter plaatse.

De resultaten hiervan, eventuele afwijkingen van de opdracht en opmerkingen zijn gepresenteerd in de bijlage(n) “Rapportage Geotechnisch Veldwerk” en “Rapportage Laboratoriumonderzoek”.

Voor het eindige-elementenmodel zijn Hardening soil (small strain) parameters gebruikt voor de ondiepe lagen.
De diepe klei- en leemlagen zijn gemodelleerd met het Soft Soil Creep (SSC) Plaxismodel.
Het SSC-model is geschikt voor het modelleren van kruip. De stijfheids- en sterkteparameters van de grondlagen die in het Plaxismodel zijn toegepast zijn weergegeven in de bijlage(n) A5 van voorliggend rapport.

Voor de toplaag is gekozen voor het Mohr-Coulombmodel in verband met het geringe spanningsniveau waardoor de stijfheid in het HS small-model zou worden onderschat. De zandlagen zijn gemodelleerd met het HS small-model. Dit omdat kruip bij dergelijke grondsoorten verwaarloosbaar is en daarom moeilijk te modelleren is met het SSC model

Voor de zandlagen is de dilatantiehoek (ψ) bepaald a.d.h.v. de vuistregel: $\psi = \varphi - 30°$. Voor de dilatantiehoek van veen en klei is 0º aangehouden.

3.2 Grondparameters

De parameters van de ondiepe, holocene, kleilagen worden ontleend aan de laboratoriumproeven (triaxiaalproeven, samendrukkingsproeven en direct simple shear testen) die op dit materiaal in veen eerder stadium zijn uitgevoerd [2].

Voor de holocene laag klei, zwak siltig op ca. NAP -5,5 tot -12,5 m zijn de Plaxisparameters bepaald o.b.v. uitgevoerde triaxiaal- en samendrukkingsproeven. Voor de veenlaag zijn alleen datasets gebruikt uit samendrukkingsproeven omdat er geen triaxiaalproeven op veen zijn uitgevoerd.

De triaxiaalproeven zijn in Plaxis gesimuleerd met de 'soil parameter fit' module om de parameters te fitten. De sterkteparameters kunnen bij verschillende rekniveaus worden bepaald. Hier is ervoor gekozen om dat te doen bij de maximale deviatorspanning. De parameters uit het laboratorium zijn op statistische wijzen verwerkt (Student-t methode).

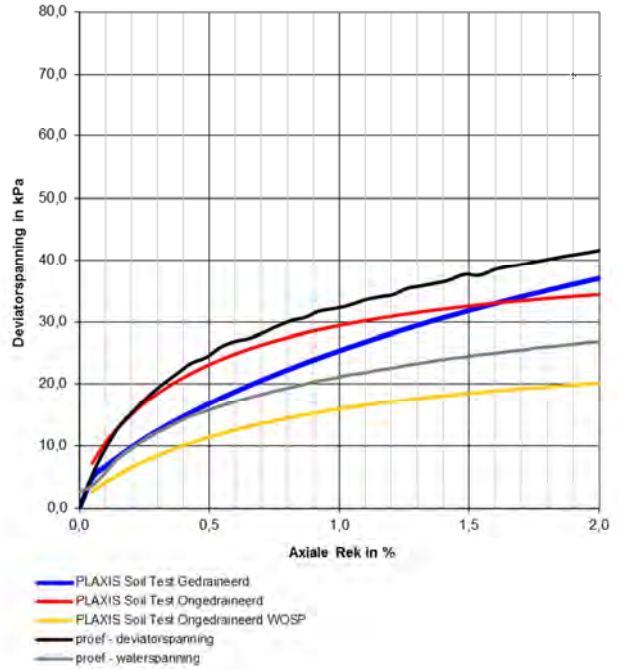
De karakteristieke waarde van het gemiddelde (5% kans op onderschrijding) van de grondparameters is samengevat in tabel 3-1.

Tabel 3-1: Bepaling karakteristieke waarden grondparameters obv triaxiaalproeven op kleilaag

Monster nr.	Monsterdiepte [m + NAP]	σ'_{vc} [kPa]	γ_{sat} [kN/m^3]	φ' [°]	c' [kN/m^2]
B1-St1-1	-9,65	50	15,2	19,0	20,0
B1-St1-2	-9,65	100	15,5	20,0	20,0
B1-St3-1	-11,50	55	15,9	32,0	10,0
B1-St3-2	-11,50	110	15,7	30,0	11,0
B1-St4-1	-12,45	58	18,2	34,0	0,0
B1-St4-2	-12,45	116	19,5	34,0	0,0
B2-St5-1	-6,28	29	14,7	22,0	15,0
B2-St5-2	-6,28	58	14,1	21,0	15,0
B2-St6-1	-7,28	32	15,9	31,0	11,0
B2-St6-2	-7,28	64	15,8	35,0	9,0
n = aantal proeven			10,0	10,0	10,0
gemiddelde waarde			16,1	27,8	11,1
standaard deviatie			1,6	6,5	7,0
student-t waarde			2,3	2,3	2,3
$X_{;gem;k;hoog}$			17,2	32,4	16,1
$X_{;gem;k;laag}$			**14,9**	**23,2**	**6,1**
$X_{;gem}$			16,1	27,8	11,1

Het volumieke gewicht is bij de triaxiaalproeven bepaald. Ook hiervan is een gemiddelde, hoge- en lage karakteristieke waarden berekend.

Het gemiddelde verzadigde volumiek gewicht γ_{sat} van de kleilaag is 16,1 kN/m^3. In Plaxis is gekozen voor een laag karakteristieke waarde van 14,9 kN/m^3. Een voorbeeld van een parameterfit van een monster is weergegeven in figuur 3-1.



Figuur 3-1: B1-St1-1 deviatorspanning uitgezet tegen de axiale rek

In Plaxis is een best fit gekregen van de holocene lagen bij de gekozen parameters zoals weergegeven in tabel 3-2.

Tabel 3-2: sterkte en stijfheidsparameters holocene lagen

Parameter	eenheid	Veen -2,5 tot -5,5	Klei, zwak siltig -5,5 tot -12,0
γ_{sat}	[kN/m^3]	11,0	14,9
E_{50}^{ref}	[kN/m^2]	1.800	3.600
E_{oed}^{ref}	[kN/m^2]	920	1.620
E_{ur}^{ref}	[kN/m^2]	5.000	10.000
m	[-]	0,9	0,9
φ'	[]	20,0	25,0
c'	[kN/m^2]	3,0	5,0
K_0^{nc}	[-]	0,66	0,58

De parameter K_0^{nc} kan niet worden bepaald uit de laboratoriumproeven. De waarde van K_{NC} is bepaald met de formule van Jaky : $K_0^{NC} = 1 - \sin \varphi'$. Verder wordt aangenomen dat de Poisson-verhouding voor ontlasten / herbelasten 0,2 is (standaardwaarde).

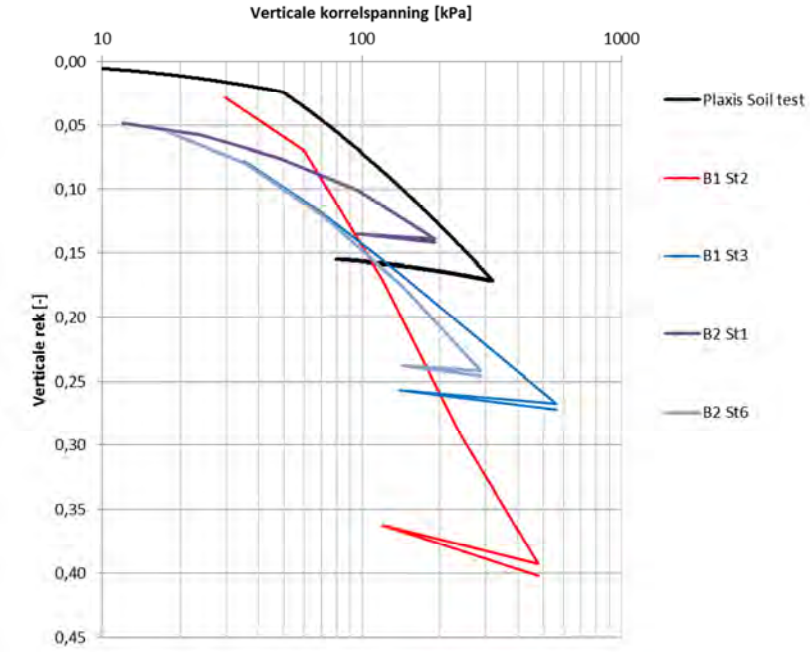
Voor het bepalen van E_{ur}^{ref} is de volgende relatie gebruikt:

$$E_{ur}^{ref} = 3 \cdot E_{50}^{ref}$$

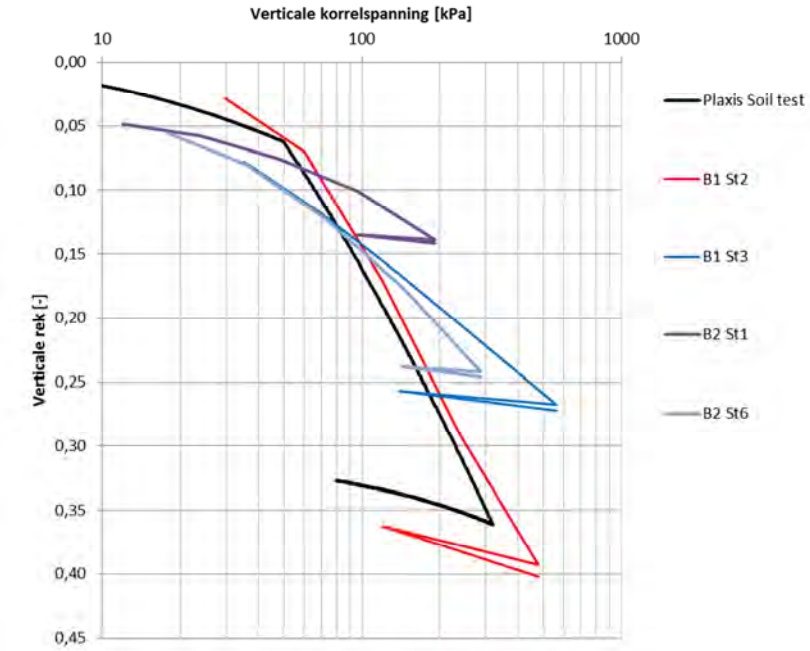
De ontlaststijfheid E_{ur}, bepaald uit een samendrukkingsproef, lijkt niet geheel betrouwbaar omdat de monsters mogelijk verstoord zijn en is derhalve niet gefit met behulp van de Plaxis Soil Test.

Met de gekozen parametersets voor veen en klei zijn vervolgens simulaties van samendrukkingsproeven uitgevoerd met de Plaxismodule Soil Test en vergeleken met de uitgevoerde samendrukkingsproeven.

De simulaties met proefresultaten zijn gegeven in figuur 3-2 en figuur 3-3 voor respectievelijk de holocene veen- en kleilaag. De samendrukbaarheid zonder kruipinvloed bij spanningen groter dan de grensspanning wordt bepaald door de helling van de curve vlak voor de ontlasttrap.



Figuur 3-2: kleilaag verticale korrelspanning tegen verticale rek



Figuur 3-3: veenlaag verticale korrelspanning tegen verticale rek

Beide figuren laten zien dat de gekozen parameterset redelijk aansluit op het gedrag dat is bepaald uit samendrukkingsproeven.

Voor de holocene veen- en kleilaag is gekozen voor het Hardening Soil small strainmodel waarin geen kruipbijdrage zit. Voor de ondiepe lagen is met name het ongedraineerde gedrag tijdens het aanbrengen van het funderingssysteem van belang en spelen kruipeffecten een minder belangrijke rol.

3.3 Onderbouwing parameters diepe klei/leemlagen

De samendrukbaarheid en dikte van de diepe kleilaag speelt een overheersende rol in het vervormingsgedrag van deze laag en de invloed hiervan op de tunnelconstructie. Voor de diepe kleilaag zijn oriënterende berekeningen gemaakt met diverse grondmodellen; Soft Soil Creep-model, Soft Soil-model en het HS-model. De resultaten van ééndimensionale samendrukkingsberekeningen zijn vergeleken met het resultaat van een NEN-Bjerrum isotachenberekening.

Een 8 tal CRS proeven op de klei / leemlaag zijn uitgevoerd. De resultaten van de proeven zijn gegeven in de rapportage van het laboratoriumonderzoek en zijn samengevat in tabel 3-3.

De grondparameters van de diepe klei/leemlagen zijn bepaald aan de hand van de uitgevoerde CRS-proeven. Voor elke parameter is een gemiddelde waarde uit de proefverzameling berekend. In tabel 3-3 is een overzicht van de proefresultaten gegeven.

Tabel 3-3: CRS proeven op Kedichem B1

Monsternr.	Diepte [m+/-NAP]	Conus-weerstand [MPa]	CR [-]	RR [-]	C_α [-]	Grens-spanning [kPa]	In-situ verticale korrelspan-ning [kPa]	OCR [-]
ST2	-26,2	2,5	0,0769	0,0018	0,0039	295	220	1,3
ST5	-28,1	2,5	0,1191	0,0013	0,0038	312	240	1,3
ST12	-31,6	2,5	0,0629	0,0001	0,0017	391	260	1,5
ST15	-32,7	2,5	0,0952	0,0007	0,0026	559	270	2,1
ST22	-37,8	4,0	0,0653	0,0026	0,0014	515	320	1,6
ST23	-38,3	4,0	0,1107	0,0054	0,0026	696	320	2,2
ST27	-52,1	4,0	0,0546	0,0020	0,0040	751	450	1,7
ST31	-55,1	3,5	0,0900	0,0051	0,0063	746	480	1,6

Voor het bepalen van λ^* en κ^* uit NEN-Bjerrumparameters zijn de volgende omrekenformules gebruikt:

$\lambda^* = 1 / \ln(10) \cdot CR$
$\kappa^* = 2 / \ln(10) \cdot RR$
$\mu^* = 1 / \ln(10) \cdot C_\alpha$

λ^* = Samendrukkingsindex, bepaalt de stijfheid van het materiaal bij primaire belasting
κ^* = Zwellingsindex, bepaalt de stijfheid van het materiaal bij ontlasting en herbelasting (elastisch gedrag)
μ^* = gemodificeerde kruipindex

De Soft Soil Creep parameters zijn gegeven in tabel 3-4.

Tabel 3-4: Soft Soil creep parameters diepe klei/leem lagen

Nieuwe set NEN Bjerrum	SSC
RR = 0,015	$\lambda^* = 0{,}038$
CR = 0,088	$\kappa^* = 0{,}013$
$C_\alpha = 0{,}0027$	$\mu^* = 0{,}001$
OCR = 1,7 (laag 5) 2,0 (7, 9, 11 en 14)	OCR = 1,7 (laag 5) 2,0 (7, 9, 11 en 14)

De ratio voor ontlasten/belasten λ^* / κ^* bedraagt ca. 3. De kruip ratio $(\lambda^* - \kappa^*) / \mu^*$ is relatief hoog en bedraagt 25.

3.4 Bodemschematisatie en grondlaagindeling

Het aanvullend grondonderzoek heeft bestaan uit 8 sonderingen en 1 mechanische boring tot ca. NAP -60,0 m. Op basis van het aanvullend grondonderzoek wordt een zandlaag tussen 40 en 50 meter diepte aangetroffen met daaronder een klei-/leemlaag.

Om inzicht te krijgen in de variatie van de bodemopbouw zijn lengteprofielen gemaakt aan de noord- en zuidzijde van de kunstwerken. De lengteprofielen zijn opgenomen in bijlage(n) A2 en A3 van voorliggend rapportage. De bodemschematisatie voor de analyses is gegeven in tabel 3-5.

Tabel 3-5: bodemschematisatie Plaxismodel

Nr.	Grondsoort	Bovenkant grondlaag [NAP +/- m]	Laagdikte [m]
1	Toplaag	-1,5	1,0
2	Veen	-2,5	3,0
3	Klei, zw siltig	-5,5	6,5
4	Zand mv	-12,0	11,3
5	Klei / Leem	-23,3	1,7
6	Zand, kleiig	-25,0	1,0
7	Klei / Leem	-26,0	4,2
8	Veen	-30,2	0,3
9	Klei / Leem	-30,5	3,5
10	Zand mv	-34,0	2,0
11	Klei / Leem	-36,0	2,7
12	Zand met leemlagen	-38,7	5,3
13	Zand mv	-44,0	7,0
14	Klei / Leem	-51,0	5,0
15	Zand mv	-56,0	-

4. RESULTATEN

4.1 Beïnvloeding tunnelbak t.g.v. fundatie KW3 en KW4 ondiep/diep

In Plaxis zijn doorsneden in dwarsrichting loodrecht op het spoor en in langsrichting evenwijdig aan het spoor gemaakt om de verticale en horizontale vervormingen binnen het eindige-elementenmodel te bepalen. Voor twee funderingsvarianten (variant A schoorpalen en variant C Tubex groutinjectiepalen) is in Plaxis 3D een berekening gemaakt en zijn de horizontale- en verticale vervormingen binnen het eindige-elementen model bepaald ten gevolge van de permanente belasting uit de vier landhoofden gezamenlijk. De vervormingen zijn in het Plaxismodel bepaald op tunnelvloerniveau; ter plaatse van de bovenkant van de tunnelwand zijn de vervormingen over het algemeen groter en waarschijnlijk niet maatgevend. De vervormingsfiguren voor ondiep funderen zijn in de bijlage(n) A6 opgenomen.

Tabel 4-1: Resultaten vervormingen per variant op tunnelvloerniveau

Variant	Maximale verticale vervorming funderings variant kunstwerk u_z	Maximale horizontale vervorming tunnel-vloerniveau u_y	Maximale verticale vervorming palen onder tunnel u_z	Met kruip-vervorming
Variant A – 2 paaljukken met schoorpalen *Ondiep funderen ppn NAP -18,0 m*	5,8 mm 6,7 mm	0,4 mm 0,4 mm	4,5 mm 5,3 mm	nee ja
Variant C – baretten *Ondiep funderen ppn NAP -18,0 m*	6,5 mm 7,4 mm	0,4 mm 0,4 mm	4,5 mm 5,5 mm	nee ja
Variant A – 2 paaljukken met schoorpalen *Diep funderen ppn NAP -45,0 m*	1,8 mm 1,8 mm	0,1 mm 0,1 mm	0,7 mm 1,2 mm	nee ja
Variant C – baretten *Diep funderen ppn NAP -45,0 m*	2,4 mm 2,5 mm	0,1 mm 0,1 mm	0,7 mm 1,3 mm	nee ja

De maximale verticale vervorming van de tunnelconstructie / palen voor ondiep funderen voor Tubexgroutinjectie en baretten bedraagt respectievelijk ca. 5,3 mm en 5,5 mm. Dit is inclusief kruipbijdrage (ca. 22%). Op basis van de analyses wordt verwacht dat de horizontale vervorming van de tunnelvloer, loodrecht op de tunnelas, minder dan 1 mm is voor ondiep funderen. Voor de variant met de voorste palen te lood (variant B) wordt ordegrootte dezelfde vervorming verwacht als variant A.
Uit de resultaten is te zien dat door stijfheidsverschillen het kop- en veldmoment in de palen van de tunnel licht toeneemt. Uit de voorgaande 2D analyses is opgemerkt dat ten gevolge van de paalpuntbelasting de tunnelbak in zijn geheel mee zal vervormen. De verwachting was dat er een gelijkmatig verdeelde verticale vervorming van de moten optreedt ten gevolge van de relatief grote stijfheid van de tunnelbak en dat er geen verticaal vervormingsverschil over de voegen plaatsvindt. Uit Plaxis 3D analyses blijkt dat ter plaatse van KW4 de horizontale vervorming niet geheel constant is. Dit komt door de palen onder het landhoofd die ten gevolge van hoge paalbelastingen verticaal zullen vervormen door samendrukking

van de laag van Kedichem. De belasting die aangrijpt tussen de moten zorgt ervoor dat er een geringe horizontale verschuiving van minder dan 0,5 mm over de voegen plaatsvindt.

4.2 Installatie-effecten op tunnelbak

Bij toepassing van diepwandpanelen of Tubex groutinjectiepalen direct naast een fundering moet rekening worden gehouden met de invloed die het aanbrengen van de funderingselementen op de bestaande fundering heeft. Ten einde de ordegrootte van negatieve beïnvloeding te bepalen zijn berekeningen gemaakt van het maken van TubexTubexpalen of baretten naast de fundering en constructie van de spoortunnel.

Voor deze analyses is voor de diepere grondlagen voor het Hardening soil model gekozen omdat deze grondlagen in de berekening een minder belangrijke rol spelen.

De analyses geven aan welke installatie-effecten in trend te verwachten zijn op de vervorming van de tunnelmoten.

Modelering grondverdringing Tubexpaal

De horizontale opspanning van de grond rondom één Tubexpaal Ø 0,65 m is benaderd door een cilinder te modelleren met een diameter gelijk aan 1,3 m waaraan een volumerek $\varepsilon_{vol;enkele\ paal}$ van 25% is opgelegd. Hiermee wordt een volume grond verdrongen ter grootte van de inhoud van de te maken Tubexpalen. Op deze manier wordt de spanningstoestand waarin de grond rondom de Tubexpaal zich bevindt enigszins redelijk beschreven.

Er zijn 10 st Tubexpalen gemodelleerd met een h.o.h. afstand van 1,5 m. Voor een rij palen is de berekening gedraineerd uitgevoerd. Een rij van 10 st Tubexpalen is in Plaxis op eenvoudige wijze geschematiseerd als een doorlopende wand waarbij een volumerek van ε_{vol} = 13% (= 10 x $\varepsilon_{vol;enkele\ paal}$ / V) is opgelegd.

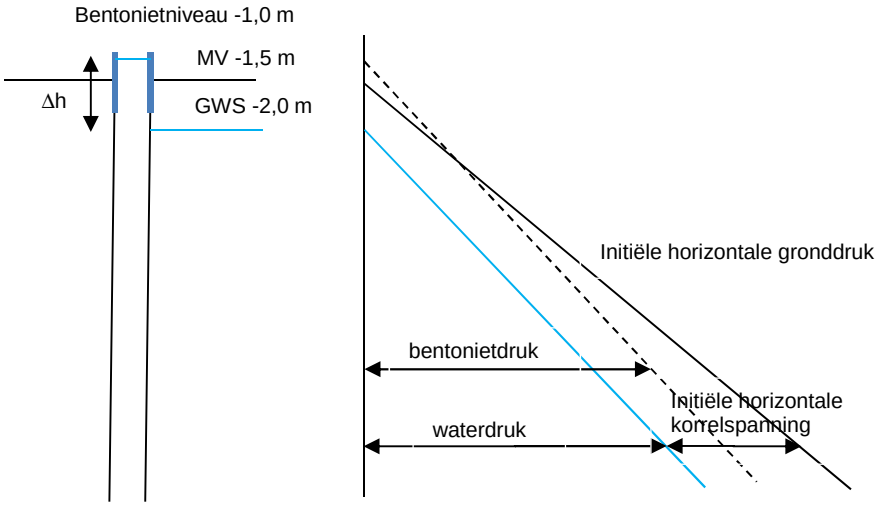
Modelering diepwand (baret)

In Plaxis is één baret gemodelleerd 1000 x 2800 mm met een hart-op-hart afstand van 4,0 m en een afstand van 5,2 m loodrecht op de rijrichting van het spoor. De berekening is ongedraineerd uitgevoerd. De baret is op een ongunstige locatie van de tunnelbak gemodelleerd zodanig dat er volledig krachtsafdracht op één hele moot plaatsvindt.

Als sleufbreedte is in het Plaxismodel 1,0 m x 2,8 m aangehouden. De onderkant van de baret is gemodelleerd op NAP -18,0 m. In de berekening is verder geen rekening gehouden met een bovenbelasting naast de diepwandsleuf.

In de eerste berekeningsfase is de ontgraving van de diepwand op reële wijze gemodelleerd. De ontgraven sleuf wordt met een steunvloeistof, bentoniet, gevuld om de stabiliteit van de sleuf te waarborgen. De berekening is volledig ongedraineerd uitgevoerd om de kortetermijneffecten te beschouwen.

Het niveau van de steunvloeistof is 1 m boven de grondwaterstand op NAP -1,0 m aangenomen. Het volumiek gewicht γ van de steunvloeistof is lineair 10,3 kN/m^3 met de diepte aangenomen. Dit is verduidelijkt in onderstaand figuur 4-1.



Figuur 4-1: Niveau steunvloeistof in Plaxis

In een opvolgende fase is een vloeistofdruk gemodelleerd met een γ van 24 kN/m^3 zijnde een onverharde beton met een hoogte van 3,0 m en verhard beton tot onderkant diepwand. Het verharde beton is gemodelleerd met Mohr-Coulomb materiaaleigenschappen en met lage sterkte-eigenschappen: een cohesie c' = 1000 kPa, een hoek van inwendige wrijving φ' = 0 en een elasticiteitsmodulus E' = $20 \cdot 10^6$ kN/m^2. In de laatste berekeningsfase is grond vervangen door betoneigenschappen (lineair elastisch materiaalgedrag E' = 30 MPa, γ van 24 kN/m^3 en een ν = 0,20). Voor het definitief ontwerp, toetsing sleufstabiliteit en uitvoering van de diepwandpanelen wordt verwezen naar het CUR handboek 231 diepwandpanelen.

Resultaten

De resultaten van de installatie-effecten met het computerprogramma Plaxis 3D zijn samengevat voor een diepwandpaneel en een rij Tubexpalen. Gekeken is naar de berekende verplaatsing op tunnelvloerniveau ten gevolge van het maken van één rij funderingselementen aan één zijde van de spoortunnel. De resultaten voor een diepwandpaneel en rij Tubexpalen zijn samengevat in respectievelijk tabel 4-2 en tabel 4-3.

Tabel 4-2: Resultaten van de berekeningen met Plaxis 3D – diepwandpaneel (ongedraineerde berekening)

Fase	Maximale totale verplaatsing op tunnelvloerniveau	
	y-richting	z-richting
Ontgaven sleuf bentonietdruk	< 0,1 mm	< 0,1 mm
Betondruk van MV tot NAP -4,5 m	< 0,1 mm	< 0,1 mm
Diepwand gereed (beton verhard)	< 0,1 mm	< 0,1 mm

Tabel 4-3: Resultaten van de berekeningen met Plaxis 3D – rij Tubexpalen (gedraineerd)

Fase	Maximale totale verplaatsing op tunnelvloerniveau	
	y-richting	z-richting
Eénzijdige opspanning grond (volumeverdringing)	5,8 mm	3,7 mm (omhoog)
Vervormingsverschil over voeg	0,5 mm	0,3 mm

De berekende verplaatsingen van de tunnelvloer ten gevolge van het maken van een enkel diepwandpaneel zijn uiterst gering, totale verticale en horizontale verplaatsing geringer dan 0,1 mm.

De berekende verplaatsingen van de tunnelvloer ten gevolge van het maken van een rij Tubexpalen is aanzienlijk groter. Dit wordt veroorzaakt door met name horizontale verdringing van het volume van de ingebrachte palen. In horizontale richting is de verplaatsing van de tunnelbak gericht vanaf de palenrij loodrecht op de tunnelas. De berekening betreft het gevolg van het éénzijdig aanbrengen van één rij palen die het dichts langs de tunnel zijn geprojecteerd voor één landhoofd. De invloed van het aanbrengen van de overige palenrijen bij hetzelfde landhoofd is naar verwachting gering in verband met de grotere afstand tot de spoortunnel en afschermende werking van reeds aangebrachte palen indien de overige palenrijen na de eerste rij worden gemaakt. De invloed bij de overige landhoofden is gelijk en de totale beïnvloeding op de tunnelbak wordt bepaald door de enkele invloeden te sommeren rekening houdend met de tegengestelde horizontale verplaatsingsrichting van palenrijen aan weerszijde van de spoortunnel. De horizontale vervorming van de tunnelvloer kan worden beperkt door het aanbrengen van palen, symmetrisch, aan weerszijden van de tunnel, het toepassen van ontlastboringen of toepassing van een niet of minder grondverdringend paalsysteem.

Opgemerkt wordt dat verplaatsingen die voortkomen uit de uitvoering, anders dan de verplaatsingen die voorkomen uit het ontgraven van de sleuven, in de berekening niet zijn meegenomen.

In het rekenmodel is de aanwezigheid van de onderwaterbetonvloer niet meegenomen. Verwacht wordt dat een onderwaterbetonvloer een sterke reductie geeft van horizontale en verticale vervormingsverschillen over de voegen tussen de moten.

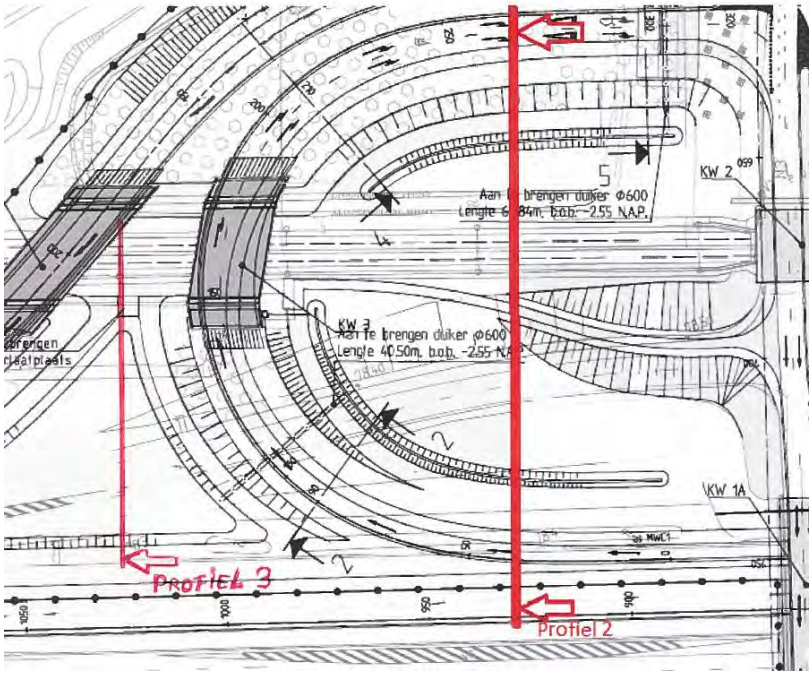
Voor de diepe variant worden ordegrootte dezelfde installatie-effecten verwacht.

4.3 Waterpartijen effect Sophia-spoortunnel

In het ontwerp van A15/N3 staan de volgende punten genoemd:

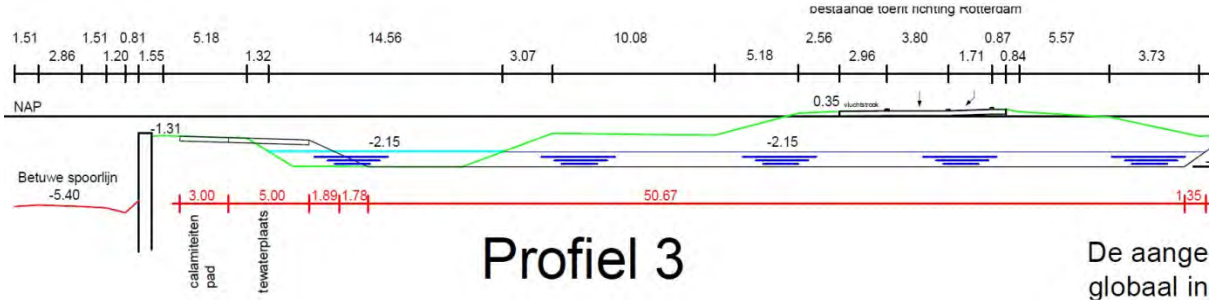
- het dempen van de bestaande waterpartij ten zuiden van de tunnel
- het realiseren van een nieuwe waterpartij ten zuiden van de tunnel
- en het verplaatsen van een watergang ten noorden van de tunnel

Voor het verplaatsen van de watergang ten noorden van de tunnel en het dempen van de watergang verdient het de voorkeur dit met lichtgewicht materiaal (bijvoorbeeld Argexkorrels) uit te voeren. Het effect op de tunnelconstructie zal beperkt blijven. Het opgestelde 3D-model is gebruikt om verder effecten ten aanzien van het verwijderen van ophogingen te onderzoeken op de tunnelconstructie. Door Rijkswaterstaat zijn twee maatgevende lengteprofielen geleverd. Een bovenaanzicht met hierin de locatie van de dwarsprofielen is weergegeven in figuur 4-2.



Figuur 4-2: Bovenaanzicht nieuwe situatie met locatie profielen

Bij profiel 3 wordt op ca. 5 à 6 m afstand vanaf de tunnelbak een bestaande watergang verbreed. De bestaande toerit zal in zijn geheel worden verwijderd. Een profieltekening hiervan is weergegeven in figuur 4-3. De groene lijn geeft de bestaande situatie weer.

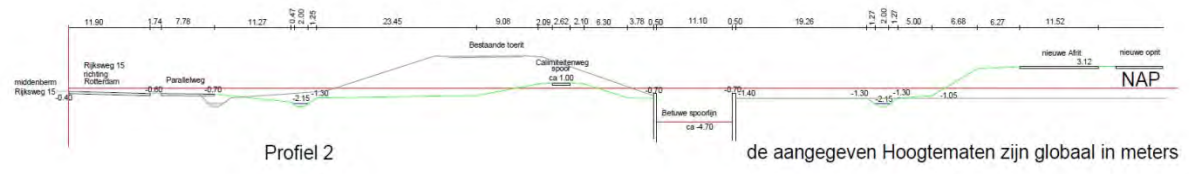


Figuur 4-3: Lengteprofiel 3 – realiseren nieuwe waterpartij zuidzijde (bron: aangeleverde tekening RWS)

In deze situatie ontstaat een geringe spanningsverandering in de ondergrond en zal de invloed op de tunnelconstructie gering zijn. Voor lengteprofiel 3 zijn derhalve geen aparte Plaxisberekeningen uitgevoerd. De verandering bij profiel 3 wordt grotendeels beschreven met het 3D-model dat voor profiel 2 is opgesteld.

Verwijderen bestaande afrit

Ter plaatse van dwarsprofiel 2 wordt de bestaande afrit voor een belangrijk deel verwijderd. Dit gebeurt over een aanzienlijke lengte min of meer evenwijdig aan de spoortunnel.



Figuur 4-4: Lengteprofiel 2 – verwijderen bestaande afrit (bron: aangeleverde tekening RWS)

In het Plaxis 3D model is de grondverwijdering gemodelleerd door in lengterichting evenwijdig aan het spoor een ophoging met een lengte van ca. 150 m en een breedte van ca. 48 m te modelleren waarvoor de initiële spanningstoestand in de grond is berekend. Vervolgens is de invloed van het verwijderen van dit grondlichaam bepaald.

In Plaxis is de volgende fasering aangehouden:

0) initiële situatie middels een k_0 procedure
1) tunnel met interfaces gemodelleerd
2) aanbrengen ophoging
3) kruipfase 10.000 dagen (ca. 30 jaar)
4) verwijderen ophoging
5) kruipfase 10.000 dagen (ca. 30 jaar)

In de berekening is aan de kruin van de ophoging voor de holocene lagen een bodemprofiel conform tabel 3-5.

Tabel 4-4: bodemschematisatie Plaxismodel (basis: DKMP5 project nr. 1015-0267-001)

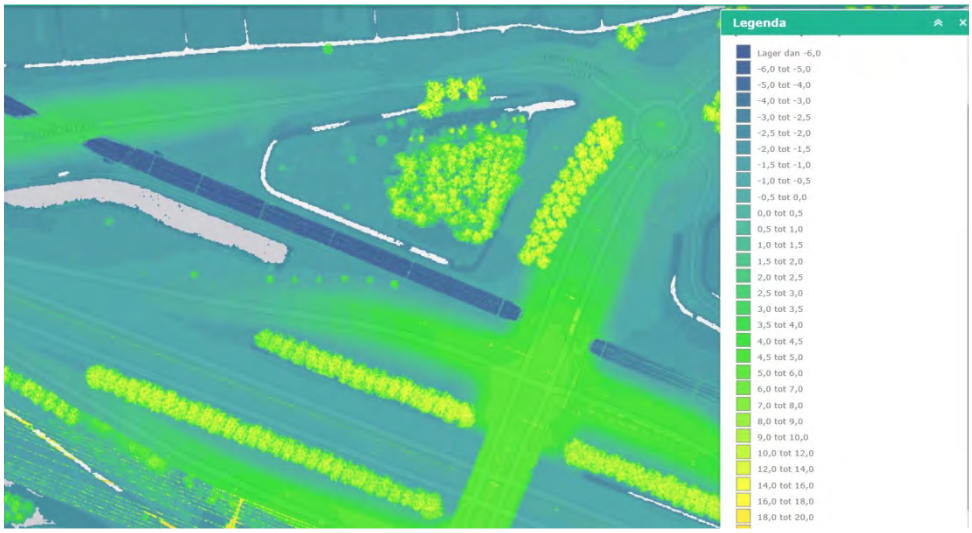
Nr.	Grondsoort	Bovenkant grondlaag [NAP +/- m]	Laagdikte [m]
1	Zand ophoging	-1,5	7,0
2	Veen	-8,0	2,0
3	Klei, zw siltig	-10,0	2,0

De zandophoging is gemodelleerd met Mohr Coulomb met een toenemende stijfheid met de diepte. Gebleken is dat toepassing van dit model voor de zandophoging leidt tot een stabieler rekenproces.

Tabel 4-5: MC-model invoerparameters

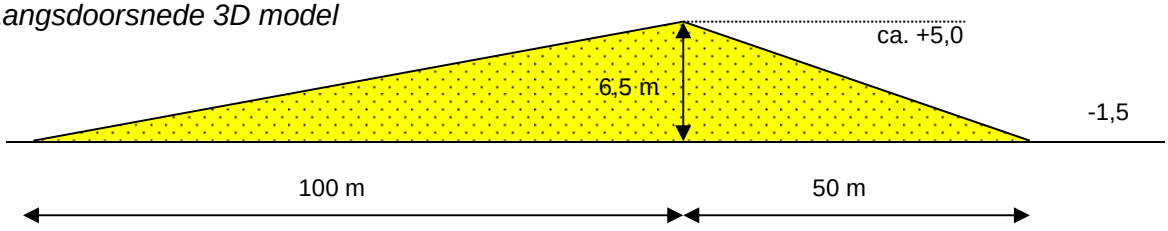
γ_d/γ_{nat} [kN/m^3]	E' [kN/m^2]	ν [-]	c_{ref} [kN/m^2]	φ [°]	ψ [°]	E'$_{inc}$ [kN/m^2]	y^{ref} [m]
18/20	5000	0,3	1	32,5	2,5	1000	+5,0

De hoogtegegevens van de bestaande toerit zijn uit AHN gehaald (zie figuur 4-5). De hoogte bedraagt ca. NAP +5,0 m à NAP +5,2 m. De teen van de talud van de ophoging is gemodelleerd op 2 m afstand vanaf de tunnelrand in tegenstelling tot figuur 4-4.

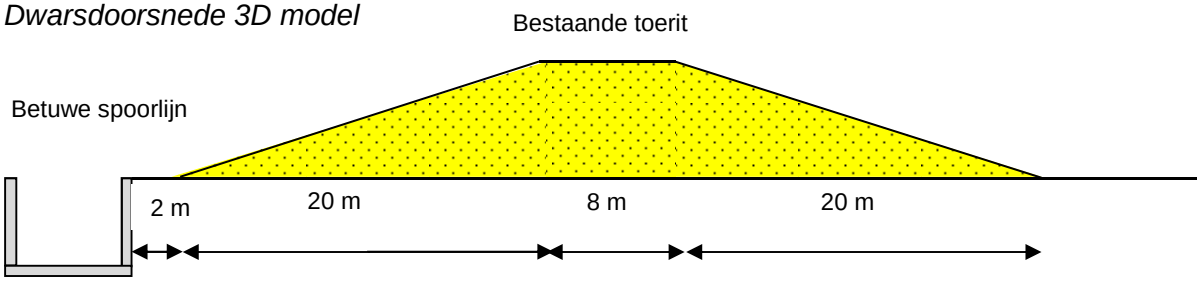


Figuur 4-5: Hoogtekaart bestaande situatie (bron: www.ahn.nl)

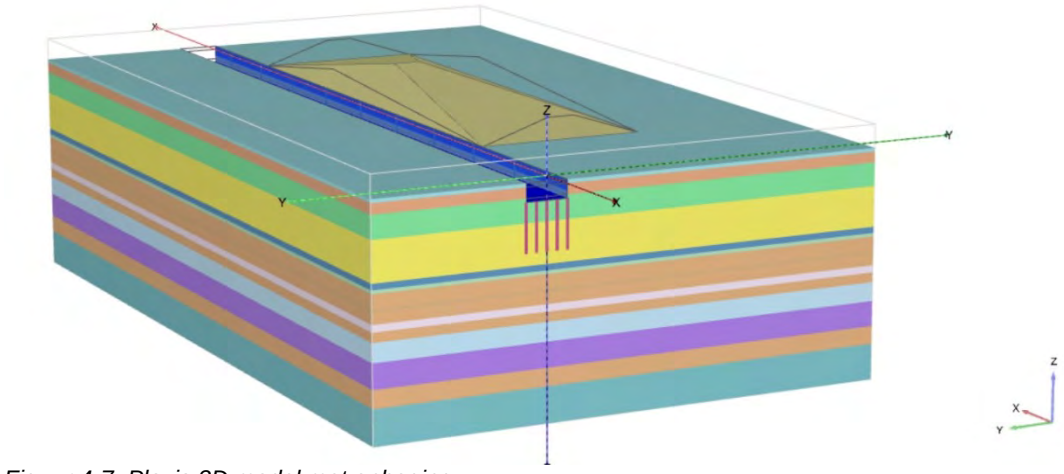
Langsdoorsnede 3D model



Dwarsdoorsnede 3D model



Figuur 4-6: Modelering grondlichaam in Plaxis 3D



Figuur 4-7: Plaxis 3D model met ophoging

De verplaatsingen in y en z-richting is samengevat in tabel 4-6.

Tabel 4-6: Resultaten van de berekeningen met Plaxis 3D – verwijderen ophoging

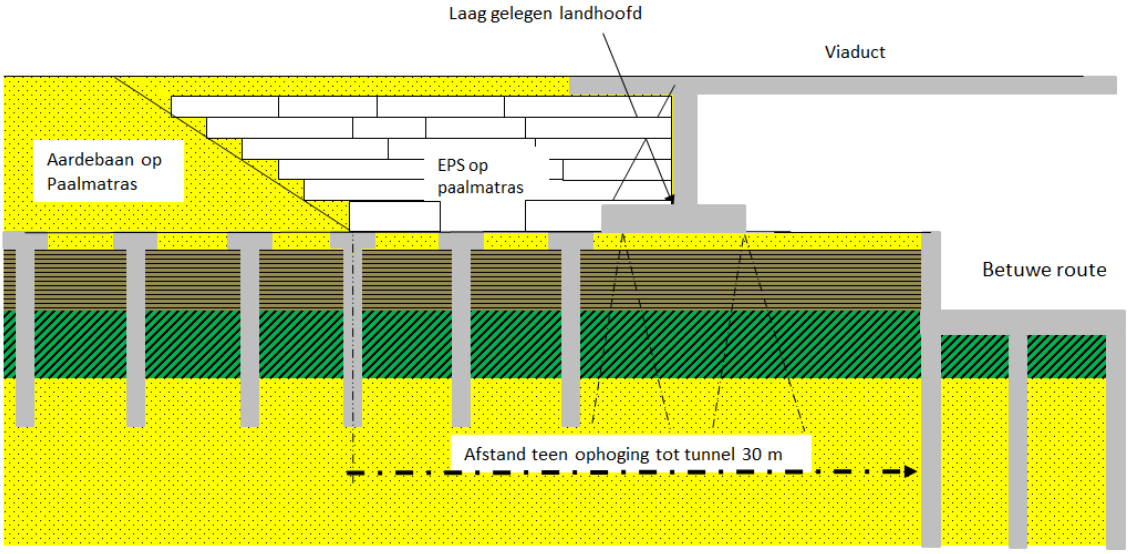
Fase	Totale verplaatsing op tunnelvloerniveau		Zwel / rijzing holocone lagen
	y-richting	z-richting	z-richting
Na verwijderen ophoging	0,7 mm	11 mm (opwaarts)	15 cm

Door het verwijderen van de belasting is onder de ophoging ca. 15 cm rijzing / zwel berekend van de holocene klei/veenlagen, zoals weergegeven in tabel 4-6.

In de praktijk zal rijzing mogelijk minder zijn omdat de klei/veen lagen ter plaatse van de toerit mogelijk sterk samengedrukt zijn. De berekende verticale en horizontale vervorming van de tunnelconstructie is relatief groot en ontoelaatbaar. Geadviseerd wordt om de ontgraving van de bestaande afrit te beperken.

4.4 Paalmatrassysteem aardenbaan

Voor de nieuwe aardenbaan ten noorden van de Sophiaspoortunnel is in Fugro-rapport 1015-0267-000_31.R02_v3a aangegeven dat bij toepassing van een zandlichaam op een paalmatrassysteem de vervormingen van de bestaande spoortunnel binnen de gestelde grenzen vallen. Ter plaatse van de aansluitingen op KW3 en KW4 is een lichtgewicht overgangsconstructie benodigd. Hier kan gedacht worden aan een EPS-constructie op een paalmatras zoals aangegeven in bovengenoemd rapport en Figuur 4-8. De uitvoeringswijze van het realiseren van het kunstwerk en aansluitende aardebanen dient zodanig te worden gekozen dat de vervormingen van de bestaande spoortunnel aantoonbaar binnen de aangegeven grenzen vallen.



Figuur 4-8: Schets van de oplossing aansluiting aardenbanen KW3 en KW4

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit de 3D eindige-elementenanalyses is meer inzicht verkregen in de spanningsveranderingen en deformaties in grond en de spoortunnelconstructie ten gevolge van de aanleg van KW3 en KW4 die onderdeel uitmaken van het project A15/N3. Voor beide kunstwerken zijn twee type funderingssystemen met zowel een ondiep als diep aanlegniveau van de paalfundering nader uitgewerkt. Spanningsveranderingen en deformaties zijn bepaald en geanalyseerd met behulp van het eindige-elementenprogramma Plaxis 3D. De berekeningen zijn uitgevoerd voor twee type funderingssystemen; baretten (diepwandpanelen) en Tubexgroutinjectiepalen voor zowel ondiep als diep funderen. Daarnaast is gekeken naar installatie-effecten en andere effecten die mogelijk een negatief invloed kunnen hebben.

De analyses in de vorige, opgeleverde, fase betroffen 2D-berekeningen en zijn gebaseerd op niet locatie-specifieke gemiddelde parameters en opbouw van de Kedichemformatie.

Door ProRail zijn grenswaarden opgegeven voor de maximale vervorming van de tunnelconstructie van de inrit van de Sophiaspoortunnel.

- Verticale vervorming: 5 mm
- Horizontale vervorming: 1,5 mm

Aangenomen is dat deze vervormingscriteria van toepassing zijn op de tunnelvloerconstructie.

Berekeningsresultaten
Voor beide funderingssystemen geldt dat de berekende horizontale vervorming inclusief kruip op hoogte tunnelvloer ten gevolge van de permanente belasting uit KW3 en KW4 bij ondiep funderen ca. 1 mm bedraagt. De berekende maximale verticale vervorming (zakking) inclusief kruip op hoogte tunnelvloer bedraagt ca. 5 à 6 mm. Ter plaatse van de voegen treedt een maximaal horizontaal verplaatsingsverschil op van minder dan 0,5 mm. Uit analyses blijkt dat de verticale vervormingen op de tunnelvloerniveau indien gekozen wordt voor diep funderen orde 1 mm bedraagt; de horizontale vervorming op tunnelvloerniveau is nihil.

Uit de analyses lijkt het erop dat toepassing van baretten net een iets ongunstiger resultaat geven met betrekking tot horizontale en verticale vervorming op de tunnelconstructie door samendrukking van de laag van Kedichem.

Indien gekeken wordt naar installatie-effecten worden bij Tubexgroutinjectiepalen meer horizontale vervorming berekend ten gevolge van volumeverdringing dan bij het ontgraven van sleuven voor diepwandpanelen. De berekende horizontale vervorming van de tunnelvloer van één rij Tubexgroutinjectiepalen voor één landhoofd voldoet niet aan de gestelde eisen. Aanvullende maatregelen zijn nodig om de totale verticale en horizontale vervorming van de tunnelvloer te beperken. Gedacht kan worden aan:

- symmetrisch, aan weerszijden van de tunnel, aanbrengen van palen en het toepassen van ontlastboringen samen met monitoring
- toepassing van een niet of minder grondverdringend paalsysteem.

Op basis van de uitkomsten van de 2D- en 3D-berekeningen kan worden geconcludeerd dat de horizontale en verticale vervormingen aanzienlijk minder zijn dan in de voorgaande fase met Plaxis 2D berekend.

Een opsomming van verklaringen voor de verschillen tussen 2D- en 3D-berekeningen is als volgt:

- Er zijn in de 3D-berekeningen lagere paalbelastingen aangehouden. Alleen permanente belastingen zijn meegenomen, dynamische belastingen (verkeer) zijn in de zettingsberekeningen niet meegenomen. Deze laatste belastingen geven geen bijdrage aan de vervorming van de Kedichemformatie.
- Uit de CRS-proeven is een wat slapper gedrag van klei-/leemlagen afgeleid; de kruipbijdrage is echter relatief minder geworden.
- Gunstige belastingspreiding door 3D-effecten.
- Gunstige spreiding door buigstijfheid tunnelconstructie en schijfwerking tunnelvloer.

Toepassing van een ondiep funderingssysteem is met betrekking tot de maximale vervorming van de tunnelbak onder invloed van de permanente belasting mogelijk en heeft de voorkeur omdat minder zwaar materieel benodigd is wat weer tot een negatieve beïnvloeding van de tunnelbak kan leiden. Voorgesteld wordt het criterium voor maximale verticale vervorming van de tunnelvloer te leggen op 6 mm.

Door het verwijderen van de ophoging van een afrit ten behoeve van het aanleg van een nieuwe calamiteitenweg is ca. 15 cm rijzing/zwel van de holocene klei/veenlagen berekend. In de praktijk zal rijzing mogelijk minder zijn omdat de klei- en veenlagen ter plaatse van de toerit mogelijk sterk samengedrukt zijn. De berekende verticale vervorming (rijzing) van de tunnelconstructie bedraagt 11 mm en is ontoelaatbaar; de horizontale vervorming is gering (0,7 mm). Geadviseerd wordt om de ontgraving van de bestaande afrit te beperken.

Tevens dient een waterpartij te worden aangelegd. De bijbehorende verticale en horizontale vervorming van de tunnelconstructie zijn hierbij sterk afhankelijk van de geometrie, positie en diepte van de waterpartij. Verwacht wordt dat de invloed op de tunnelconstructie van een dergelijke ontgraving gering is ten opzichte van de 6,5 m ontgraving van de afrit. Geadviseerd wordt hiervoor een nadere analyse met een 3D-model te maken.

Voor de nieuwe aardenbaan ten noorden van de Sophiaspoortunnel is in Fugro-rapport 1015-0267-000_31.R02_v3a aangegeven dat bij toepassing van een zandlichaam op een paalmatrassysteem de vervormingen van de bestaande spoortunnel binnen de gestelde grenzen vallen. Ter plaatse van de aansluitingen op KW3 en KW4 is een lichtgewicht overgangsconstructie benodigd. Hier kan gedacht worden aan een EPS-constructie op een paalmatras zoals aangegeven in bovengenoemd rapport en Figuur 4-8.

De uitvoeringswijze van het realiseren van het kunstwerk en aansluitende aardebanen dient zodanig te worden gekozen dat de vervormingen van de bestaande spoortunnel aantoonbaar binnen de aangegeven grenzen vallen.

Aanbevelingen m.b.t. monitoring

Om de invloed van de werkzaamheden tijdig op te merken en zoveel mogelijk te beperken wordt aanbevolen de invloed van de bouwwerkzaamheden op de omgeving te monitoren. Tevens kunnen de resultaten van deze monitoring in geval van conflicten uitkomst bieden doordat tijdens de werkzaamheden gegevens zijn verzameld omtrent de invloed op de omgeving. Door een goede monitoring kunnen vertragingen tijdens de bouw worden voorkomen.

Geadviseerd wordt de vervormingen ter plaatse van de tunnelconstructie, de spoorstaven en eventuele andere gevoelige objecten te monitoren tijdens de werkzaamheden. Dit kan door middel van voegverplaatsingsmeters te plaatsen tussen de tunnelmoten om eventuele vervormingen en hoekverdraaiingen meteen zichtbaar te maken.

6. REFERENTIES

[1] Rapport Sweco berekening paalbelasting, project no. 351865 d.d. 21 juli 2016
[2] Rapportage Laboratorium onderzoek Fugro, project no. 1015-0267-002.LR01 d.d. 16 september 2015
[3] Rapportage Fugro, project no. 1015-0267-003v3_a d.d. 18 januari 2016
[4] COB F200 – Praktijkonderzoek Sophiaspoortunnel, opgeleverd in de deelcommissie F210 Zwel 1999 t/m 2002

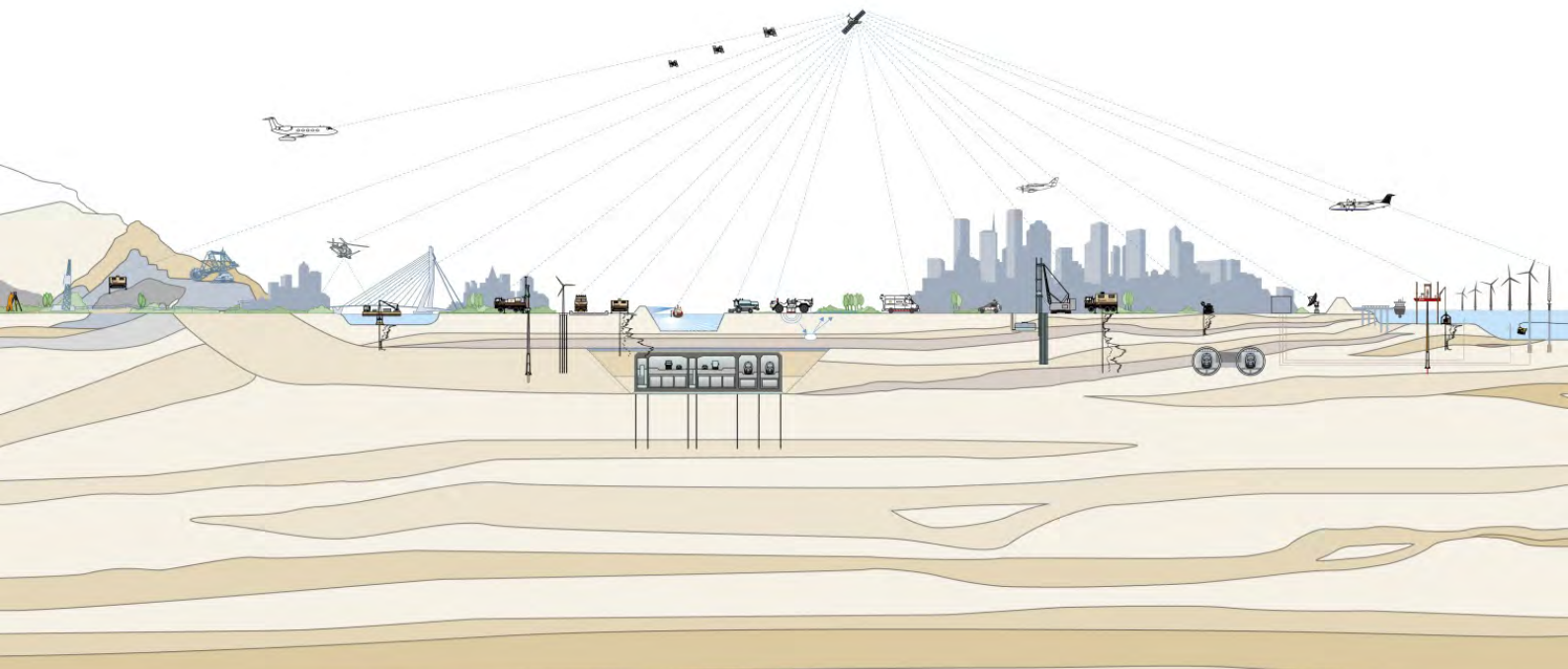
Bijlage(n)

RAPPORTAGE

GEOTECHNISCH VELDWERK
betreffende

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdrachtnummer: 1015-0267-004



RAPPORTAGE

GEOTECHNISCH VELDWERK
betreffende

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdrachtnummer: 1015-0267-004

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	11 augustus 2016		

FILE: 1015-0267-004_21.KRV01.doc

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies	Opdrachtnummer	1015-0267-004
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zuid-Holland Postbus 8185 3503 RD Utrecht	Datum rapportage	11 augustus 2016
		Uitvoeringsperiode	4 t/m 7, 18 en 29 juli 2016
Opgesteld door	Y.Ng		
Gecontroleerd door	B. Smit		
Projectleider	ir. F.J.M. Hoefsloot		
Documentnaam	1015-0267-004_21.KR01.doc		

Deze rapportage bevat de resultaten van het geotechnisch veldwerk dat ten behoeve van bovengenoemd project door Fugro GeoServices B.V. is uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten van dit onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Tot deze rapportage behoren de volgende bijlagen:
- Situatietekening
- Sonderingen
- Veldboorstaat
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit:
- 8 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand en met meting van de waterspanning tijdens het sonderen (DKMP);
- 1 mechanische boring;
- 6 dissipatietesten.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De bijgevoegde situatietekening is gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocaties.

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.

3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Wanneer de sonderingen gebruikt worden voor de toetsing van geotechnische constructies dient de aard en omvang van het grondonderzoek te voldoen aan 3.2.3 van NEN 9997-1.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is sondering DKM407 vroegtijdig gestaakt in verband met het bereiken van de maximale wegdrukkracht. Een nieuwe poging, sondering DKM407A, is wel tot de geplande diepte uitgevoerd.

Ook de sondering DKMP403, DKMP404, DKMP405 zijn niet op diepte gekomen in verband met het bereiken van de maximale wegdrukkracht

De sondeerlocaties zijn afgedicht met kleistaven.

4. BOREN

Het mechanisch boorwerk is verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis is verwijderd met behulp van een puls (niet cohesieve gronden, zand, grind) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden, klei, veen).

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

Tijdens het boren zijn geroerde monsters genomen en in het veld geclassificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters extra gedetailleerd geclassificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratoriumclassificatie, is de laboratoriumclassificatie bepalend. De classificatie van de grond is uitgevoerd conform NEN 5104.

Op basis van de sondeerresultaten is de diepte bepaald van de ongeroerde monsters. De ongeroerde monstername bij het mechanisch boren heeft plaatsgevonden door met een slaghamer (Ackermann) een steekbus te slaan. De steekbussen zijn dunwandige metalen bussen met een diameter van 70 mm en een lengte van 400 mm

5. (GROND)WATERSTAND

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in het boorgat aangetroffen op 0,9 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP -2,0 m. Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

6. KWALITEITSBORGING

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

Schaal 1 : 1000

\\fgsbv-fs01.fugro-nl.local\FGSBV-data\Projecten\10\1015-0267-004\21_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\1015-0267-004_1.dwg

Get. : YFN Datum: 11-08-2016 Versie : Revisie Datum:

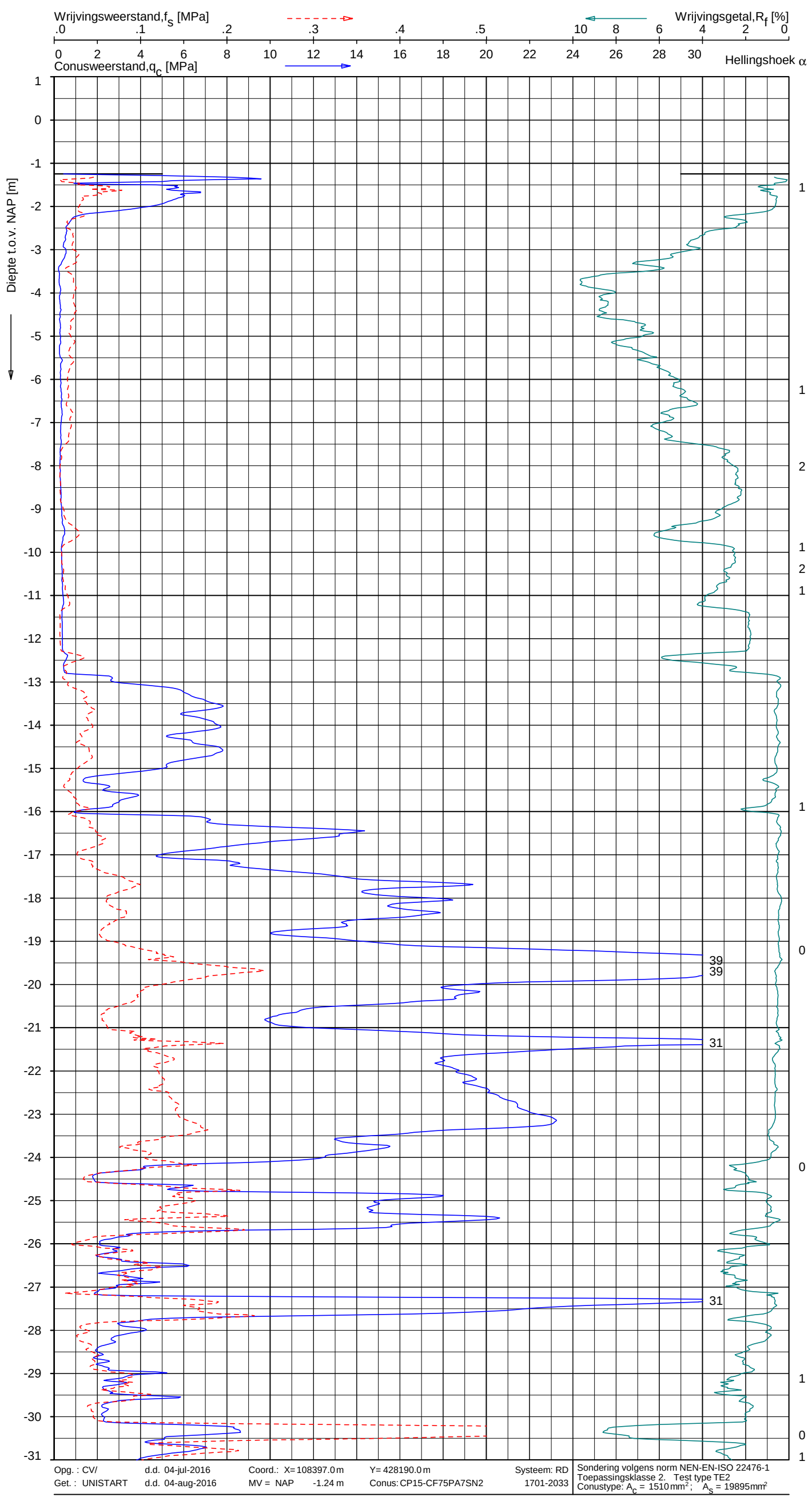
SITUATIE

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN

Opdr. : 1015-0267-004

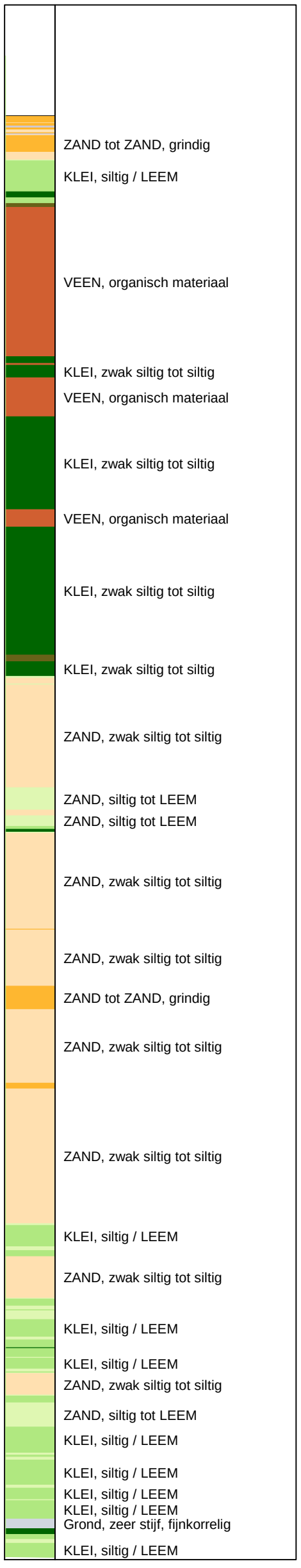
Bijl. : 1

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:20



Indicatieve bodembeschrijving

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

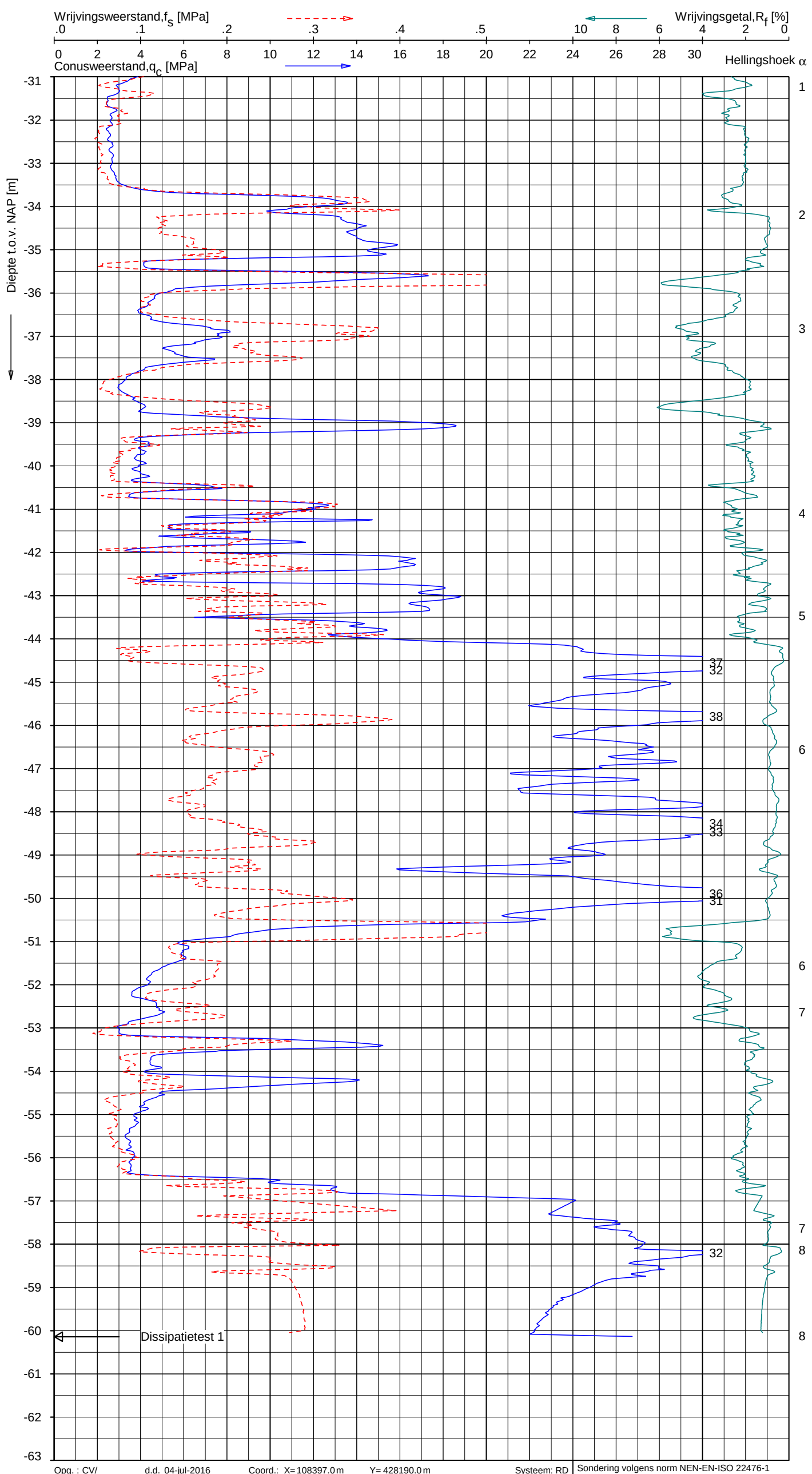


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

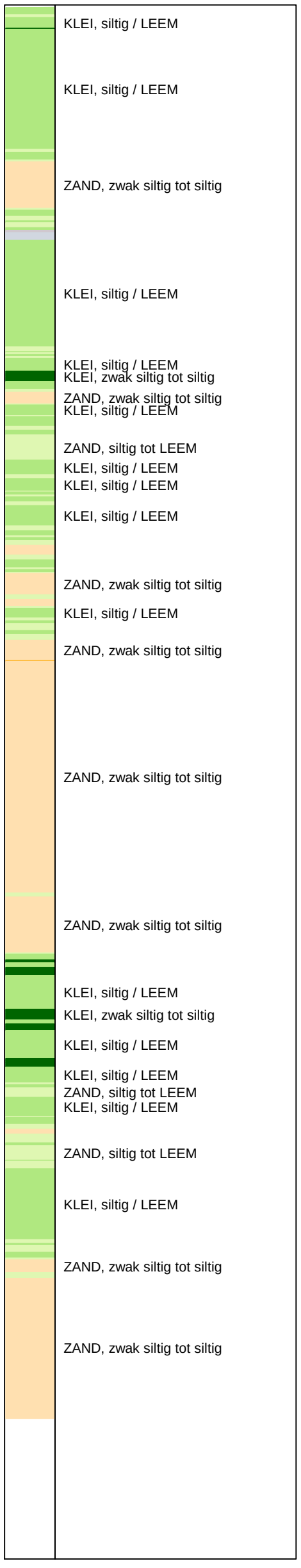
Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP401

1015-0267-004



Indicatieve bodembeschrijving

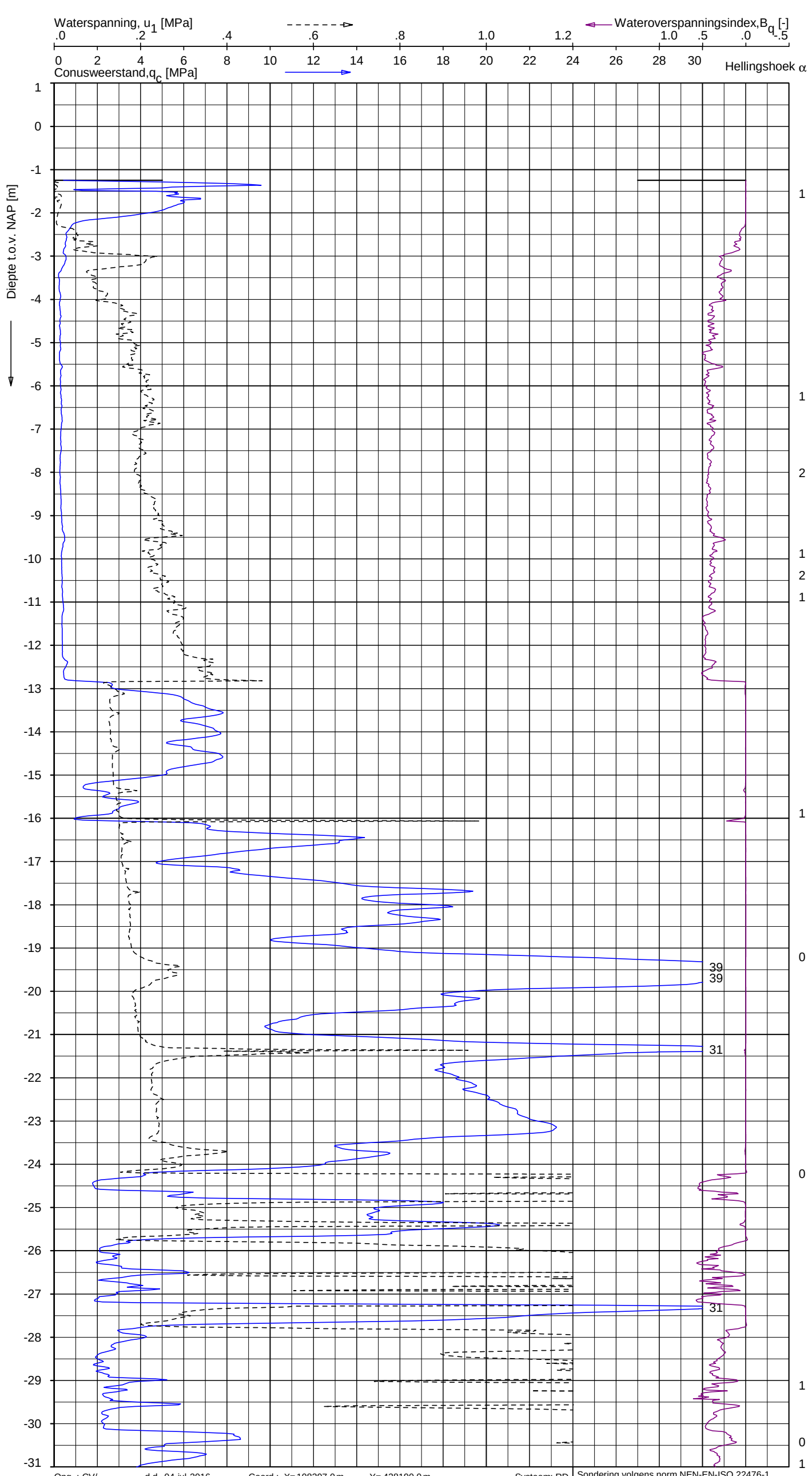
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP401



Indicatieve bodembeschrijving

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

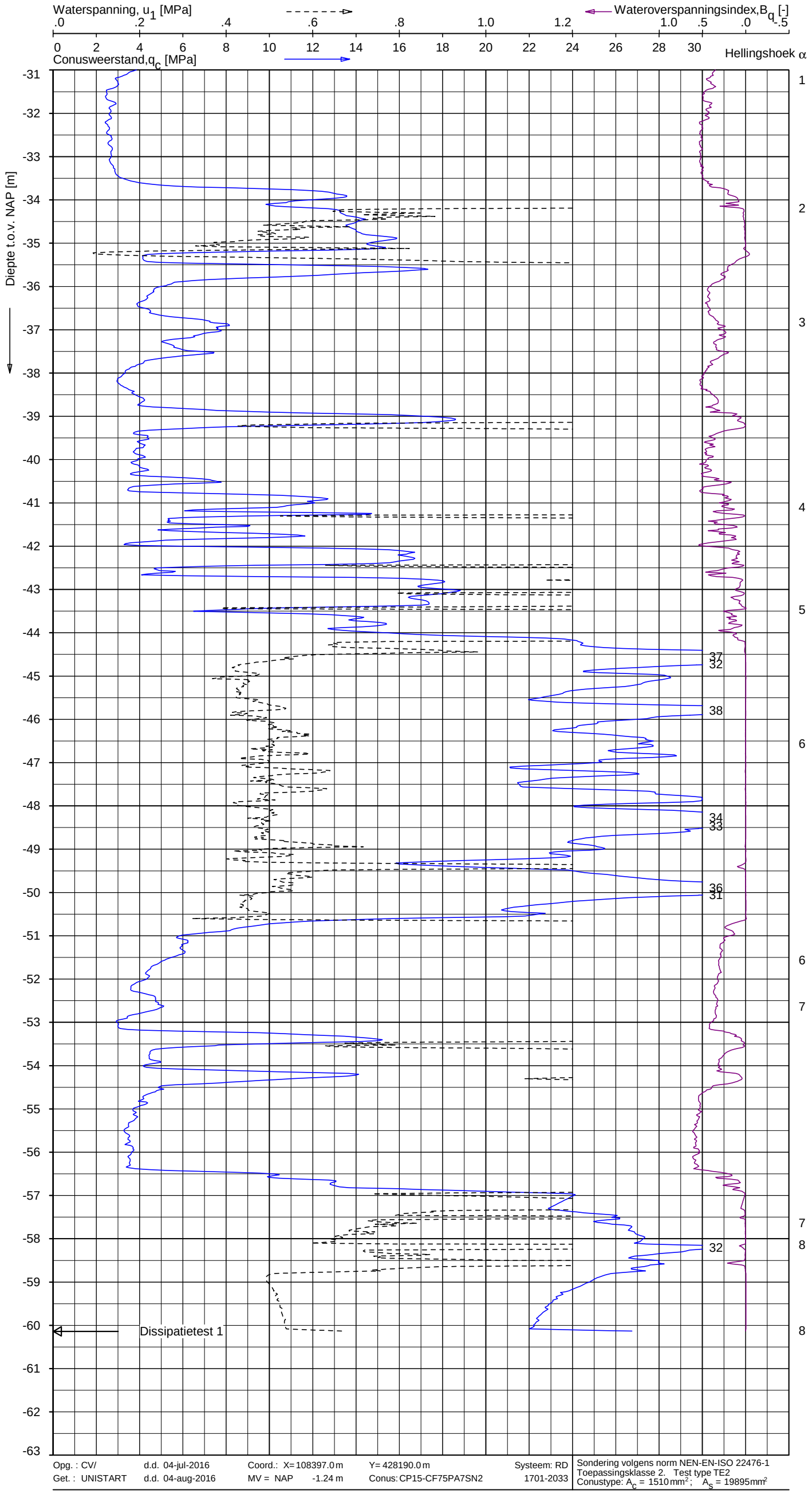
- ZAND tot ZAND, grindig
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig
- KLEI, siltig / LEEM

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP401

UNIPLOT 05.31.nl / QcU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:10:43



Indicatieve bodembeschrijving

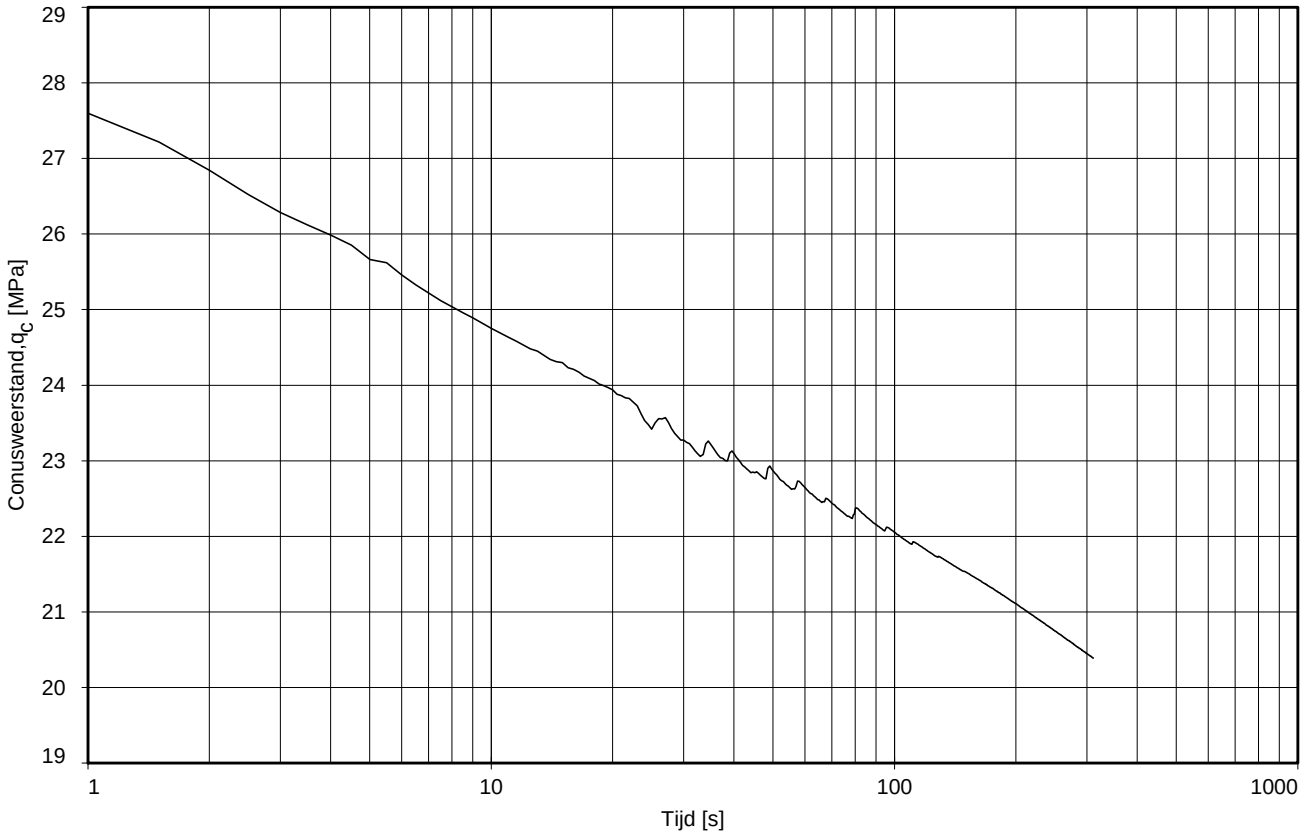
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

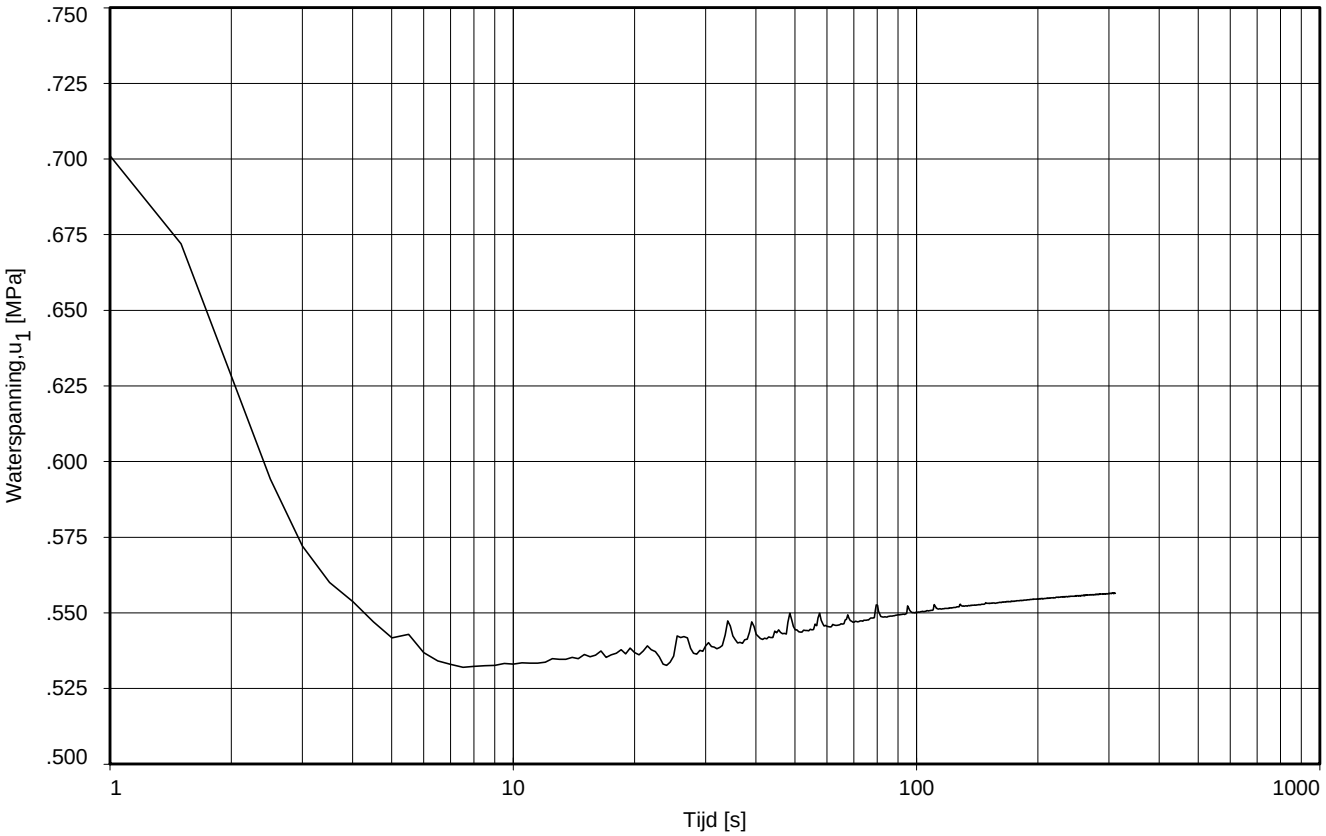
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP401

1015-0267-004
DKMP401 - 2



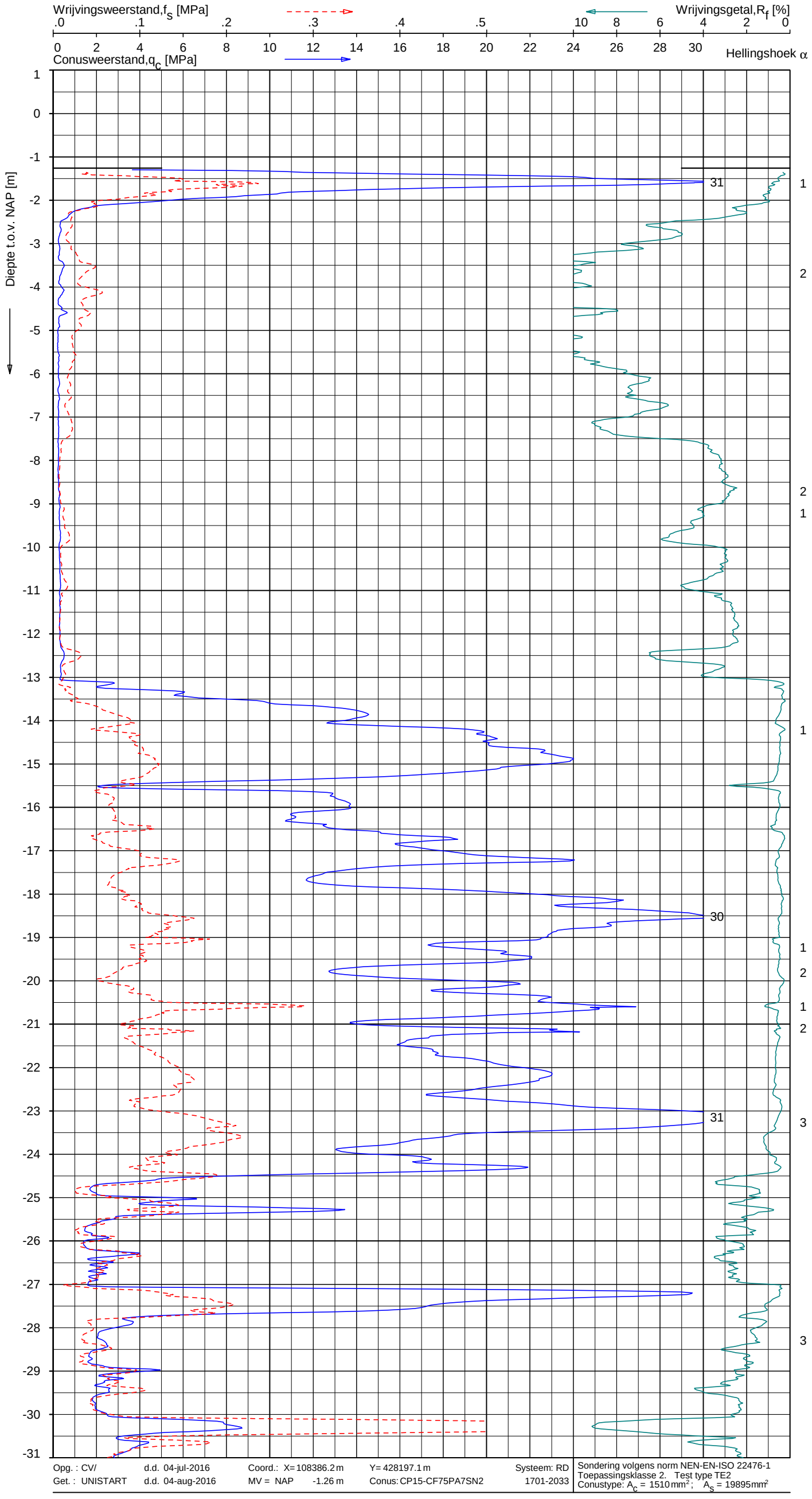


Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	: NAP	-60.15	m	MV = NAP	-1.24	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.605	MPa	Opg. :	CV/	d.d.	04-jul-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.556	MPa	Get. :	UNISTART	d.d.	04-aug-2016

DISSIPATIETEST

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP401



Indicatieve bodembeschrijving

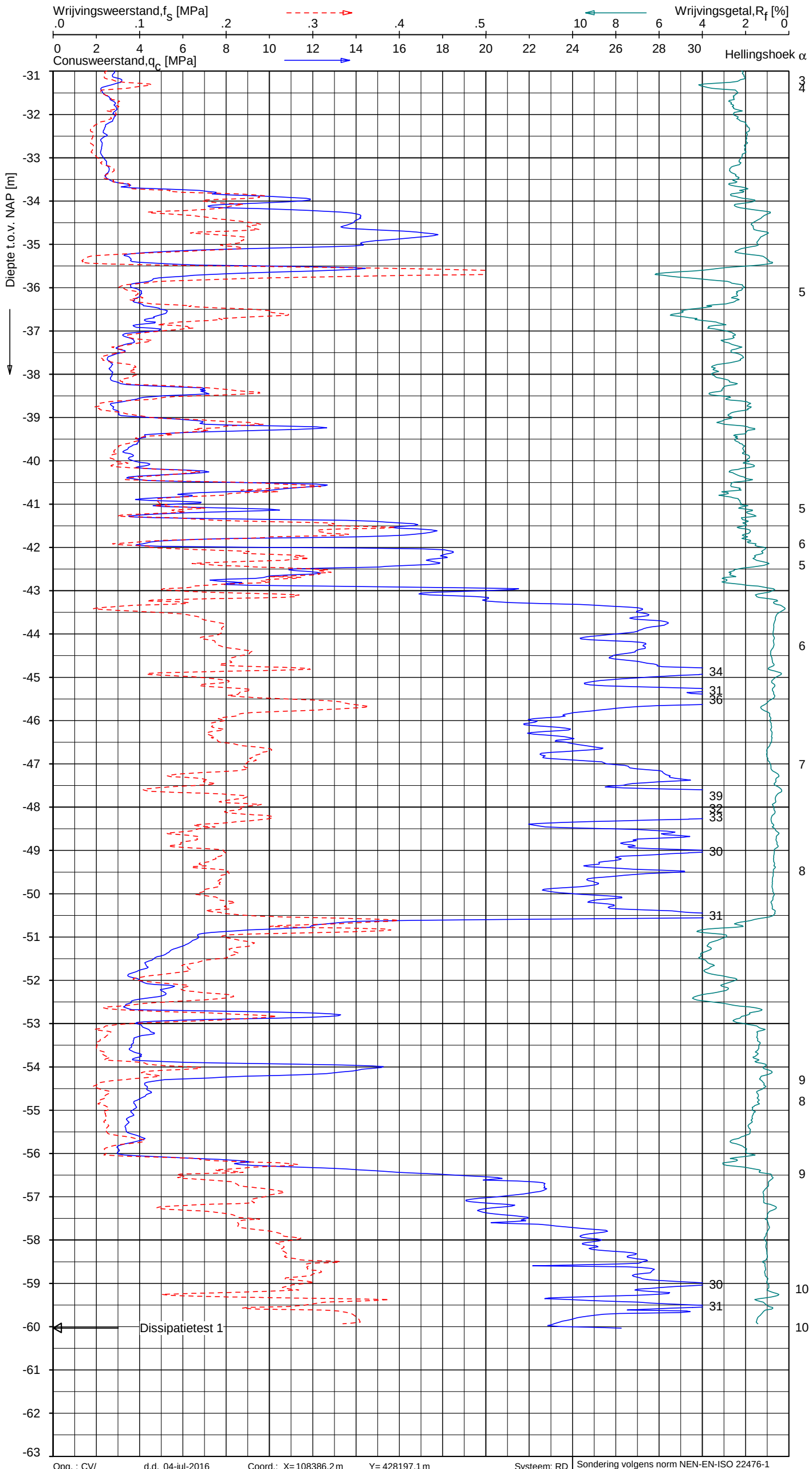
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig
- KLEI, siltig / LEEM

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP402



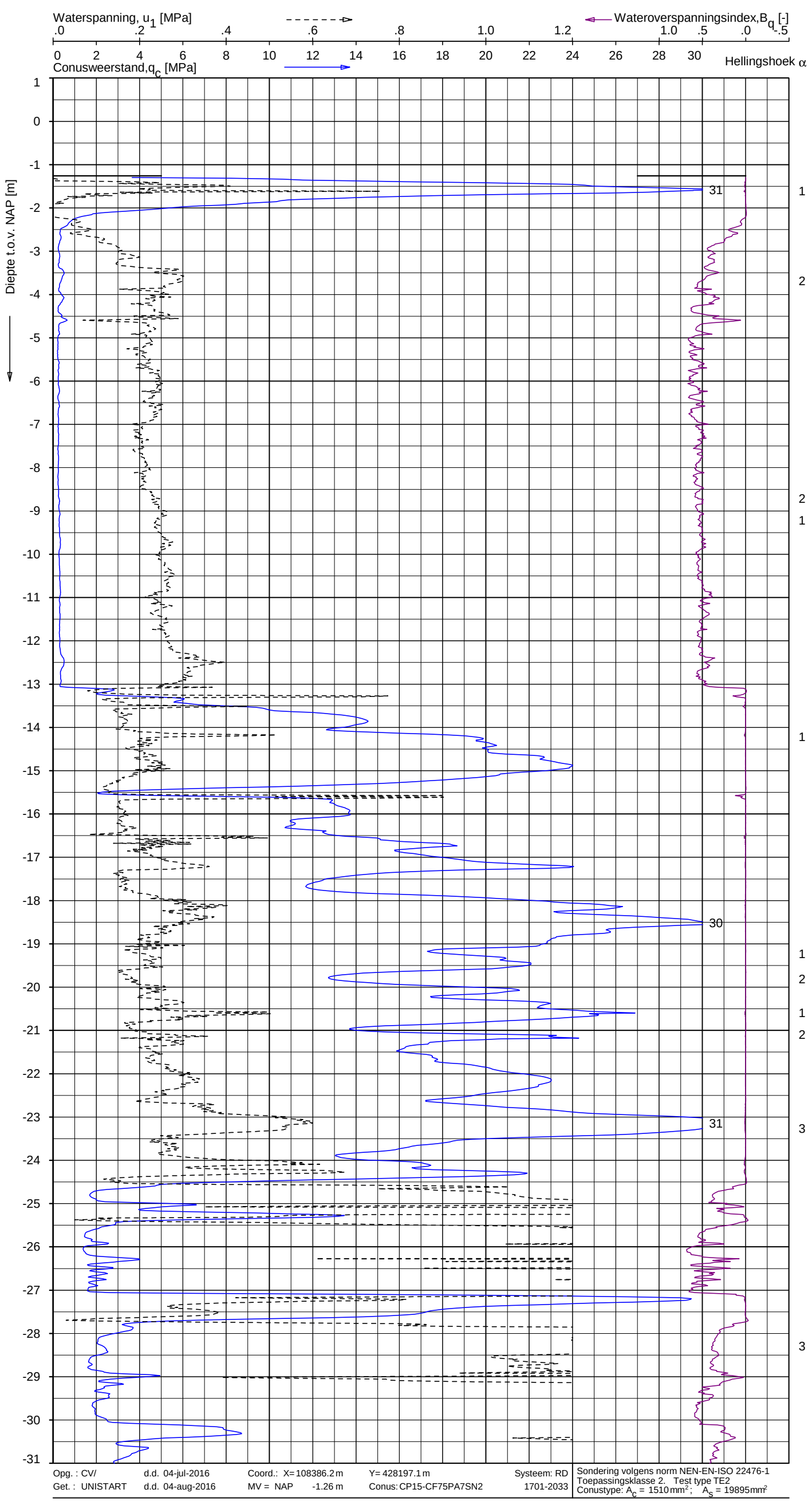
Indicatieve bodembeschrijving

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

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP402



Indicatieve bodembeschrijving

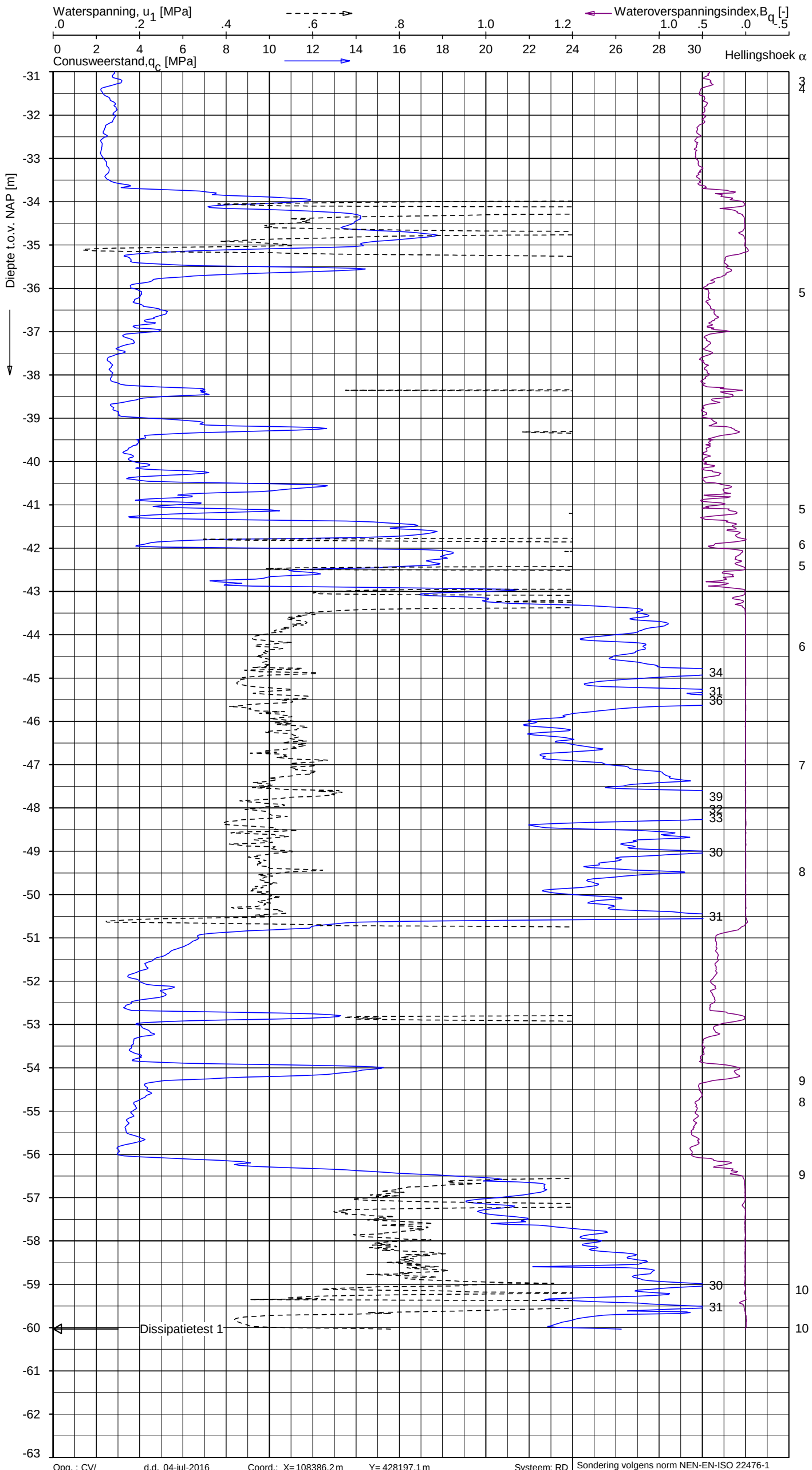
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig
- KLEI, siltig / LEEM

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP402



Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM

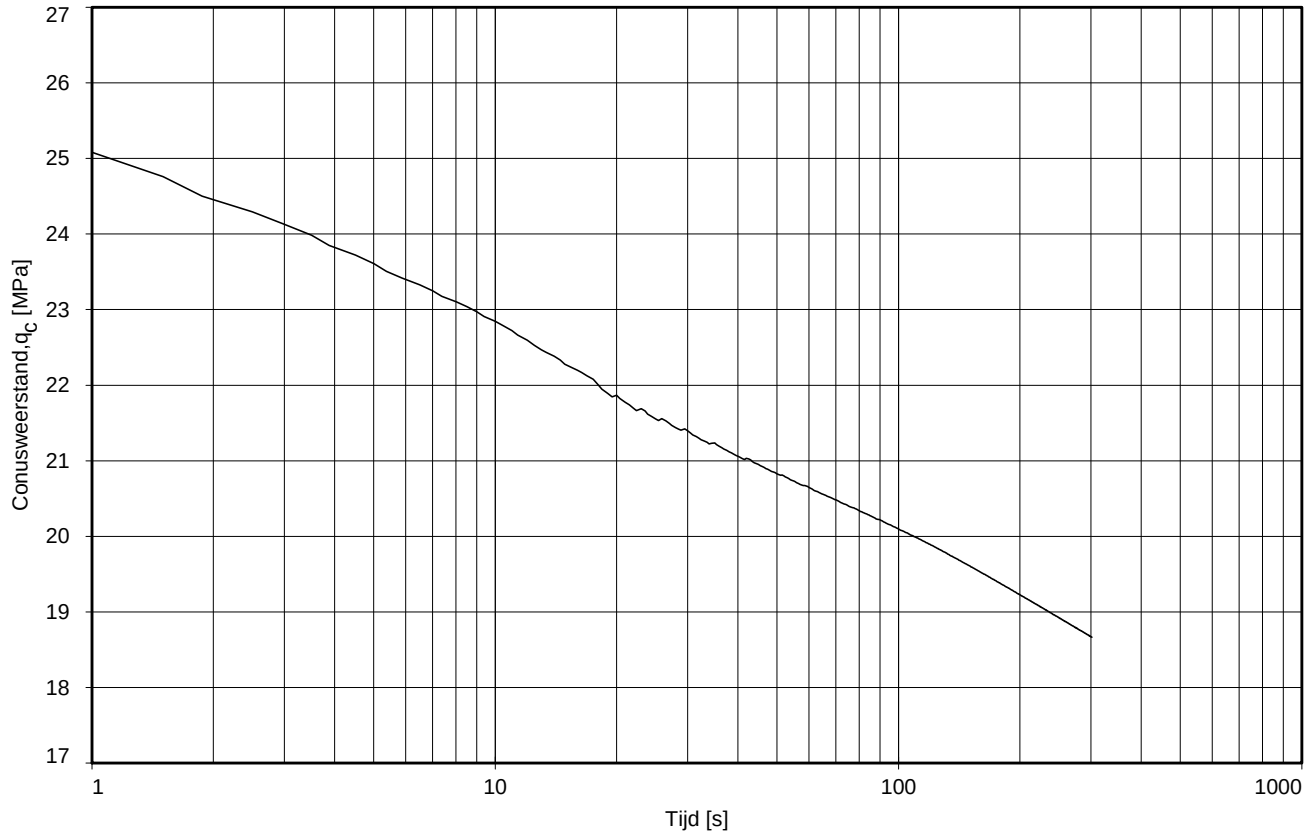
Opg. : CV/ d.d. 04-jul-2016 Coord.: X= 108386.2 m Y= 428197.1 m Systeem: RD
Get. : UNISTART d.d. 04-aug-2016 MV = NAP -1.26 m Conus: CP15-CF75PA7SN2 1701-2033

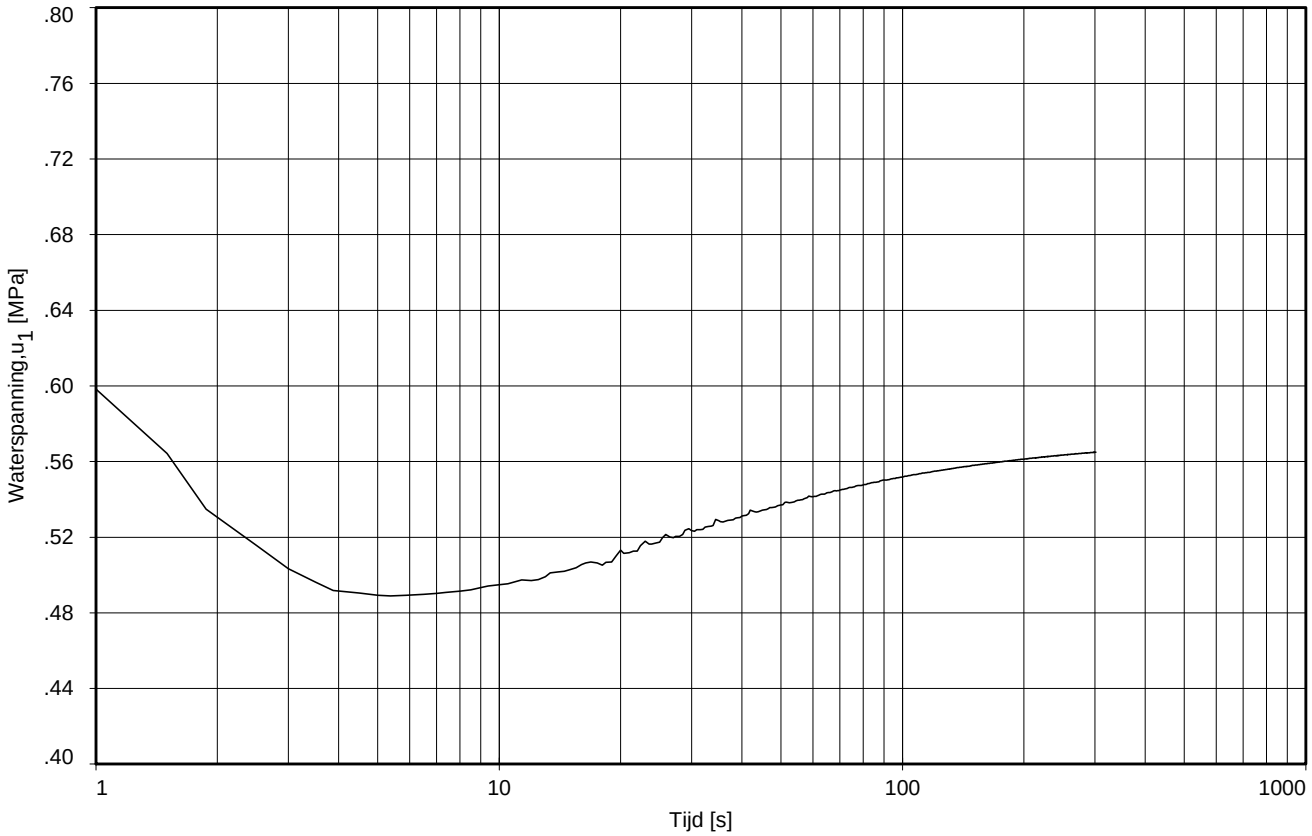
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP402





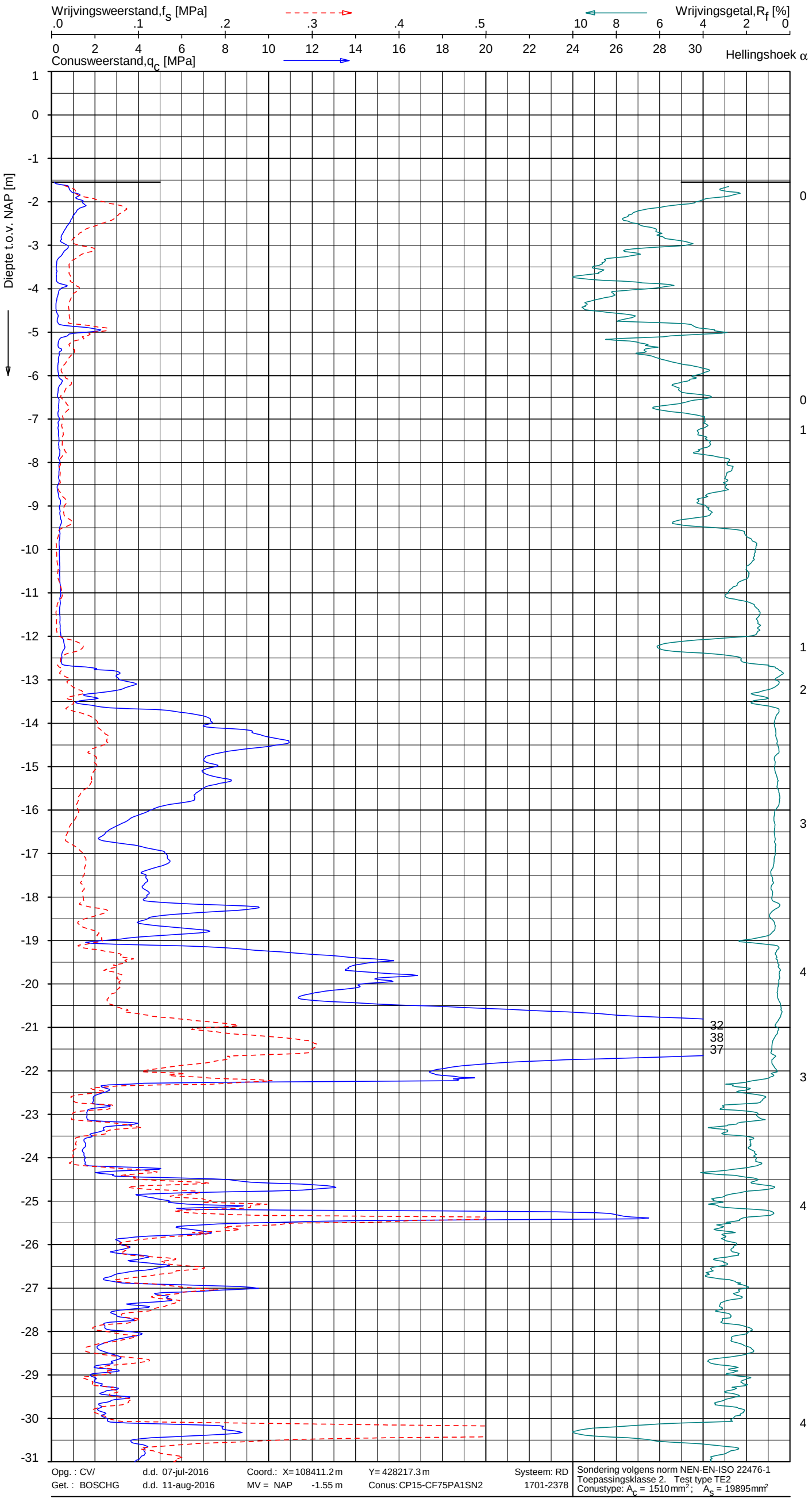
Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	: NAP	-60.04	m	MV = NAP	-1.26	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.694	MPa	Opg. :	CV/	d.d.	04-jul-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.565	MPa	Get. :	UNISTART	d.d.	04-aug-2016

DISSIPATIETEST

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP402

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:30



Indicatieve bodembeschrijving

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

- ZAND, vast / ZAND, kleiig
- VEEN
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig

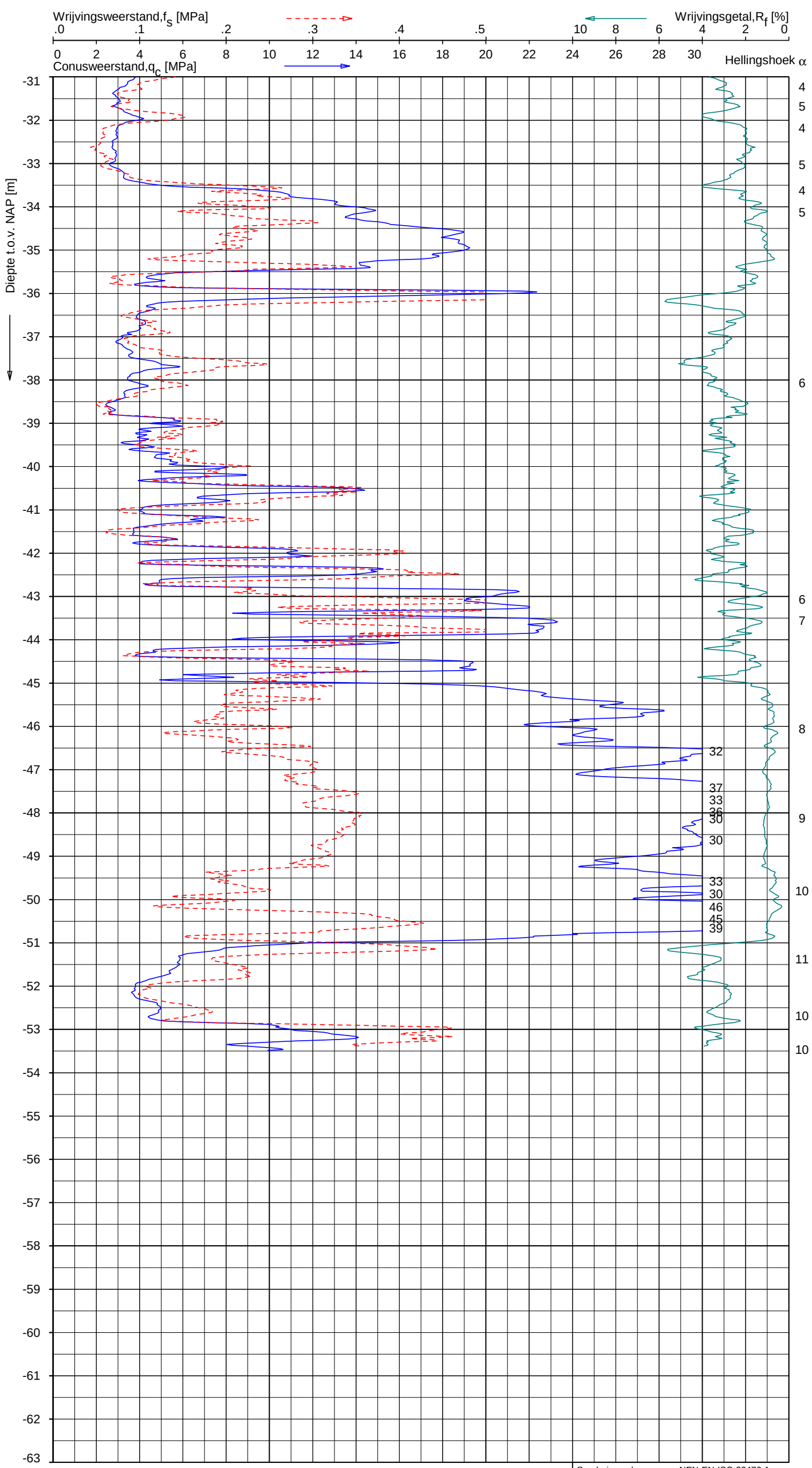
Opg. : CV/ d.d. 07-jul-2016 Coord.: X= 108411.2 m Y= 428217.3 m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 11-aug-2016 MV = NAP -1.55 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-2378

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

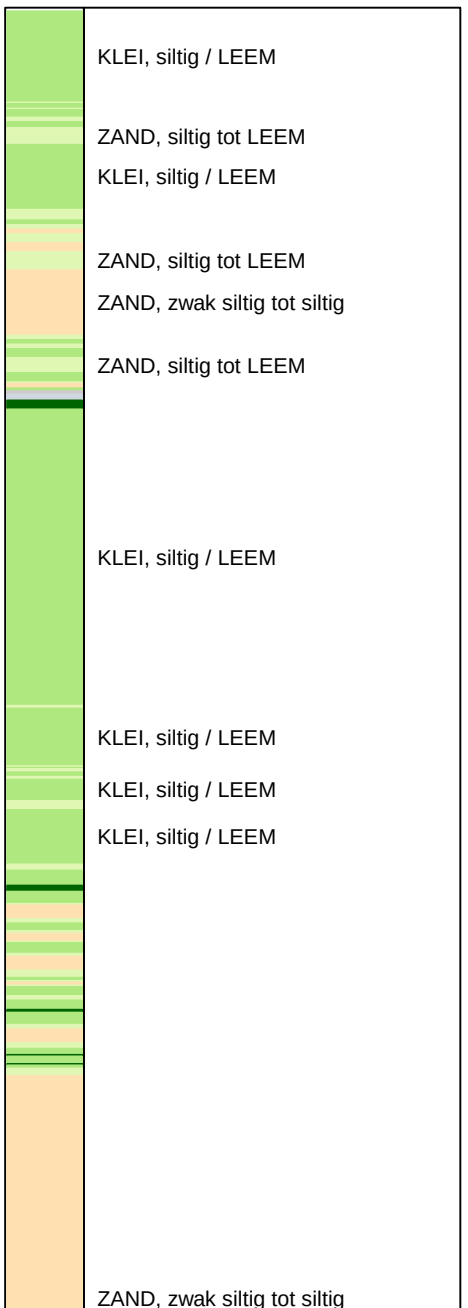
A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP403



Indicatieve bodembeschrijving

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



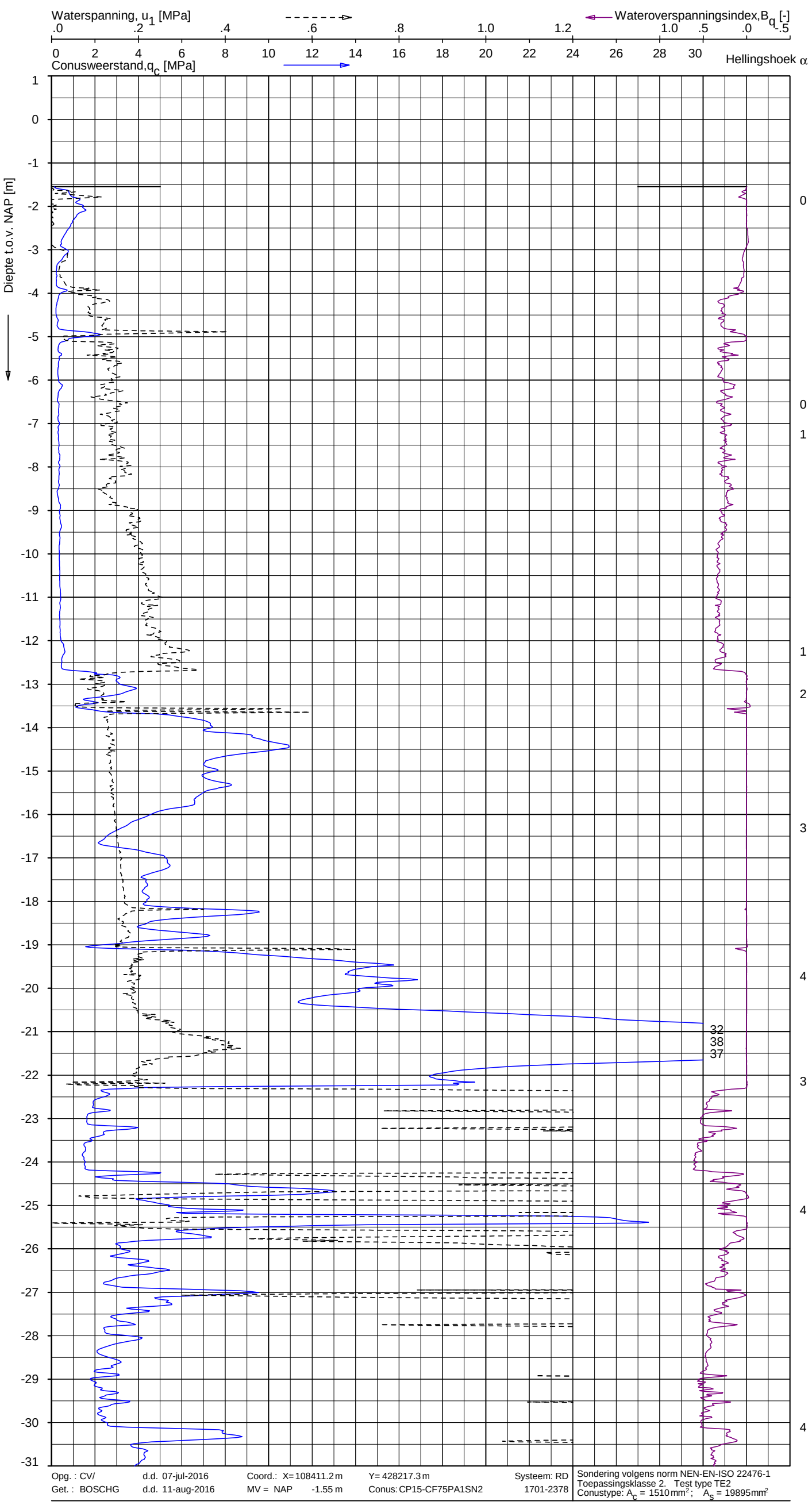
Opg. : CV/	d.d. 07-jul-2016	Coord.: X= 108411.2 m	Y= 428217.3 m	Systeem: RD
Get. : BOSCHG	d.d. 11-aug-2016	MV = NAP -1.55 m	Conus: CP15-CF75PA1SN2	1701-2378

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP403



Indicatieve bodembeschrijving

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

- ZAND, vast / ZAND, kleiig
- VEEN
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig

Opg. : CV/ d.d. 07-jul-2016 Coord.: X= 108411.2 m Y= 428217.3 m Systeem: RD

Get. : BOSCHG d.d. 11-aug-2016 MV = NAP -1.55 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-2378

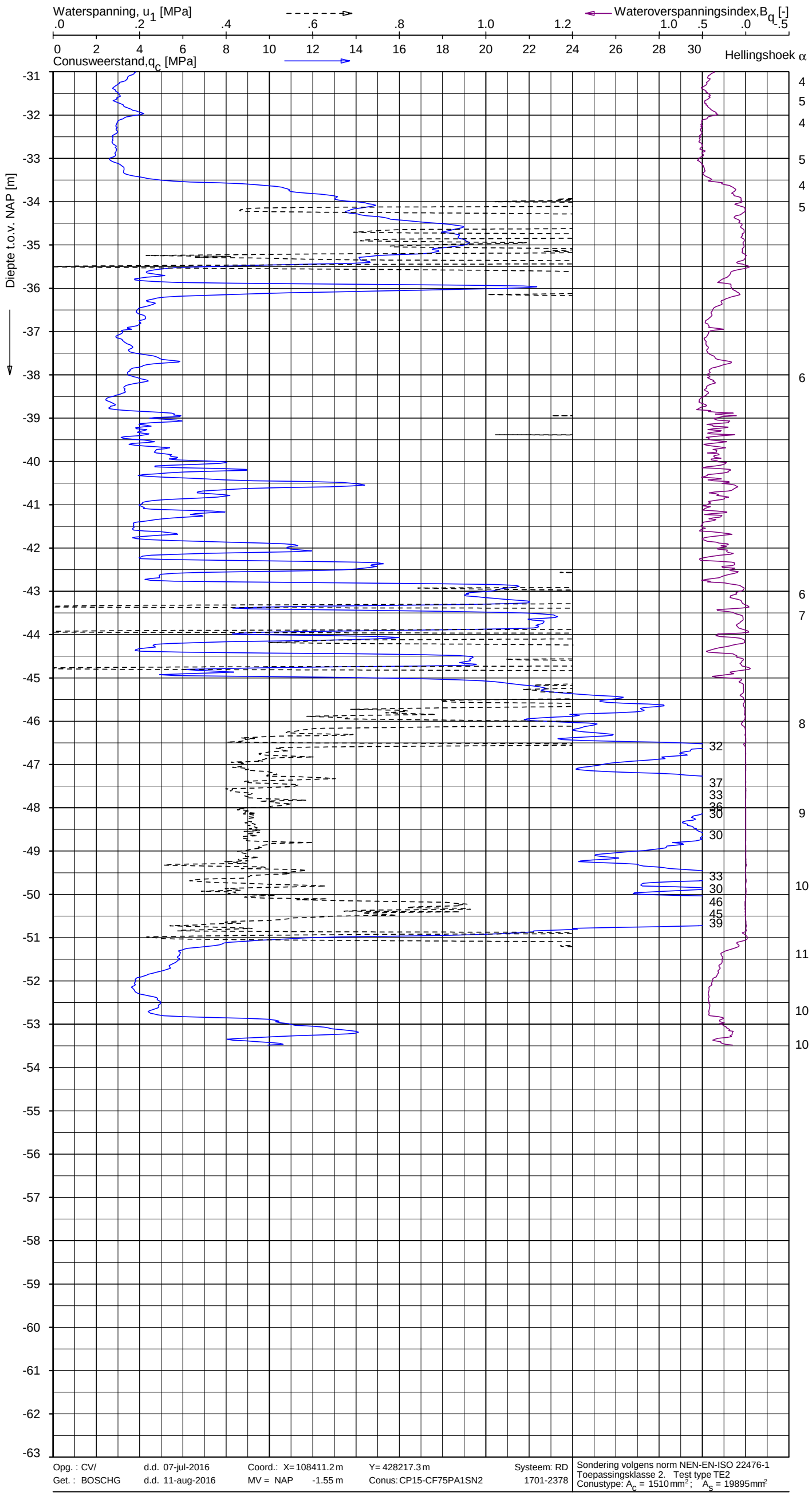
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP403

UNIPLOT 05.31.nl / QeU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:10:51



Indicatieve bodembeschrijving

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

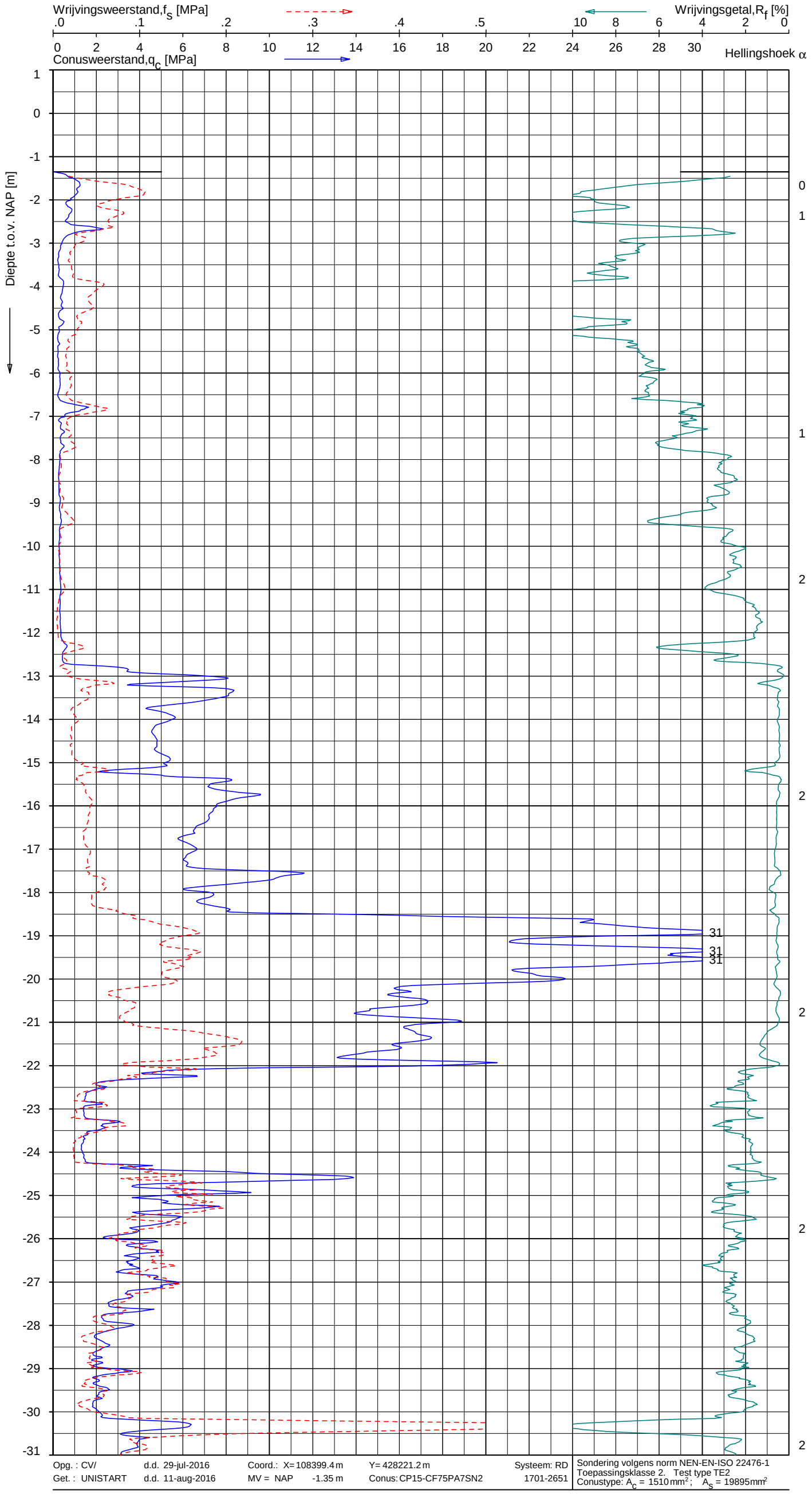
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP403

1015-0267-004
DKMP403 - 2

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:34



Indicatieve bodembeschrijving

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

- ZAND, vast / ZAND, kleiig
- VEEN
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM

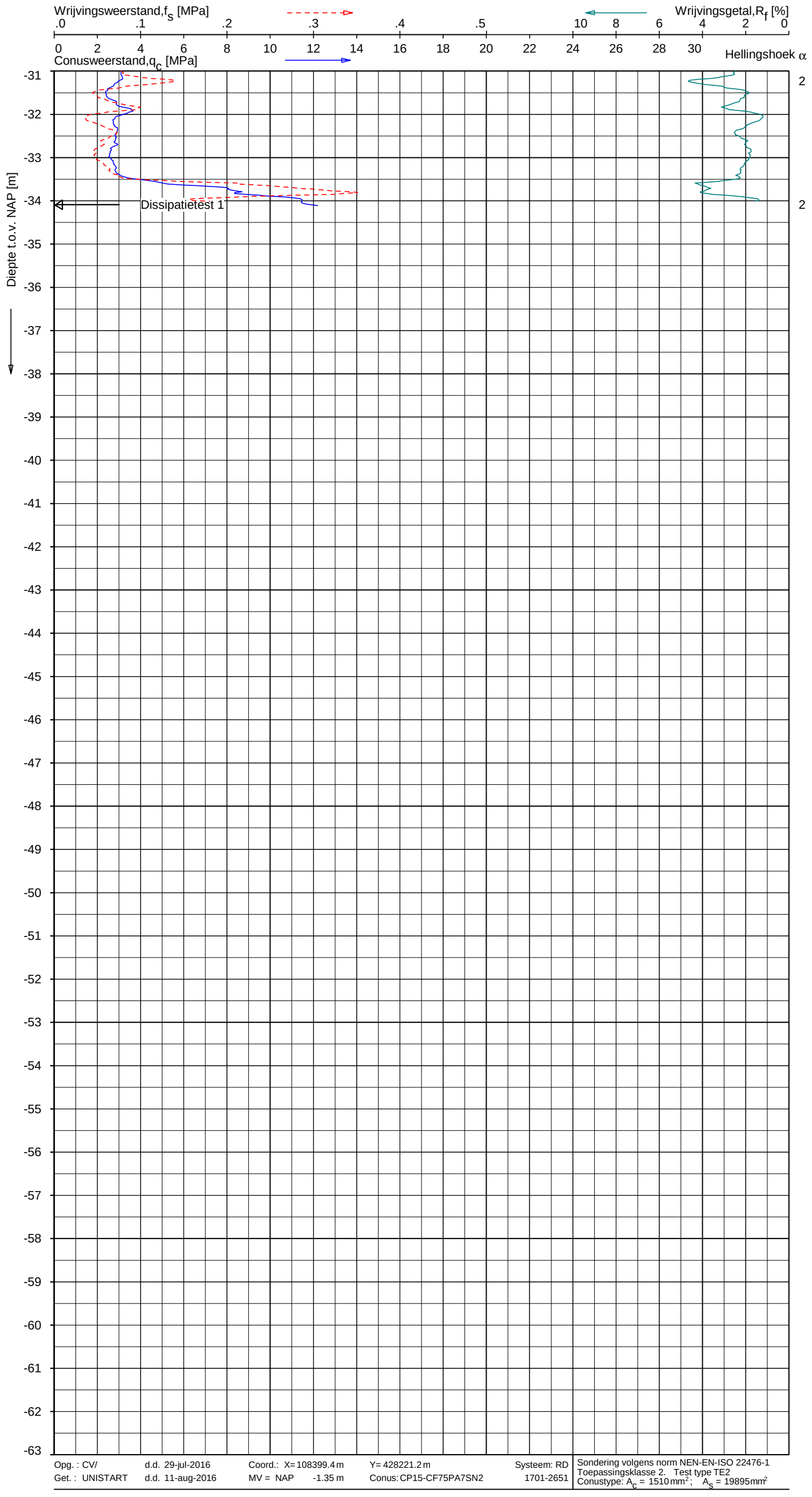
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP404

1015-0267-004
DKMP404 - 1

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:35



Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM

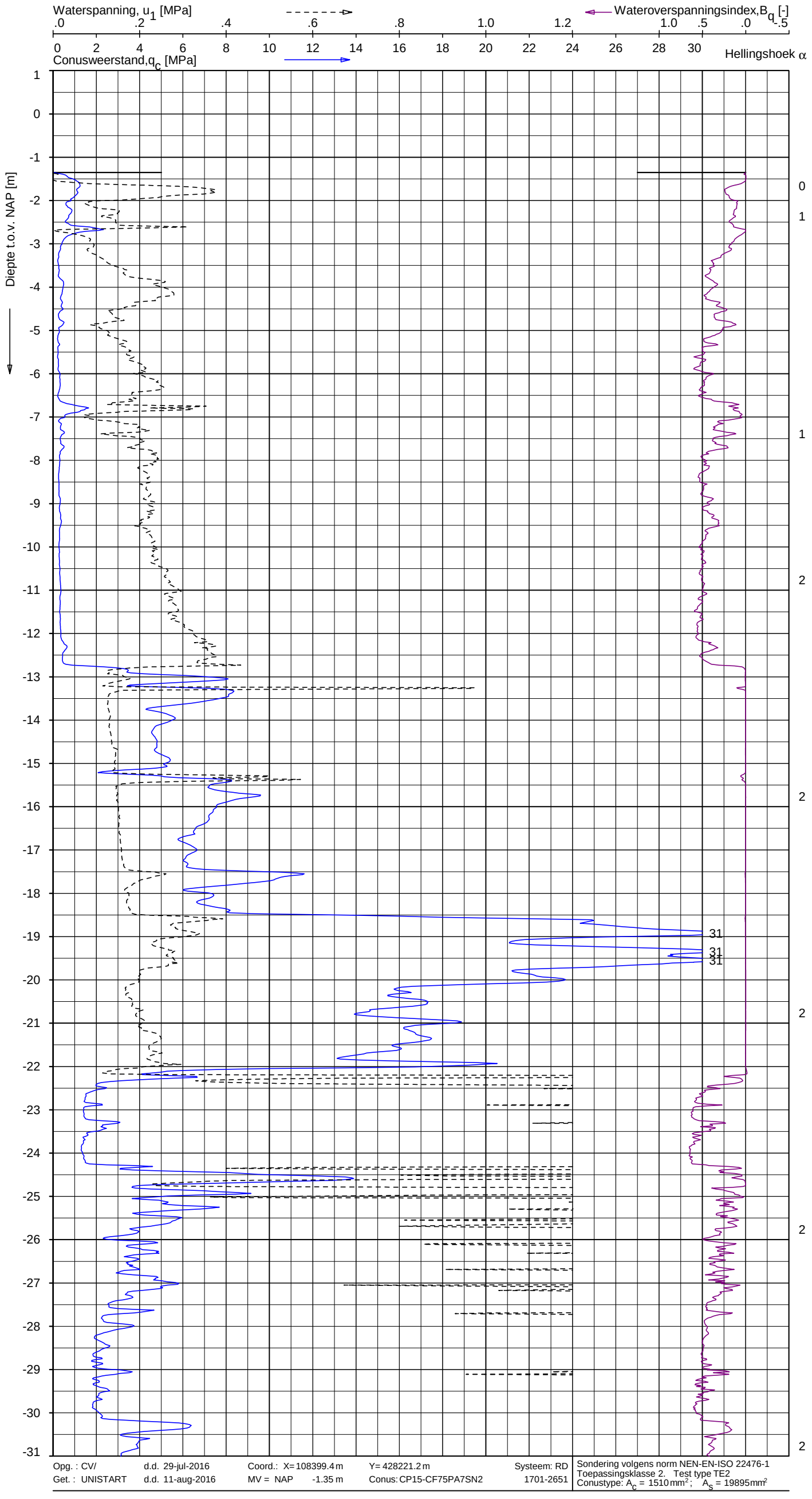
Opg. : CV/	d.d. 29-jul-2016	Coord.: X= 108399.4 m	Y= 428221.2 m	Systeem: RD
Get. : UNISTART	d.d. 11-aug-2016	MV = NAP -1.35 m	Conus: CP15-CF75PA7SN2	1701-2651

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP404



Indicatieve bodembeschrijving

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

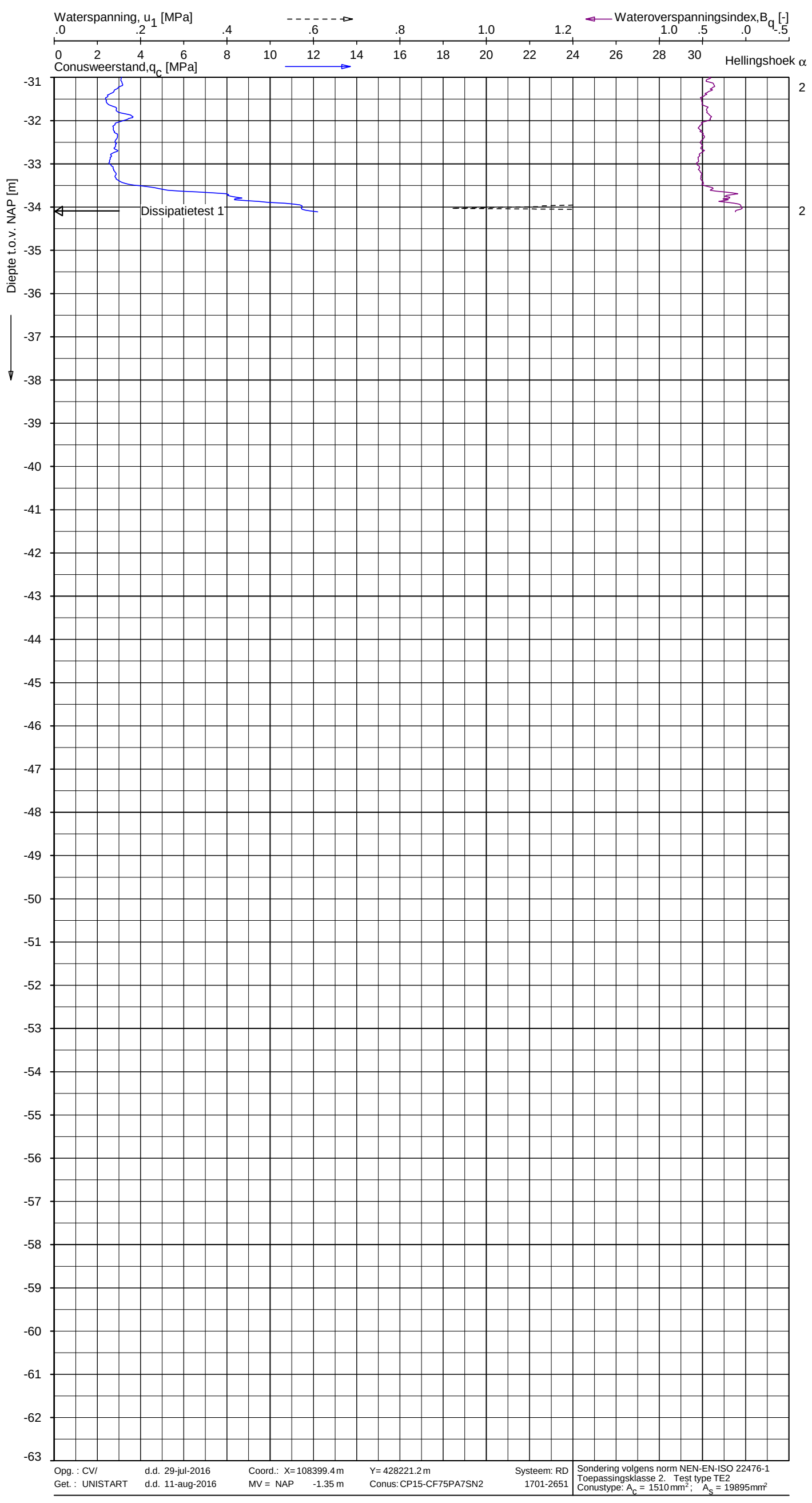
- ZAND, vast / ZAND, kleiig
- VEEN
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP404

UNIPLOT 05.31.nl / QcU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:10:54



Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM

Opg. : CV/	d.d. 29-jul-2016	Coord.: X= 108399.4 m	Y= 428221.2 m	Systeem: RD
Get. : UNISTART	d.d. 11-aug-2016	MV = NAP -1.35 m	Conus: CP15-CF75PA7SN2	1701-2651

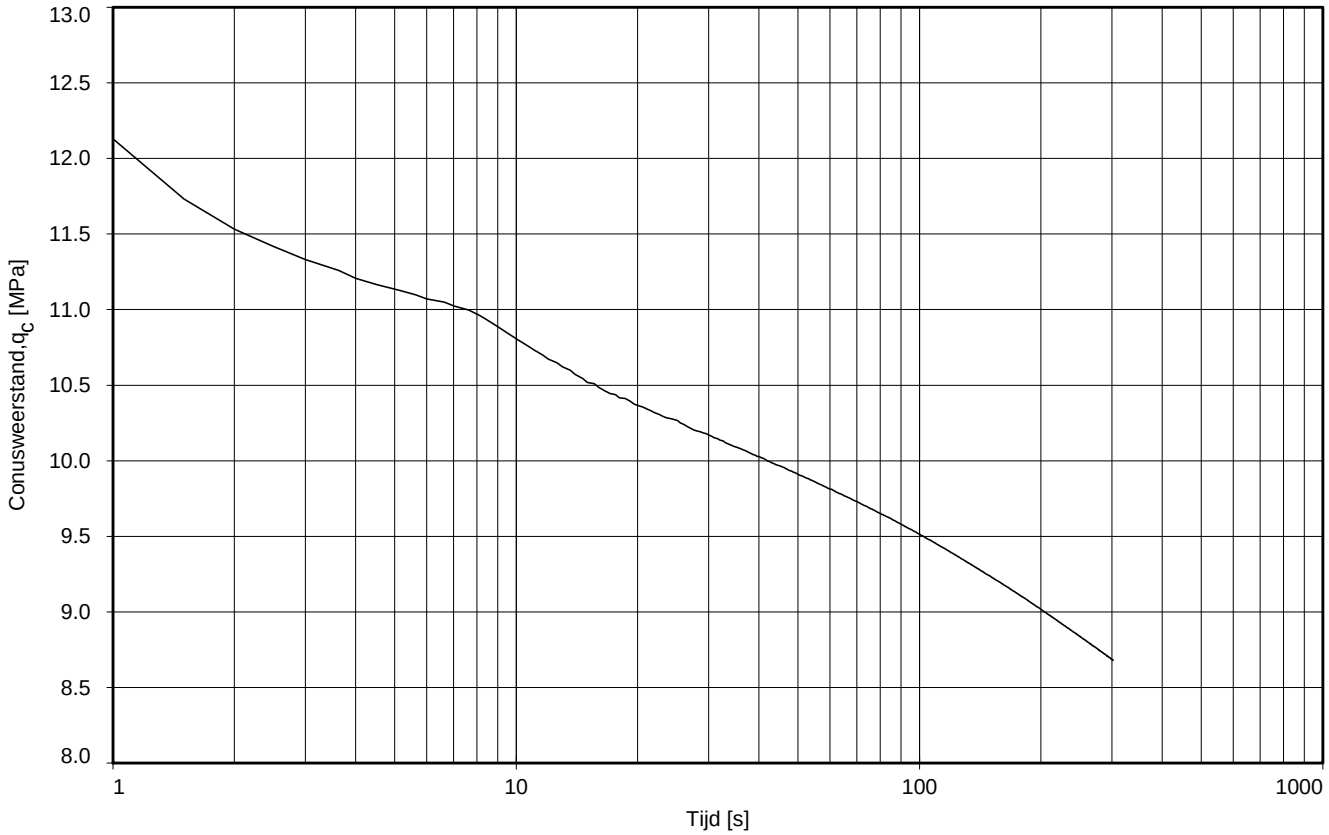
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

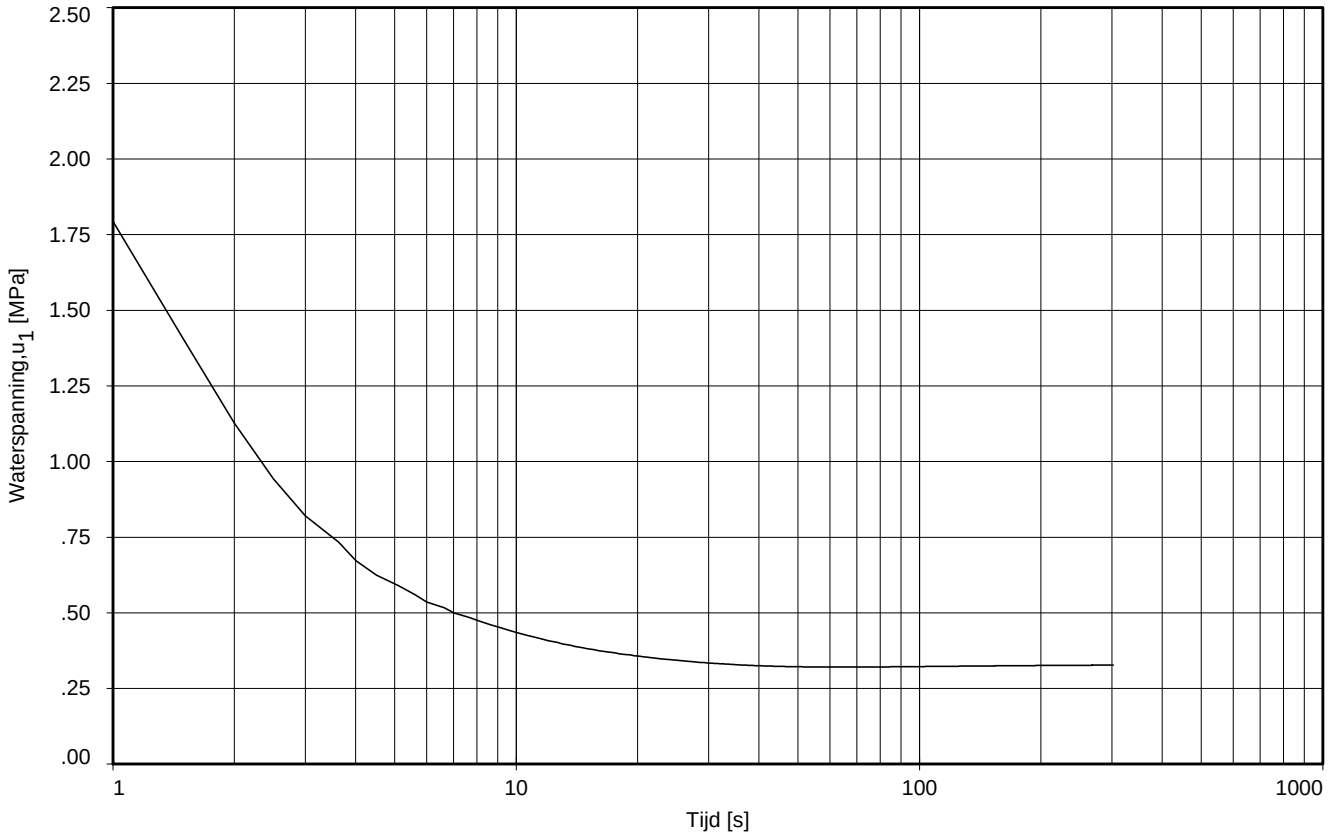
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP404

1015-0267-004



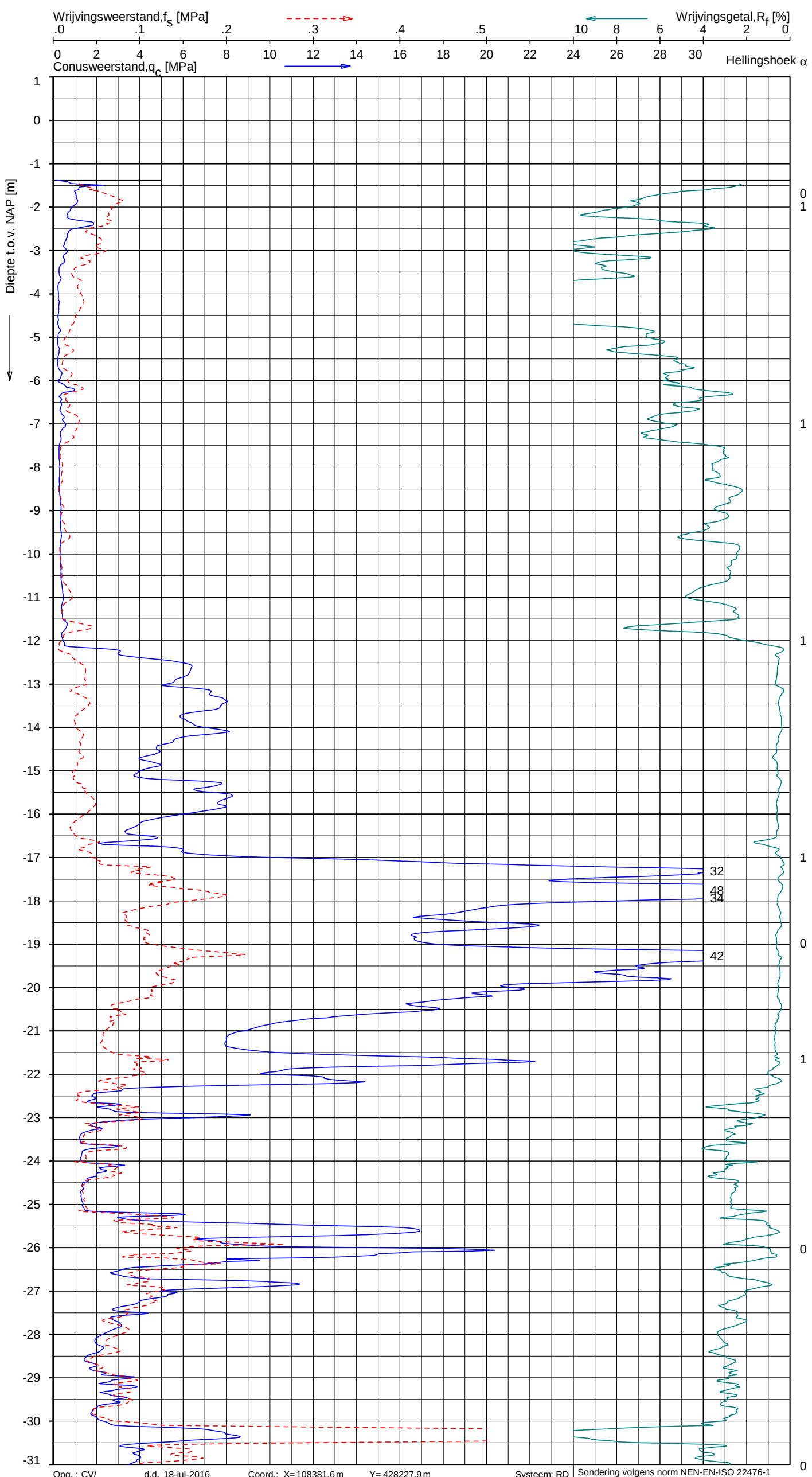


Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	: NAP	-34.12	m	MV = NAP	-1.35	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	2.244	MPa	Opg. :	CV/	d.d.	29-jul-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.327	MPa	Get. :	UNISTART	d.d.	11-aug-2016

DISSIPATIETEST

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP404



Indicatieve bodembeschrijving

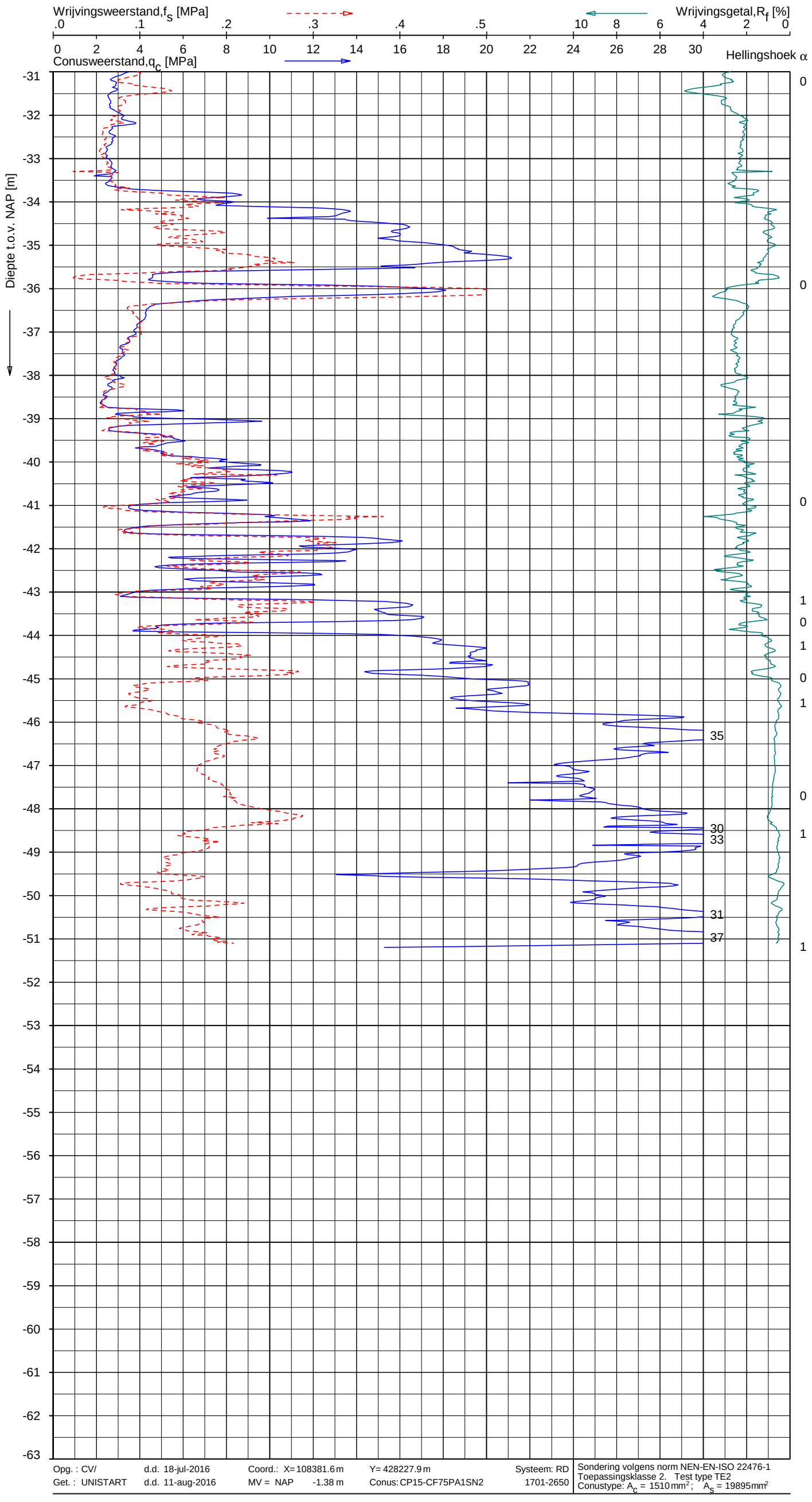
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP405

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:39



Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : CV/	d.d. 18-jul-2016	Coord.: X= 108381.6 m	Y= 428227.9 m	Systeem: RD
Get. : UNISTART	d.d. 11-aug-2016	MV = NAP -1.38 m	Conus: CP15-CF75PA1SN2	1701-2650

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

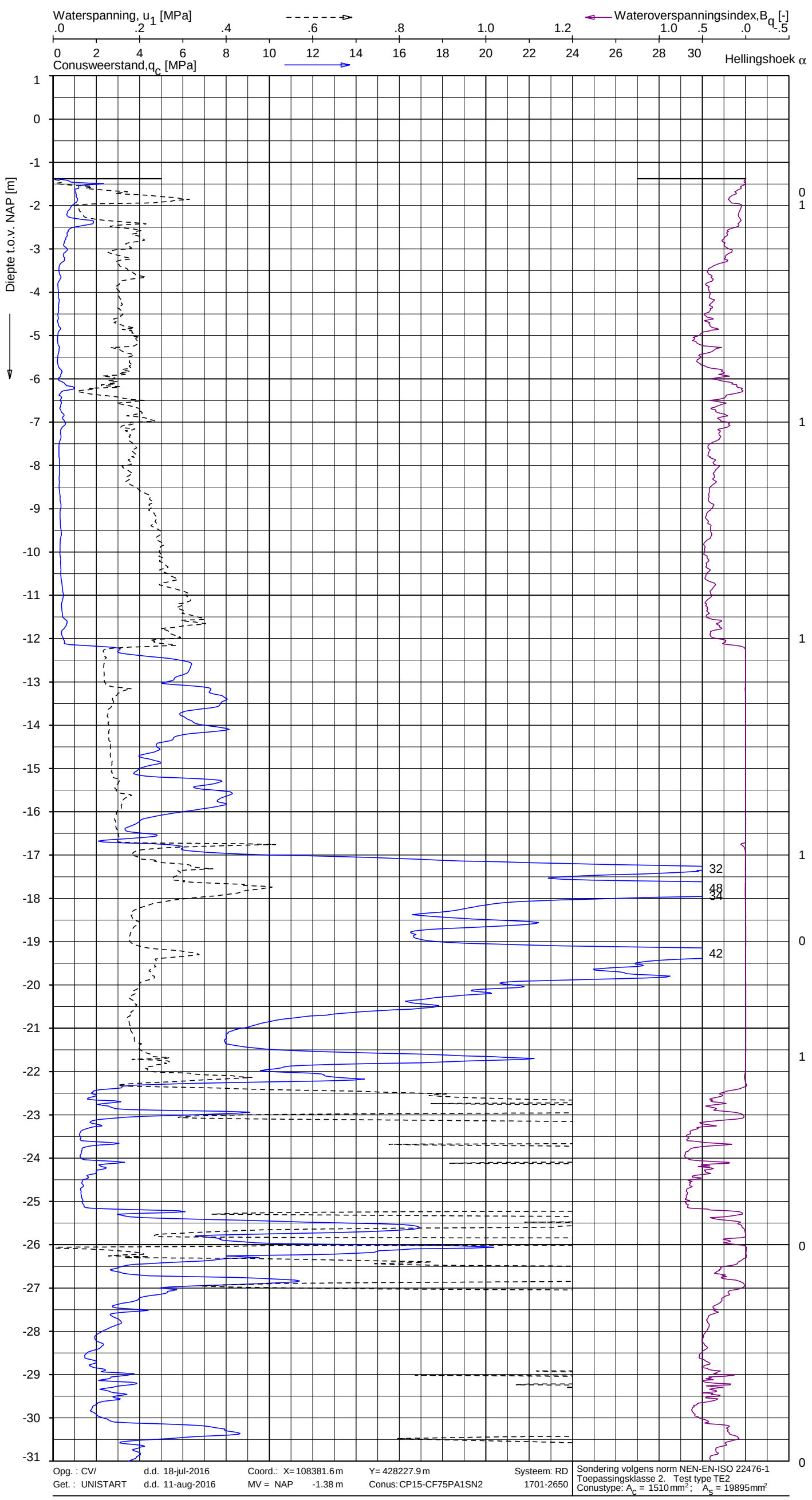
A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP405

1015-0267-004

DKMP405 - 2

UNIPLOT 05.31.nl / QcU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:10:57



Indicatieve bodembeschrijving

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

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

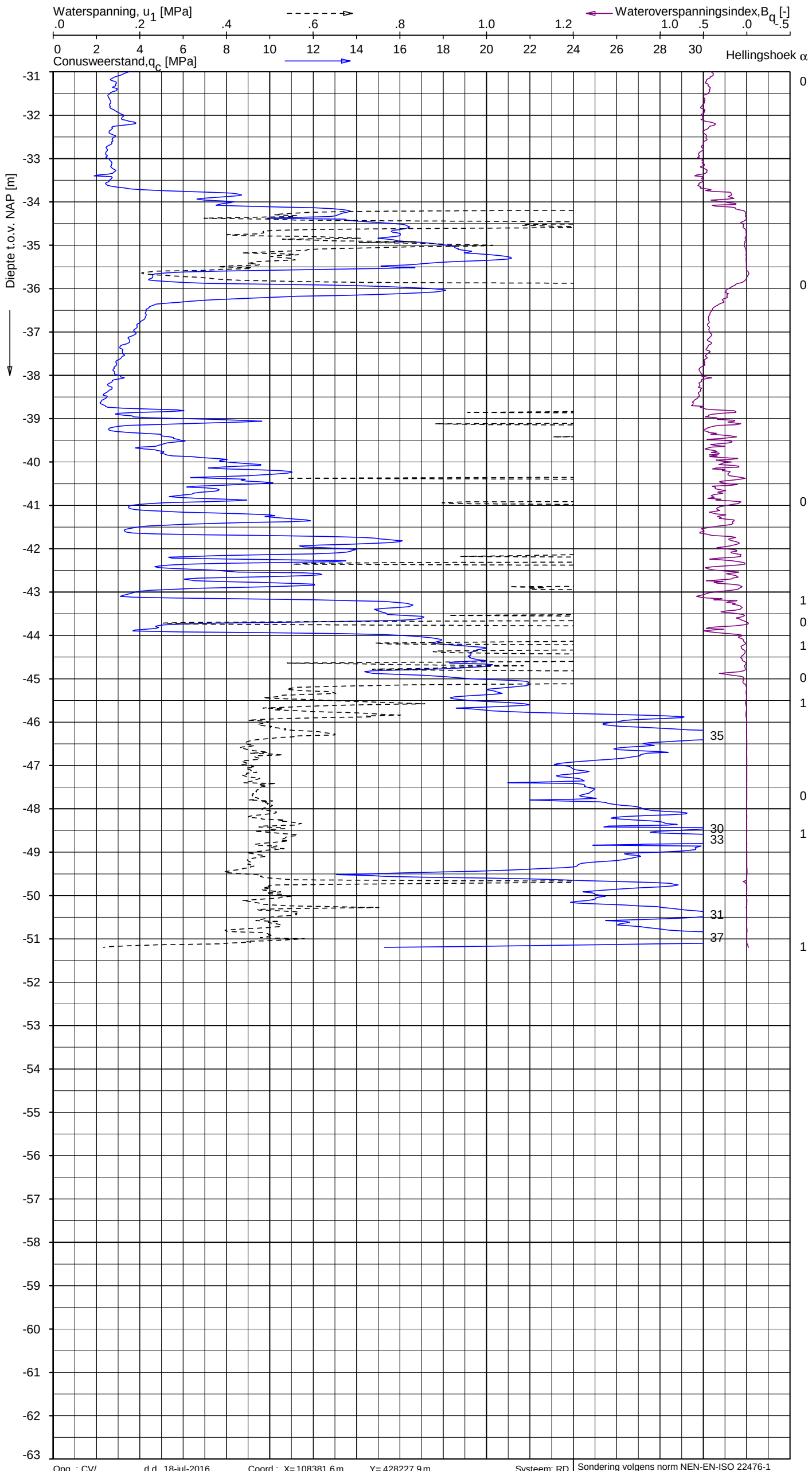
A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP405

1015-0267-004

DKMP405 - 1

UNIPLOT 05.31.nl / QcU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:10:58



Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : CV/ d.d. 18-jul-2016 Coord.: X= 108381.6 m Y= 428227.9 m Systeem: RD

Get. : UNISTART d.d. 11-aug-2016 MV = NAP -1.38 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-2650

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

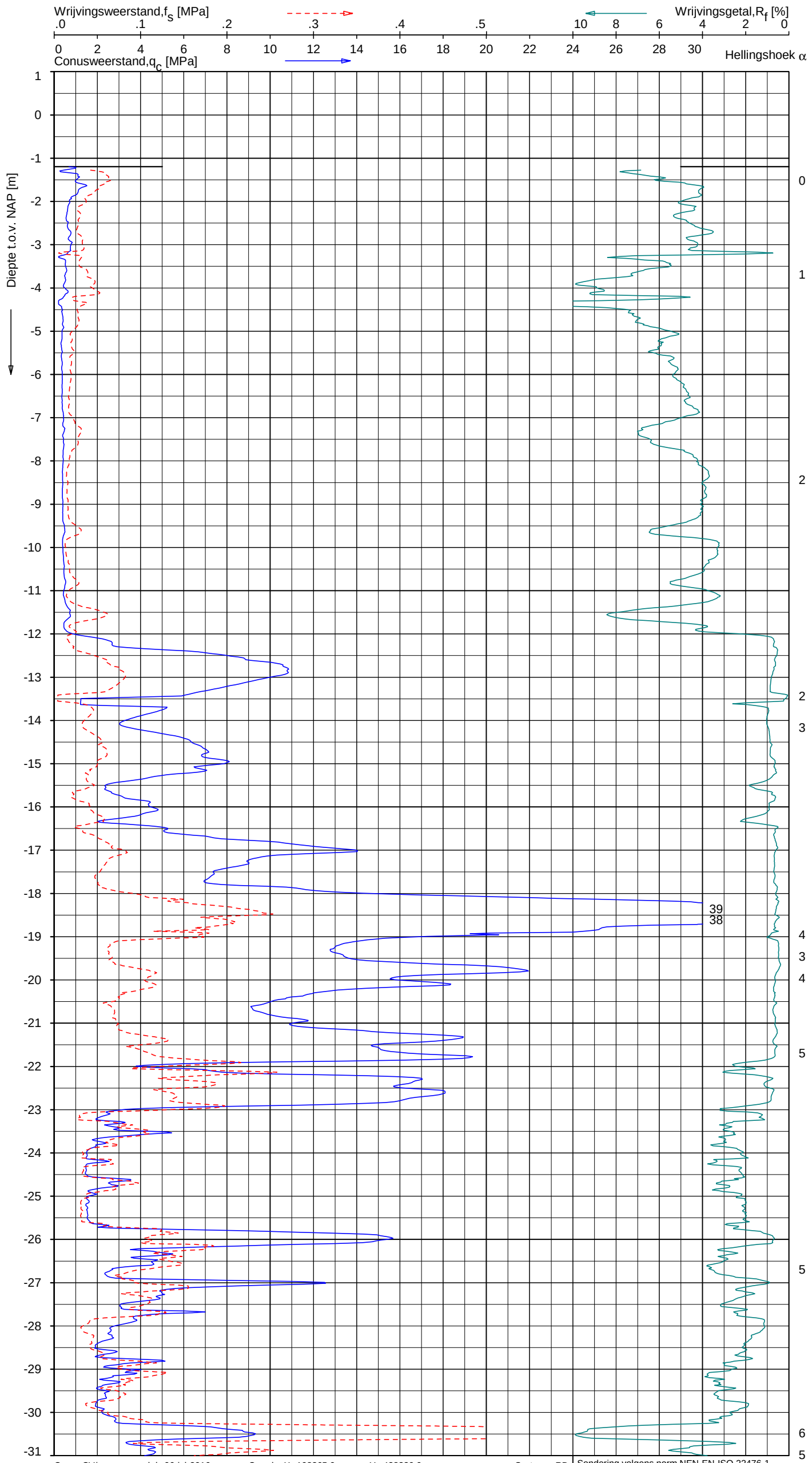
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP405

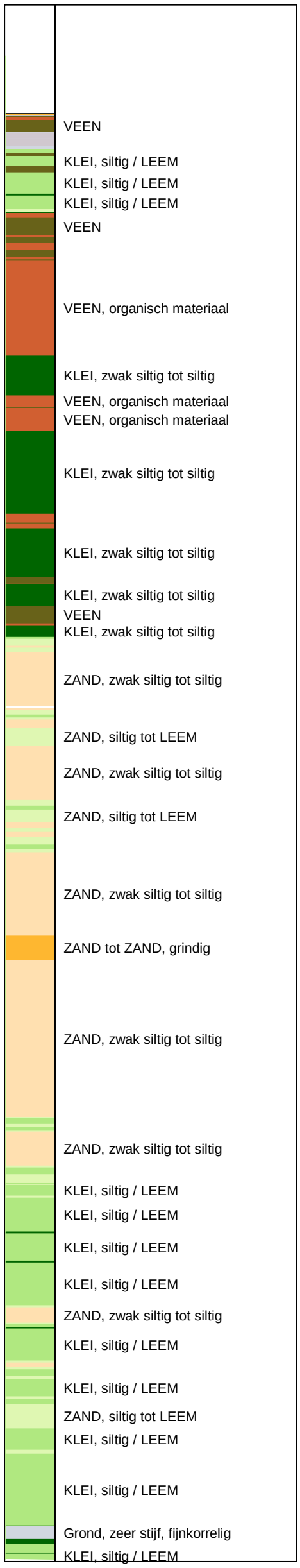
1015-0267-004

DKMP405 - 2



Indicatieve bodembeschrijving

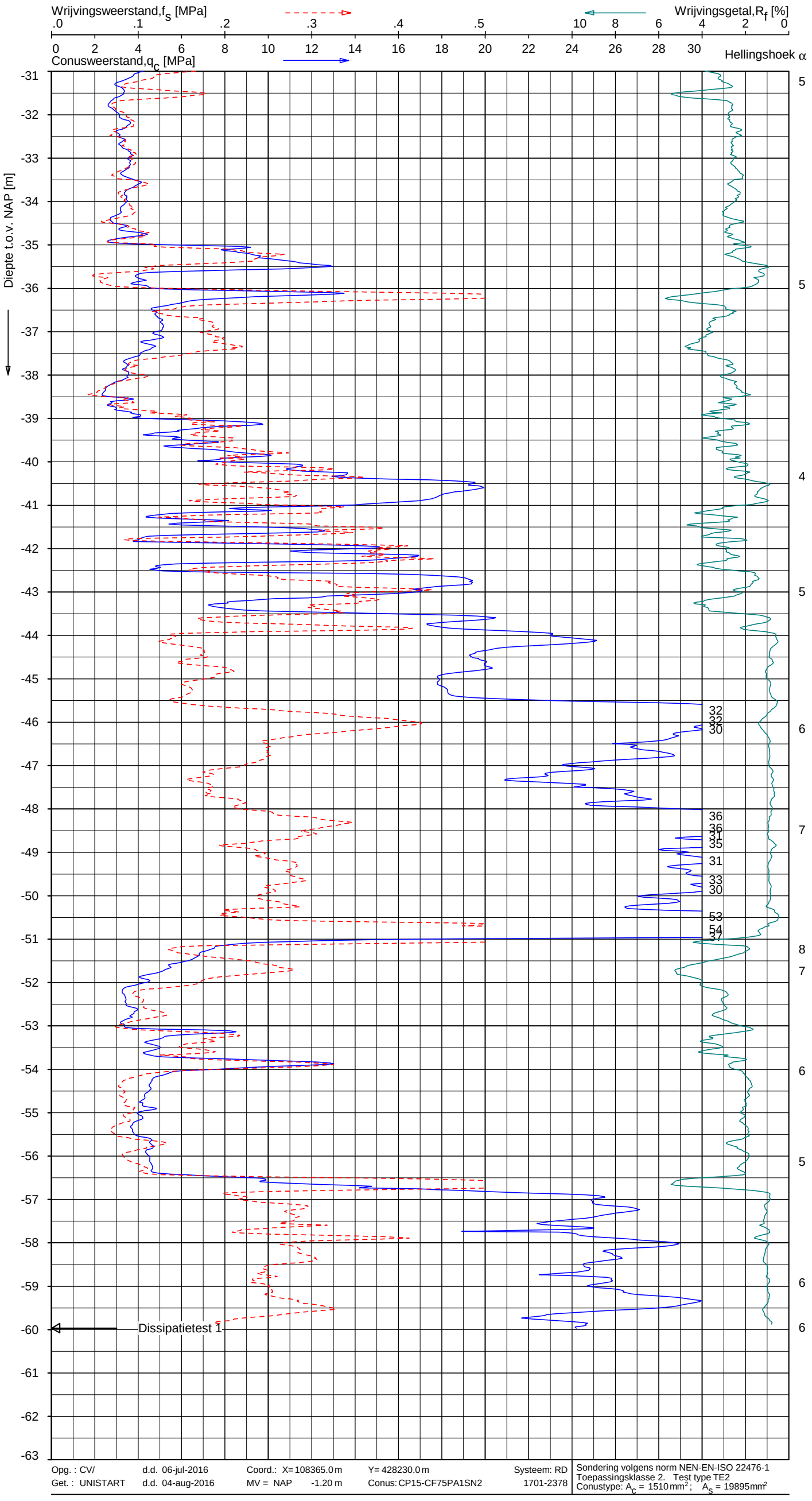
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP406



Indicatieve bodembeschrijving

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

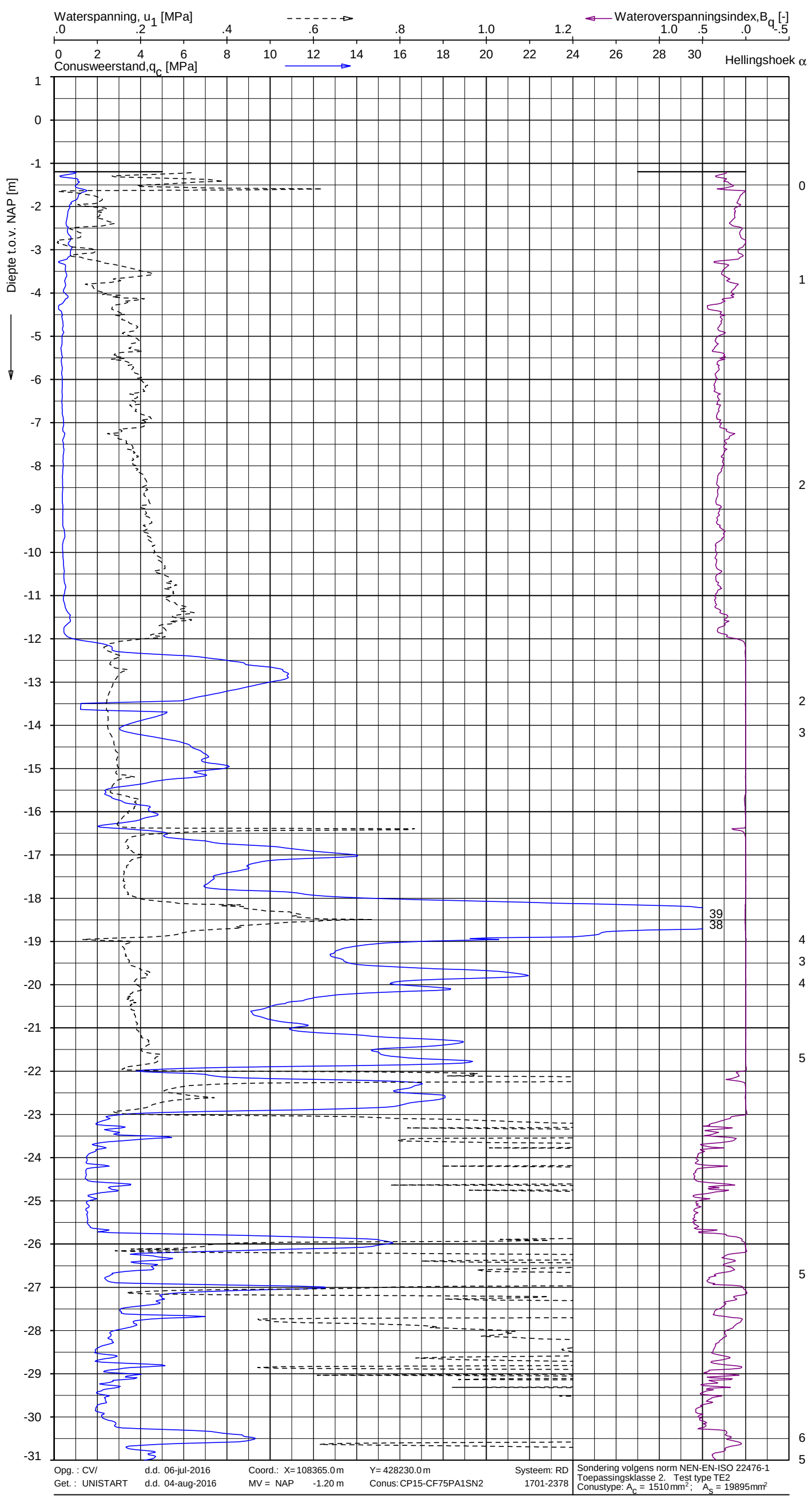
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP406

UNIPLOT 05.31.nl / QcU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:11:01



Indicatieve bodembeschrijving

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

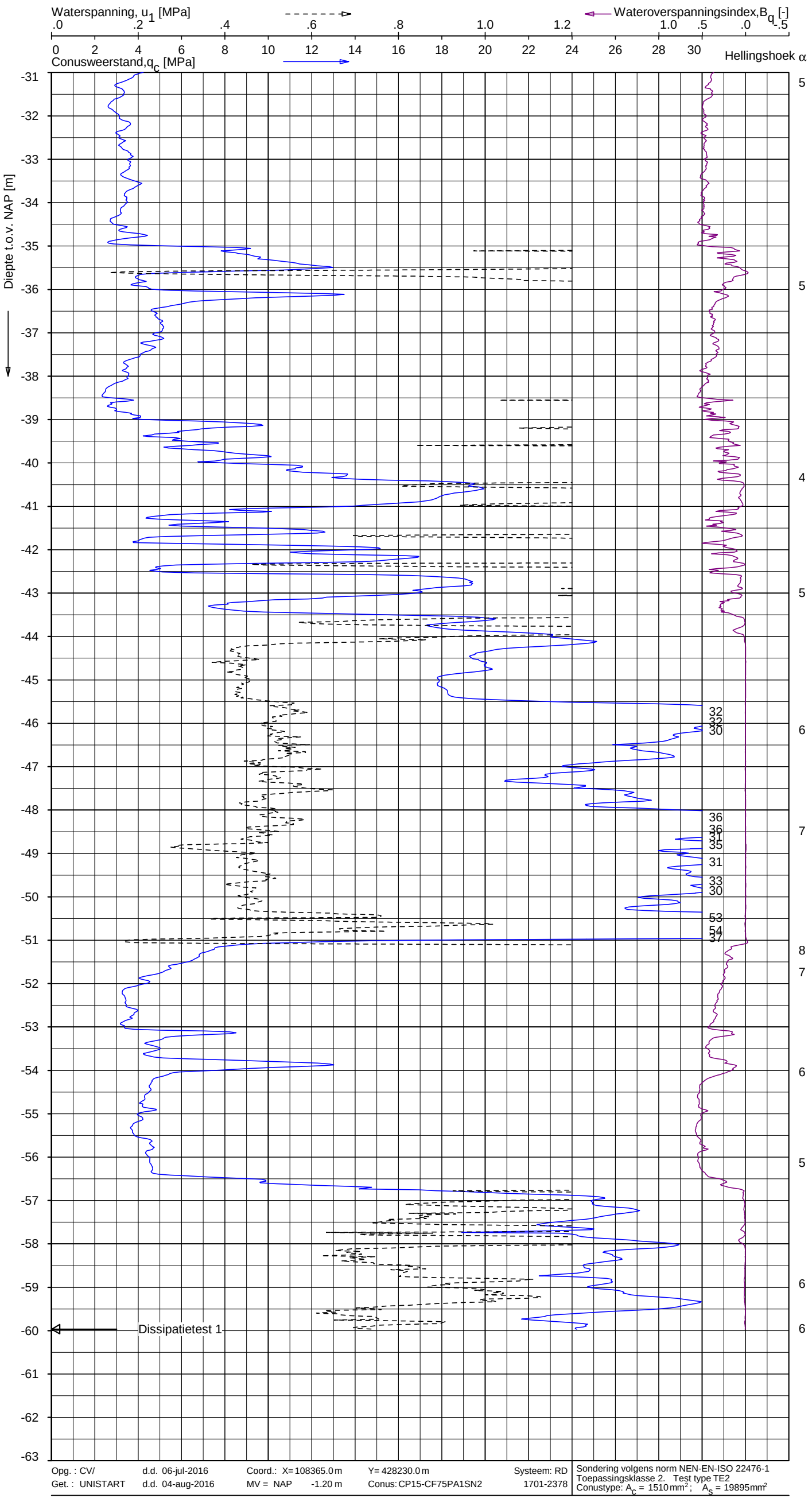
- VEEN
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig
- KLEI, siltig / LEEM

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP406

1015-0267-004



Indicatieve bodembeschrijving

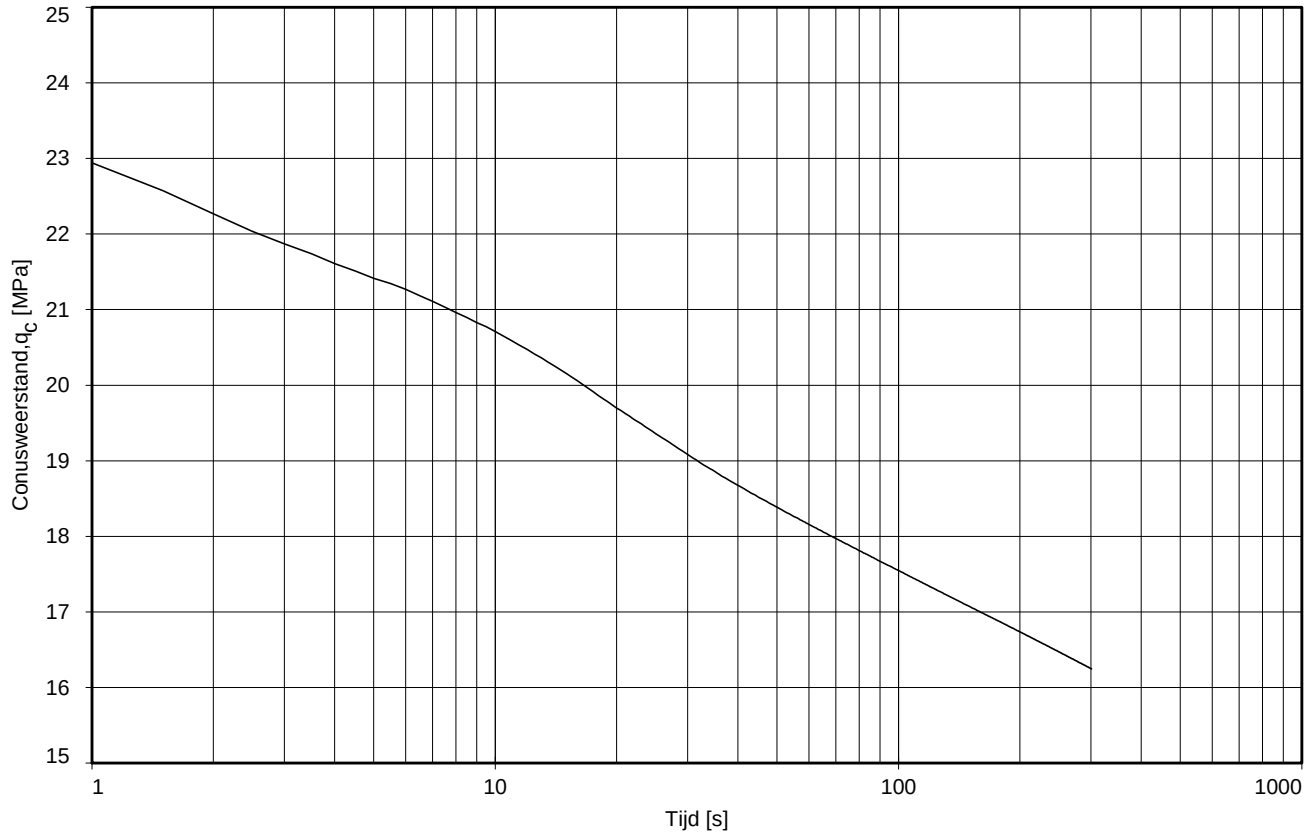
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

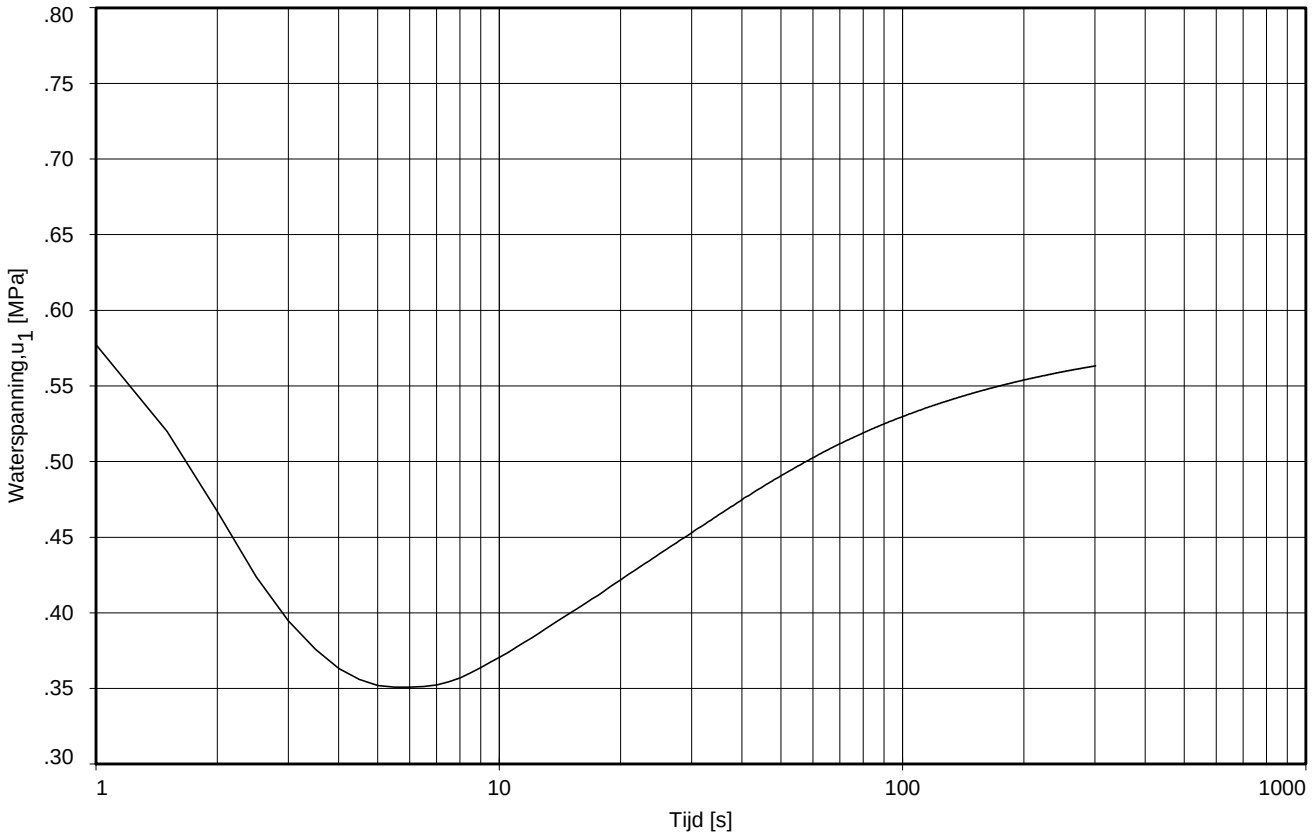
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP406





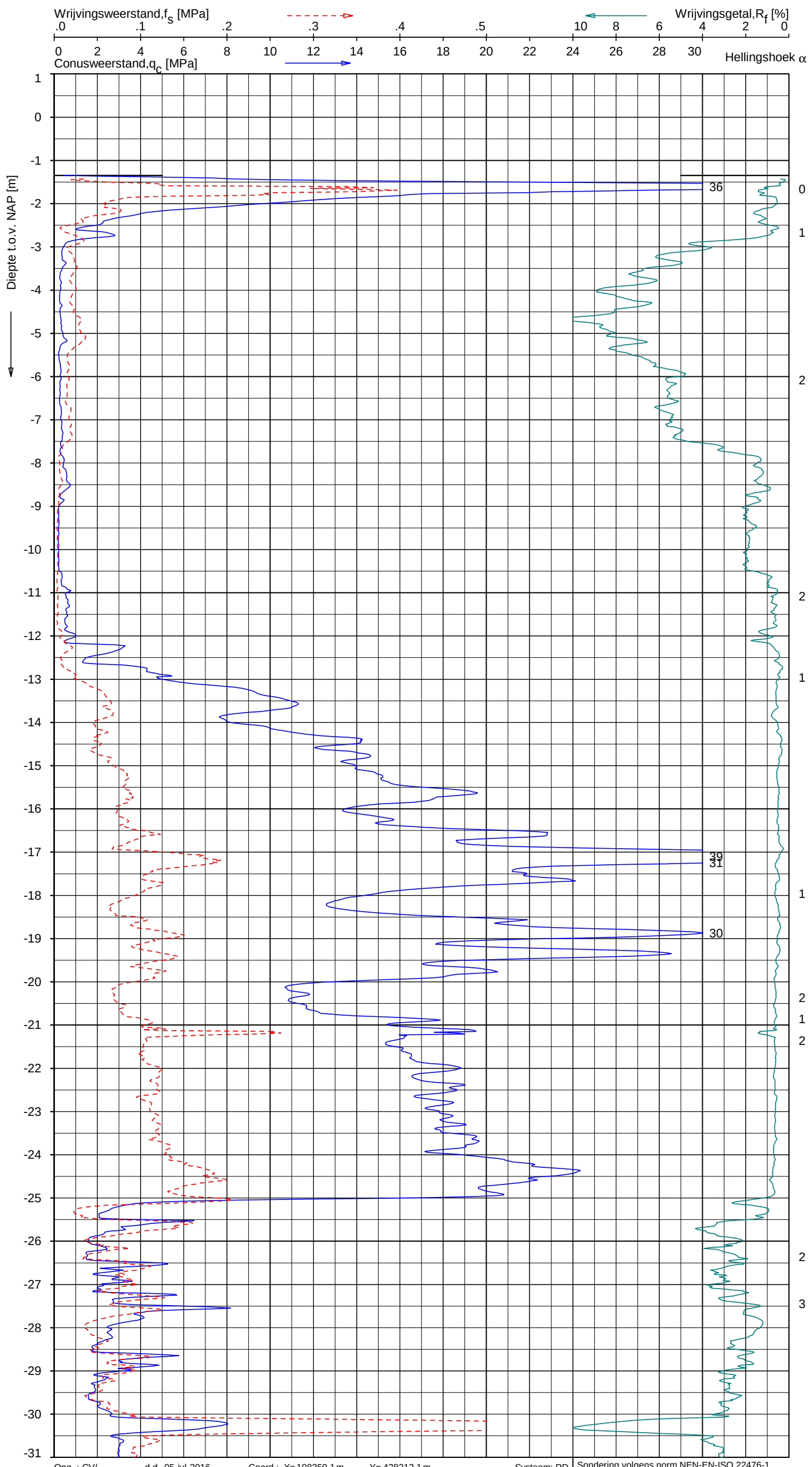
Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	: NAP	-59.97	m	MV = NAP	-1.20	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.711	MPa	Opg. :	CV/	d.d.	06-jul-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.563	MPa	Get. :	UNISTART	d.d.	04-aug-2016

DISSIPATIETEST

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP406

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:47



Indicatieve bodembeschrijving

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

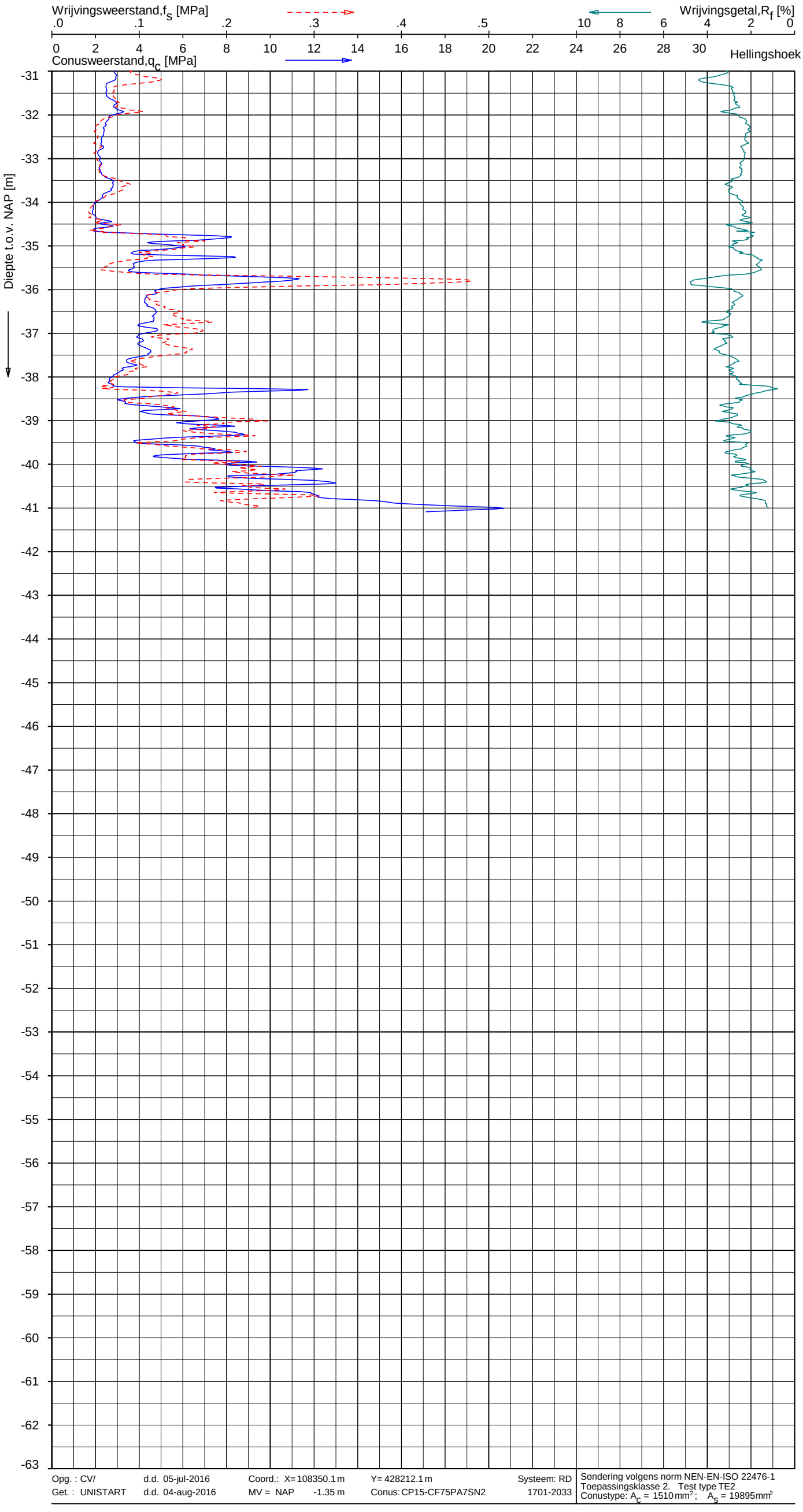
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:48



Opg. : CV/ d.d. 05-jul-2016 Coord.: X= 108350.1 m Y= 428212.1 m Systeem: RD

Get. : UNISTART d.d. 04-aug-2016 MV = NAP -1.35 m Conus: CP15-CF75PA7SN2 1701-2033

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

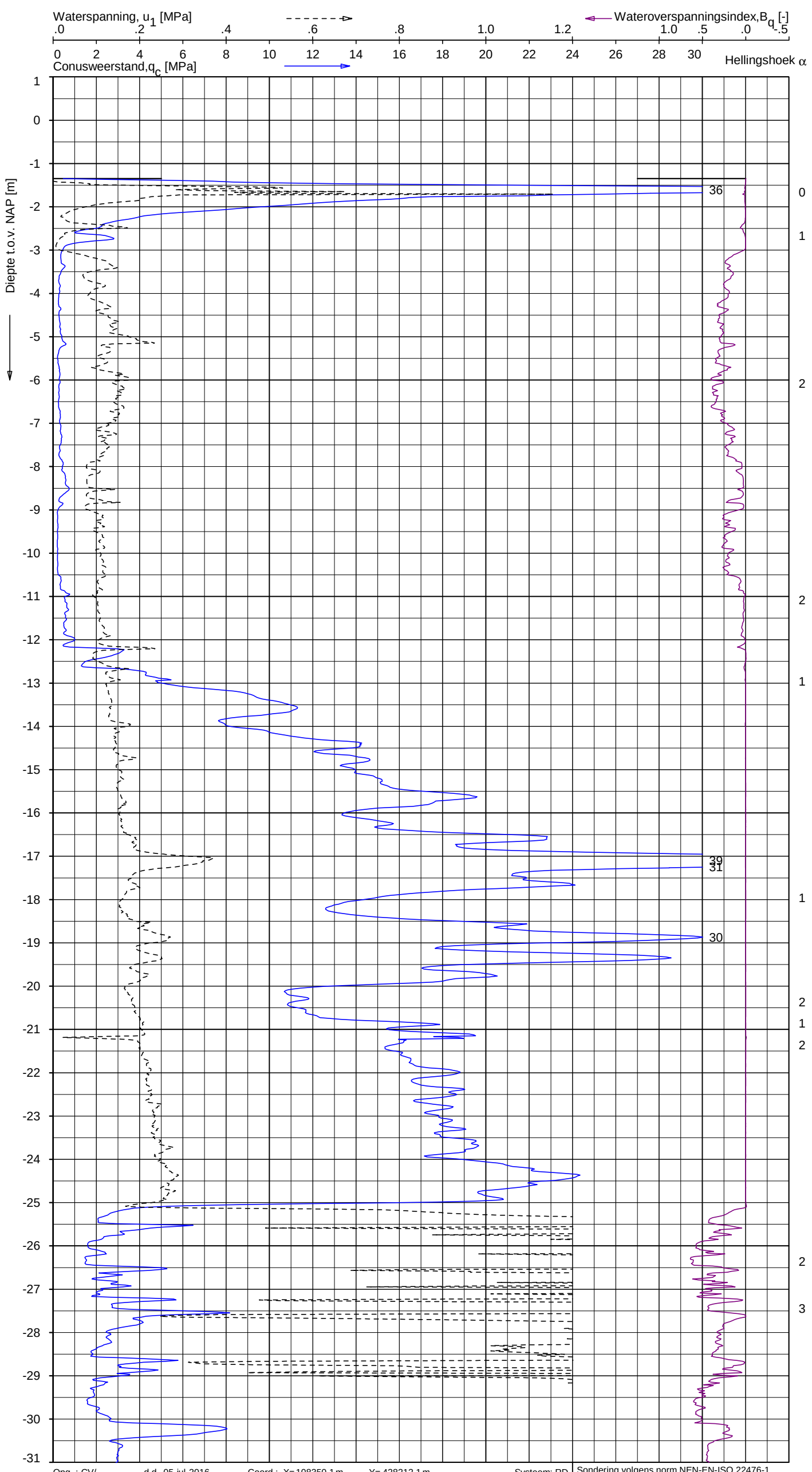
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407

1015-0267-004

DKMP407 - 2



Indicatieve bodembeschrijving

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

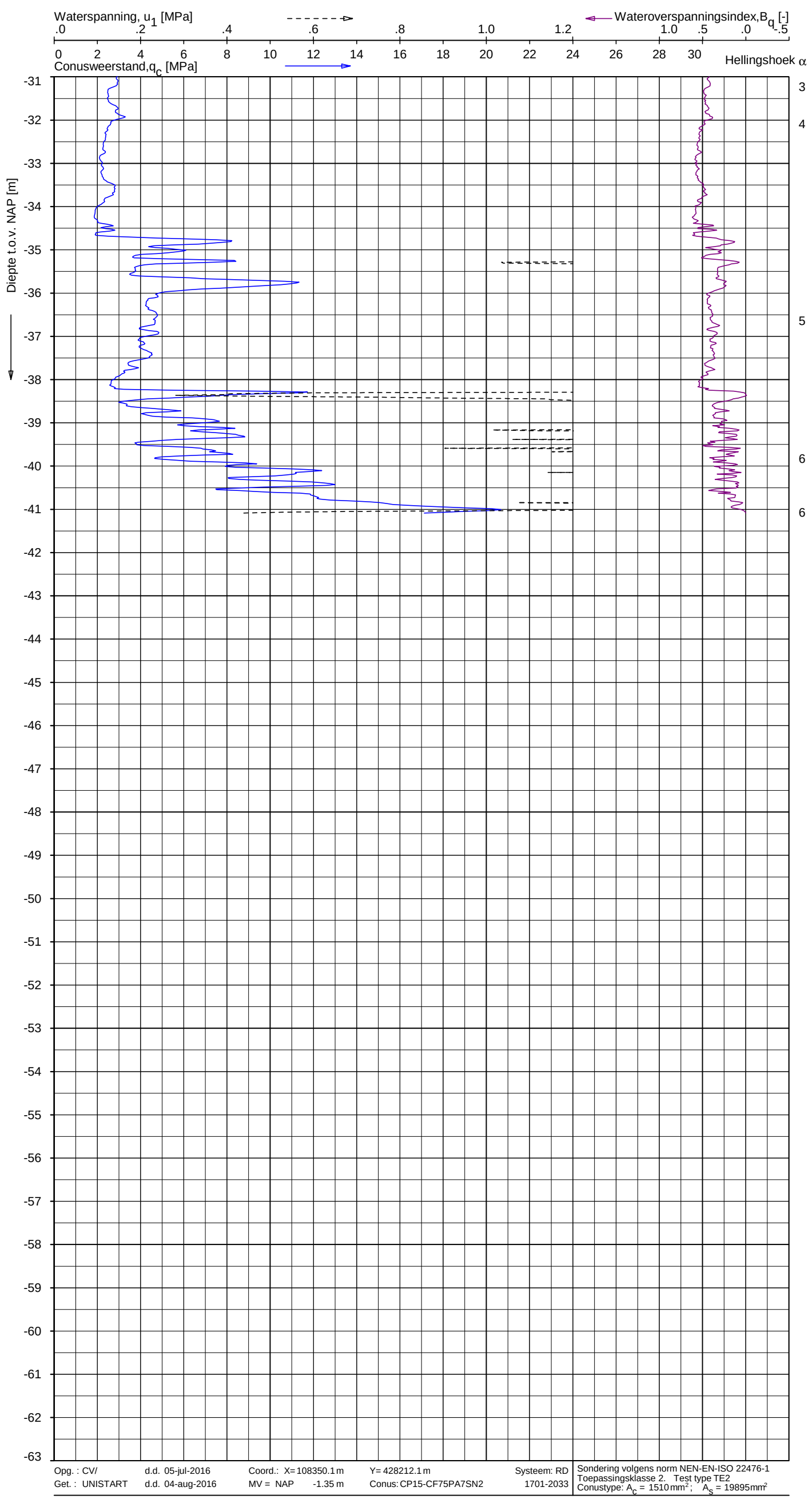
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407

UNIPLOT 05.31.nl / QcU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:11:06



Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : CV/	d.d. 05-jul-2016	Coord.: X= 108350.1 m	Y= 428212.1 m	Systeem: RD	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : UNISTART	d.d. 04-aug-2016	MV = NAP -1.35 m	Conus: CP15-CF75PA7SN2	1701-2033	Toepassingsklasse 2. Test type TE2
					Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

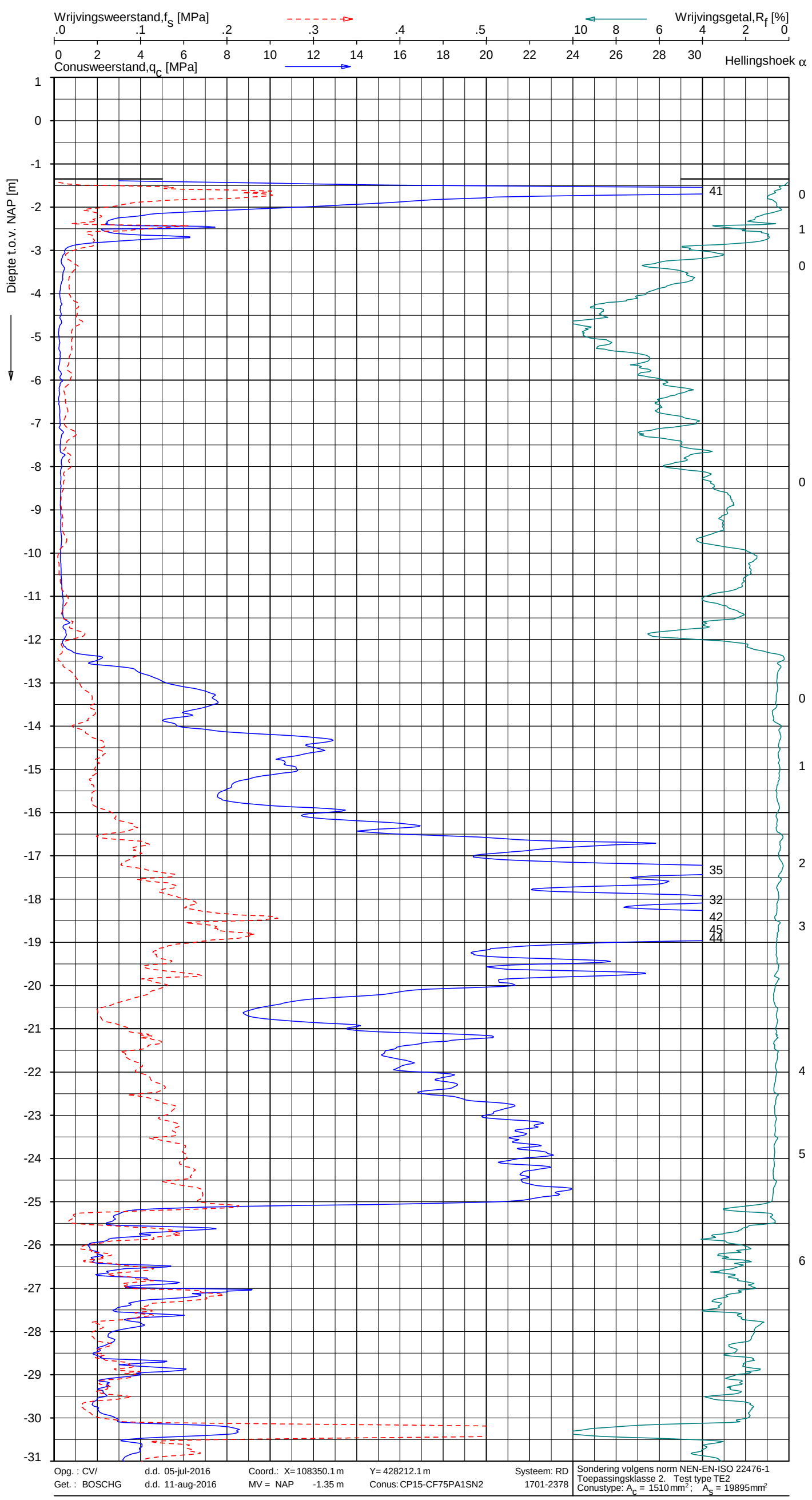
A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407

1015-0267-004

DKMP407 - 2

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:51



Indicatieve bodembeschrijving

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

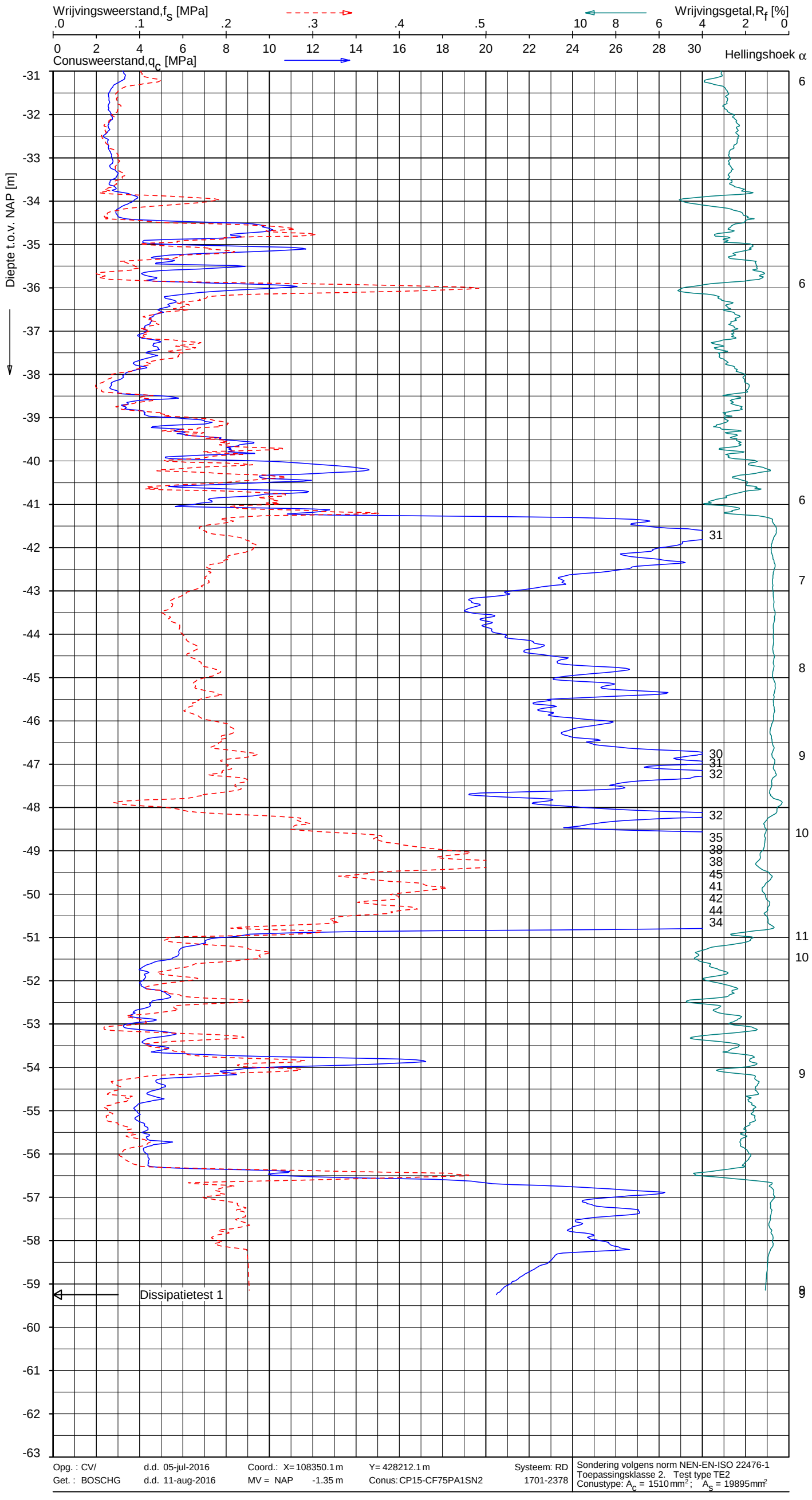
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407A

1015-0267-004

DKMP407A - 1



Indicatieve bodembeschrijving

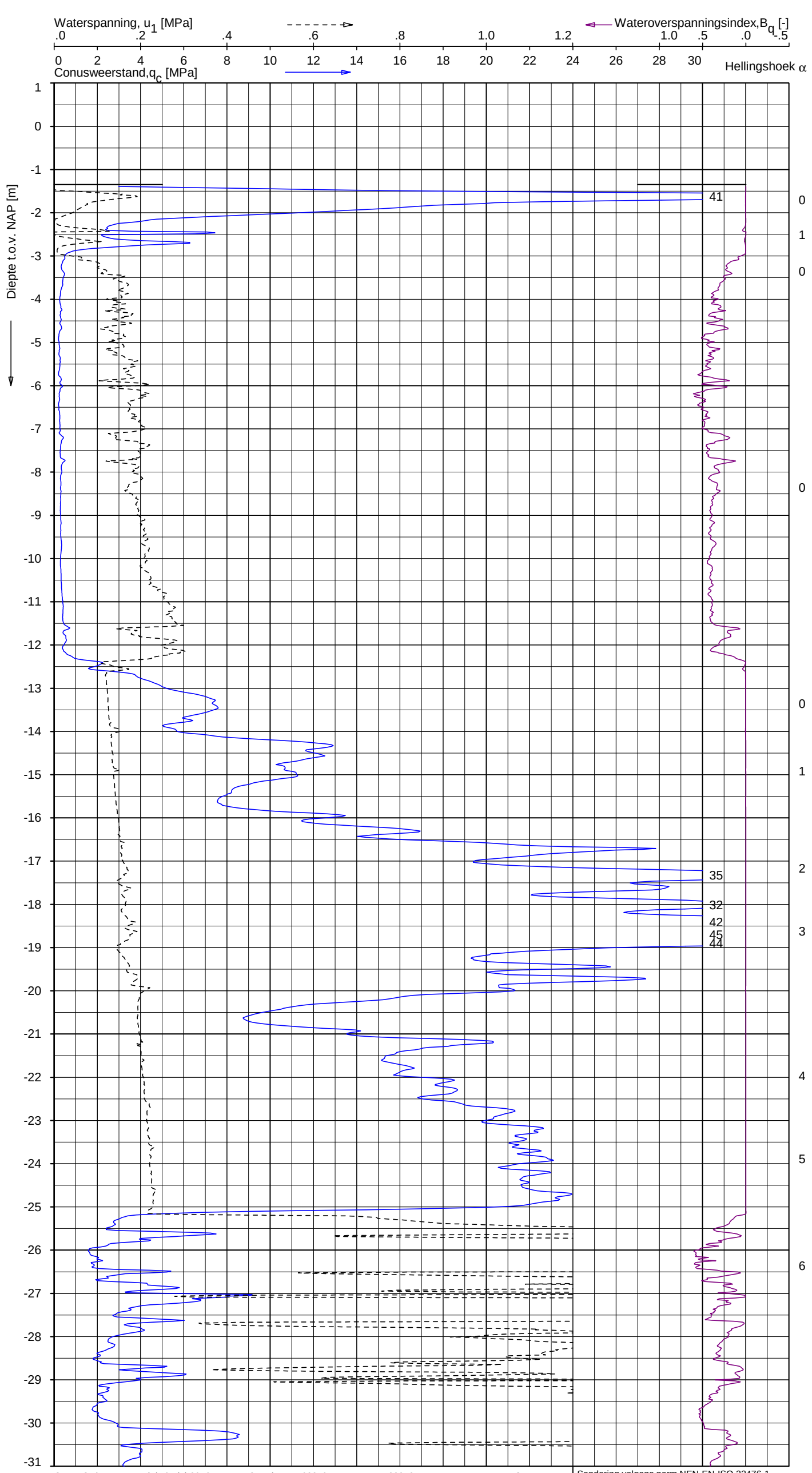
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407A



Indicatieve bodembeschrijving

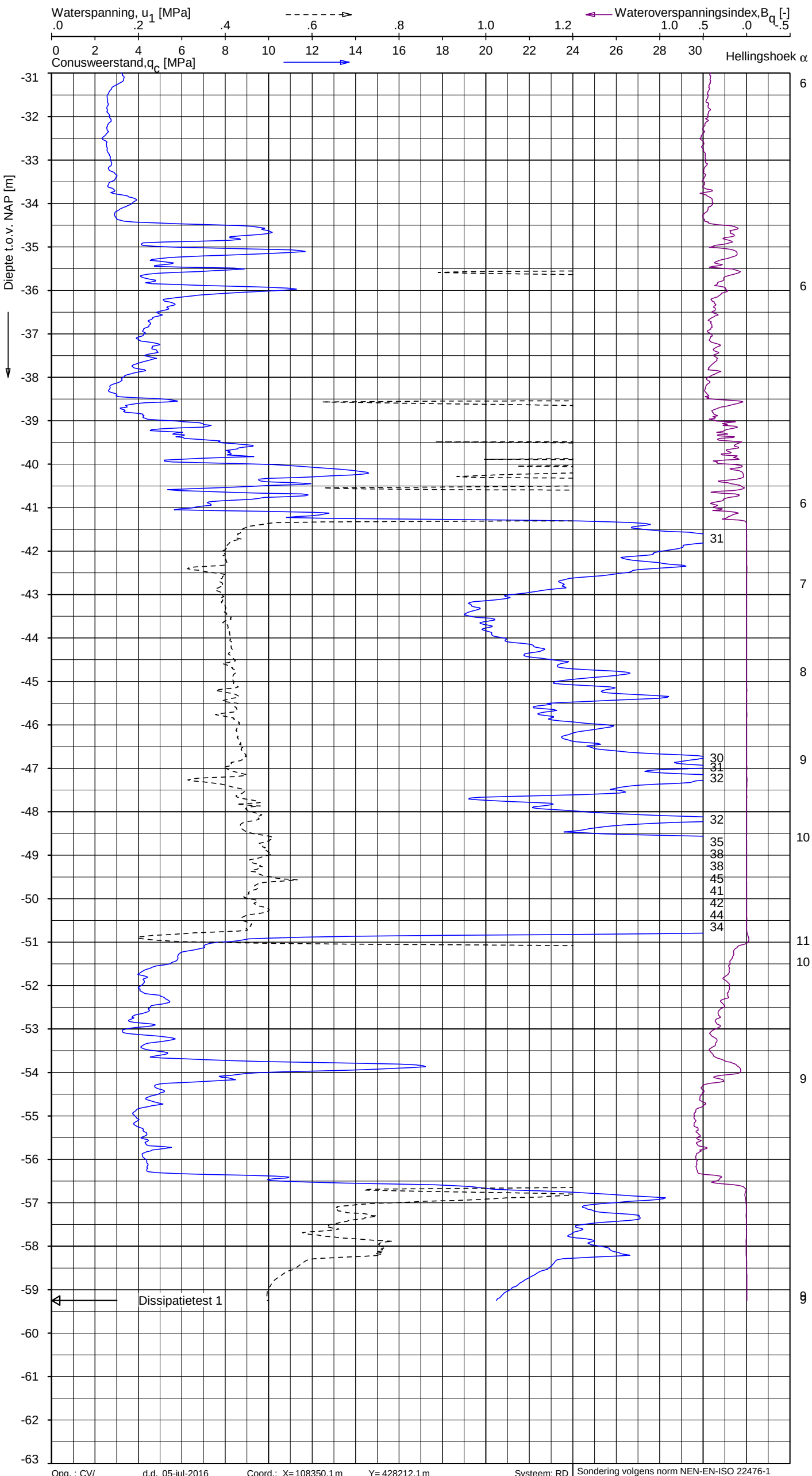
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407A



Indicatieve bodembeschrijving

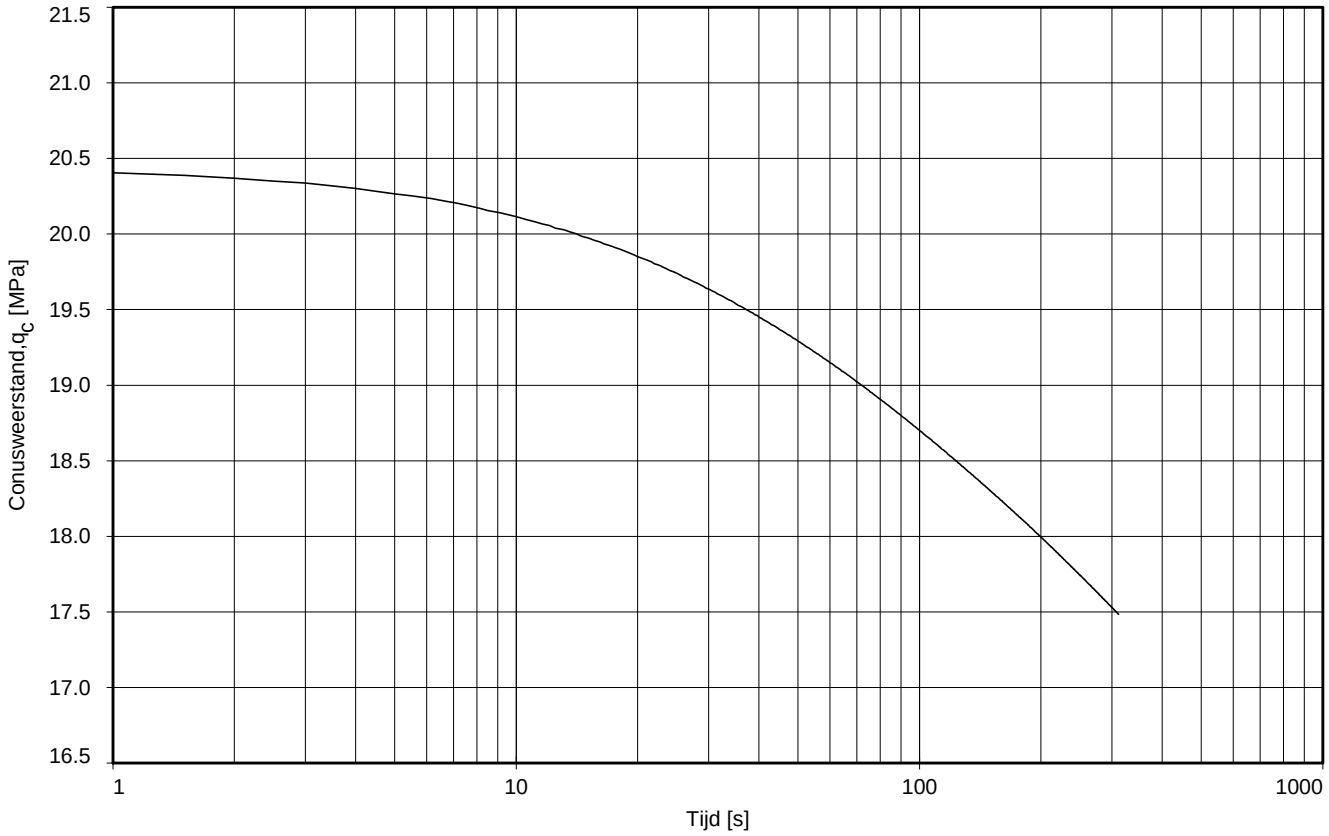
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

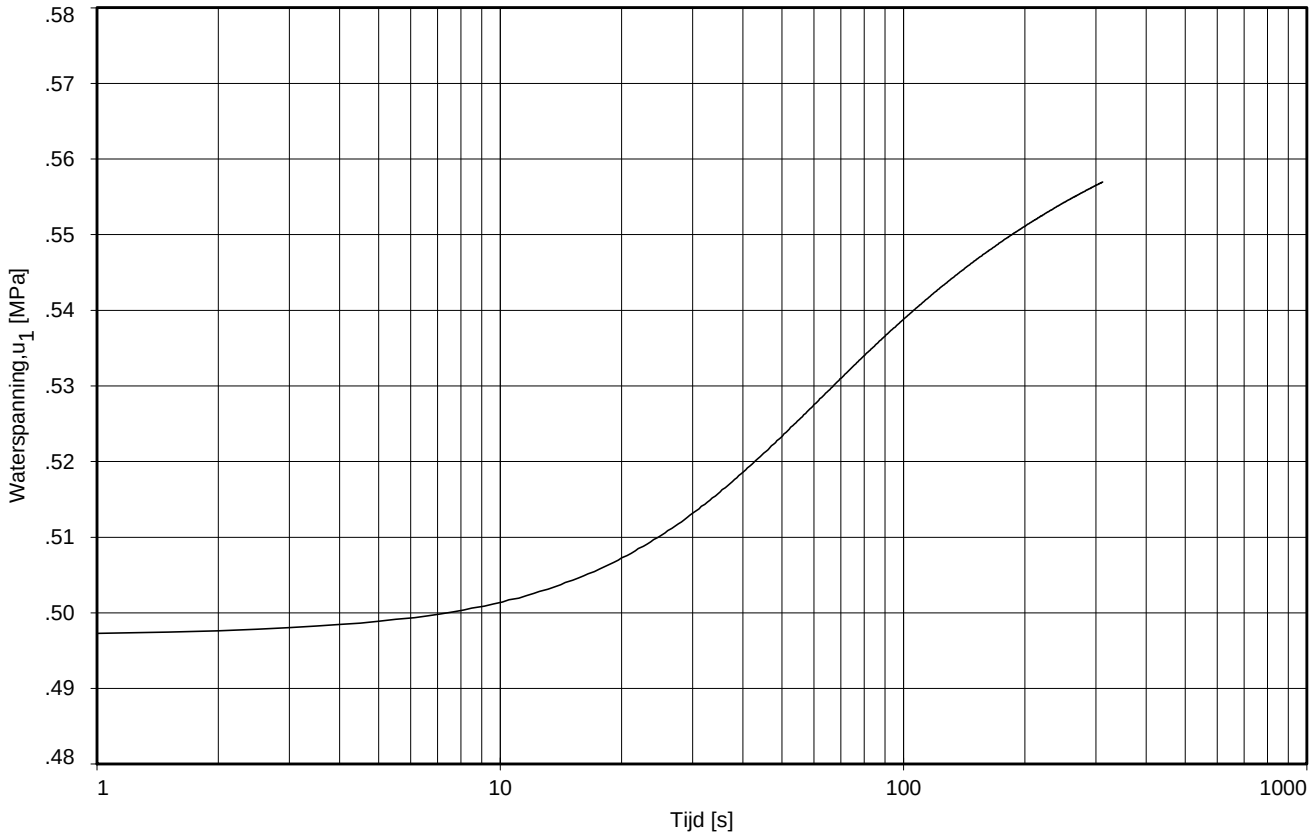
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407A





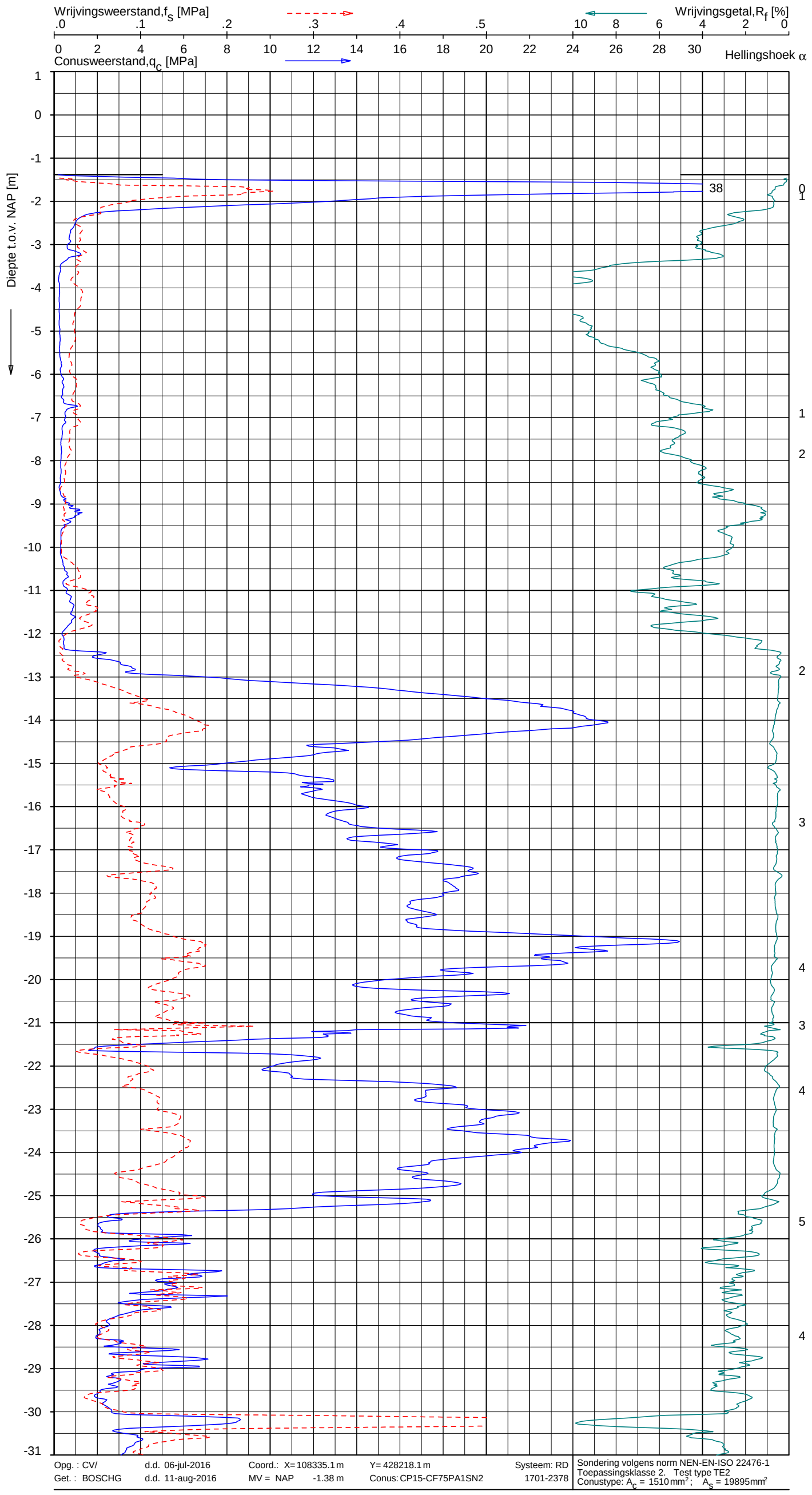
Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	: NAP	-59.26	m	MV = NAP	-1.35	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.497	MPa	Opg. :	CV/	d.d.	05-jul-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.557	MPa	Get. :	BOSCHG	d.d.	11-aug-2016

DISSIPATIETEST

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP407A

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:56



Indicatieve bodembeschrijving

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

Opg. : CV/ d.d. 06-jul-2016 Coord.: X= 108335.1 m Y= 428218.1 m Systeem: RD

Get. : BOSCHG d.d. 11-aug-2016 MV = NAP -1.38 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-2378

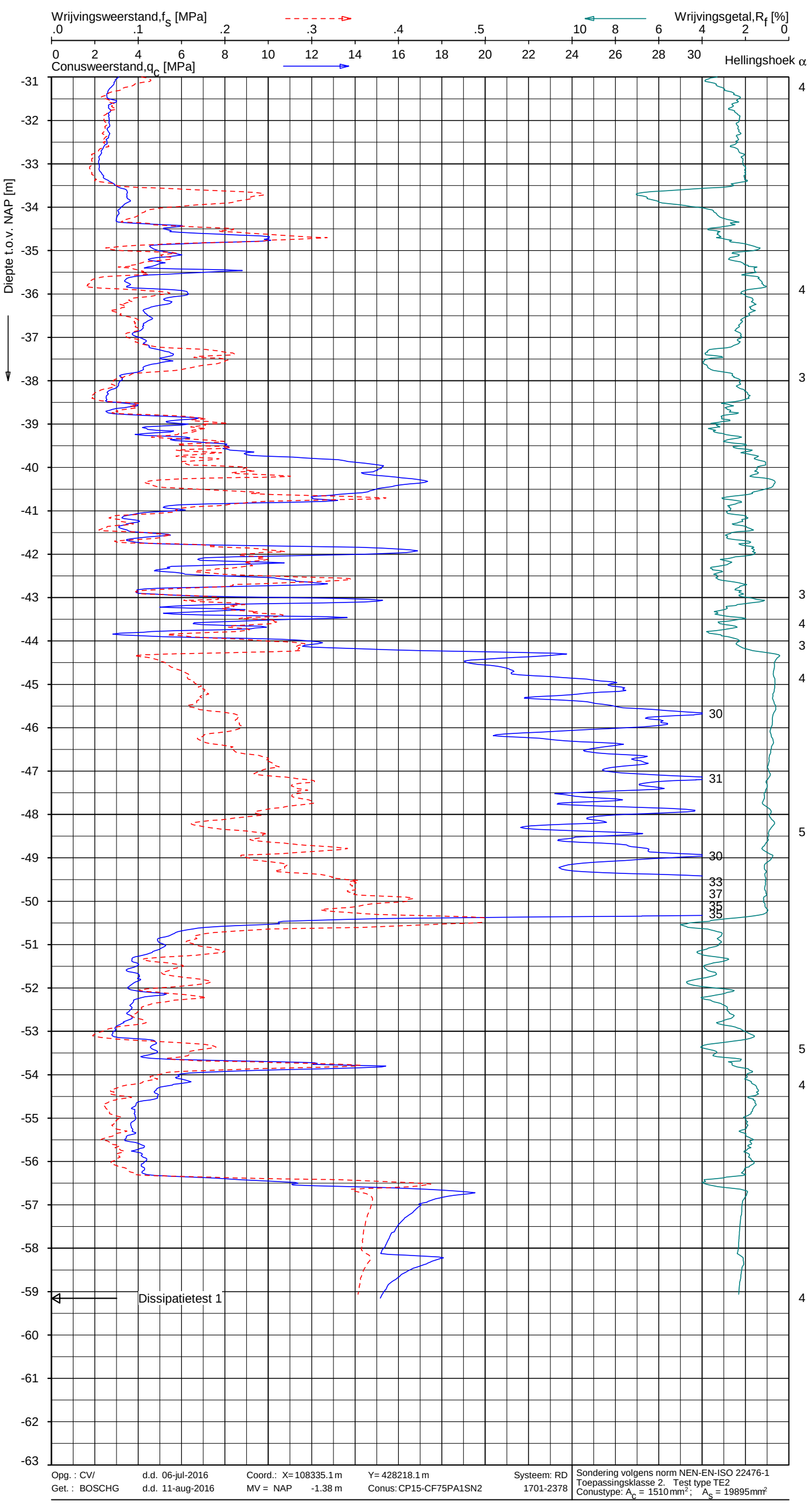
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP408

UNIPLOT 05.31.nl / QcFsClass-R3.cmd / 2016-08-11 14:09:57



Indicatieve bodembeschrijving

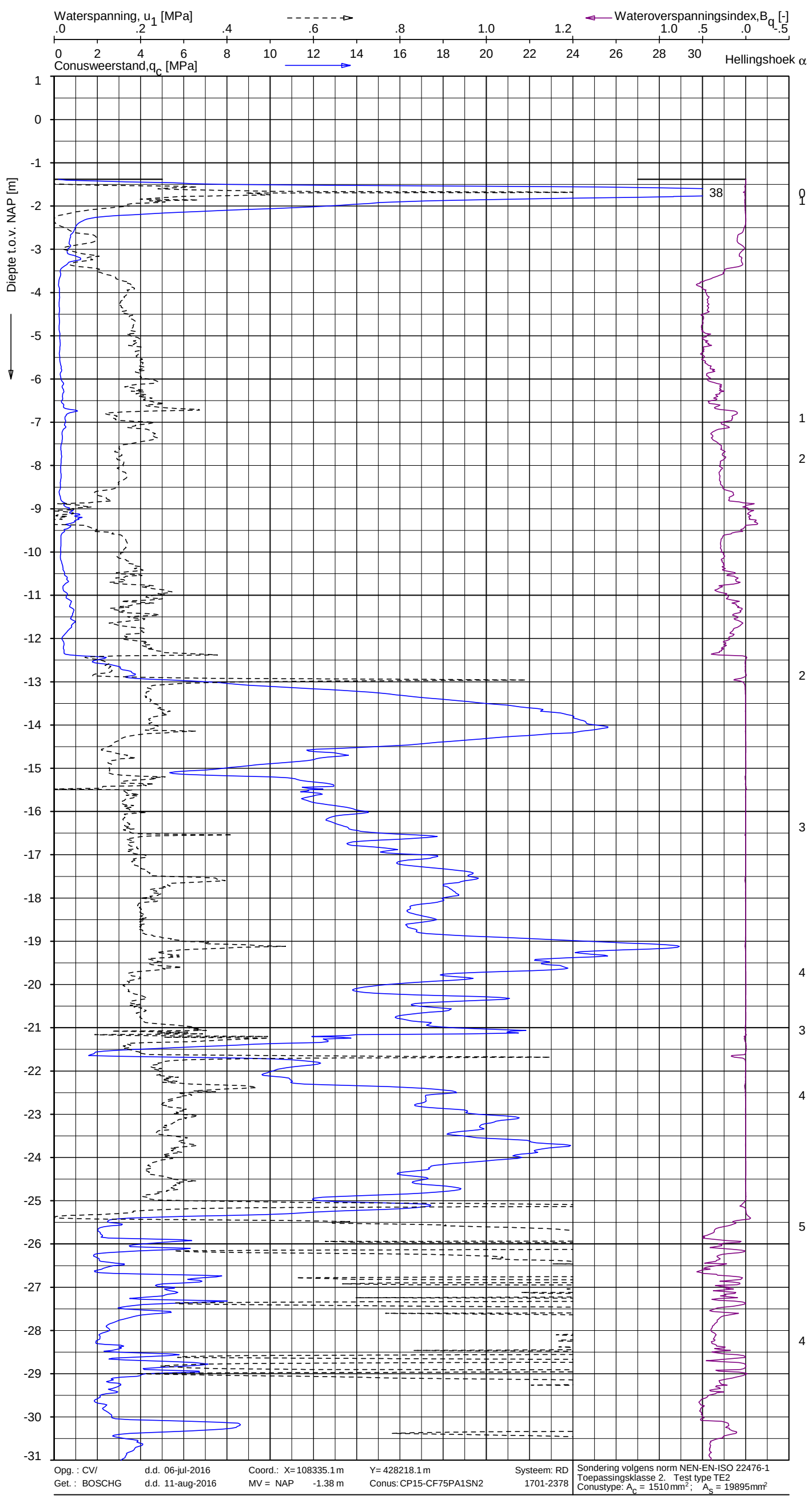
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP408



Indicatieve bodembeschrijving

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

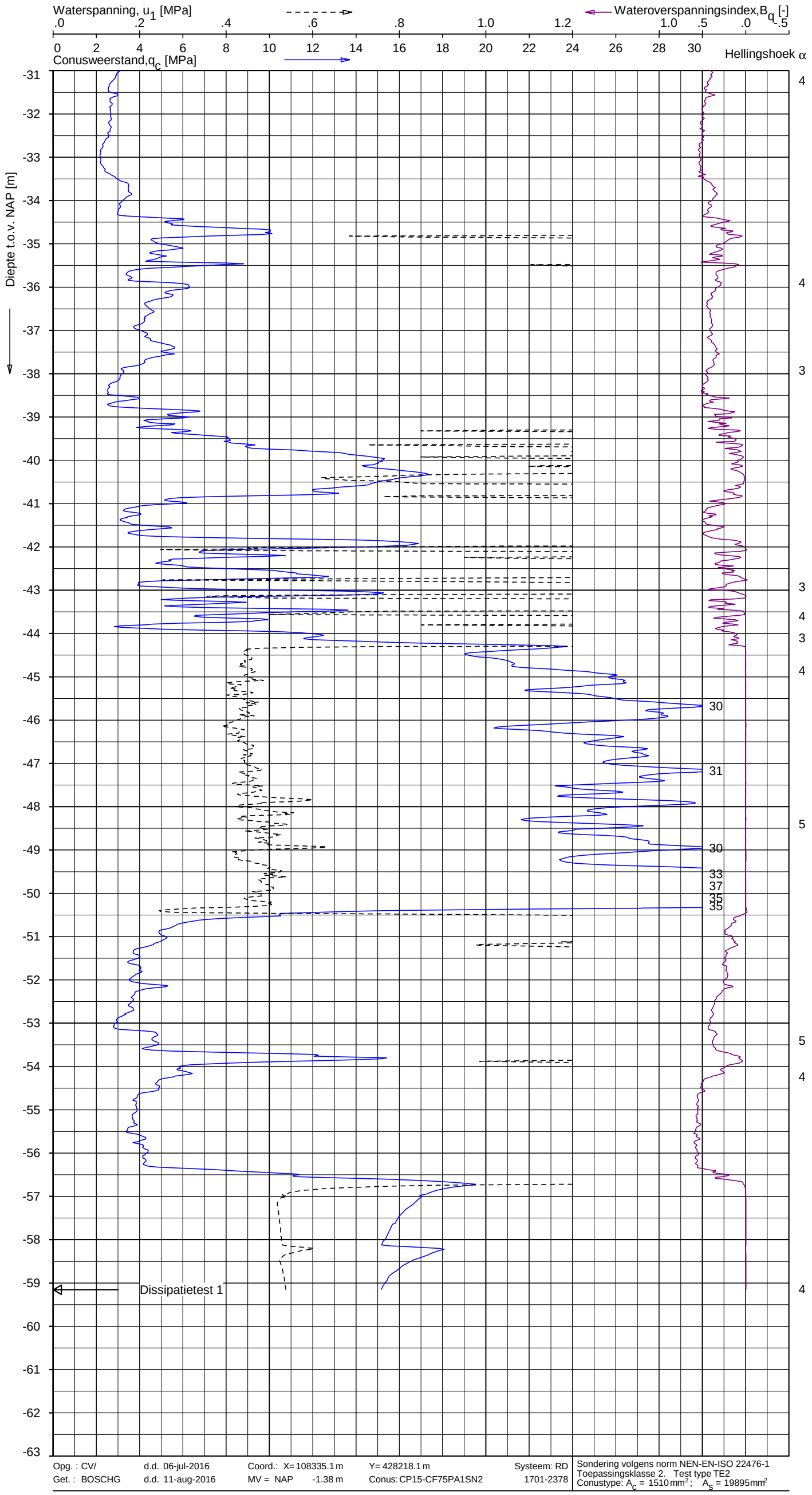
- ZAND tot ZAND, grindig
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND tot ZAND, grindig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- Grond, zeer stijf, fijnkorrelig

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP408

UNIPLOT 05.31.nl / QcU1Class-R3.cmd / 2016-08-11 14:11:15



Indicatieve bodembeschrijving

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

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM

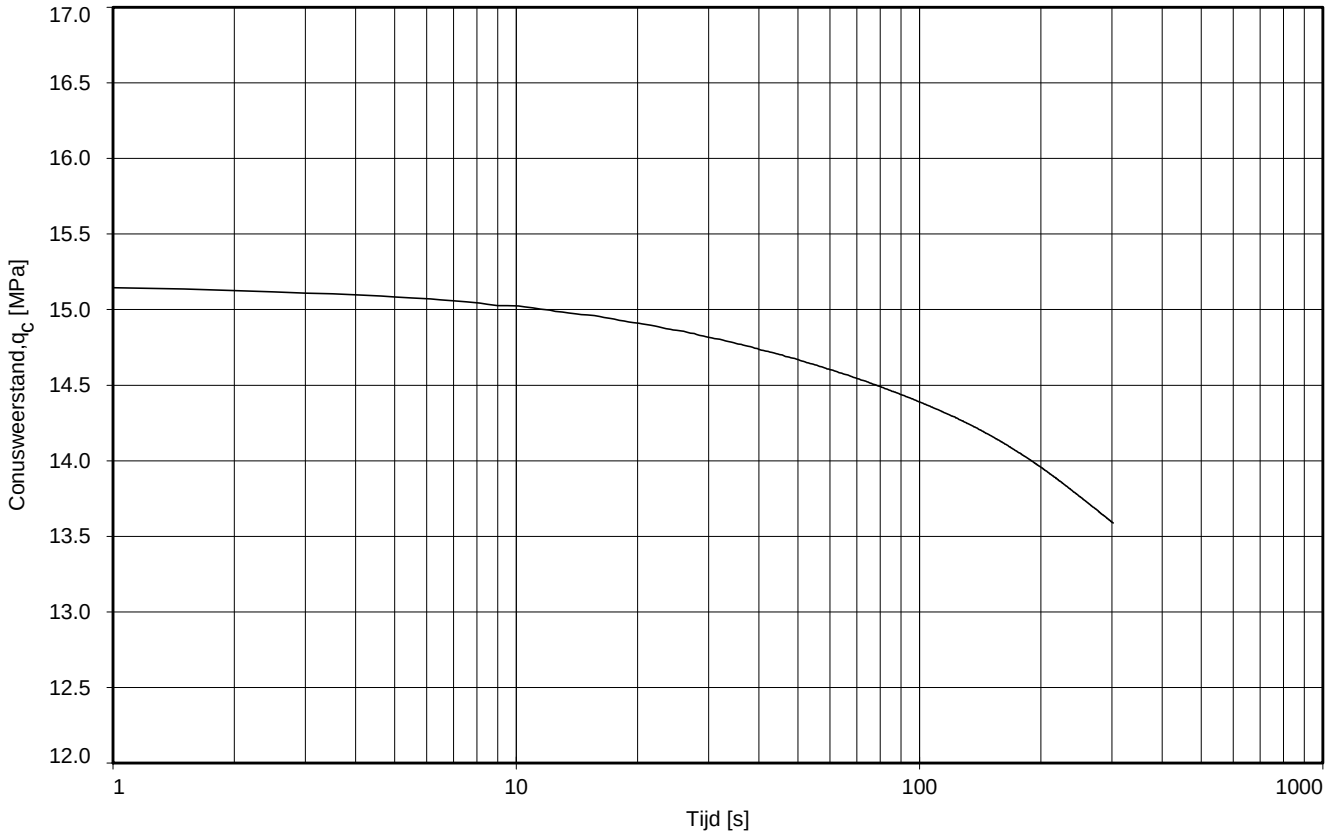
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

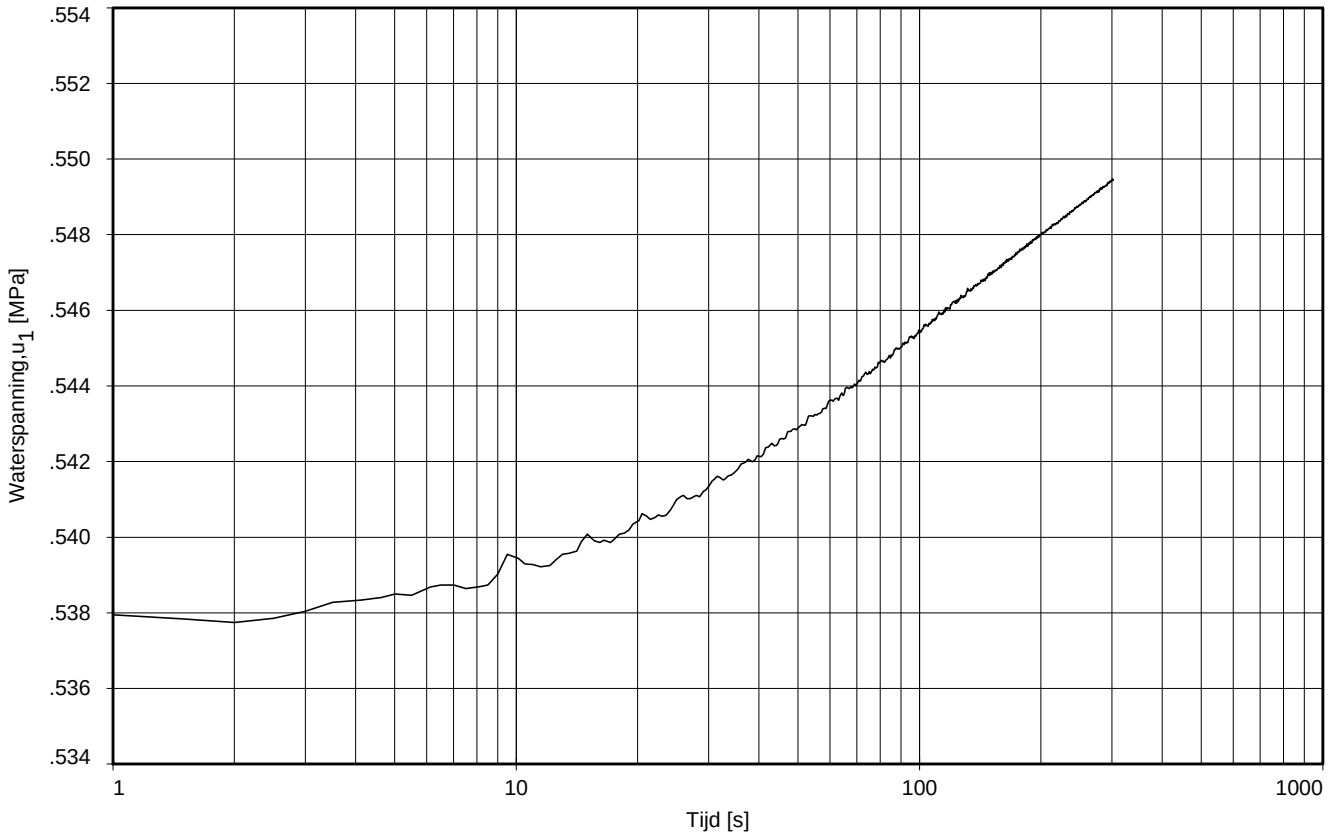
A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP408

1015-0267-004

DKMP408 - 2





Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	: NAP	-59.16	m	MV = NAP	-1.38	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.538	MPa	Opg. :	CV/	d.d.	06-jul-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.549	MPa	Get. :	BOSCHG	d.d.	11-aug-2016

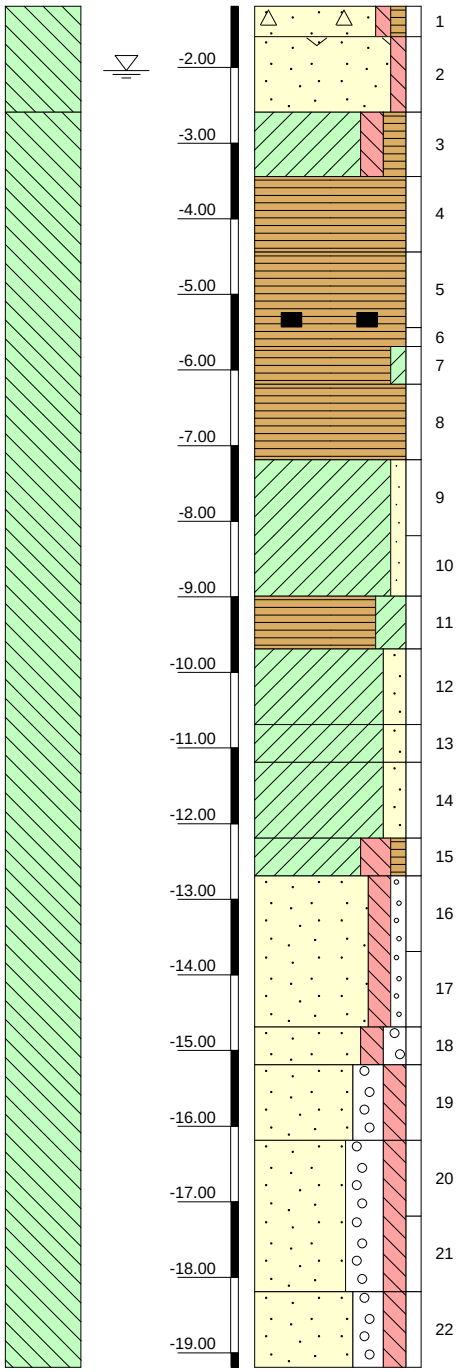
DISSIPATIETEST

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr. 1015-0267-004
Sond. DKMP408

Boring: B1

Veldclassificatie



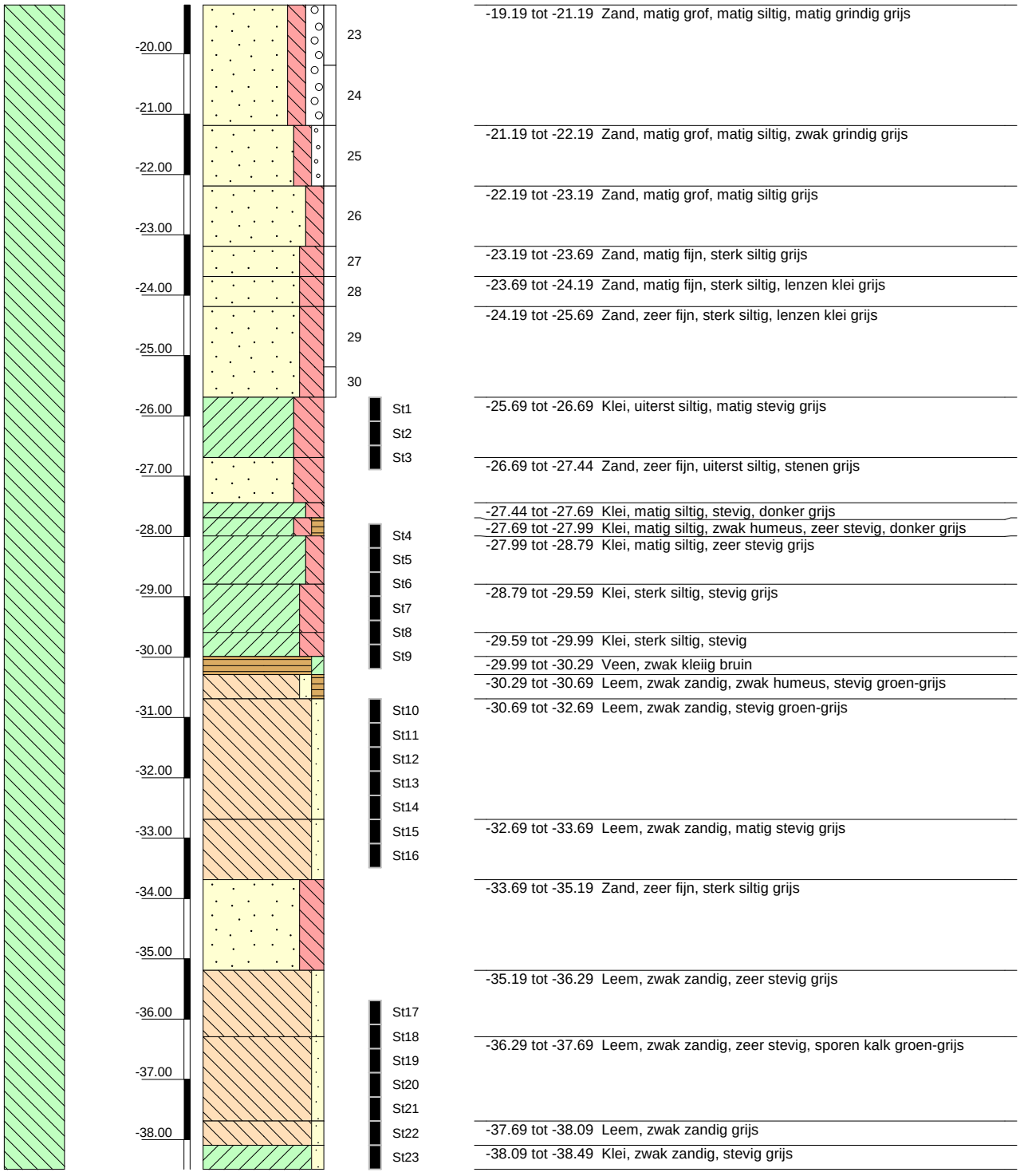
Monsternr.	Bodembeschrijving volgens NEN 5104
1	-1.19 tot -1.59 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak humeus, resten puin, licht bruin
2	-1.59 tot -2.59 Zand, matig grof, zwak siltig, resten schelpen grijs
3	-2.59 tot -3.44 Klei, matig siltig, matig humeus, matig stevig
4	-3.44 tot -4.44 Veen, mineraalarm bruin
5	-4.44 tot -5.69 Veen, resten hout (wortels) bruin
6	
7	-5.69 tot -6.19 Veen, zwak kleiig bruin
8	-6.19 tot -7.19 Veen, mineraalarm bruin
9	-7.19 tot -8.99 Klei, zwak zandig, matig slap, resten riet grijs
10	
11	-8.99 tot -9.69 Veen, sterk kleiig bruin
12	-9.69 tot -10.69 Klei, matig zandig, matig slap, laagjes veen, resten riet grijs
13	-10.69 tot -11.19 Klei, matig zandig, laagjes veen, resten riet grijs
14	-11.19 tot -12.19 Klei, matig zandig, matig slap, sporen riet grijs
15	-12.19 tot -12.69 Klei, sterk siltig, zwak humeus, matig slap blauw-grijs
16	-12.69 tot -14.69 Zand, matig grof, matig siltig, zwak grindig grijs
17	
18	-14.69 tot -15.19 Zand, matig grof, matig siltig, matig grindig grijs
19	-15.19 tot -16.19 Zand, matig grof, matig siltig, sterk grindig grijs
20	-16.19 tot -18.19 Zand, zeer grof, matig siltig, uiterst grindig grijs
21	
22	-18.19 tot -19.19 Zand, zeer grof, matig siltig, sterk grindig grijs

Algemene opmerking:

		MV (m tov NAP): -1.19	Boorvloeistof:	
X: 108392.8	GWS (m tov NAP): -2.04	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 05-07-2016
Y: 428192.6	GHG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester: rh
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: rh
		bk PB4 (m tov NAP):	WS PB4 (m tov NAP):	

Boring: B1

Veldclassificatie

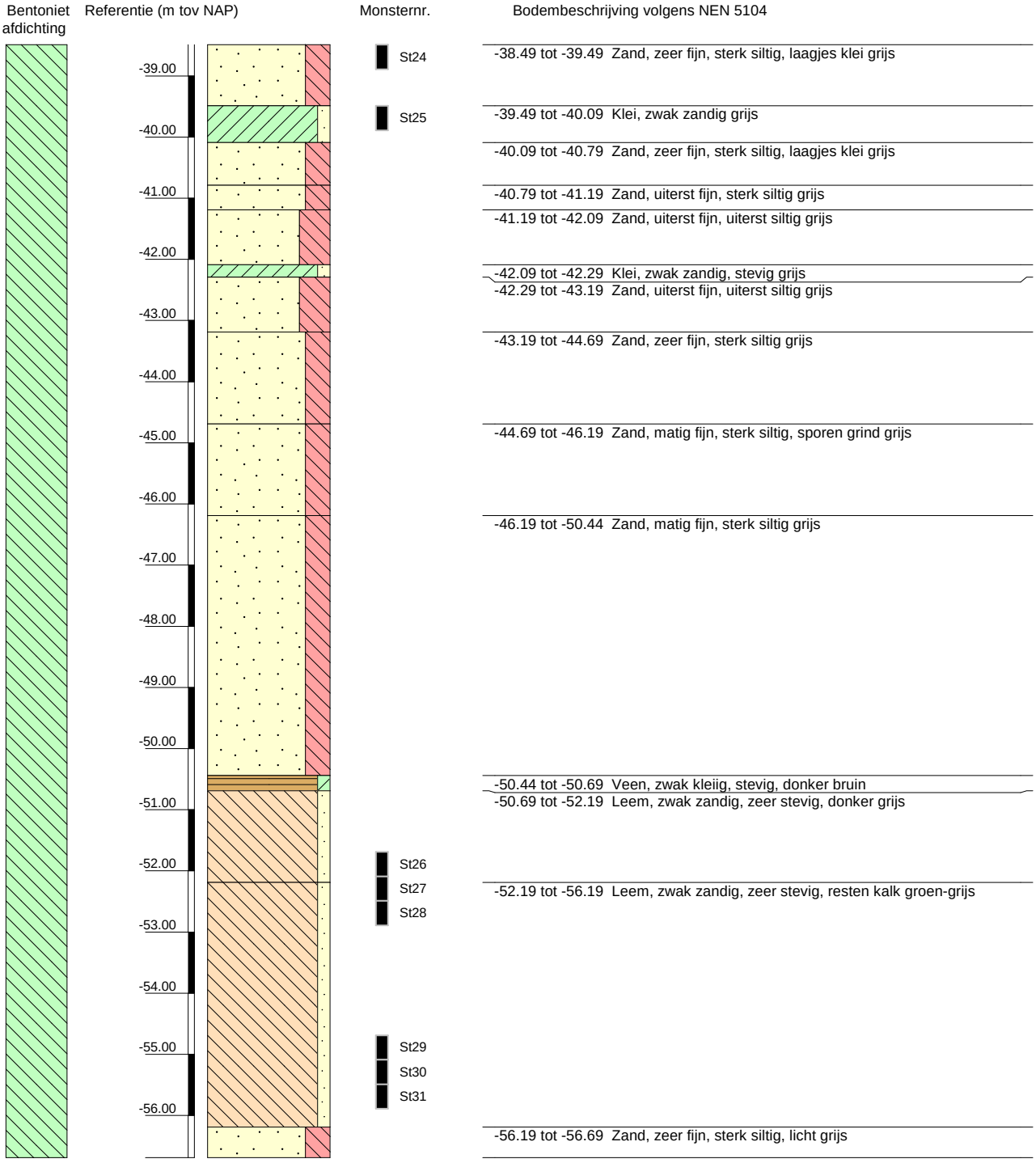


Algemene opmerking:

		MV (m tov NAP): -1.19	Boorvloeistof:	
X: 108392.8	GWS (m tov NAP): -2.04	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 05-07-2016
Y: 428192.6	GHG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester: rh
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: rh
		bk PB4 (m tov NAP):	WS PB4 (m tov NAP):	

Boring: B1

Veldclassificatie



Monsternr.	Bodembeschrijving volgens NEN 5104
St24	-38.49 tot -39.49 Zand, zeer fijn, sterk siltig, laagjes klei grijs
St25	-39.49 tot -40.09 Klei, zwak zandig grijs
	-40.09 tot -40.79 Zand, zeer fijn, sterk siltig, laagjes klei grijs
	-40.79 tot -41.19 Zand, uiterst fijn, sterk siltig grijs
	-41.19 tot -42.09 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig grijs
	-42.09 tot -42.29 Klei, zwak zandig, stevig grijs
	-42.29 tot -43.19 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig grijs
	-43.19 tot -44.69 Zand, zeer fijn, sterk siltig grijs
	-44.69 tot -46.19 Zand, matig fijn, sterk siltig, sporen grind grijs
	-46.19 tot -50.44 Zand, matig fijn, sterk siltig grijs
	-50.44 tot -50.69 Veen, zwak kleiig, stevig, donker bruin
	-50.69 tot -52.19 Leem, zwak zandig, zeer stevig, donker grijs
St26	
St27	-52.19 tot -56.19 Leem, zwak zandig, zeer stevig, resten kalk groen-grijs
St28	
St29	
St30	
St31	
	-56.19 tot -56.69 Zand, zeer fijn, sterk siltig, licht grijs

Algemene opmerking:

		MV (m tov NAP): -1.19	Boorvloeistof:	
X: 108392.8	GWS (m tov NAP): -2.04	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 05-07-2016
Y: 428192.6	GHG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester: rh
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: rh
		bk PB4 (m tov NAP):	WS PB4 (m tov NAP):	

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

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60^0 en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2.

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

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.
Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepteaanduiding als gevolg van “scheef sonderen” wordt voorkomen.

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

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

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

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

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

Presentatie sondeergegevens

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

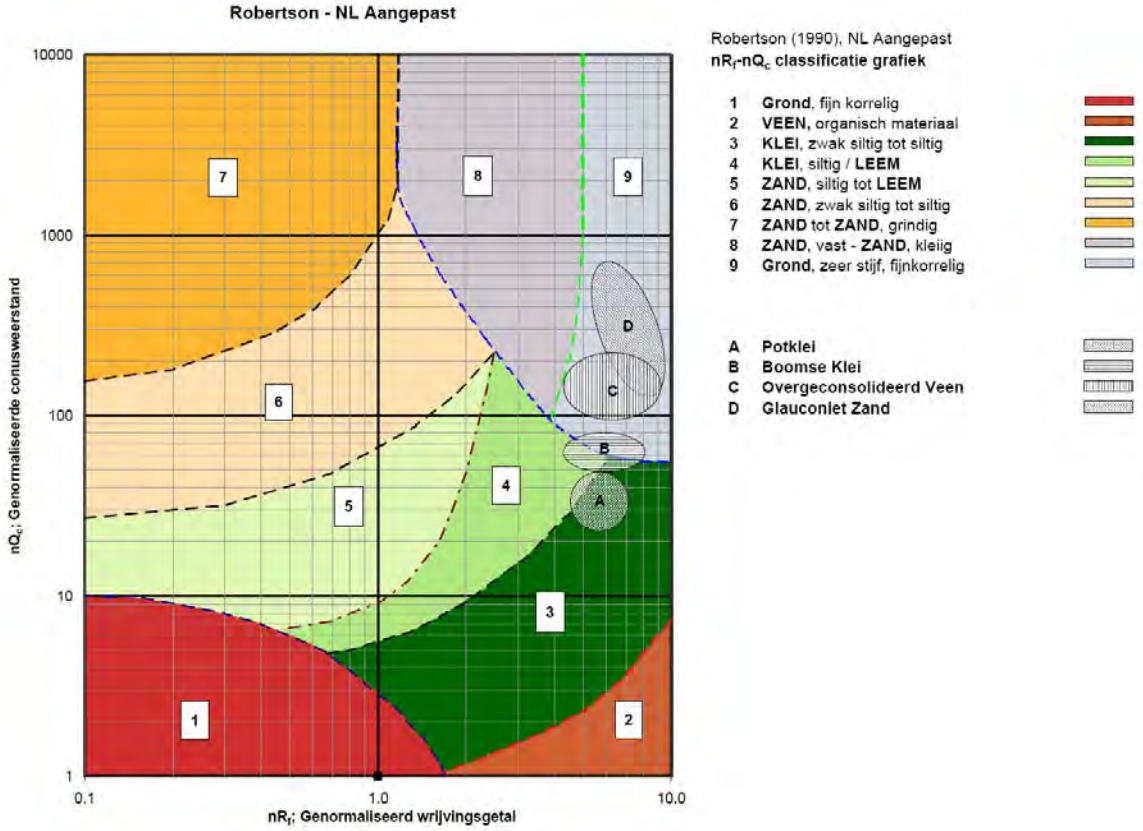
Genormaliseerde conusweerstand: $$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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

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

- Gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven.
- Bovendien is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor q_c < 1,5 MPa en R_f > 5 % wordt de grond als veen geclassificeerd.



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.

[2] Robertson, P.K. [1990] “Soil Classification using the cone penetration test”. Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8[2]

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

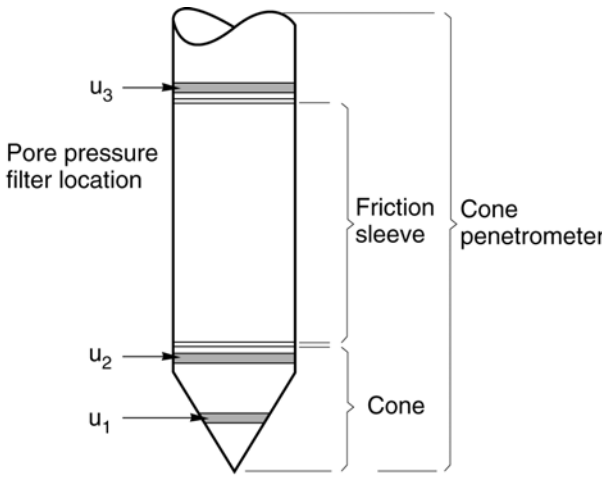
Andere conustypen

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

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

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (*piëzo-conus)* is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen (zie figuur 1). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water (0,2 mm^3) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

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

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

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

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

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

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

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

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

waarin:

β	=	factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
q_{net}	=	$q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
q_t	=	$q_c + (1\text{-}a)\cdot\{\beta\cdot(u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
	=	$q_c + (1\text{-}a)\cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
σ_{v0}	=	de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m^3 en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
a	=	netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
u_1	=	de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;
u_2	=	de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;
u_0	=	de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

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

Grond gedrag	β-factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0[1)] - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dillatant gedrag	0[1)] - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

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

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

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

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient de dissipatietest te worden voortgezet totdat de water**over**spanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat in zand overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur.Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond. Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

Klassenindeling EN-ISO 22476-1
Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 “Electrical cone and piezocone testing” ontwikkeld, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerklassen worden de sondeerklassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid [a]	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort [b]	Interpretatie [c]
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G, H
2	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning [d] Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.
NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

[a] De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.

[b] Volgens ISO 14688-2:
- A Homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) (q_c < 3 MPa)
- B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand 5 MPa $\leq q_c$ < 10 MPa)
- C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand 1,5 MPa $\leq q_c$ < 3 MPa) en zeer dichte zanden (q_c > 20 MPa)
- D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3$ MPa) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20$ MPa)

[c]
- G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid
- G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid
- H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid
- H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid

[d] Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstanden onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met q_c < 3 MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingsklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

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

Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	Meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2^{o}	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2^{o}	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5^{o}	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.			

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

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

Boringen / Peilbuizen

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

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

Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

Type sonderingen

D	Diepsondering
HS	Handsondering
S	Slagsondering

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

Legenda / Terminologie

Grind

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

Zand

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

Veen

- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleiig
- Veen, sterk kleiig
- 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

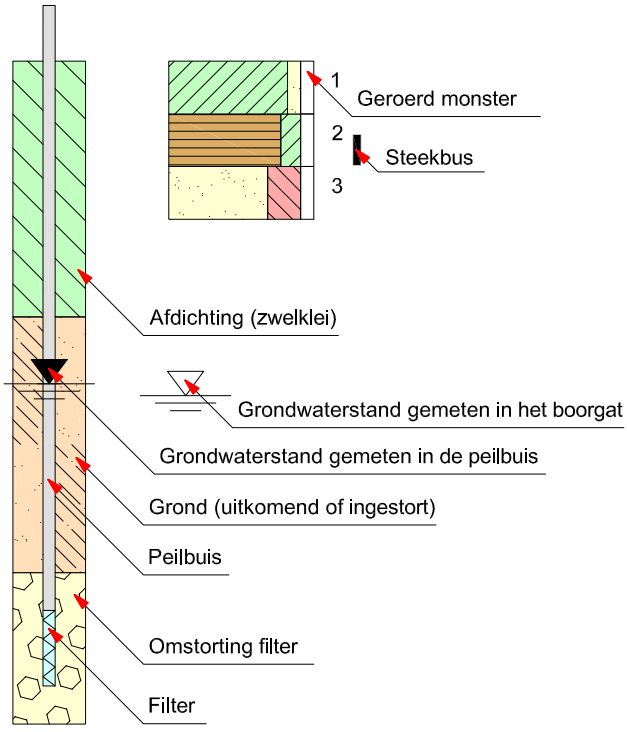
Leem

- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

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

Peilbuis



Revisie datum : 05-12-2013 (JNI)

RAPPORTAGE LABORATORIUMONDERZOEK

Project	A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Labwerkzaamheden	Opdrachtnummer	1015-0267-161
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zuid-Holland	Datum rapport	08-09-2016
Contactpersoon		Ontvangst monsters	11-07-2016
Monstername	Uitgevoerd door Afdeling Grondonderzoek; d.d 05-07-2016		
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 Fugro GeoServices B.V. Laboratorium voor Infra- en Geotechniek te Leidschendam. Eventueel uitbesteed onderzoek is duidelijk als zodanig gekenmerkt.			

INHOUDSOPGAVE	Pagina
Voorblad onderzoeksrapport	1
Boorstaat	2 t/m 4
Laboratoriumstaat	5 t/m 6
Resultaten CRS	7 t/m 70
Monsteroverzicht	71

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.

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.

1015-0267-161.B01.doc

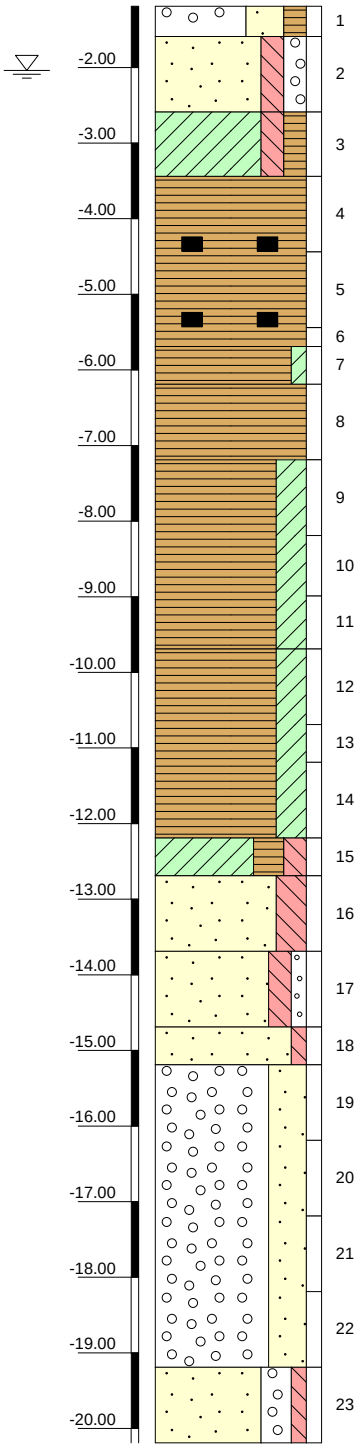
Wanneer u naar aanleiding van de resultaten van dit rapport nog vragen heeft verzoeken wij u contact op te nemen met ondergetekende.
Wij vertrouwen erop u hiermee van dienst te zijn geweest en uw opdracht naar wens te hebben uitgevoerd.

Fugro GeoServices B.V.
Laboratorium voor Infra- en Geotechniek

ing. W.M.L. van der Weijst
Groepshoofd Laboratorium voor Infra- en Geotechniek Leidschendam

Boring: B1

Laboratorium classificatie



Bodembeschrijving volgens NEN 5104 [Q]

-1.19 tot -1.59 Grind, uiterst zandig, matig humeus, spoor schelpmateriaal bruin

-1.59 tot -2.59 Zand, matig fijn, matig siltig, matig grindig, weinig schelpmateriaal grijs

-2.59 tot -3.44 Klei, matig siltig, matig humeus, spoor schelpmateriaal, resten roest bruin-grijs

-3.44 tot -5.69 Veen, mineraalarm, brokken hout (wortels) zwart

-5.69 tot -6.19 Veen, zwak kleiig bruin-zwart

-6.19 tot -7.19 Veen, mineraalarm zwart

-7.19 tot -9.69 Veen, sterk kleiig, resten riet, donker grijs

-9.69 tot -12.19 Veen, sterk kleiig, donker grijs

-12.19 tot -12.69 Klei, matig siltig, sterk humeus, licht grijs-groen

-12.69 tot -13.69 Zand, matig fijn, sterk siltig grijs

-13.69 tot -14.69 Zand, matig grof, matig siltig, zwak grindig grijs

-14.69 tot -15.19 Zand, matig grof, zwak siltig, sporen roest grijs

-15.19 tot -19.19 Grind, uiterst zandig grijs

-19.19 tot -20.19 Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig grijs

Algemene opmerking:

Versie 2016-01-29

X: 108392.8
Y: 428192.6
Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -2.04
MV (m tov NAP): -1.19

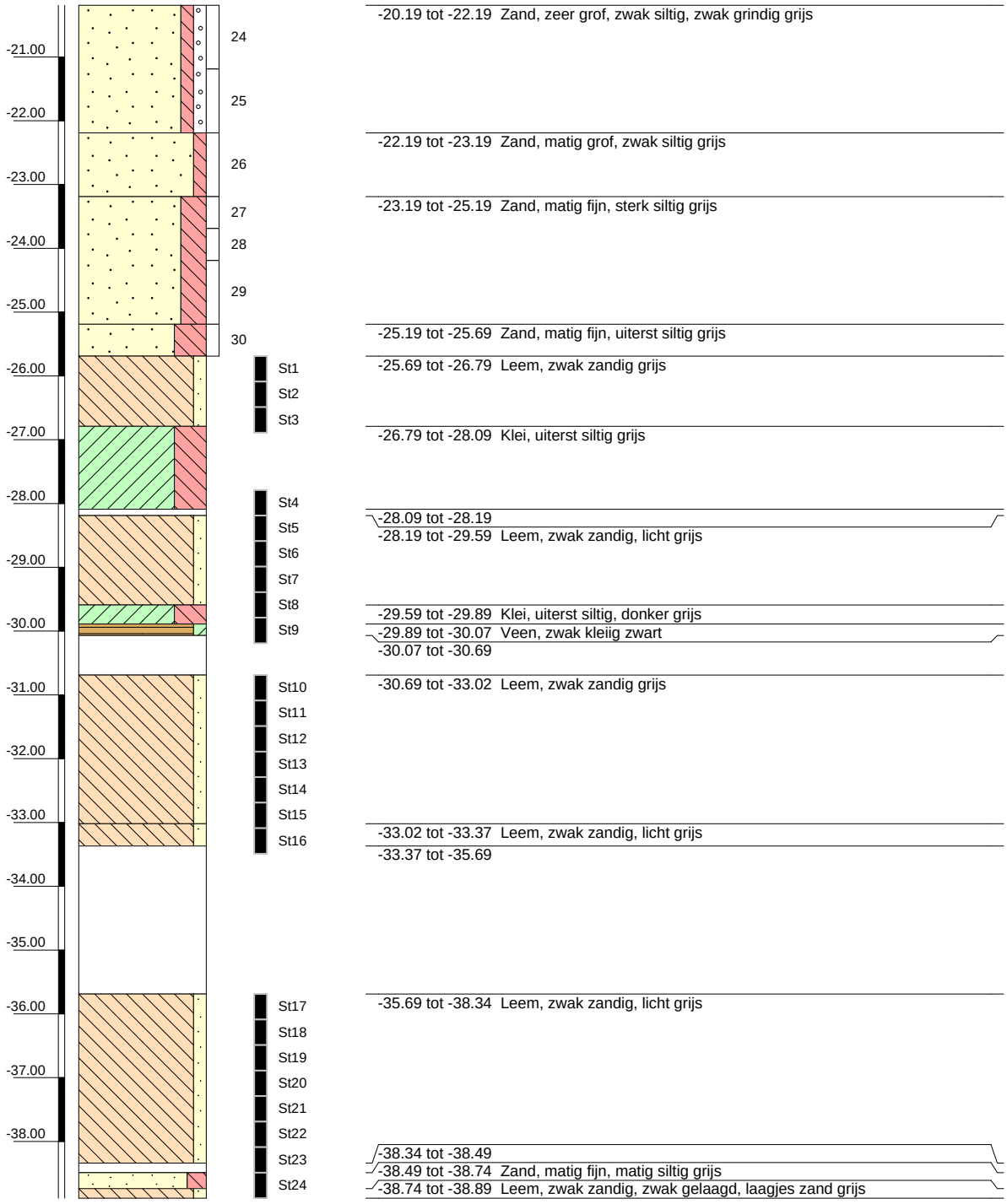
GHG (m tov NAP):
GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 05-07-2016
Boormeester: rh
Datum laboratorium classificatie: 02-08-2016
Geclassificeerd door: jcw

Boring: B1

Laboratorium classificatie



Algemene opmerking:

Versie 2016-01-29

X: 108392.8
Y: 428192.6
Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -2.04
MV (m tov NAP): -1.19

GHG (m tov NAP):
GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 05-07-2016
Boormeester: rh
Datum laboratorium classificatie: 02-08-2016
Geclassificeerd door: jcw

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

1015-0267-004

Boring: B1

Laboratorium classificatie

Algemene opmerking:

Versie 2016-01-29

X: 108392.8
Y: 428192.6
Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -2.04
MV (m tov NAP): -1.19

GHG (m tov NAP):
GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 05-07-2016
Boormeester: rh
Datum laboratorium classificatie: 02-08-2016
Geclassificeerd door: jcw

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Labwerkzaamheden		
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zuid-Holland	Opdrachtnummer	1015-0267-161
Contact persoon		Datum rapport	7/9/2016
Monstername	Door Fugro GeoServices B.V.	Datum ontvangst	11/7/2016

VOLUME GEWICHT - WATERGEHALTE EN ONGEDRAINEERDE SCHUIFSTERKTE (Uitgevoerd conform eigen methode)

Boring nummer	Monster nummer	Diepte t.o.v. NAP (m)	Volumieke massa vaste gronddelen (kg/m^3)	Volume gewicht nat (γ) (kN/m^3) [Q]	Volume gewicht verz (γ) (kN/m^3)	Volume gewicht droog (γ) (kN/m^3) [Q]	Watergehalte w (%) [Q]	Poriën gehalte n (%)	Poriën getal e (-)	Verzadigings-graad S (%)	Ongedr. Schuifsterkte f_{undr} (kPa) T.V. [Q] P.P.
B1	St1	-25.99	-	18.2	18.6	14.0	29.5	46.0	0.9	91.8	34.5
B1	St2	-26.39	-	18.5	18.8	14.4	28.5	44.6	0.8	93.9	26.0
B1	St3	-26.69	-	18.2	18.5	14.0	30.0	46.3	0.9	92.3	36.0
B1	St4	-27.99	-	19.9	20.3	16.8	18.1	35.2	0.5	88.0	145.0
B1	St5	-28.39	-	18.8	19.0	14.7	27.6	43.5	0.8	95.3	26.0
B1	St6	-28.89	-	18.4	18.7	14.2	29.5	45.3	0.8	94.5	34.5
B1	St7	-29.29	-	17.8	18.1	13.4	33.6	48.6	0.9	94.0	34.0
B1	St8	-29.69	-	17.3	17.6	12.5	38.5	51.9	1.1	94.6	131.3
B1	St9	-29.80	-	17.7	17.8	12.8	39.0	50.9	1.0	99.7	107.5
B1	St9	-29.99		13.1		4.5	188.9				47.5
B1	St10	-30.99	-	19.9	20.1	16.5	20.2	36.4	0.6	93.4	57.5
B1	St11	-31.21	-	19.2	19.7	15.8	21.6	39.1	0.6	89.1	151.3
B1	St12	-31.51	-	19.9	20.1	16.6	20.0	36.1	0.6	93.6	83.8
B1	St13	-32.19	-	18.7	19.4	15.4	21.1	40.7	0.7	81.6	72.5
B1	St14	-32.54	-	19.7	19.8	16.1	22.5	38.3	0.6	96.3	67.5
B1	St15	-32.84	-	19.1	19.6	15.7	22.1	39.7	0.7	89.0	66.0
B1	St16	-33.29	-	19.6	19.9	16.3	20.6	37.5	0.6	91.1	67.0
B1	St17	-35.99	-	19.3	20.0	16.3	17.9	37.2	0.6	80.3	63.0
B1	St18	-36.27	-	19.4	20.0	16.4	18.3	37.0	0.6	82.6	71.0
B1	St19	-36.67	-	19.1	19.9	16.1	18.1	37.9	0.6	78.6	57.5
B1	St20	-37.14	-	18.7	19.4	15.4	21.1	40.7	0.7	81.5	43.5
B1	St21	-37.52	-	18.5	19.3	15.2	21.7	41.5	0.7	81.1	47.5
B1	St22	-37.85	-	19.7	20.0	16.4	19.8	36.8	0.6	90.1	58.0
B1	St23	-38.14	-	20.3	20.3	16.9	20.4	35.1	0.5	99.9	73.5
B1	St24	-38.54	-	18.6	19.1	14.9	25.4	42.8	0.7	90.0	

OPMERKINGEN

De met 'Q' gemerkte verrichtingen zijn erkend door RvA.

- : Voor de berekening van het poriëngehalte is een waarde voor de volumieke massa van vaste gronddelen aangehouden van 2650 kg/m³ indien γ_{nat} >14.0 kN/m^3

[1] : Afgeleid m.b.v. methode Hobbs (uit CUR aanbeveling 101)

[2] : Bepaald m.b.v. pyknometermethode NEN 5111

T.V.: Bepaald d.m.v. pocket torvane

P.P.: Bepaald d.m.v. pocket penetrometer

Opgesteld door JCW	Gecontroleerd door: JKK	Opdracht nr.: 1015-0267-161

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Labwerkzaamheden		
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zuid-Holland	Opdrachtnummer	1015-0267-161
Contact persoon		Datum rapport	7/9/2016
Monstername	Door Fugro GeoServices B.V.	Datum ontvangst	11/7/2016

VOLUME GEWICHT - WATERGEHALTE EN ONGEDRAINEERDE SCHUIFSTERKTE (Uitgevoerd conform eigen methode)

Boring nummer	Monster nummer	Diepte t.o.v. NAP (m)	Volumieke massa vaste gronddelen (kg/m^3)	Volume gewicht nat (γ) (kN/m^3) [Q]	Volume gewicht verz (γ) (kN/m^3)	Volume gewicht droog (γ) (kN/m^3) [Q]	Watergehalte w (%) [Q]	Poriën gehalte n (%)	Poriën getal e (-)	Verzadigings-graad S (%)	Ongedr. Schuifsterkte f_{undr} (kPa) T.V. [Q] P.P.
B1	St25	-39.84	-	17.7	18.5	13.9	27.3	46.5	0.9	83.3	43.0
B1	St26	-51.88	-	20.4	20.4	17.0	19.9	34.6	0.5	99.6	218.8
B1	St27	-52.09	-	18.1	19.2	15.0	20.4	42.1	0.7	74.2	222.5
B1	St28	-52.61	-	22.4	22.4	18.5	21.0	28.7	0.4	100.0	222.5
B1	St29	-54.85	-	22.6	22.6	18.7	20.6	27.9	0.4	100.0	223.8
B1	St30	-55.09	-	19.9	20.2	16.6	19.9	36.0	0.6	93.6	223.8
B1	St31	-55.74	-	20.8	20.8	16.8	23.8	35.4	0.5	100.0	133.8

OPMERKINGEN

De met 'Q' gemerkte verrichtingen zijn erkend door RvA.

- : Voor de berekening van het poriëngehalte is een waarde voor de volumieke massa van vaste gronddelen aangehouden van 2650 kg/m^3 indien γ_{nat} >14.0 kN/m^3

[1] : Afgeleid m.b.v. methode Hobbs (uit CUR aanbeveling 101)

[2] : Bepaald m.b.v. pyknometermethode NEN 5111

T.V.: Bepaald d.m.v. pocket torvane

P.P.: Bepaald d.m.v. pocket penetrometer

Opgesteld door JCW	Gecontroleerd door: JKK	Opdracht nr.: 1015-0267-161

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	05/07/2016
Date test started	18/08/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	31
Bulk density	[Mg/m³]	1.96
Dry density	[Mg/m³]	1.49
Void ratio	[-]	0.78
Saturation sample before setup	[%]	100
Saturation sample before loading	[%]	100
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.66
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	21

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St2_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	25/08/2016
Checked by	SPN
Date	25/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

TEST PLAN				
Vertical Effective Stress by end of:		**Rate of Strain**	**Duration**	**Additional Comments:**
Stage:	σ'v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]	-No saturation stage was set on the test plan.
Load	219	0.82	7:59:00	-The selected rate of strain resulted in an excess pore pressure ratio outside the range between 3% and 15%. (ASTM D4186-12).
Relaxation	164	0.01	8:00:00	
Reload	661	0.84	3:19:00	
Unload	439	-0.01	1:07:00	
Reload	880	0.56	1:42:00	
Relaxation	727	0.01	8:00:00	
Reload	1760	0.76	3:22:00	
		Test Duration:	33:29:00	

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	18.17
Moisture content	[%]	25
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	117.15

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St2_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	25/08/2016
Checked by	SPN
Date	25/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	220
Preconsolidation Stress	[kPa]	295
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	6.71

RR,CR,Cα Parameters				
Input Stages [-]		*RR [-]*	*CR [-]*	*Cα [-]*
Unload	5	0.0018	0.0777	0.0039
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0018	0.0777	0.0025
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St2_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	25/08/2016
Checked by	SPN
Date	25/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

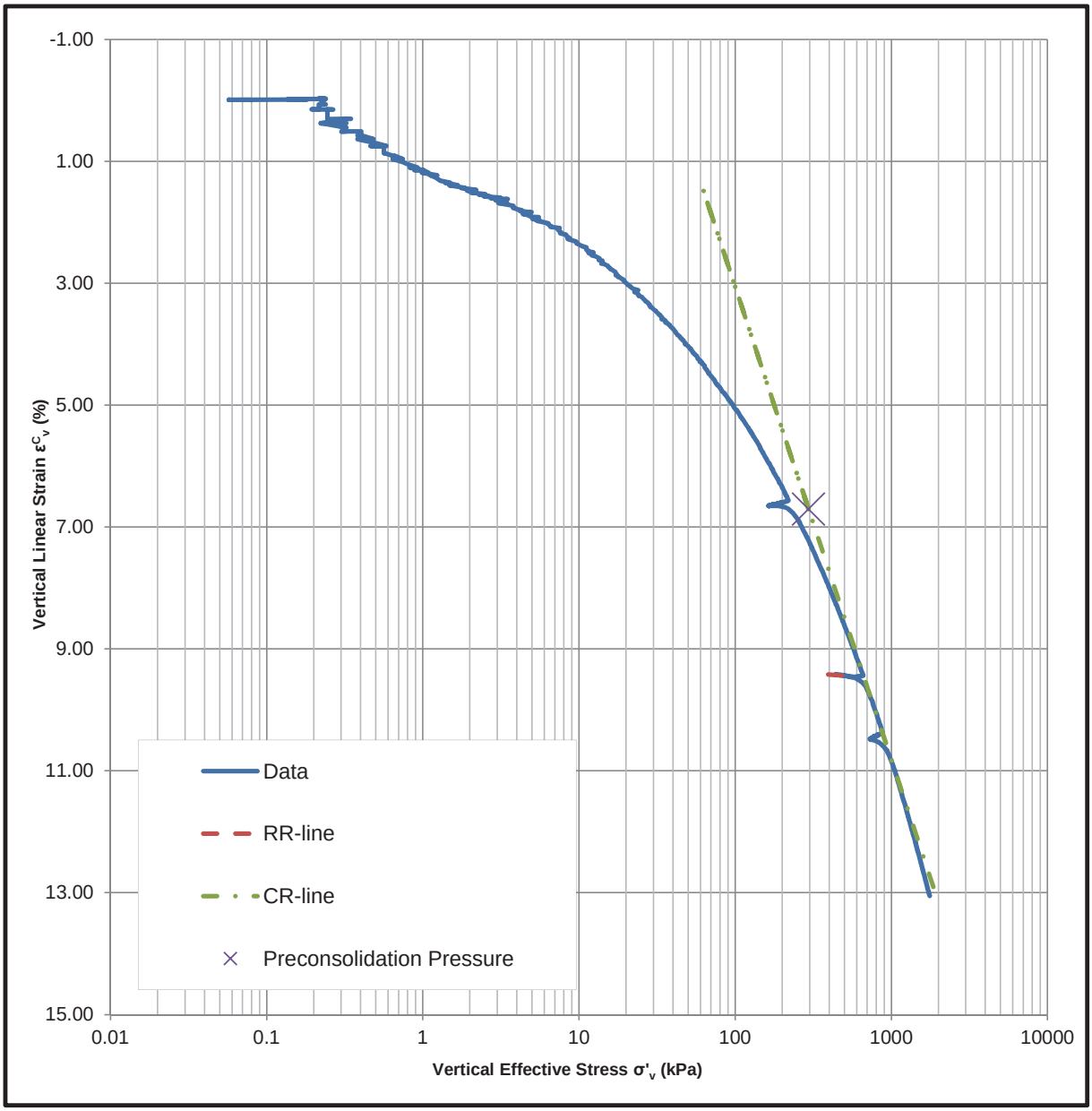
VISUAL DESCRIPTION

LEEM, zwak zandig, grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

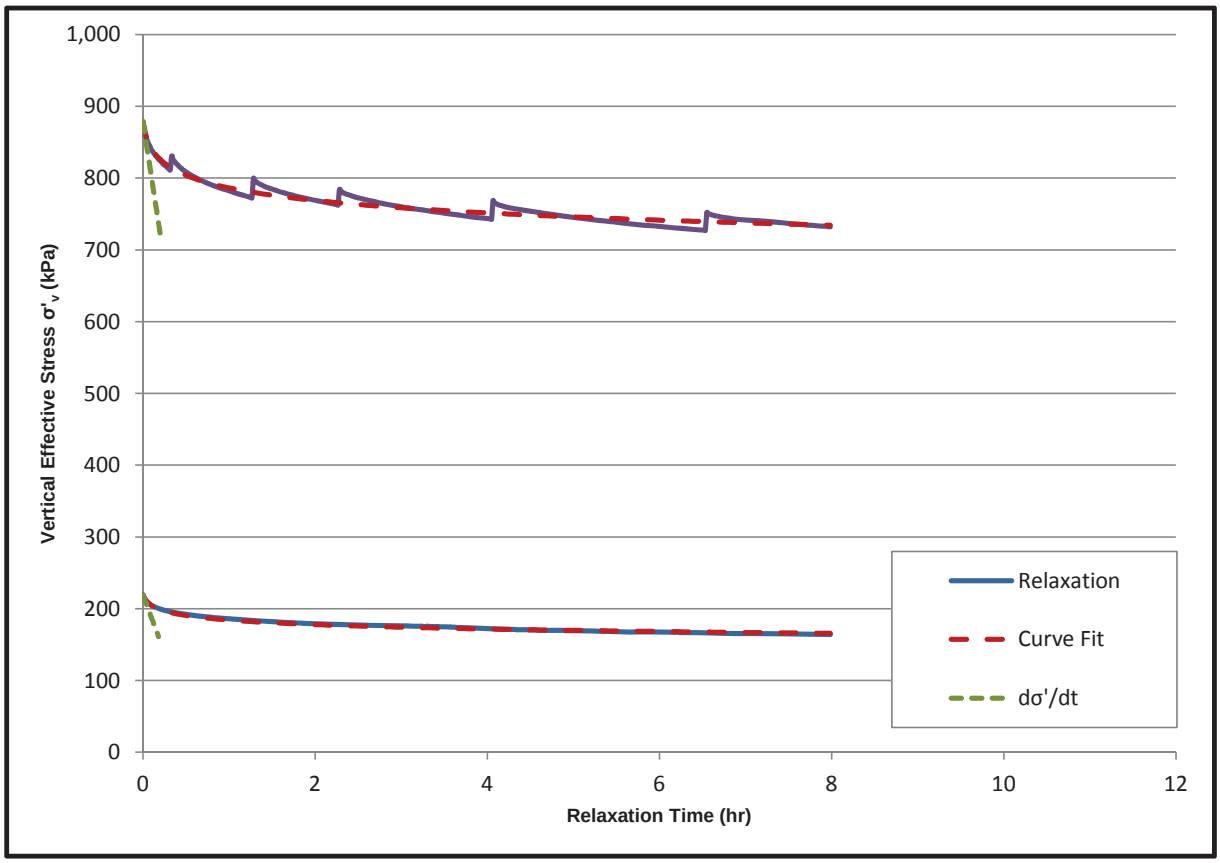
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'_v - ε^C_v space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using the a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

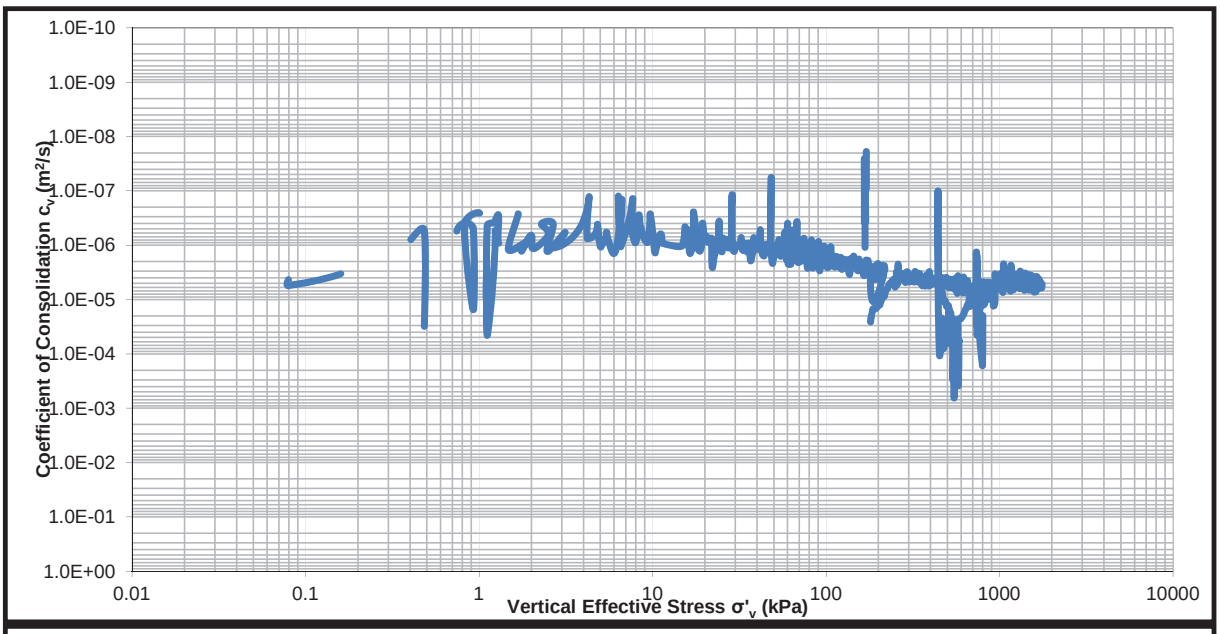
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

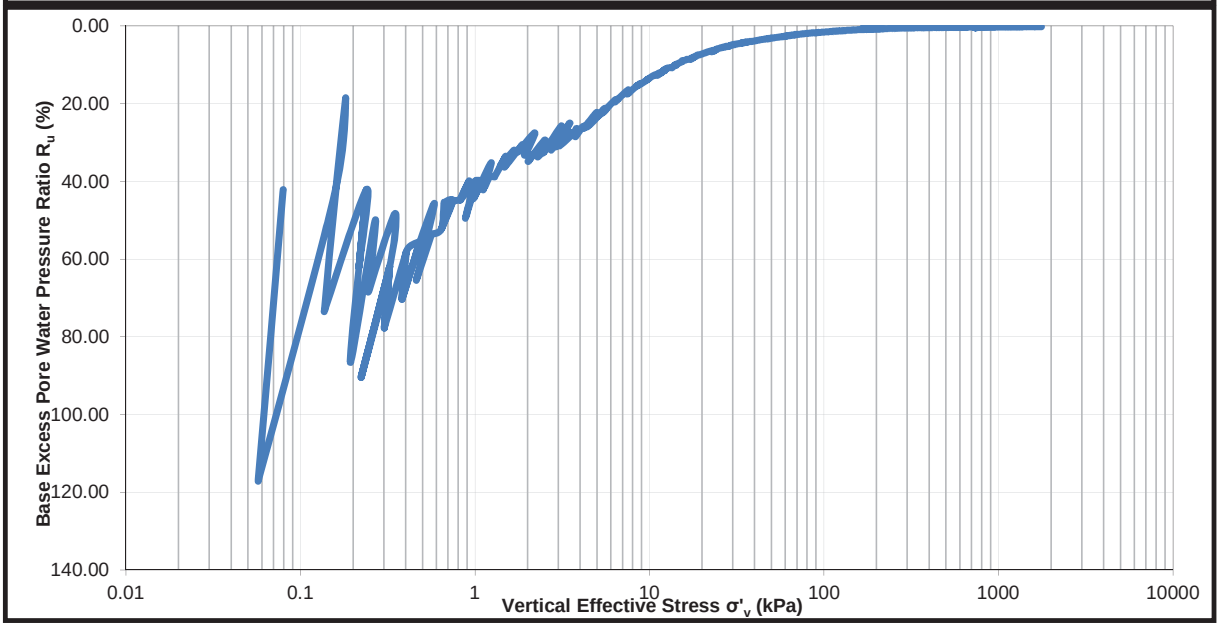


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

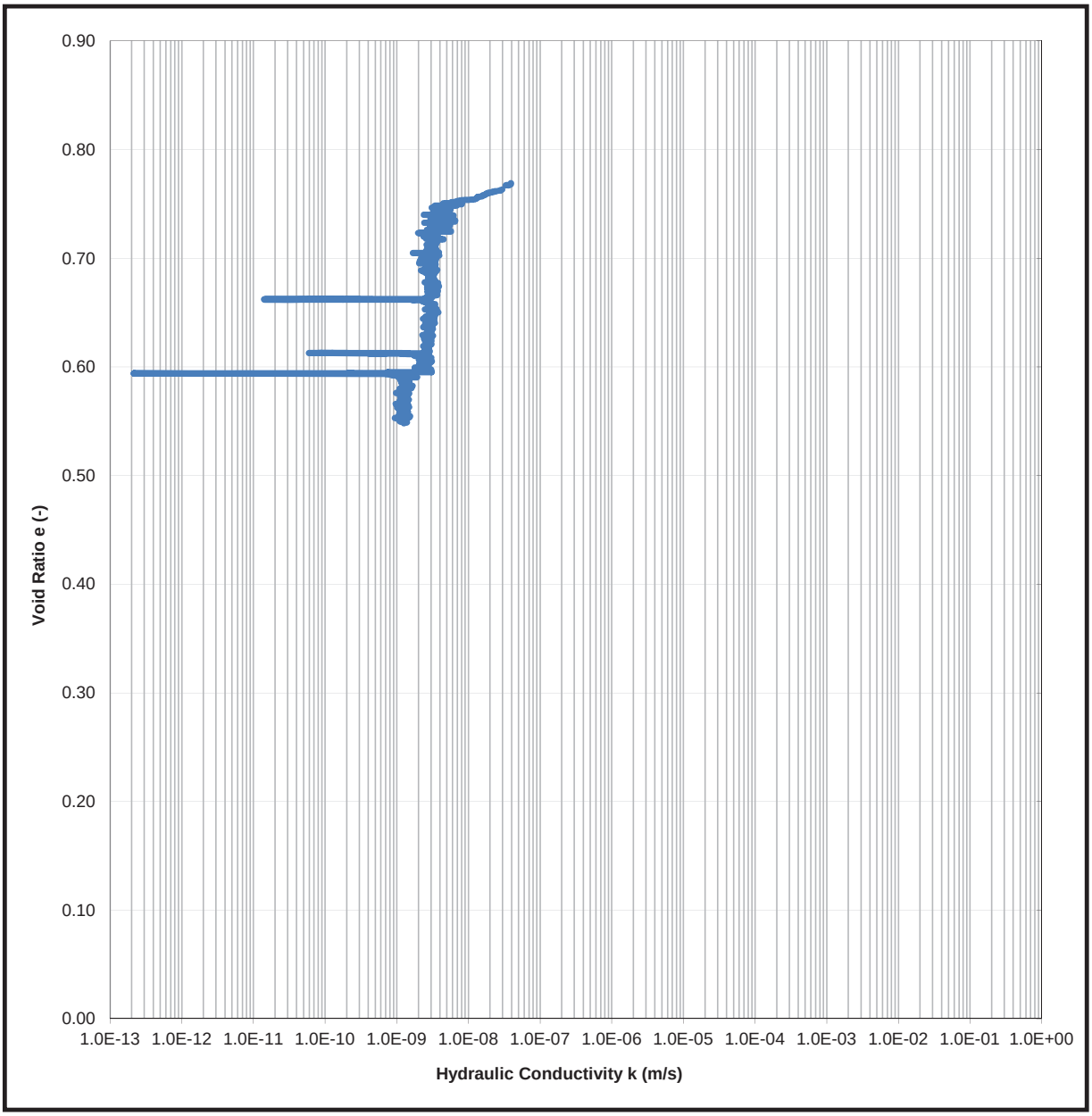




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'$_v$ - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'$_v$ - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St2
Depth [m to NAP]	-26.24
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, licht grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	05/07/2016
Date test started	18/08/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	28
Bulk density	[Mg/m³]	1.92
Dry density	[Mg/m³]	1.50
Void ratio	[-]	0.77
Saturation sample before setup	[%]	96
Saturation sample before loading	[%]	96
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.65
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	22

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St5_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	22/08/2016
Checked by	SPN
Date	22/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, licht grijs

TEST PLAN

Vertical Effective Stress by end of:		Rate of Strain	Duration
Stage:	σ'v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]
Load	239	1.04	6:37:00
Relaxation	198	0.01	8:00:00
Reload	720	0.84	5:14:00
Unload	481	-0.02	0:35:00
Reload	961	0.73	2:02:00
Relaxation	820	0.02	8:00:00
Reload	1919	0.75	4:39:00
		Test Duration:	35:07:00

Additional Comments:
-No saturation stage was set on the test plan.
-The selected rate of strain resulted in an excess pore pressure ratio outside the range between 3% and 15% (ASTM D4186-12).

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	17.64
Moisture content	[%]	22
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	25.44

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St5_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	22/08/2016
Checked by	SPN
Date	22/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, licht grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	240
Preconsolidation Stress	[kPa]	312
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	6.13

RR,CR,Cα Parameters				
Input Stages [-]		*RR [-]*	*CR [-]*	*Cα [-]*
Unload	5	0.0013	0.1191	0.0038
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0013	0.1191	0.0034
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St5_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	22/08/2016
Checked by	SPN
Date	22/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

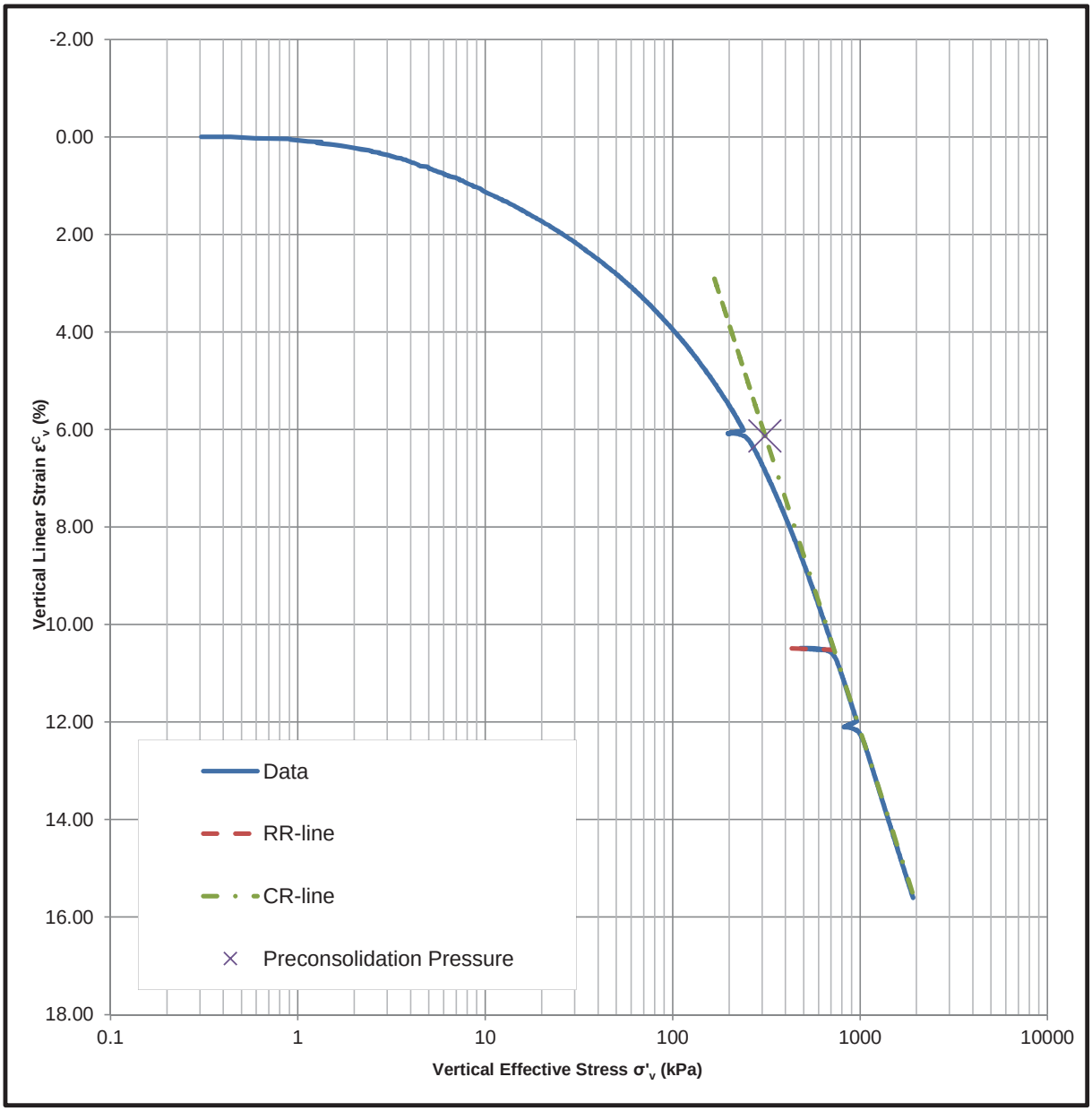
VISUAL DESCRIPTION

LEEM, zwak zandig, licht grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

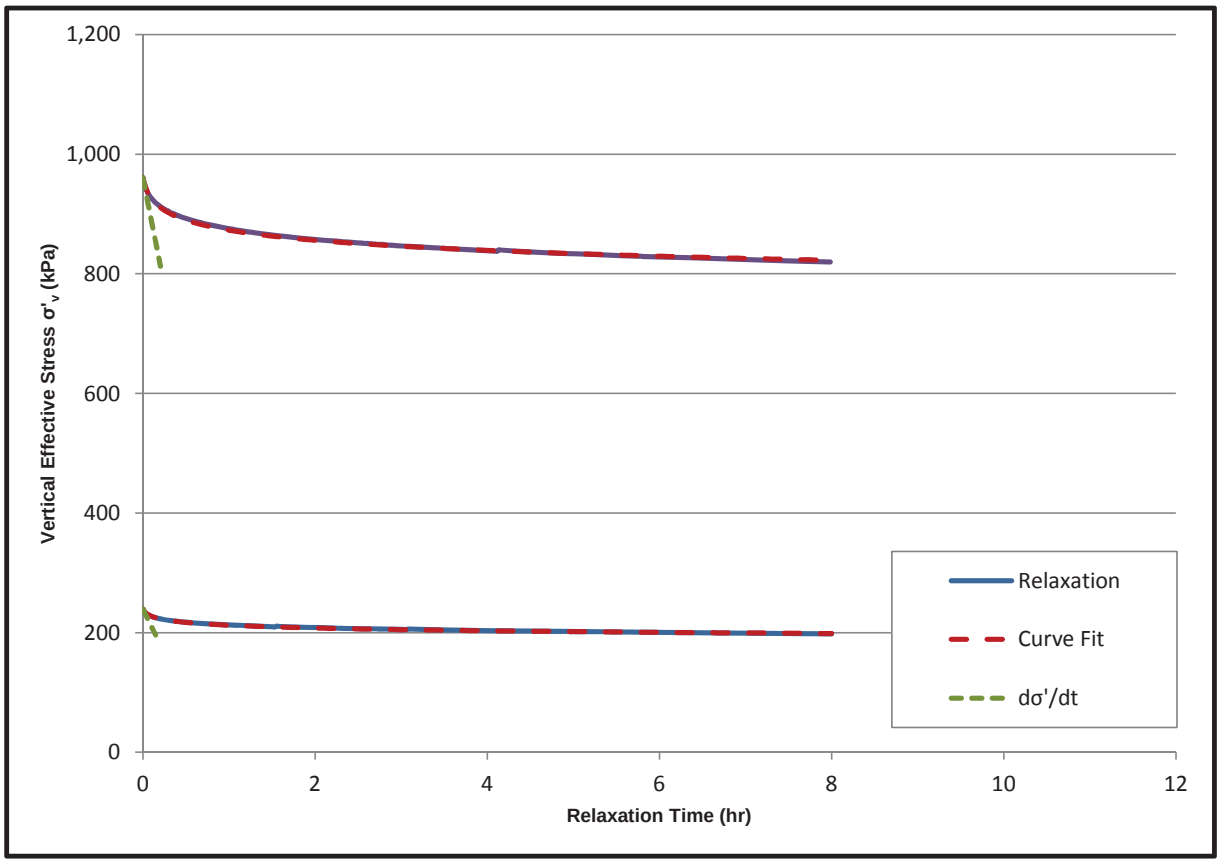
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'_v - ε^C_v space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using the a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

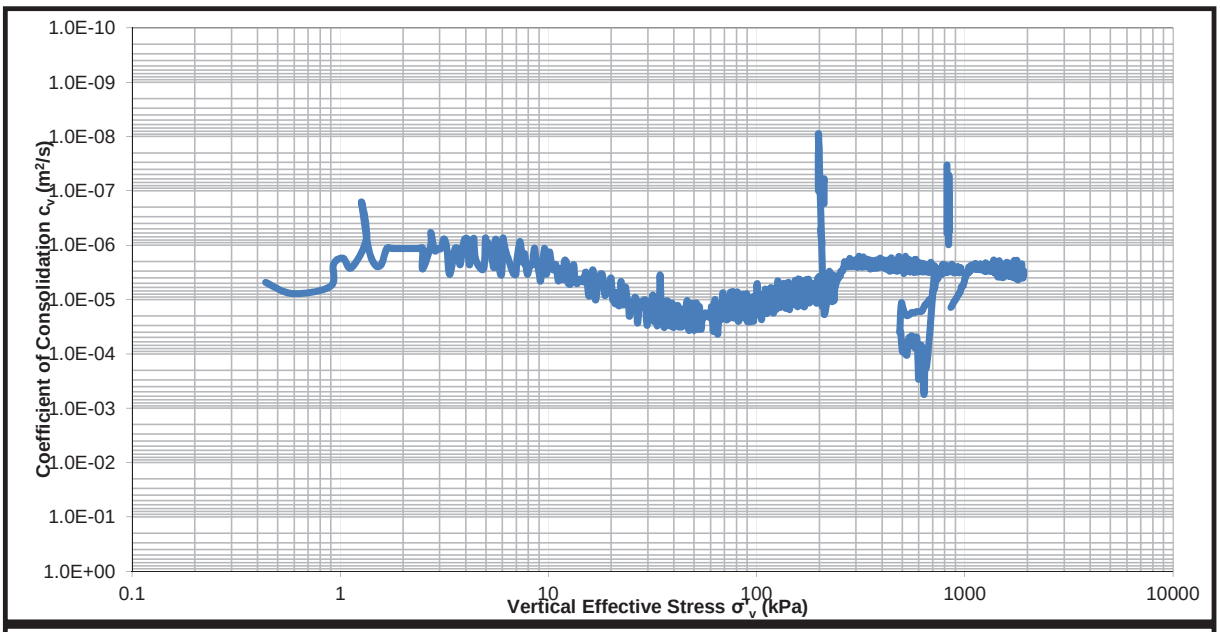
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

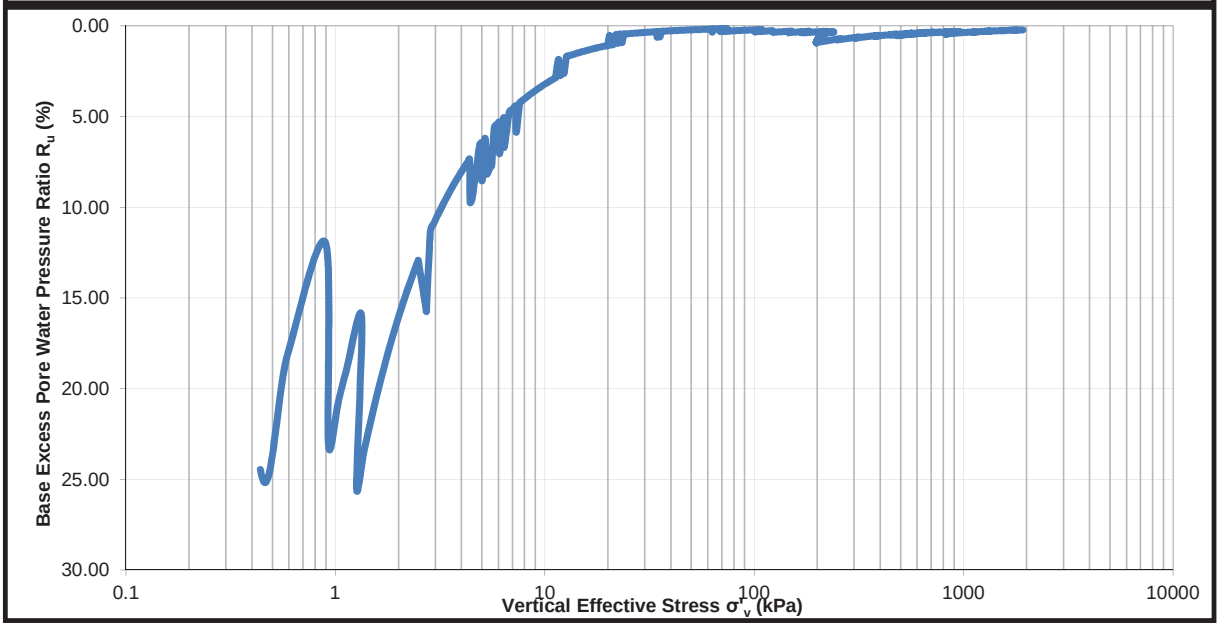


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

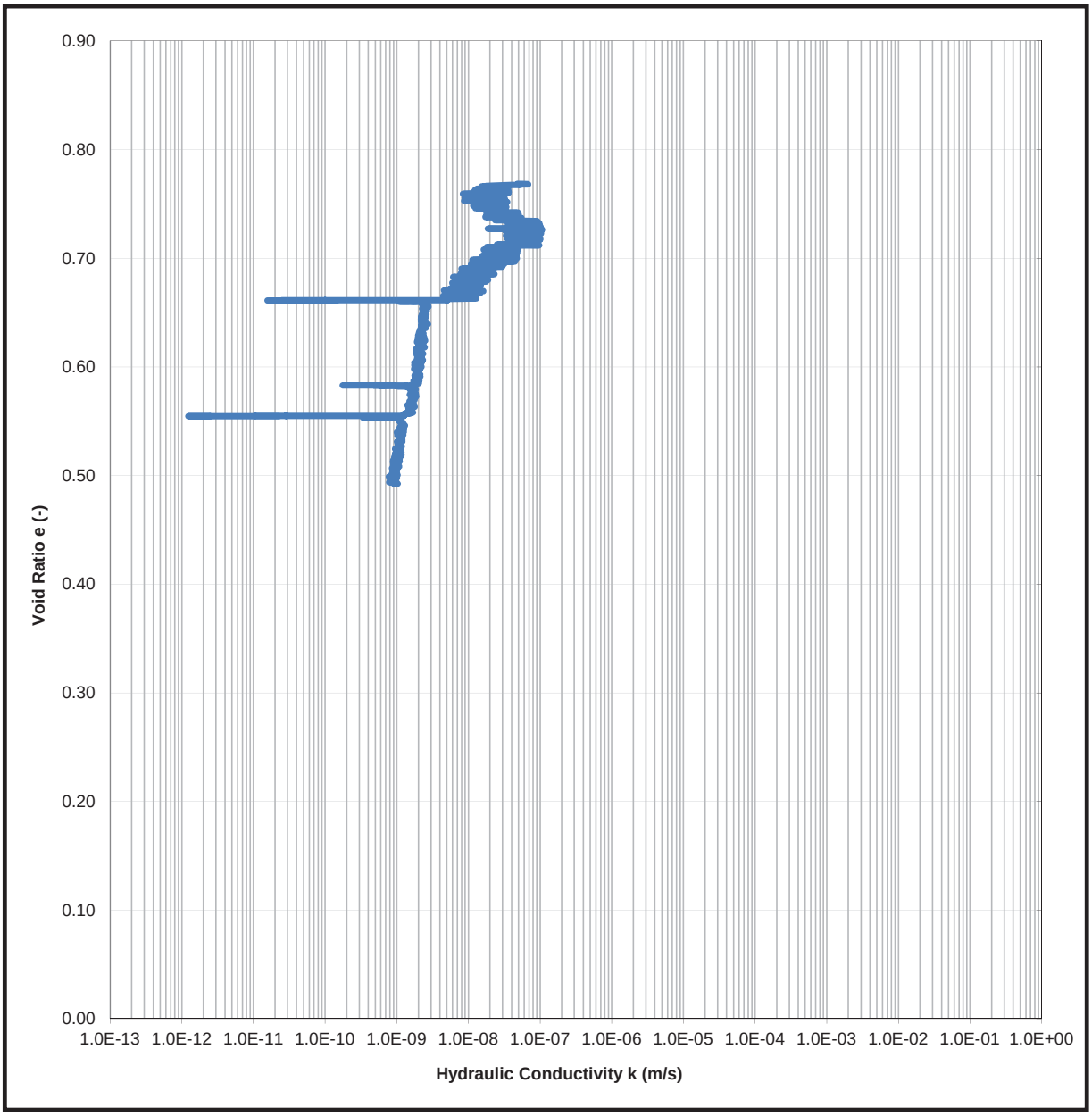




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'_v - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'_v - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St5
Depth [m to NAP]	-28.10
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	05/07/2016
Date test started	22/08/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	19
Bulk density	[Mg/m³]	2.10
Dry density	[Mg/m³]	1.76
Void ratio	[-]	0.52
Saturation sample before setup	[%]	99
Saturation sample before loading	[%]	99
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.68
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	21

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St12_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	25/08/2016
Checked by	SPN
Date	26/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

TEST PLAN				
Vertical Effective Stress by end of:		**Rate of Strain**	**Duration**	**Additional Comments:**
Stage:	σ'_v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]	-No saturation stage was set on the test plan.
Load	260	0.81	3:13:00	-The selected rate of strain resulted in an excess pore pressure ratio outside the range between 3% and 15% (ASTM D4186-12).
Relaxation	223	0.01	8:00:00	
Reload	782	0.66	2:55:00	
Unload	522	0.03	0:37:00	
Reload	1041	0.50	1:26:00	
Relaxation	908	0.01	8:00:00	
Reload	2083	0.56	3:27:00	
		Test Duration:	27:38:00	

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	19.36
Moisture content	[%]	17
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	11.51

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St12_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	25/08/2016
Checked by	SPN
Date	26/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	260
Preconsolidation Stress	[kPa]	391
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	2.67

RR,CR,Cα Parameters				
Input Stages [-]		*RR [-]*	*CR [-]*	*Cα [-]*
Unload	5	0.0001	0.0629	0.0017
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0001	0.0629	0.0015
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St12_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	25/08/2016
Checked by	SPN
Date	26/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

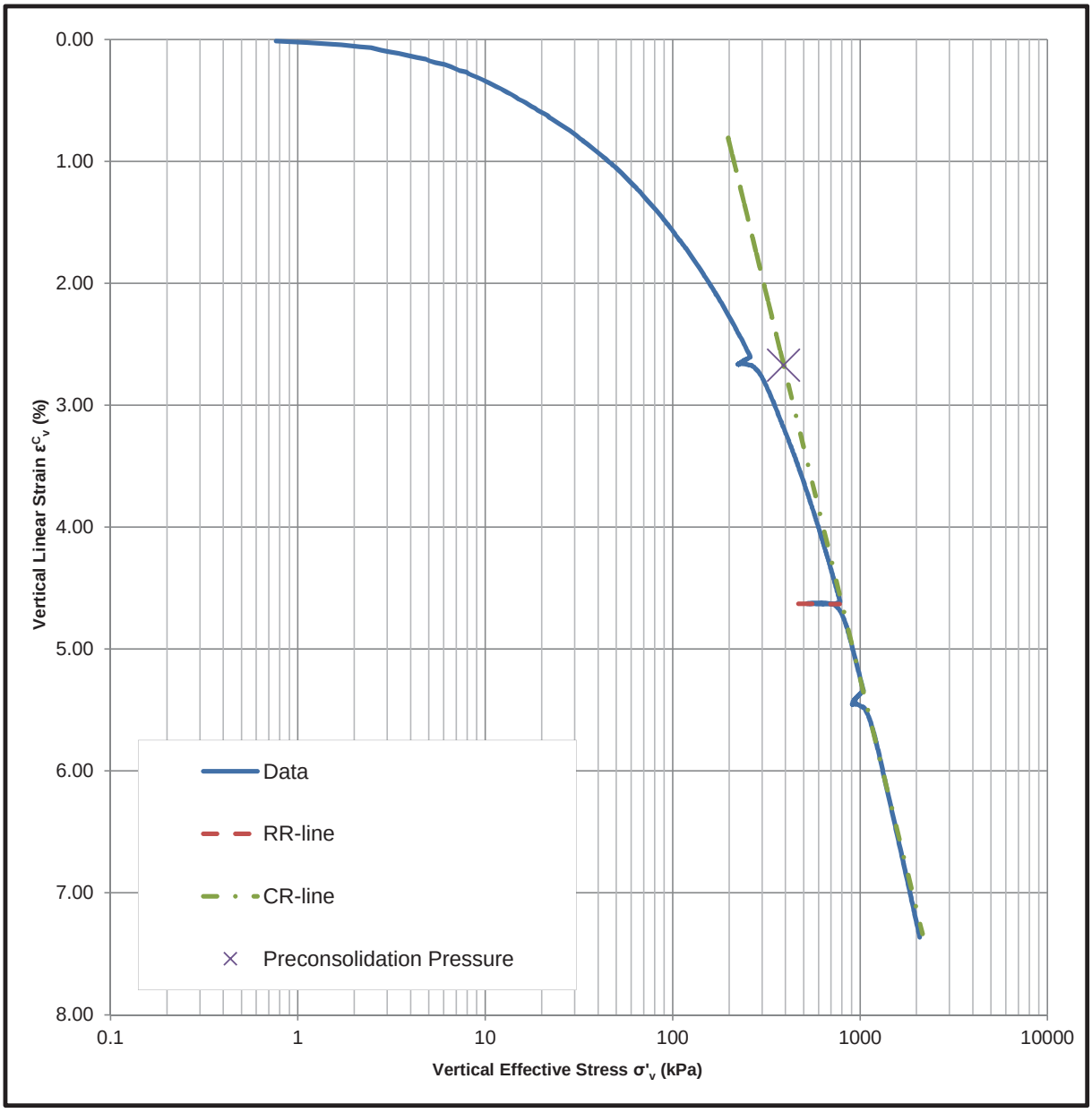
VISUAL DESCRIPTION

LEEM, zwak zandig, grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

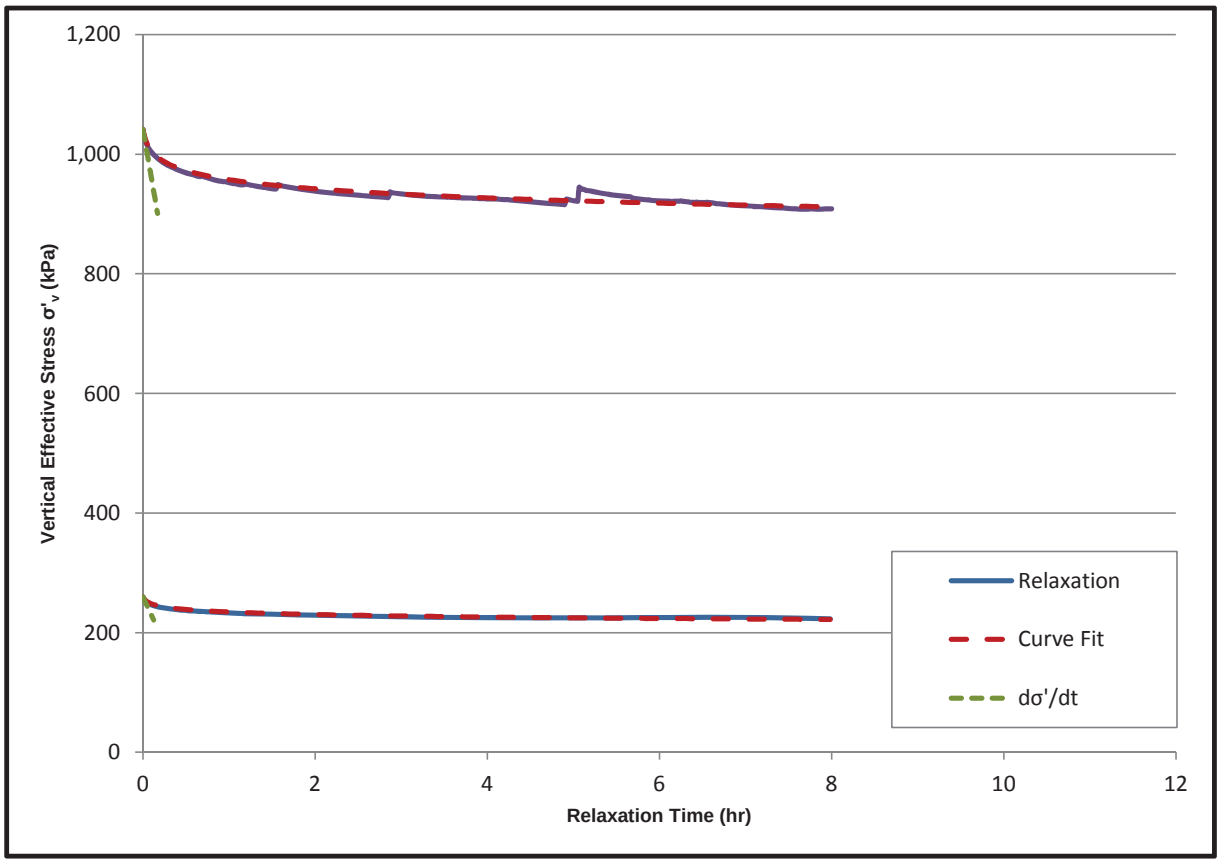
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'_v - ε^C_v space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using the a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

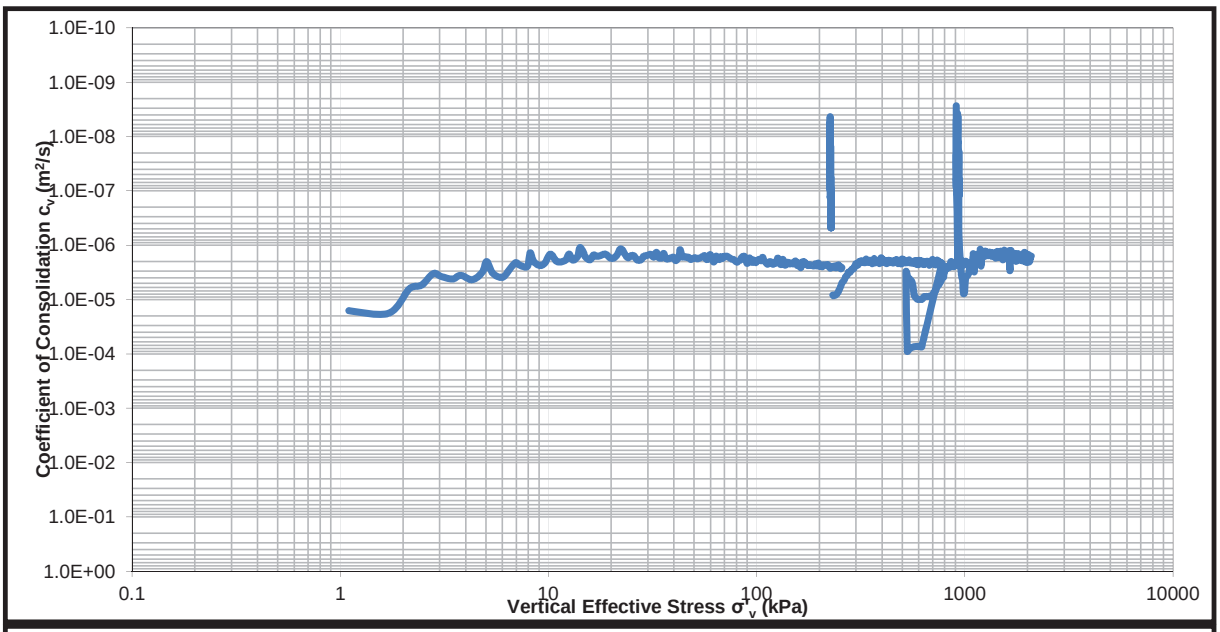
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

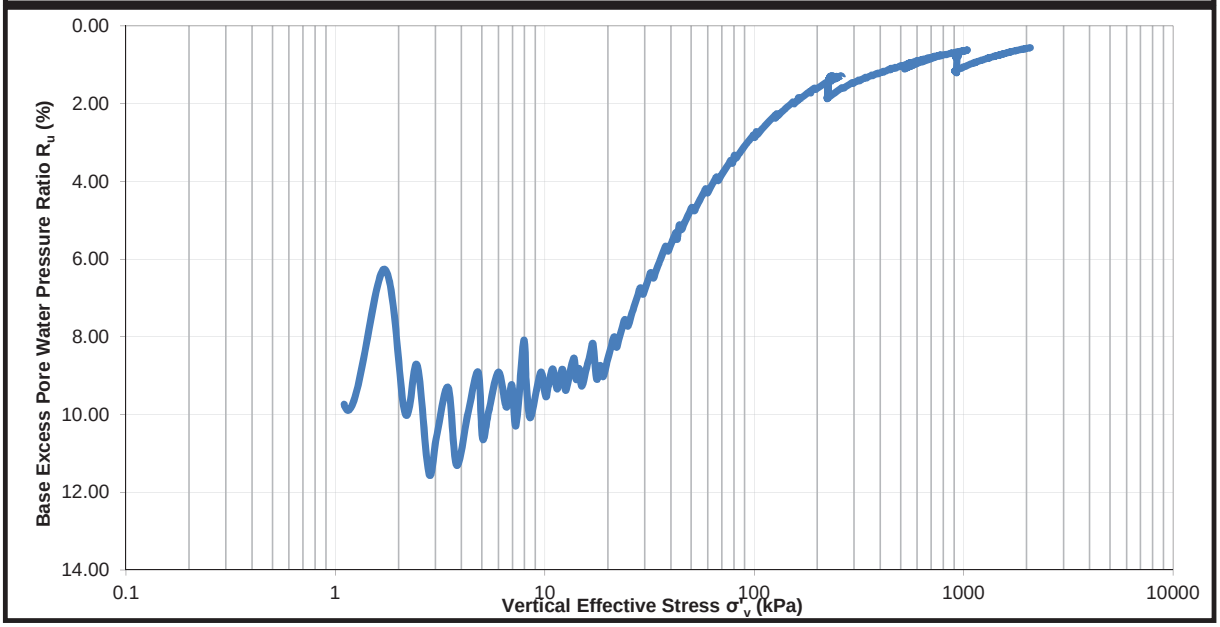


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

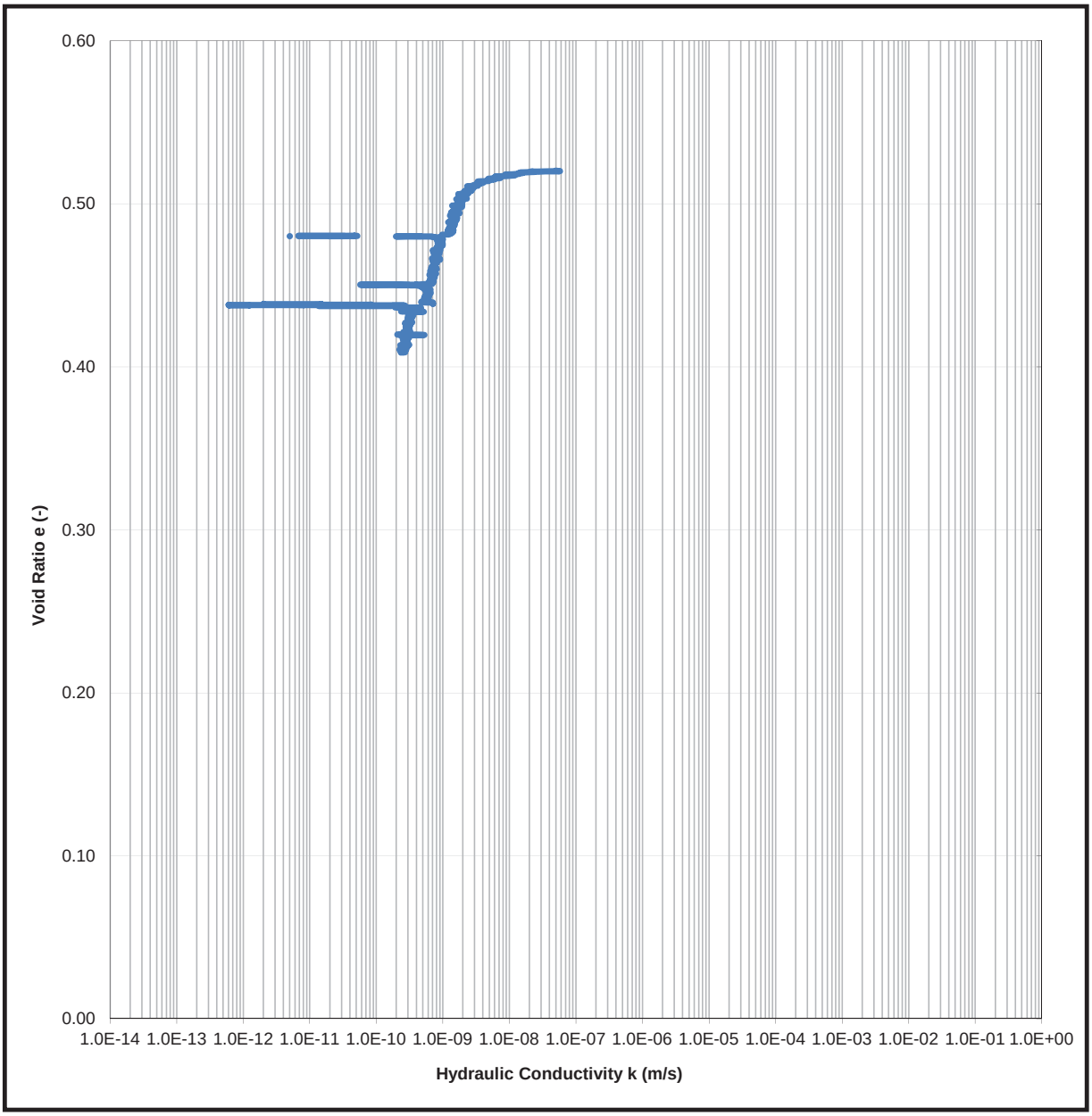




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'_v - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'_v - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St12
Depth [m to NAP]	-31.59
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig,grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	05/07/2016
Date test started	25/08/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	21
Bulk density	[Mg/m³]	2.06
Dry density	[Mg/m³]	1.70
Void ratio	[-]	0.58
Saturation sample before setup	[%]	98
Saturation sample before loading	[%]	98
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.68
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	22

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St15_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	29/08/2016
Checked by	SPN
Date	29/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig,grijs

TEST PLAN				
Vertical Effective Stress by end of:		**Rate of Strain**	**Duration**	**Additional Comments:**
Stage:	σ'_v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]	-No saturation stage was set on the test plan.
Load	270	0.45	4:28:00	-The selected rate of strain resulted in an excess pore pressure ratio outside the range between 3% and 15% (ASTM D4186-12).
Relaxation	230	0.01	8:00:00	
Reload	811	0.70	2:40:00	
Unload	535	0.00	1:10:00	
Reload	1082	0.59	1:42:00	
Relaxation	915	0.01	8:00:00	
Reload	2159	0.79	3:45:00	
		Test Duration:	29:45:00	

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	19.29
Moisture content	[%]	22
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	10.46

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St15_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	29/08/2016
Checked by	SPN
Date	29/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig,grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	270
Preconsolidation Stress	[kPa]	559
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	1.99

RR,CR,Cα Parameters				
Input Stages [-]		*RR [-]*	*CR [-]*	*Cα [-]*
Unload	5	0.0007	0.0952	0.0026
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0007	0.0952	0.0027
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St15_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	29/08/2016
Checked by	SPN
Date	29/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

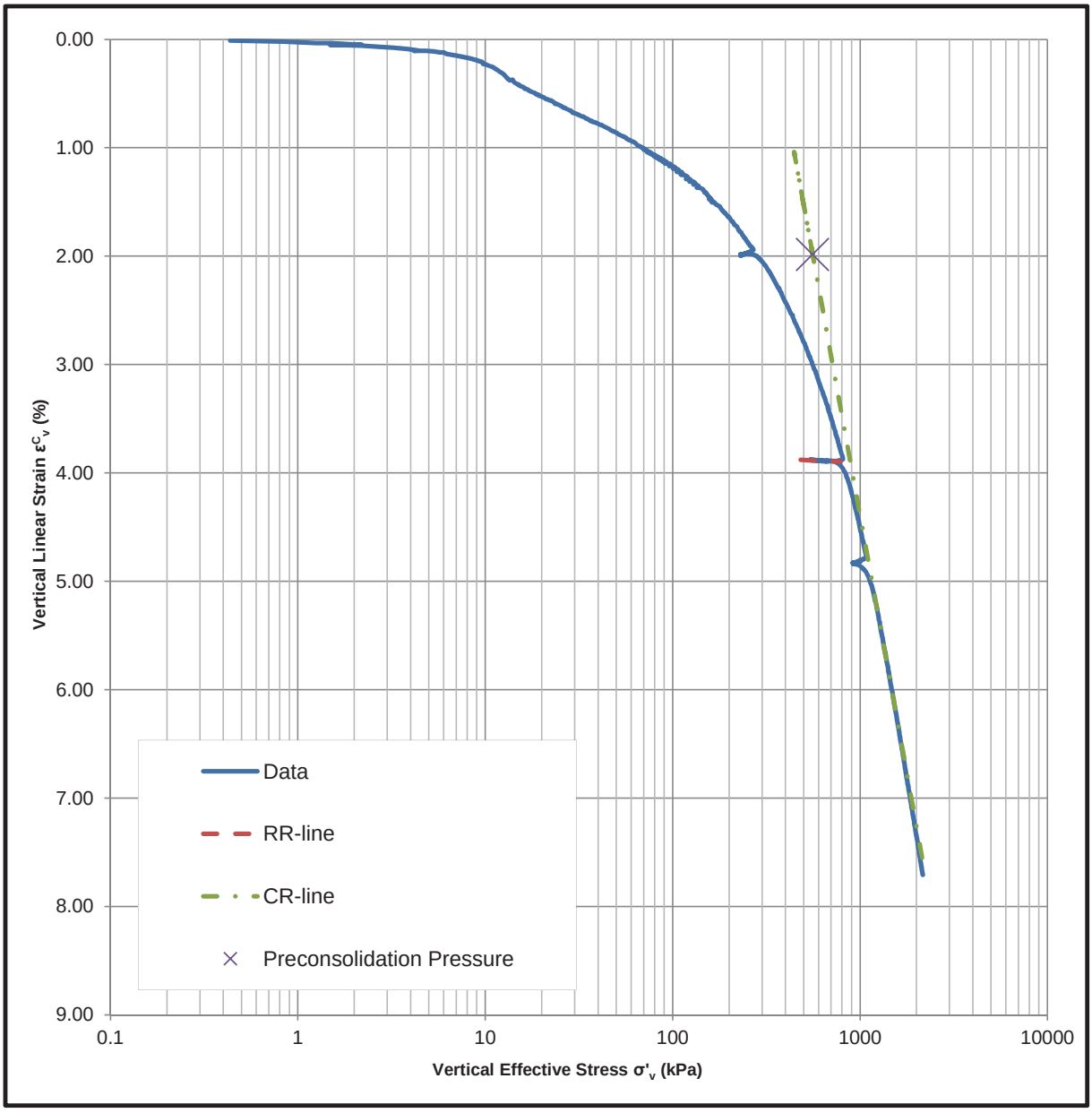
VISUAL DESCRIPTION

LEEM, zwak zandig,grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

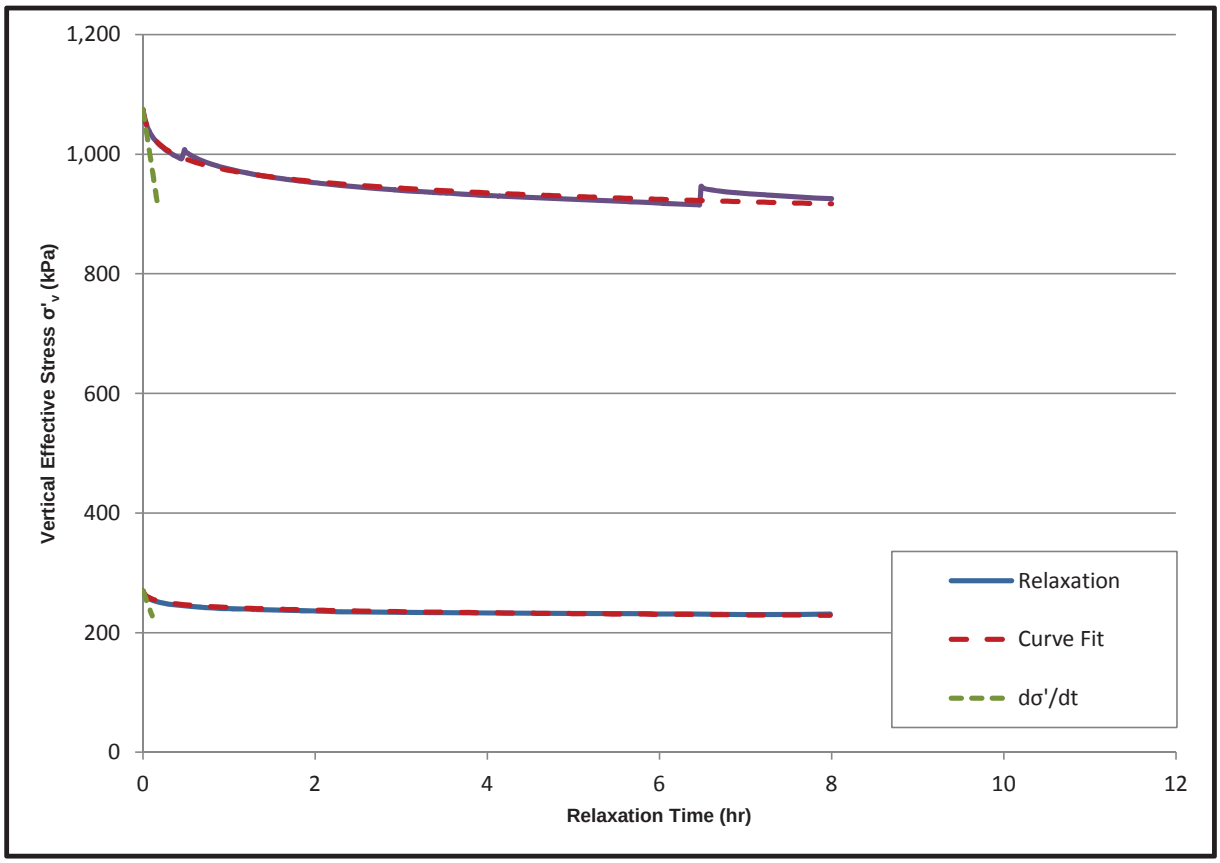
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'_v - ε^C_v space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using the a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

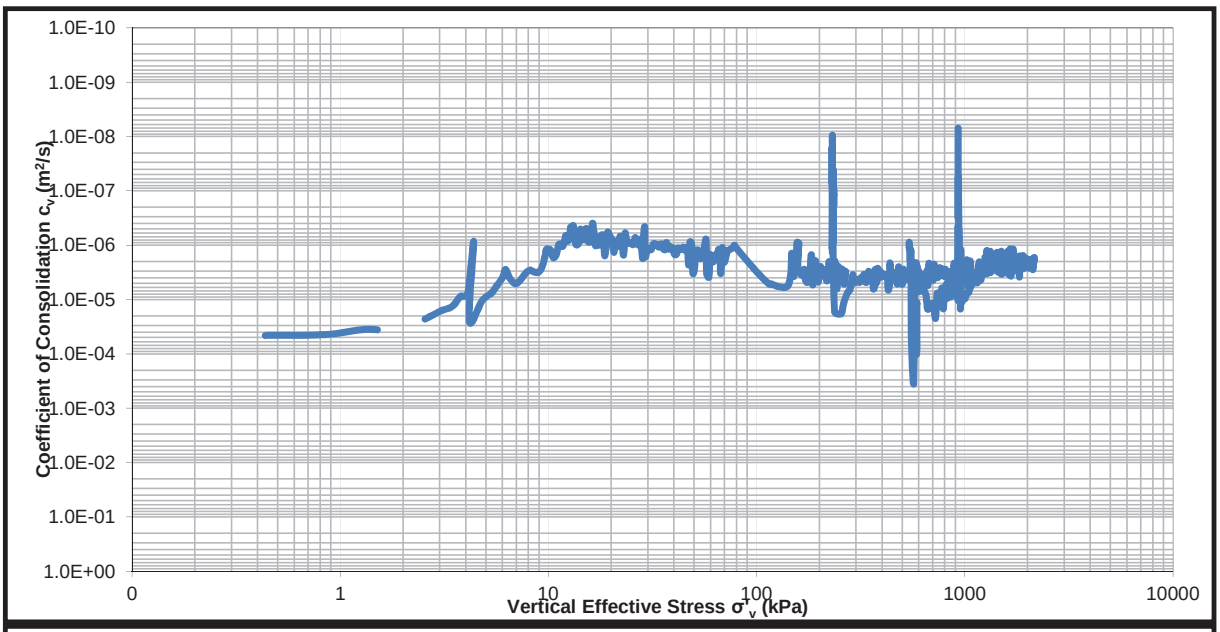
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

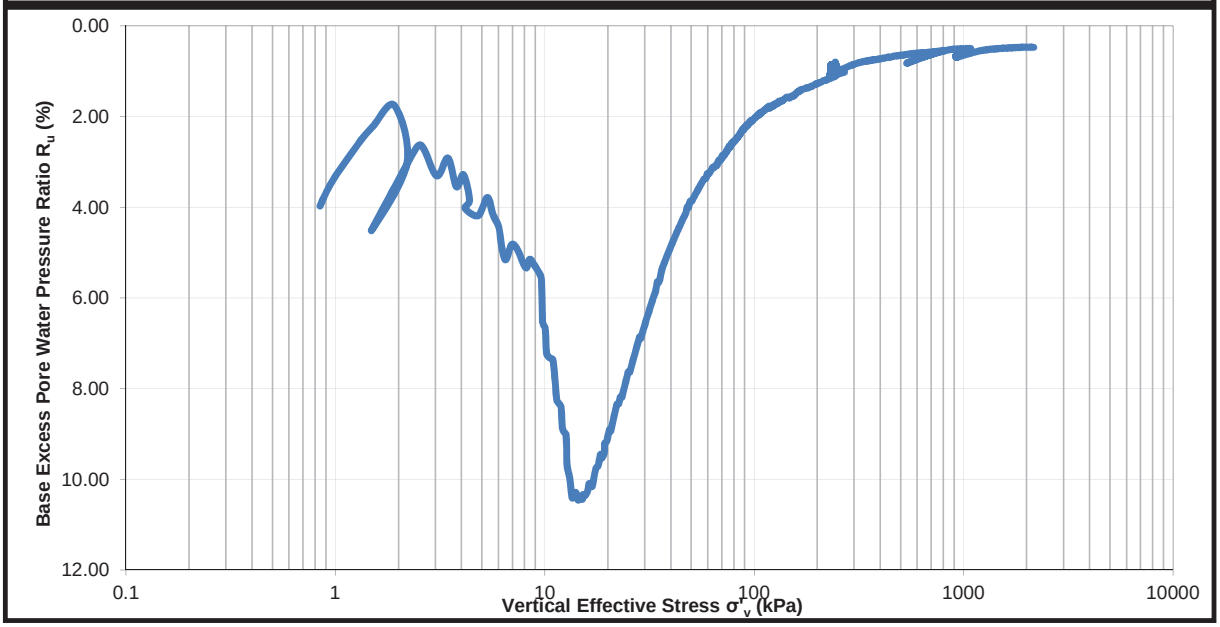


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

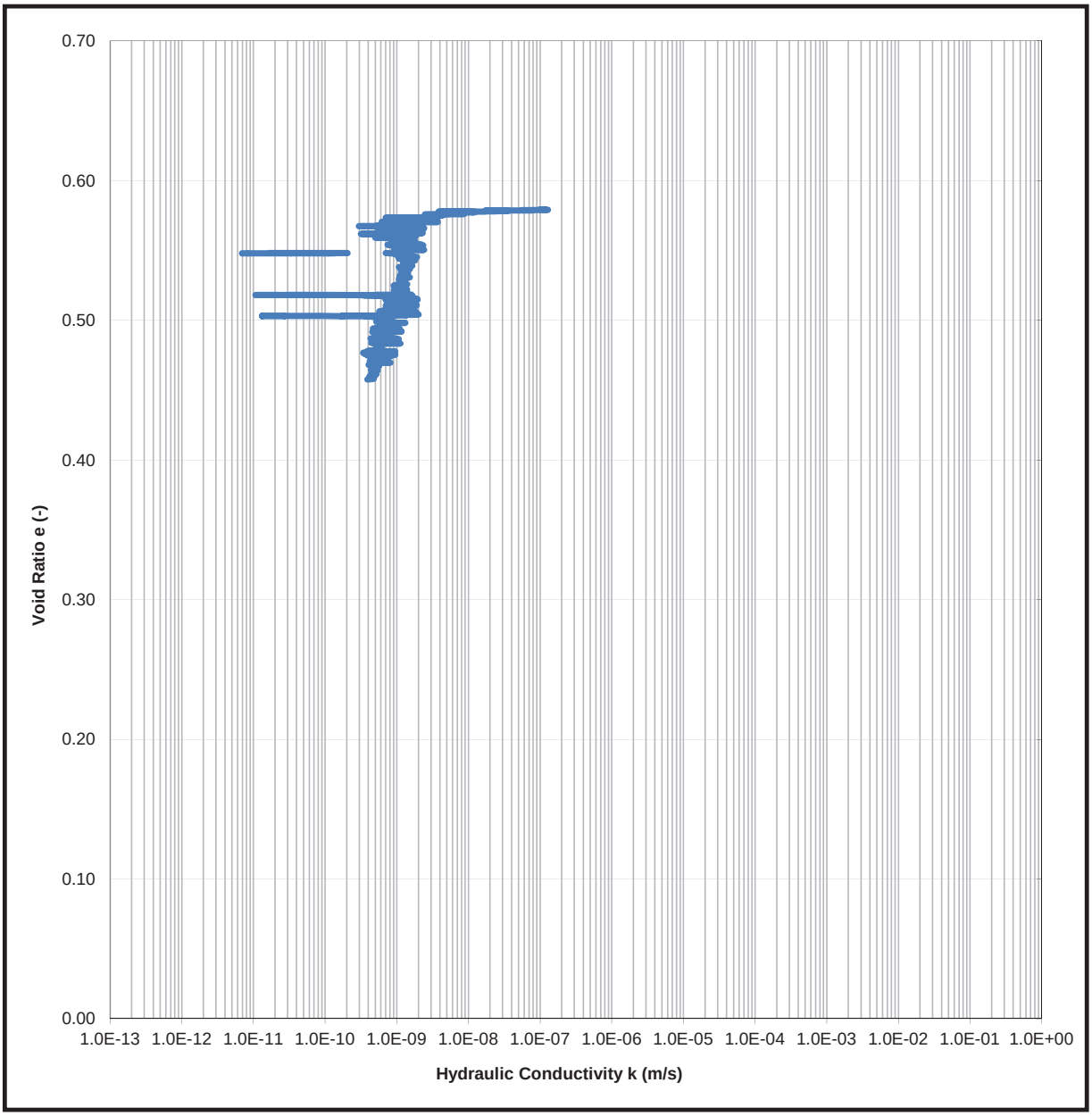




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'_v - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'_v - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St15
Depth [m to NAP]	-32.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	05/07/2016
Date test started	26/08/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	19
Bulk density	[Mg/m³]	2.10
Dry density	[Mg/m³]	1.77
Void ratio	[-]	0.51
Saturation sample before setup	[%]	99
Saturation sample before loading	[%]	99
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.67
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	22

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St22_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	29/08/2016
Checked by	SPN
Date	29/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

TEST PLAN				
Vertical Effective Stress by end of:		**Rate of Strain**	**Duration**	**Additional Comments:**
Stage:	σ'_v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]	-No saturation stage was set on the test plan.
Load	319	0.69	3:21:00	-The selected rate of strain resulted in an excess pore pressure ratio below 3% (ASTM D4186-12).
Relaxation	279	0.01	8:00:00	
Reload	959	0.74	2:30:00	
Unload	640	-0.06	0:33:00	
Reload	1278	0.60	1:17:00	
Relaxation	1124	0.01	8:00:00	
Reload	2540	0.61	3:27:00	
		Test Duration:	27:08:00	

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	19.41
Moisture content	[%]	21
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	2.03

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St22_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	29/08/2016
Checked by	SPN
Date	29/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig, grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	320
Preconsolidation Stress	[kPa]	515
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	2.35

RR,CR,Cα Parameters				
Input Stages [-]		*RR [-]*	*CR [-]*	*Cα [-]*
Unload	5	0.0026	0.0653	0.0014
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0026	0.0653	0.0015
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St22_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	29/08/2016
Checked by	SPN
Date	29/08/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

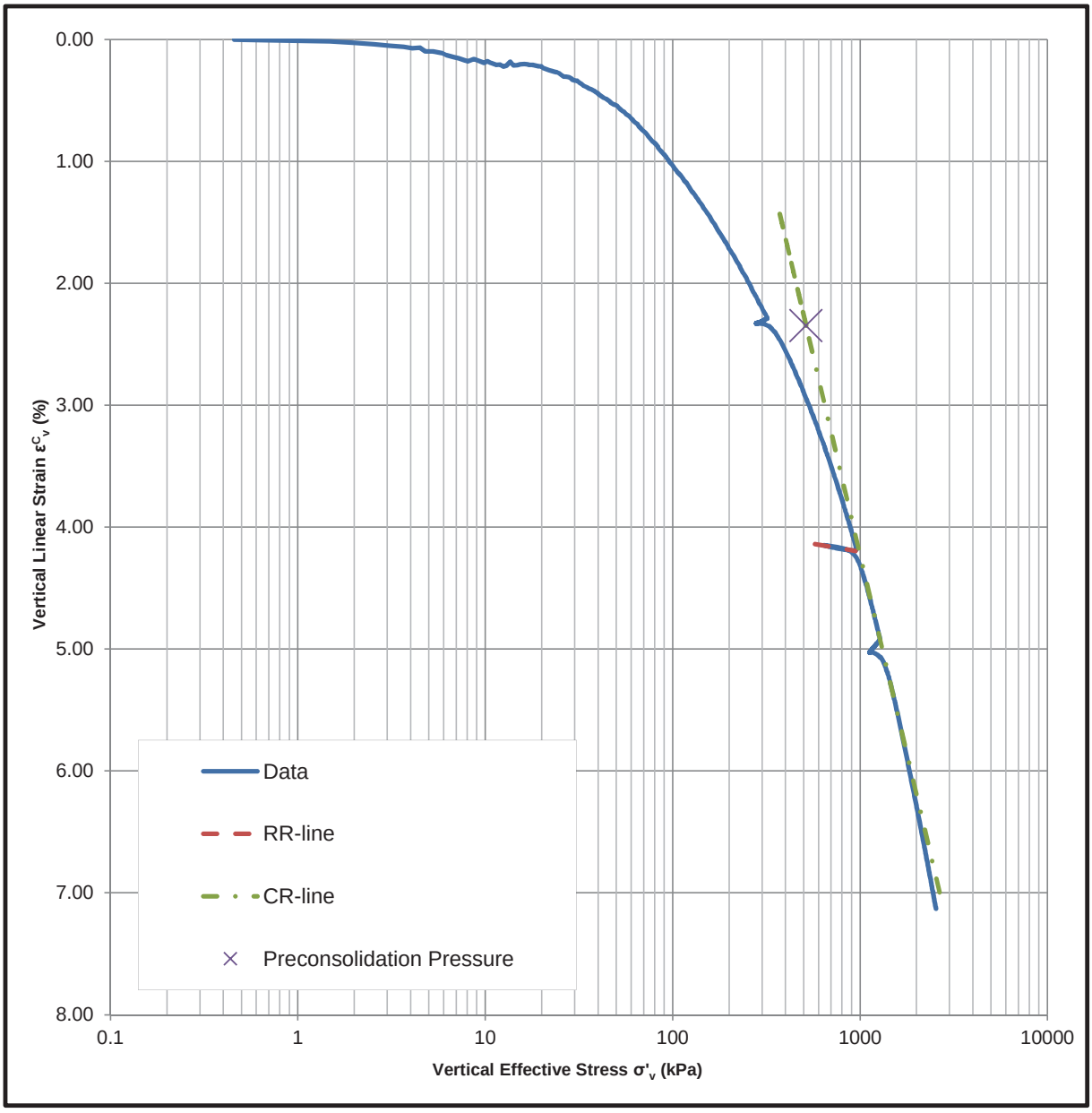
VISUAL DESCRIPTION

LEEM, zwak zandig, grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

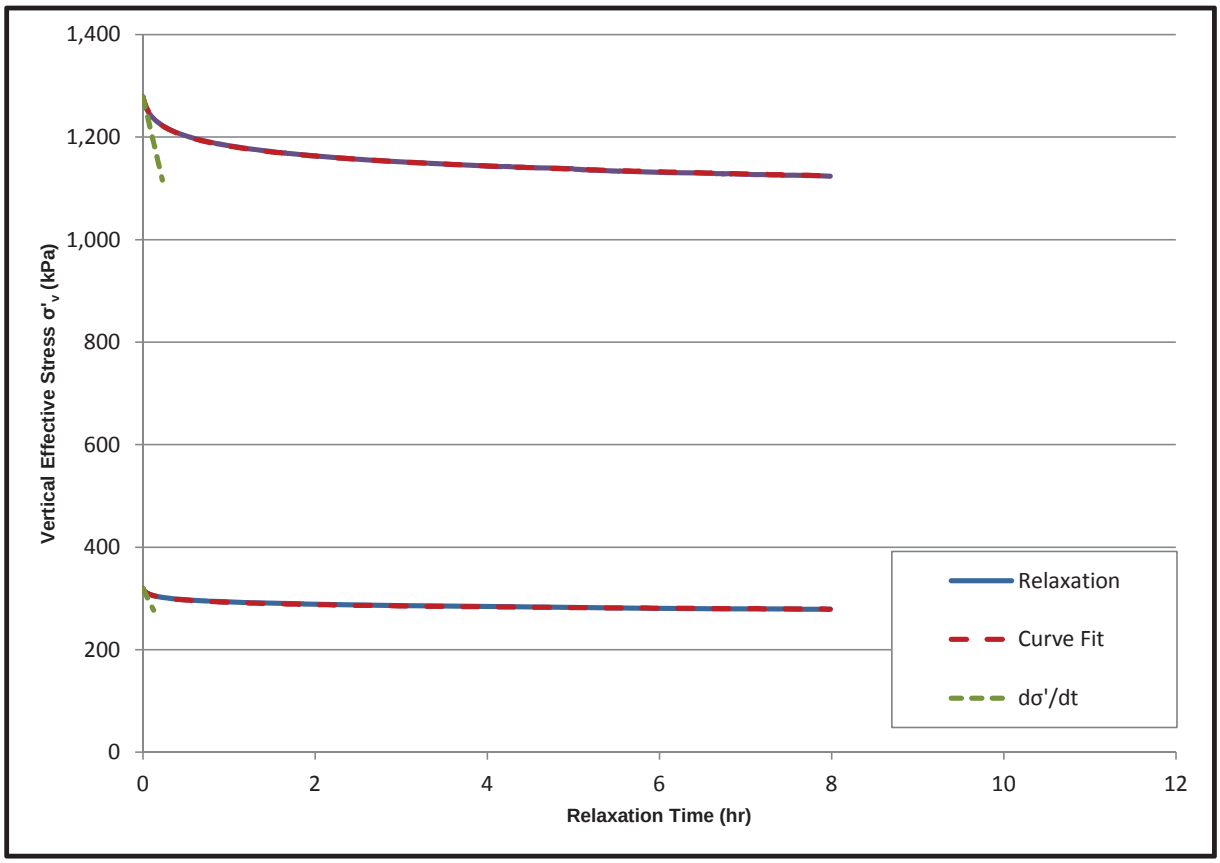
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'_v - ε^C_v space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using the a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

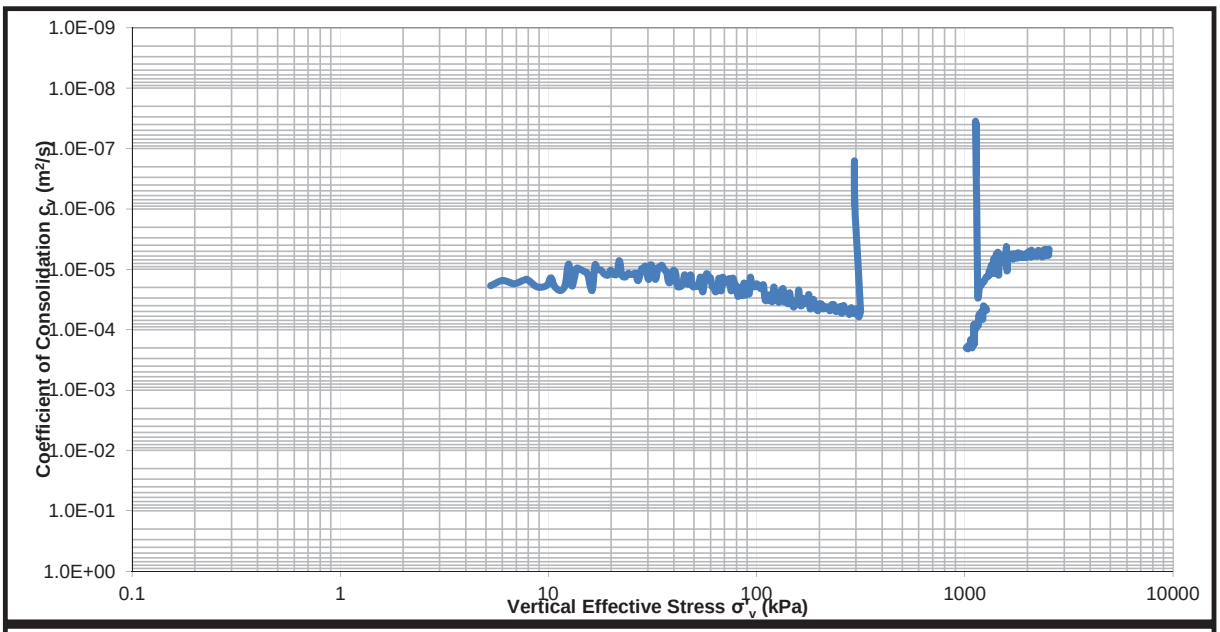
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

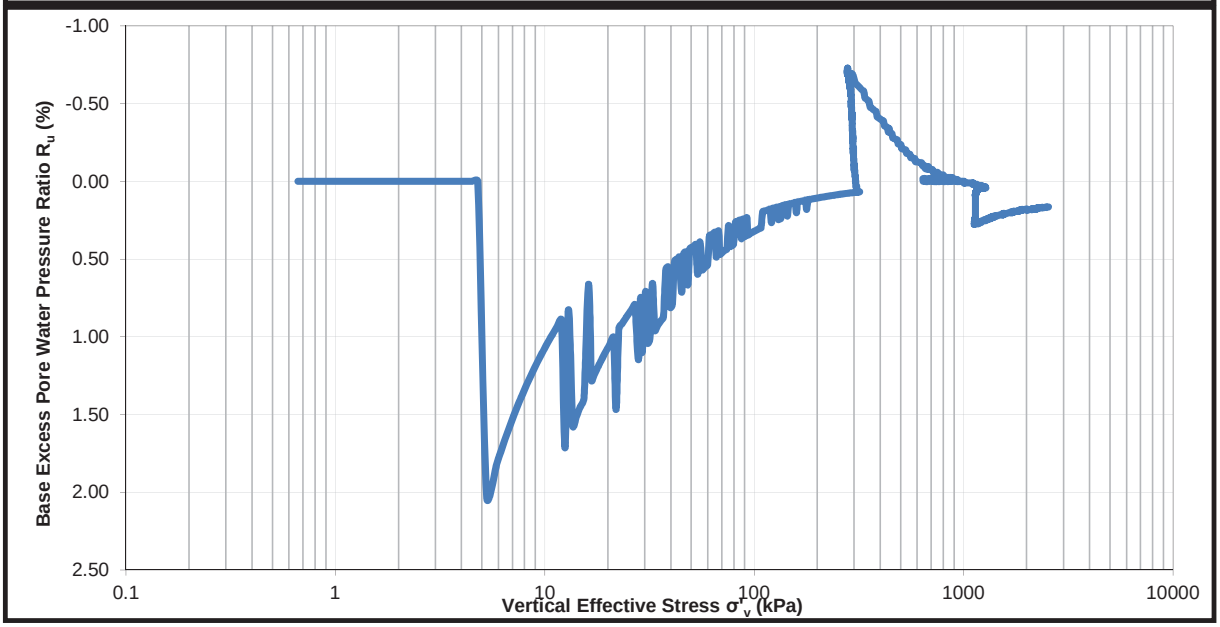


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

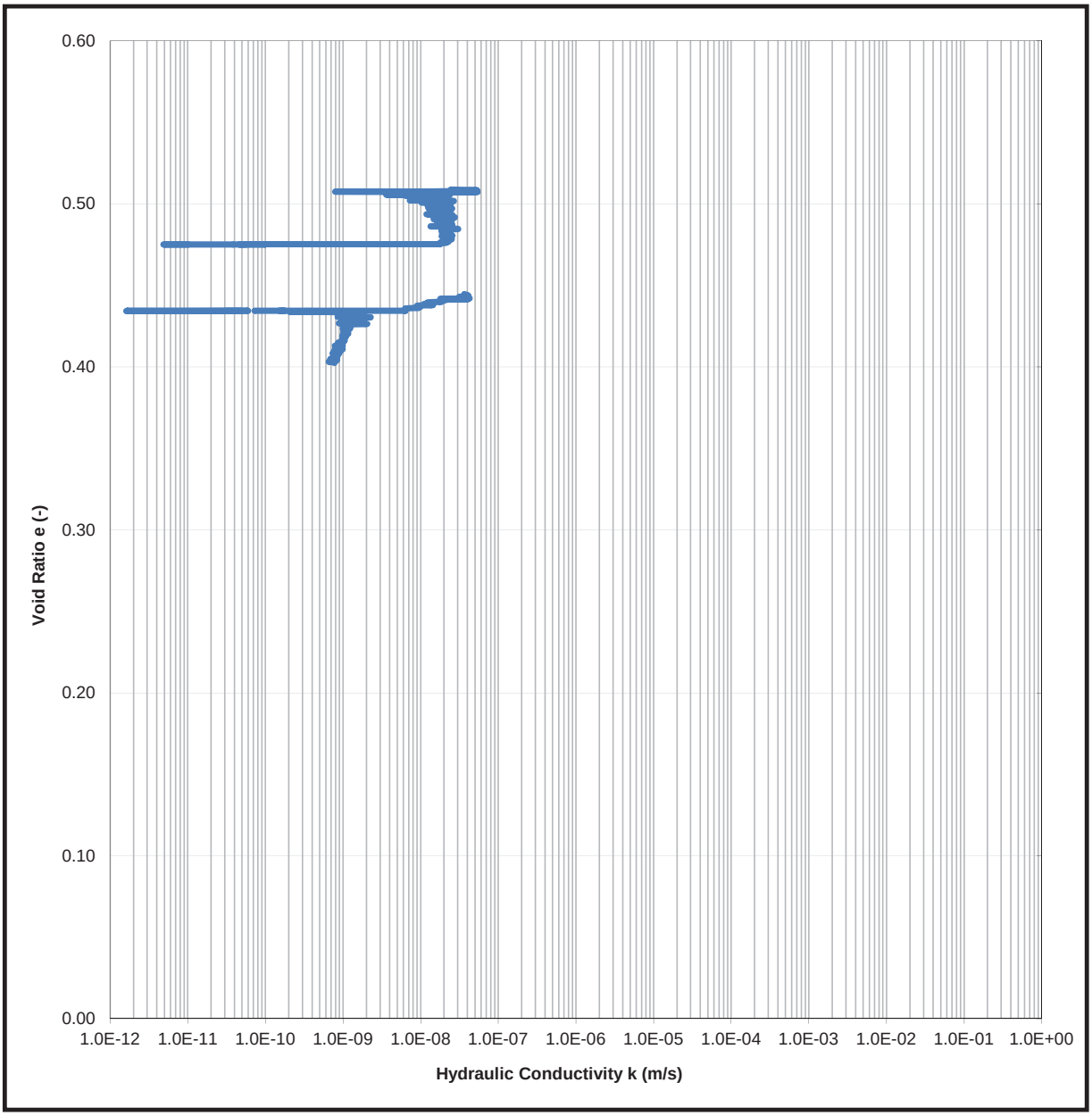




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'_v - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'_v - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St22
Depth [m to NAP]	-37.69
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig,grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	07/05/2016
Date test started	29/08/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	20
Bulk density	[Mg/m³]	2.08
Dry density	[Mg/m³]	1.73
Void ratio	[-]	0.53
Saturation sample before setup	[%]	100
Saturation sample before loading	[%]	100
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.65
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	22

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St23_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	01/09/2016
Checked by	SPN
Date	01/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig,grijs

TEST PLAN				
Vertical Effective Stress by end of:		**Rate of Strain**	**Duration**	**Additional Comments:**
Stage:	σ'_v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]	-No saturation stage was set on the test plan.
Load	329	0.60	5:08:00	-The selected rate of strain resulted in an excess pore pressure ratio outside the range between 3% and 15% (ASTM D4186-12).
Relaxation	282	0.01	8:00:00	
Reload	973	0.87	2:47:00	
Unload	634	-0.06	1:10:00	
Reload	1292	0.58	1:49:00	
Relaxation	1129	0.01	8:00:00	
Reload	2494	0.81	3:45:00	
		Test Duration:	30:39:00	

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	18.94
Moisture content	[%]	18
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	863.53

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St23_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	01/09/2016
Checked by	SPN
Date	01/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
LEEM, zwak zandig,grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	320
Preconsolidation Stress	[kPa]	696
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	3.11

RR,CR,Cα Parameters				
Input Stages [-]		*RR [-]*	*CR [-]*	*Cα [-]*
Unload	5	0.0054	0.1107	0.0026
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0054	0.1107	0.0023
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St23_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	01/09/2016
Checked by	SPN
Date	01/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

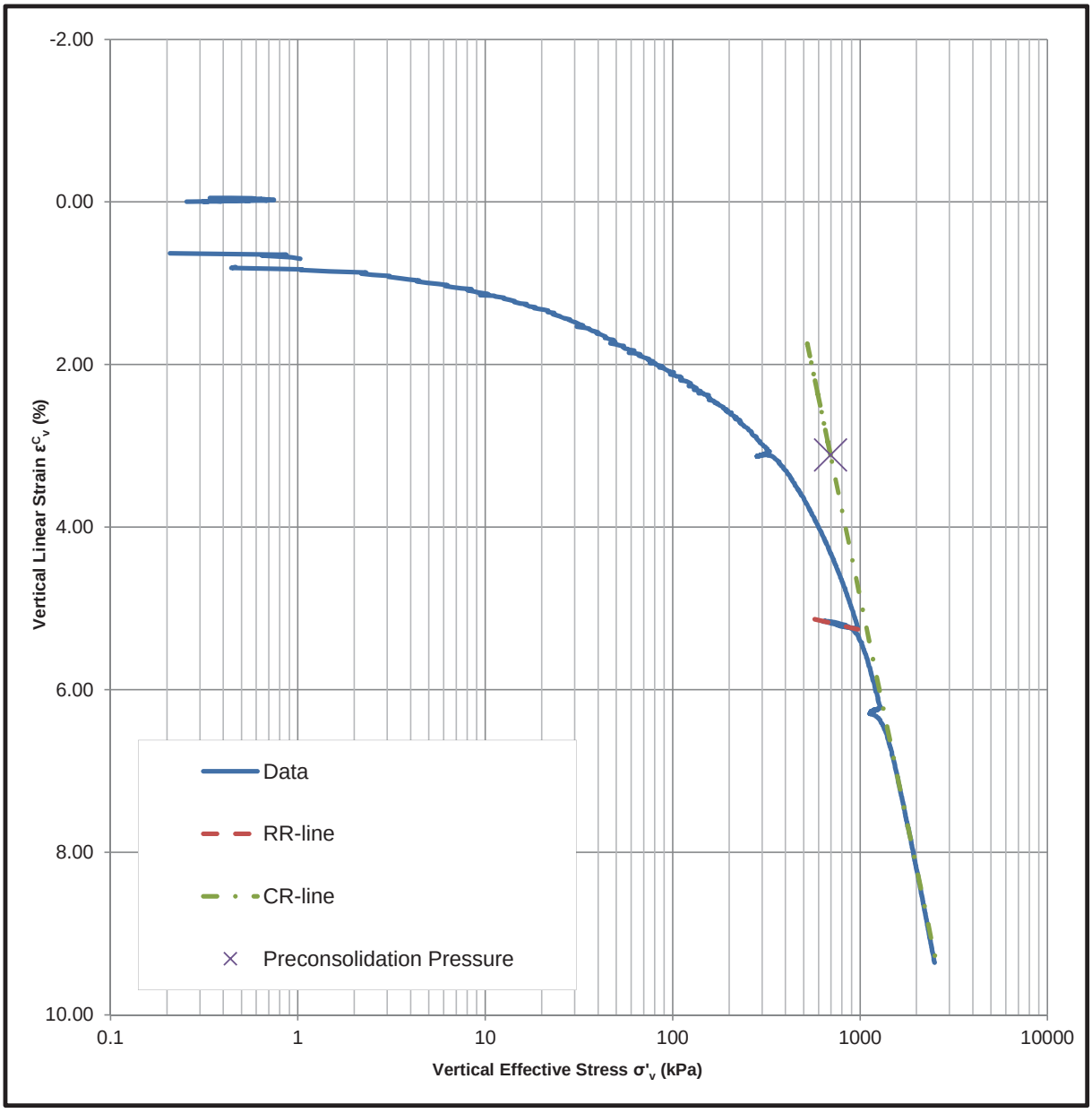
VISUAL DESCRIPTION

LEEM, zwak zandig,grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

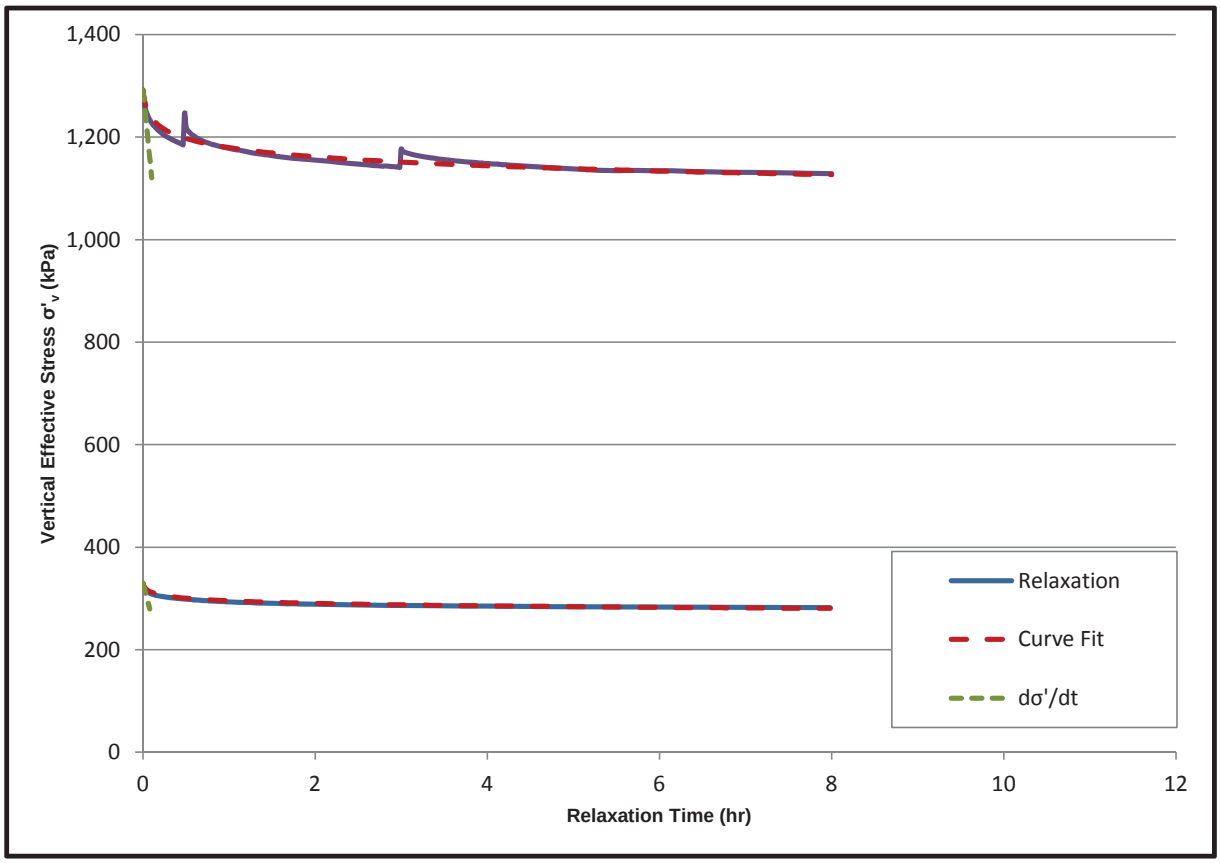
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'v - ε^{C}_{v} space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

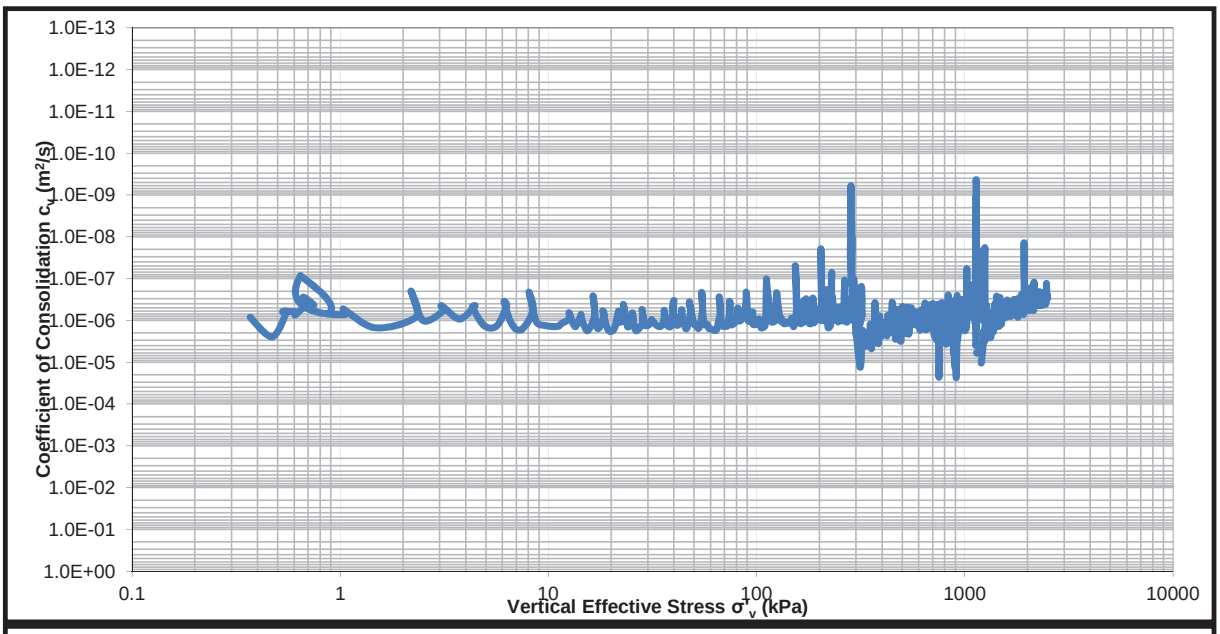
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

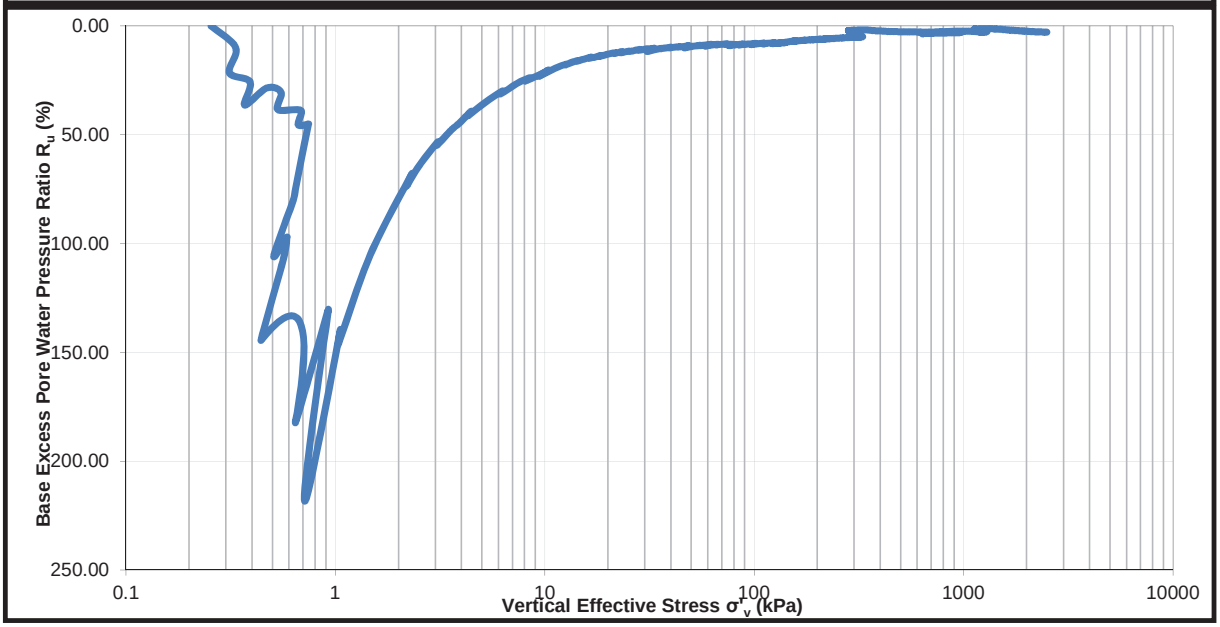


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

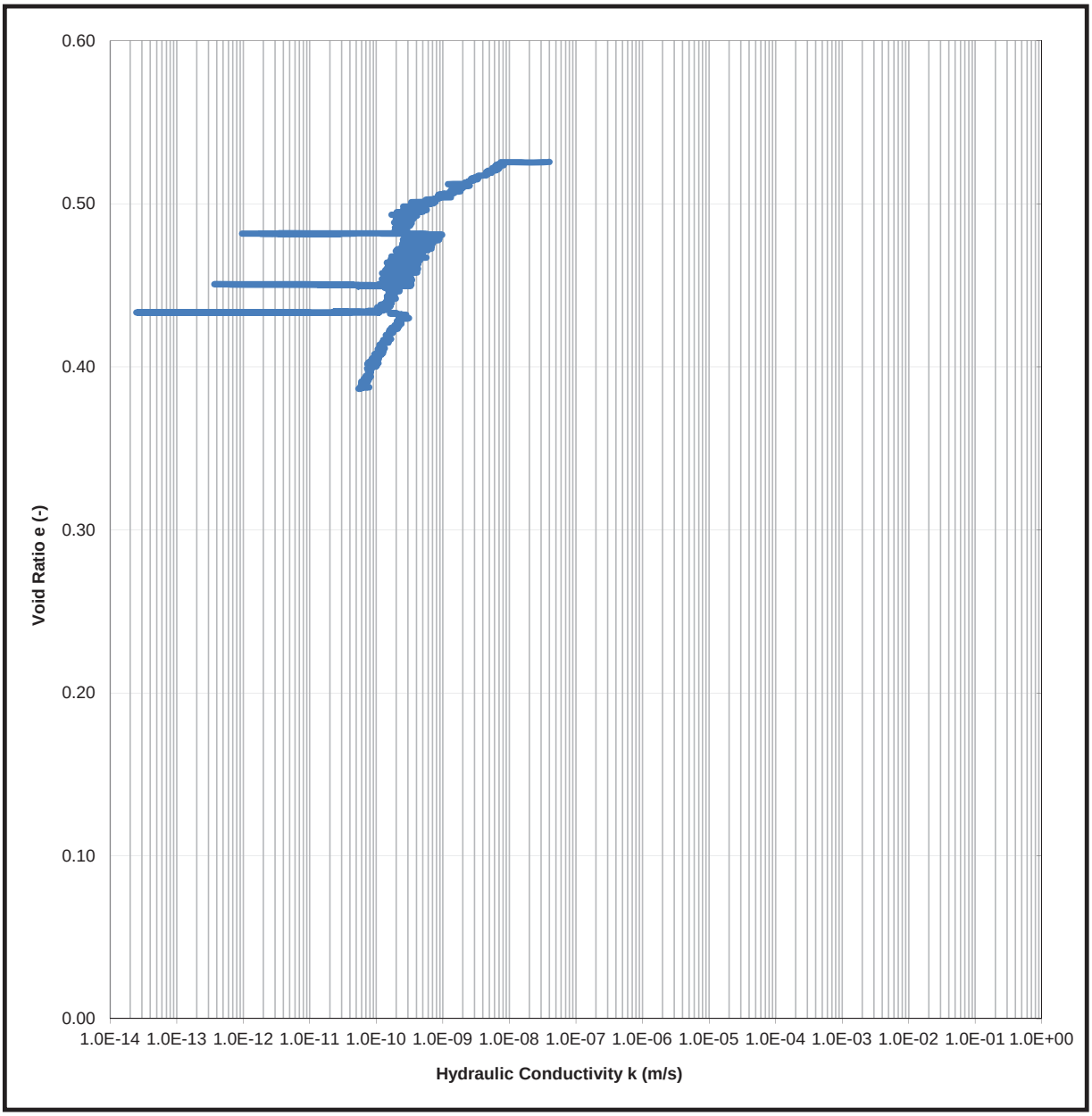




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'$_v$ - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'$_v$ - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St23
Depth [m to NAP]	-38.28
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
KLEI, zwak siltig, grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	05/07/2016
Date test started	30/08/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height After Saturation	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	22
Bulk density	[Mg/m³]	2.01
Dry density	[Mg/m³]	1.65
Void ratio	[-]	0.58
Saturation sample before setup	[%]	98
Saturation sample before loading	[%]	98
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.62
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	22

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St27_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	02/09/2016
Checked by	SPN
Date	05/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
KLEI, zwak siltig, grijs

TEST PLAN				
Vertical Effective Stress by end of:		**Rate of Strain**	**Duration**	**Additional Comments:** -No saturation stage was set on the test plan.
Stage:	σ'_v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]	
Load	454	0.61	3:49:00	
Relaxation	318	0.02	8:00:00	
Reload	1365	0.77	4:38:00	
Unload	915	-0.01	0:36:00	
Reload	1819	0.69	2:04:00	
Relaxation	1456	0.03	8:01:00	
Reload	3636	0.67	5:41:00	
		Test Duration:	32:49:00	

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	18.53
Moisture content	[%]	19
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	5.46

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St27_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	02/09/2016
Checked by	SPN
Date	05/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
KLEI, zwak siltig, grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	450
Preconsolidation Stress	[kPa]	751
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	2.48

RR, CR, Cα Parameters				
Input Stages [-]		***RR [-]***	***CR [-]***	***Cα [-]***
Unload	5	0.0020	0.0546	0.0040
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0020	0.0546	0.0026
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St27_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	02/09/2016
Checked by	SPN
Date	05/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

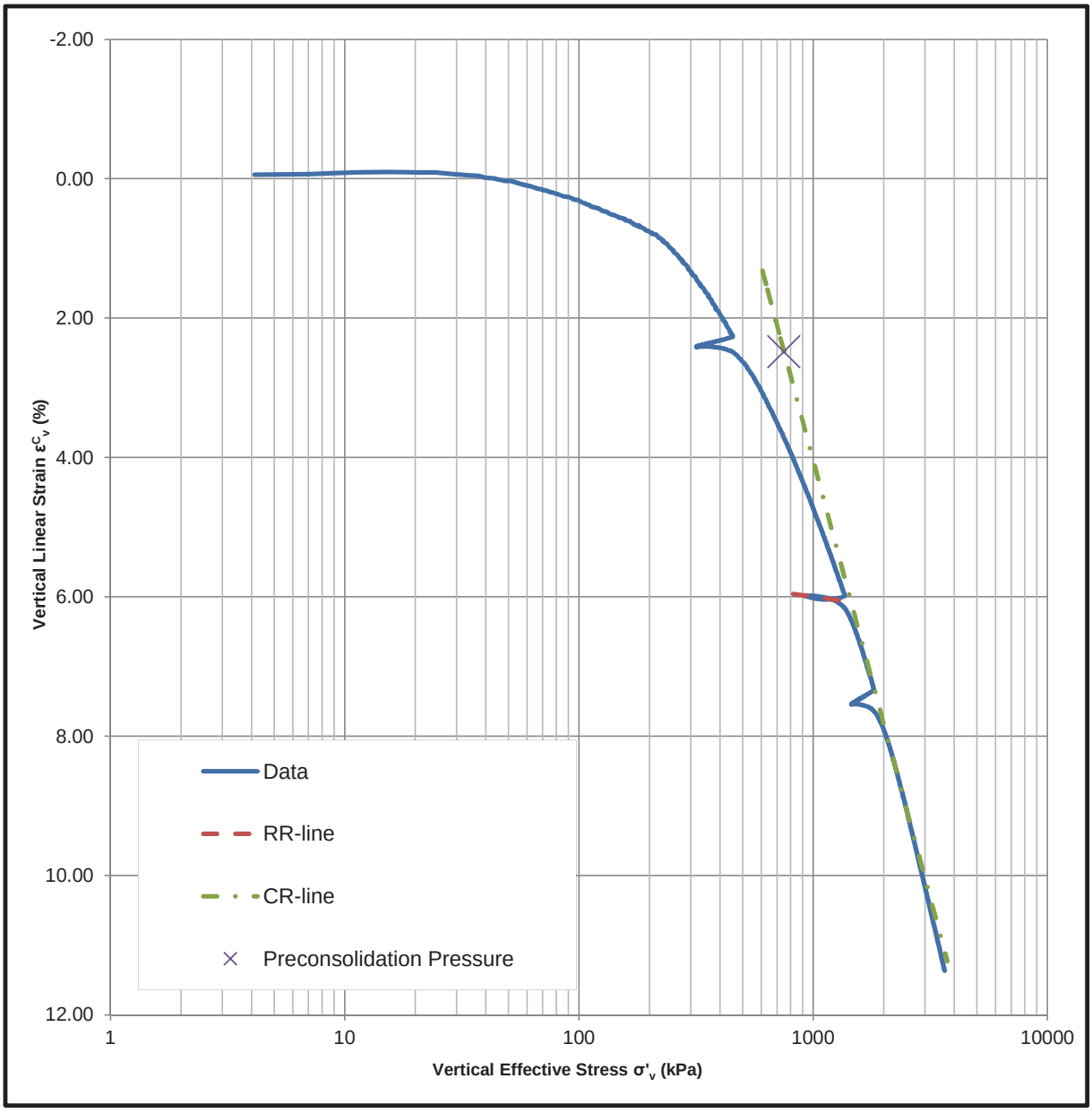
VISUAL DESCRIPTION

KLEI, zwak siltig, grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

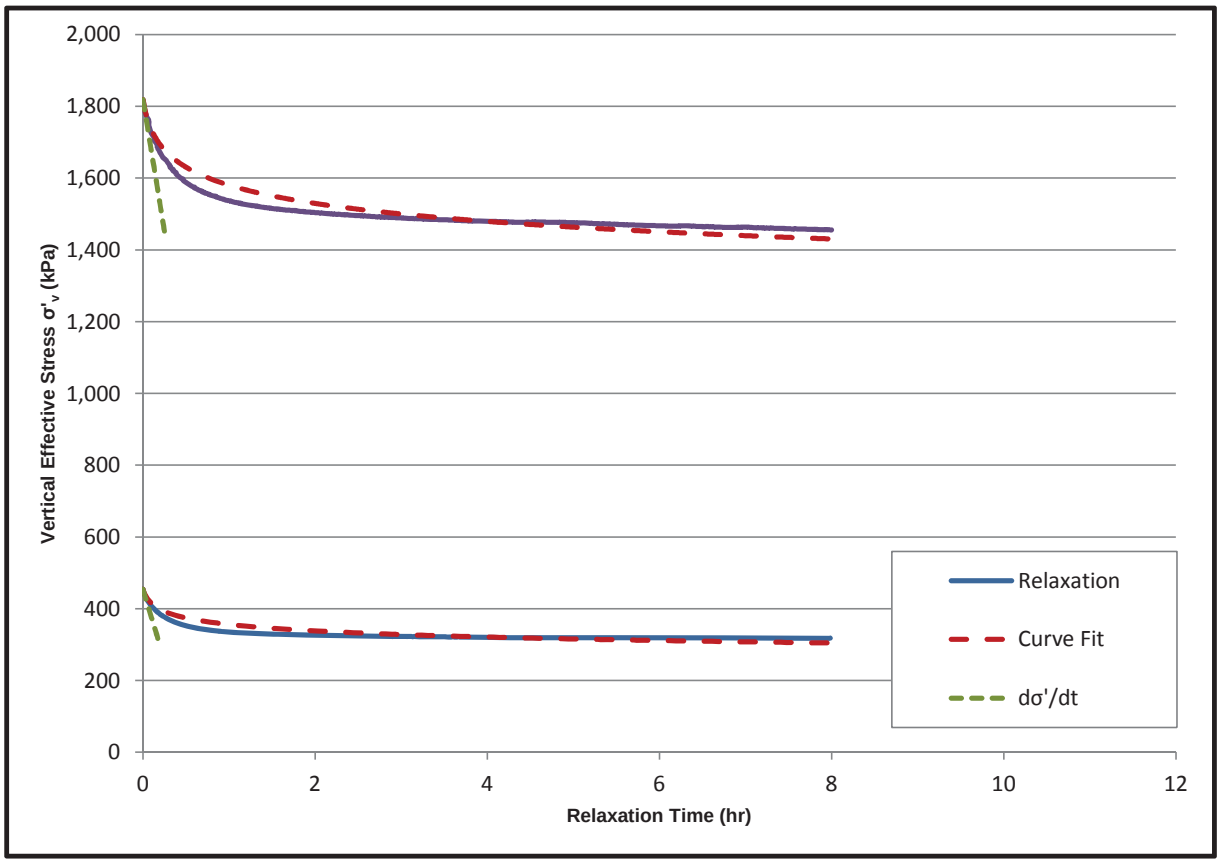
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'_v - ε^C_v space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

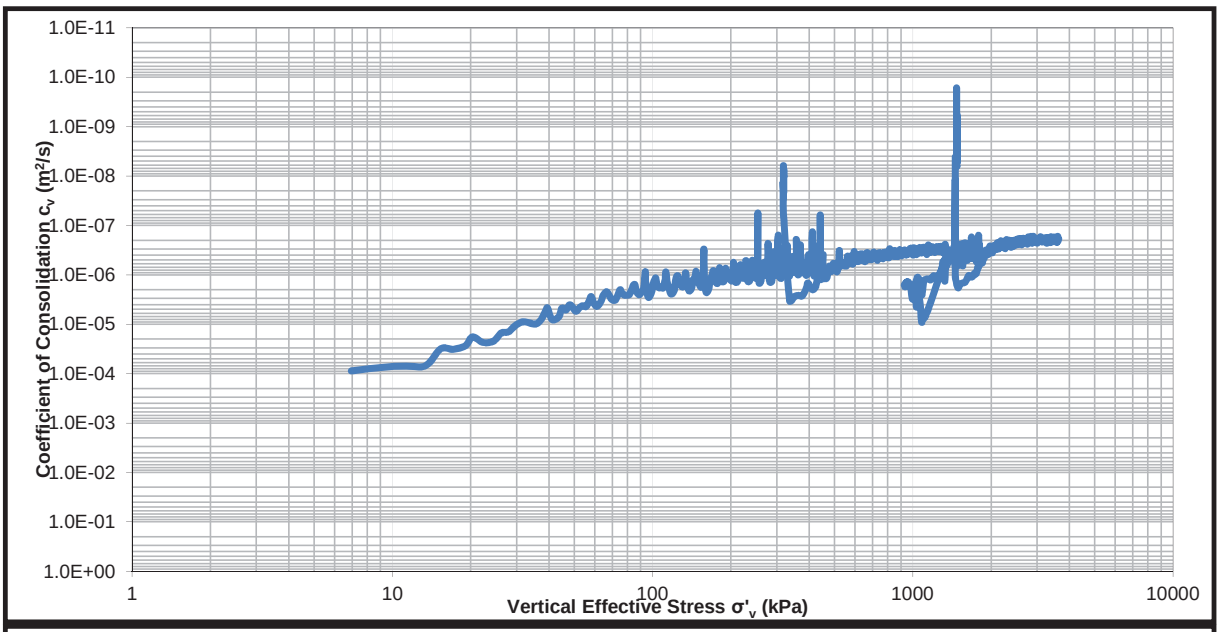
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

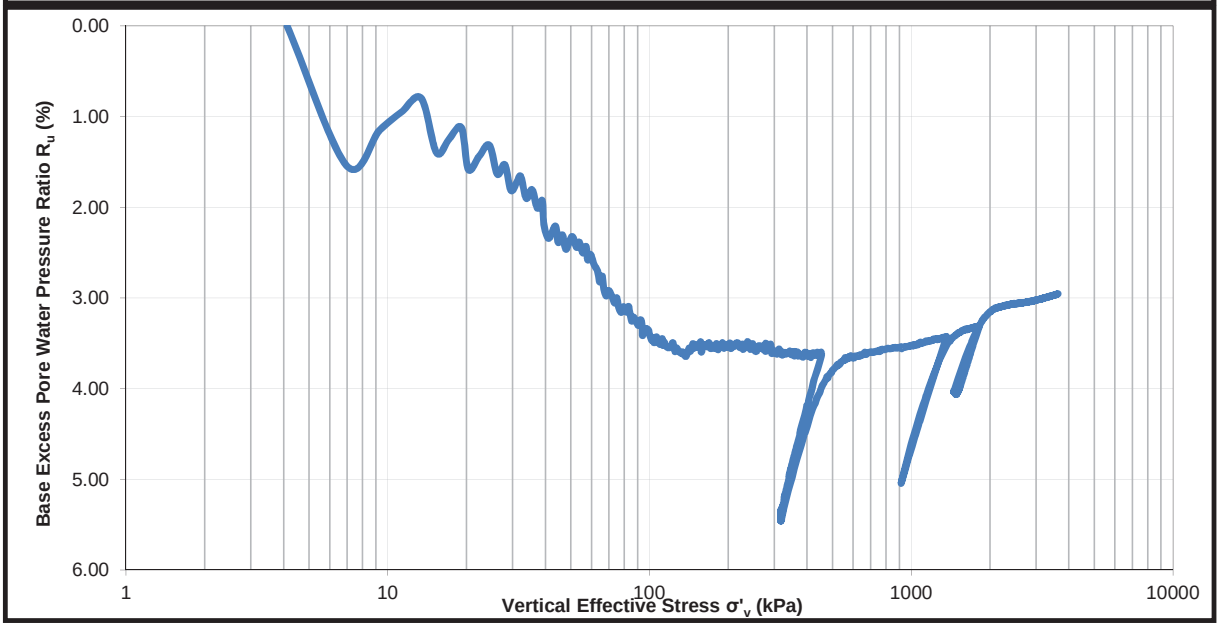


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

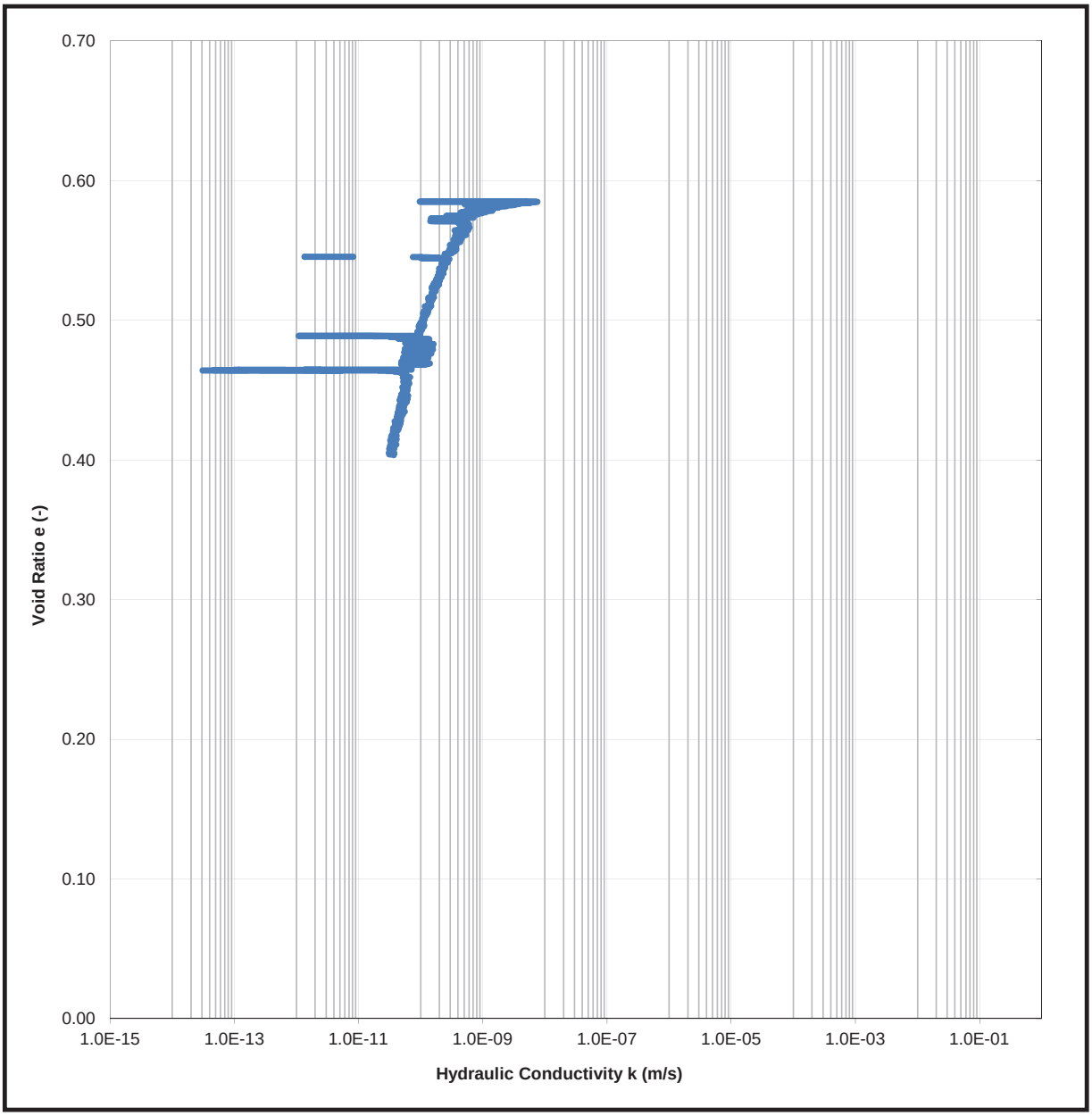




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'$_v$ - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'$_v$ - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St27
Depth [m to NAP]	-52.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
KLEI, zwak siltig, grijs

GENERAL	
Date sample retrieved	05/07/2016
Date test started	02/09/2016
Type of sample	Undisturbed
Specimen orientation	Vertical

INITIAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	20.90
Moisture content	[%]	20
Bulk density	[Mg/m³]	2.04
Dry density	[Mg/m³]	1.70
Void ratio	[-]	0.56
Saturation sample before setup	[%]	96
Saturation sample before loading	[%]	96
Assumed particle density	[Mg/m³]	2.65
Laboratory Minimum Temperature	[°C]	19
Laboratory Maximum Temperature	[°C]	22

TESTING PROCEDURES USED	
Sample Classification	NEN 5104
Specimen set-up	Based on ASTM D4186-12
Compression	Based on ASTM D4186-12
Note: Fugro testing procedures are available upon request	

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St27_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	05/09/2016
Checked by	SPN
Date	07/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
KLEI, zwak siltig, grijs

TEST PLAN				
Vertical Effective Stress by end of:		**Rate of Strain**	**Duration**	**Additional Comments:** -No saturation stage was set on the test plan.
Stage:	σ'_v [kPa]	ROS [%/hr]	[hh:mm:ss]	
Load	489	0.73	3:34:00	
Relaxation	347	0.02	8:00:00	
Reload	1459	0.83	3:46:00	
Unload	979	0.00	0:35:00	
Reload	1943	0.57	1:47:00	
Relaxation	1579	0.03	8:00:00	
Reload	3879	0.57	4:47:00	
		Test Duration:	30:29:00	

FINAL		
Diameter	[mm]	50.00
Sample Height	[mm]	18.93
Moisture content	[%]	19
Maximum Excess PWP Ratio	[%]	15.68

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St27_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	05/09/2016
Checked by	SPN
Date	07/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

VISUAL DESCRIPTION
KLEI, zwak siltig, grijs

NEN-BJERRUM MODEL PARAMETERS

Virgin Compression		
Initial In-Situ Effective Stress	[kPa]	480
Preconsolidation Stress	[kPa]	746
Strain at Preconsolidation Stress	[%]	2.74

RR,CR,Cα Parameters				
Input Stages [-]		*RR [-]*	*CR [-]*	*Cα [-]*
Unload	5	0.0051	0.0900	0.0063
Reload	6			
Relaxation	3			
Unload	5	0.0051	0.0900	0.0039
Reload	6			
Relaxation	7			

QUALITY ASSURANCE	
Filename	1015-0267-004 \ B1_St27_crsm
Template issue	02.00.0000
Processed by	MPK/SPN
Date	05/09/2016
Checked by	SPN
Date	07/09/2016

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

SPECIMEN PHOTOGRAPH

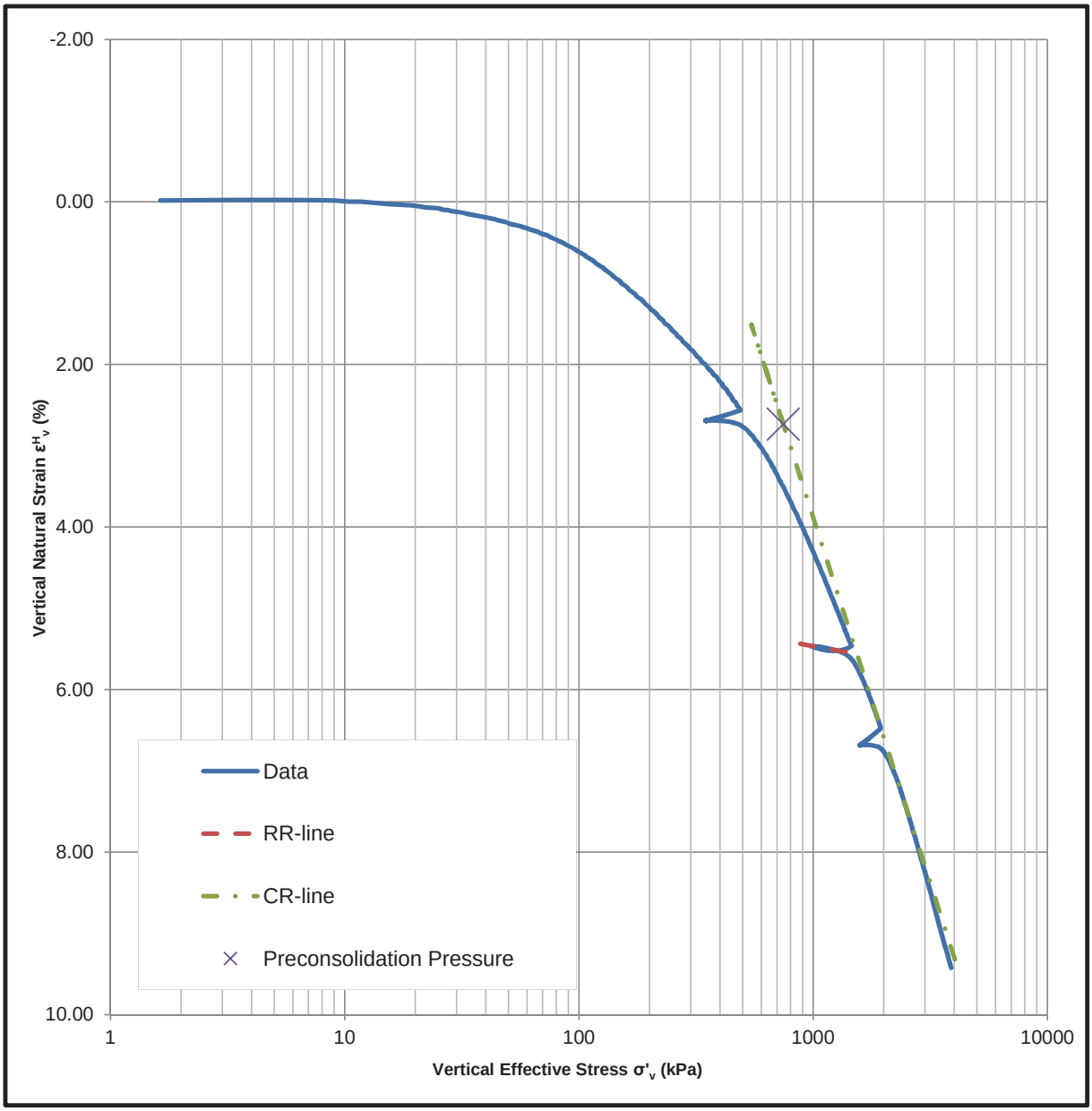
VISUAL DESCRIPTION

KLEI, zwak siltig, grijs

TEST IDENTIFICATION

Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

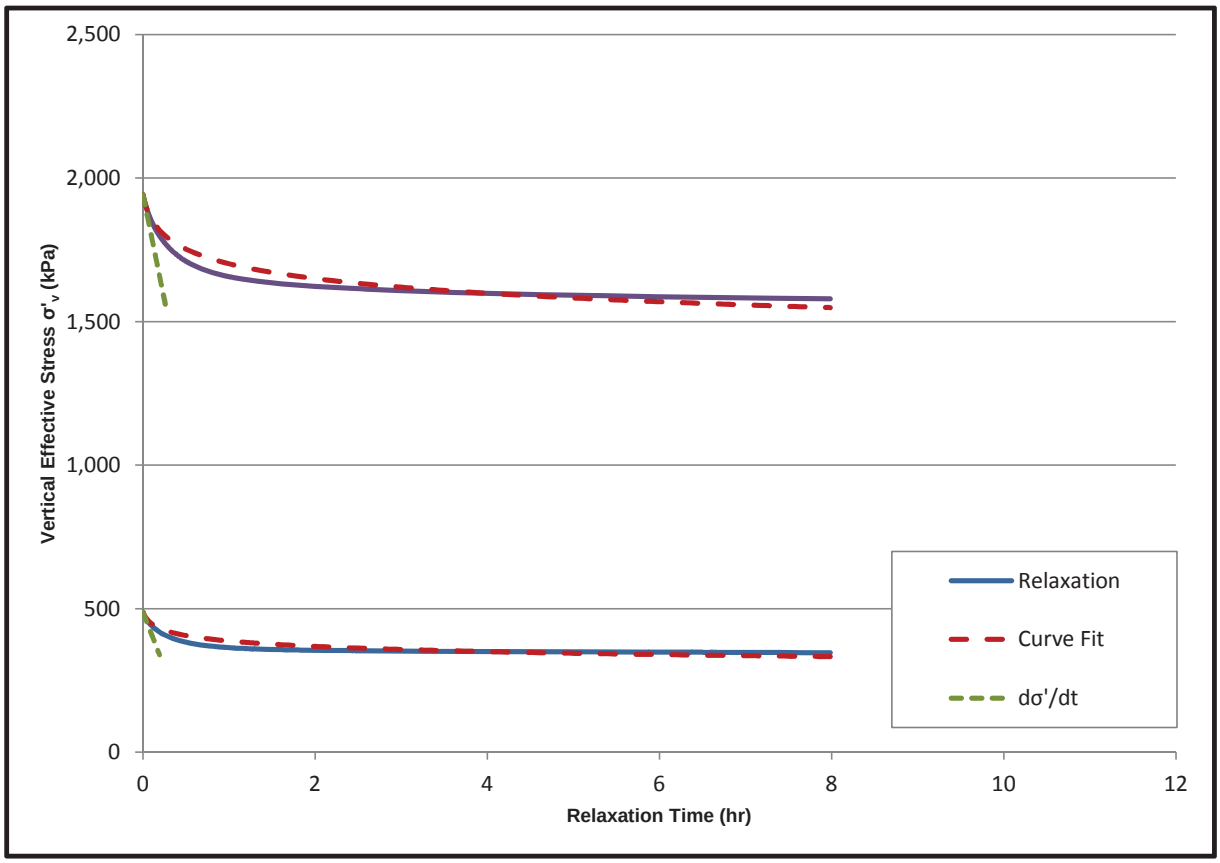
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Compression Curve in log σ'_v - ε^C_v space (NEN-Bjerrum model). Preconsolidation stress estimated using a,b,c-model approach (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

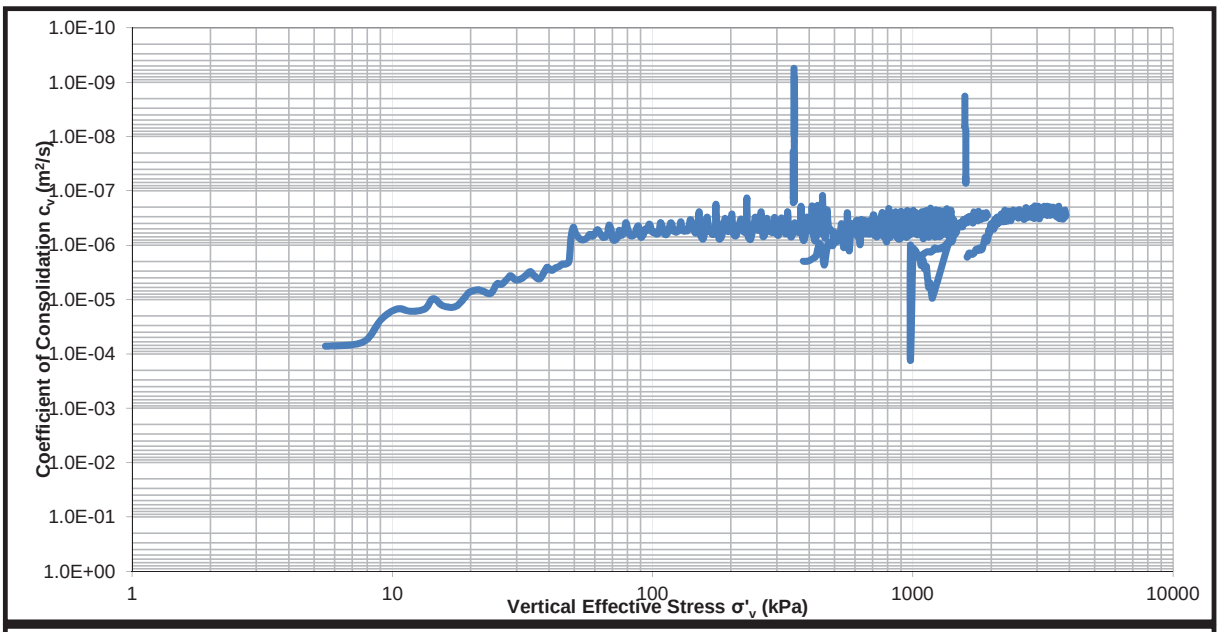
ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

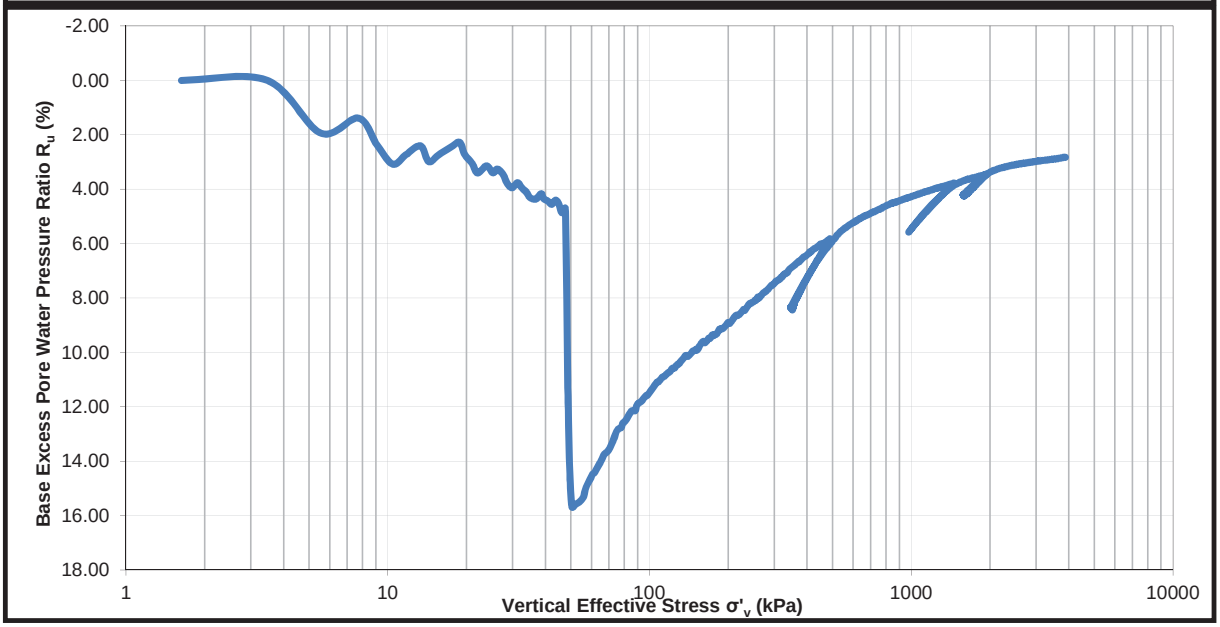


PLOT DESCRIPTION
Effective stress during relaxation, as a function of time. Curve fit based on the a,b,c-isotachs model (Den Haan and Kamao, 2003).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

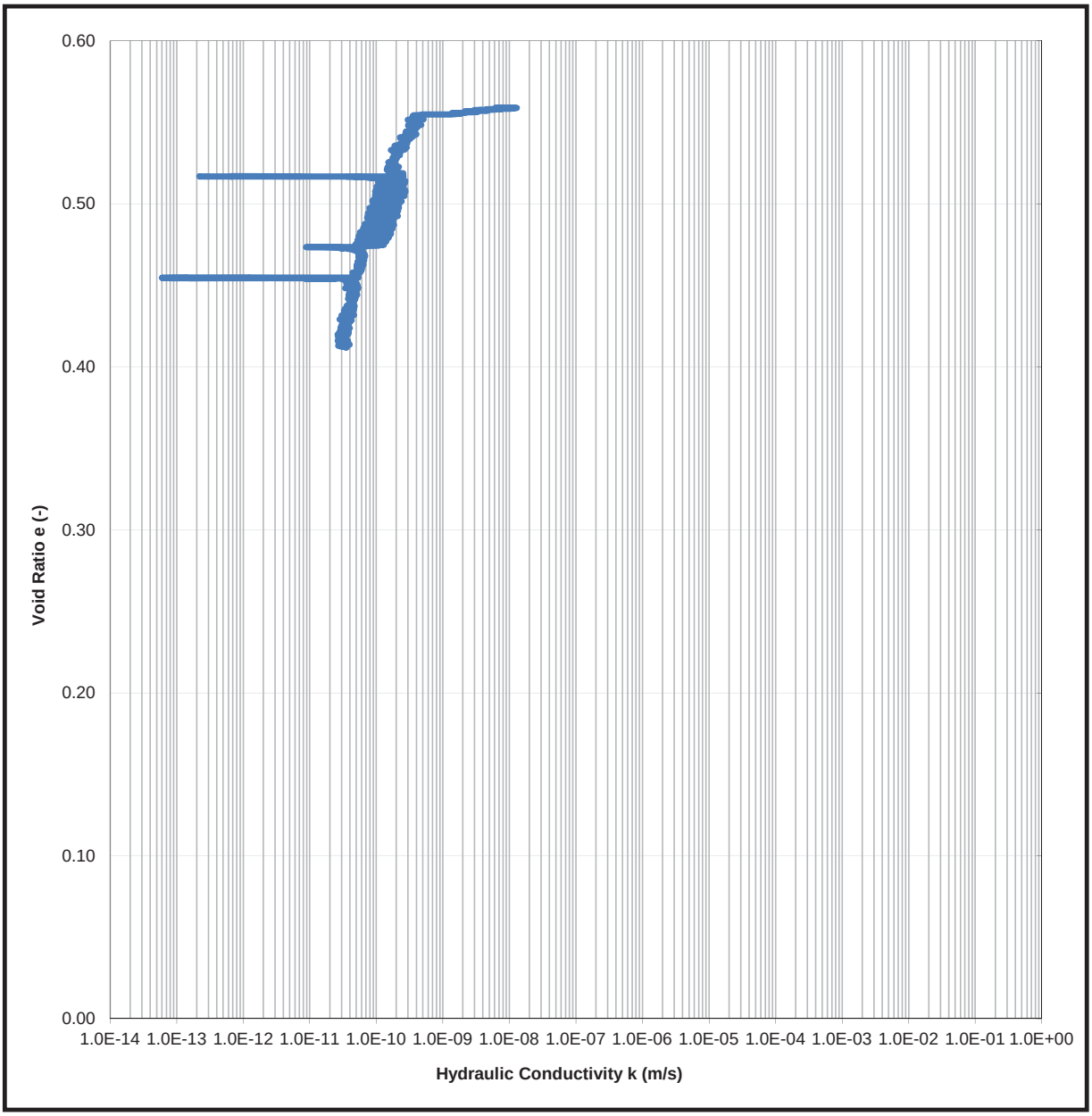




PLOT DESCRIPTION
Coefficient of consolidation (in log σ'$_v$ - log c_v) and excess pore pressure ratio (in log σ'$_v$ - R_u).

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies



PLOT DESCRIPTION
Hydraulic conductivity versus void ratio in log σ'_v-e space.

TEST IDENTIFICATION	
Project Number	1015-0267-161
Customer	Rijkswaterstaat Zuid-Holland
Site	-
Borehole	B1
Sample	St31
Depth [m to NAP]	-55.09
Test Number	1

ONE DIMENSIONAL - VERTICAL
CONTINUOUS LOADING OEDOMETER TEST (CRS)
A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Advies

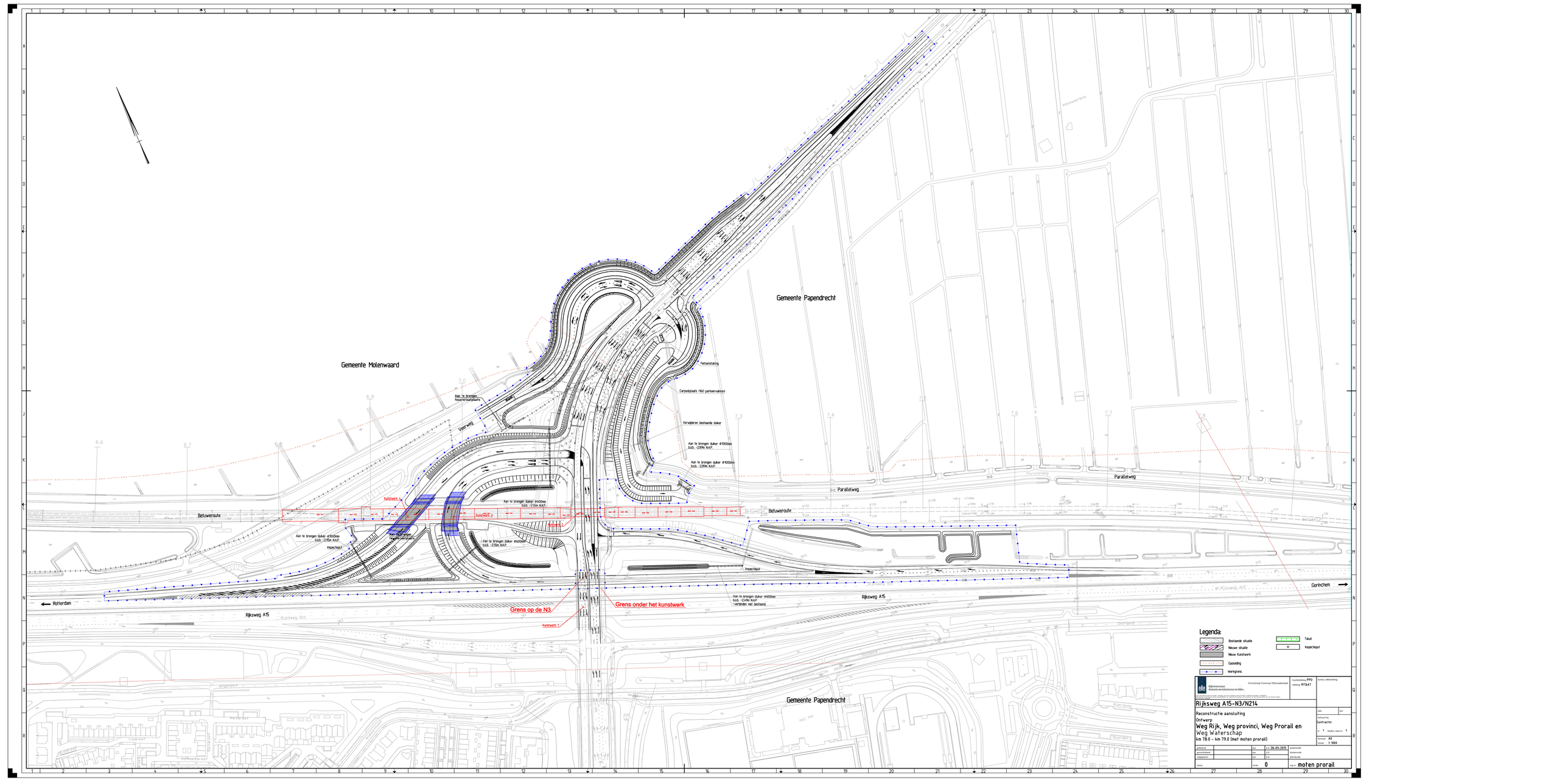
M O N S T E R O V E R Z I C H T			S:
ALGEMEEN			
Project	A15/N3 - Aanleg op- en afritten - Labwerkzaamheden	Opdrachtnummer	1015-0267-161
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zuid-Holland	Datum rapport	08-09-2016
te	Utrecht	Vervaldatum	08-11-2016
Contactpersoon		Datum ontvangst monsters	11-07-2016

MONSTEROVERZICHT			
Volgnummer	Type materiaal/omschrijving	Aantal/ Hoeveelheid	Monsternummer(s)
B1	Restant steekbus Zakjes	31 30	St1 – St31 1 – 30

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

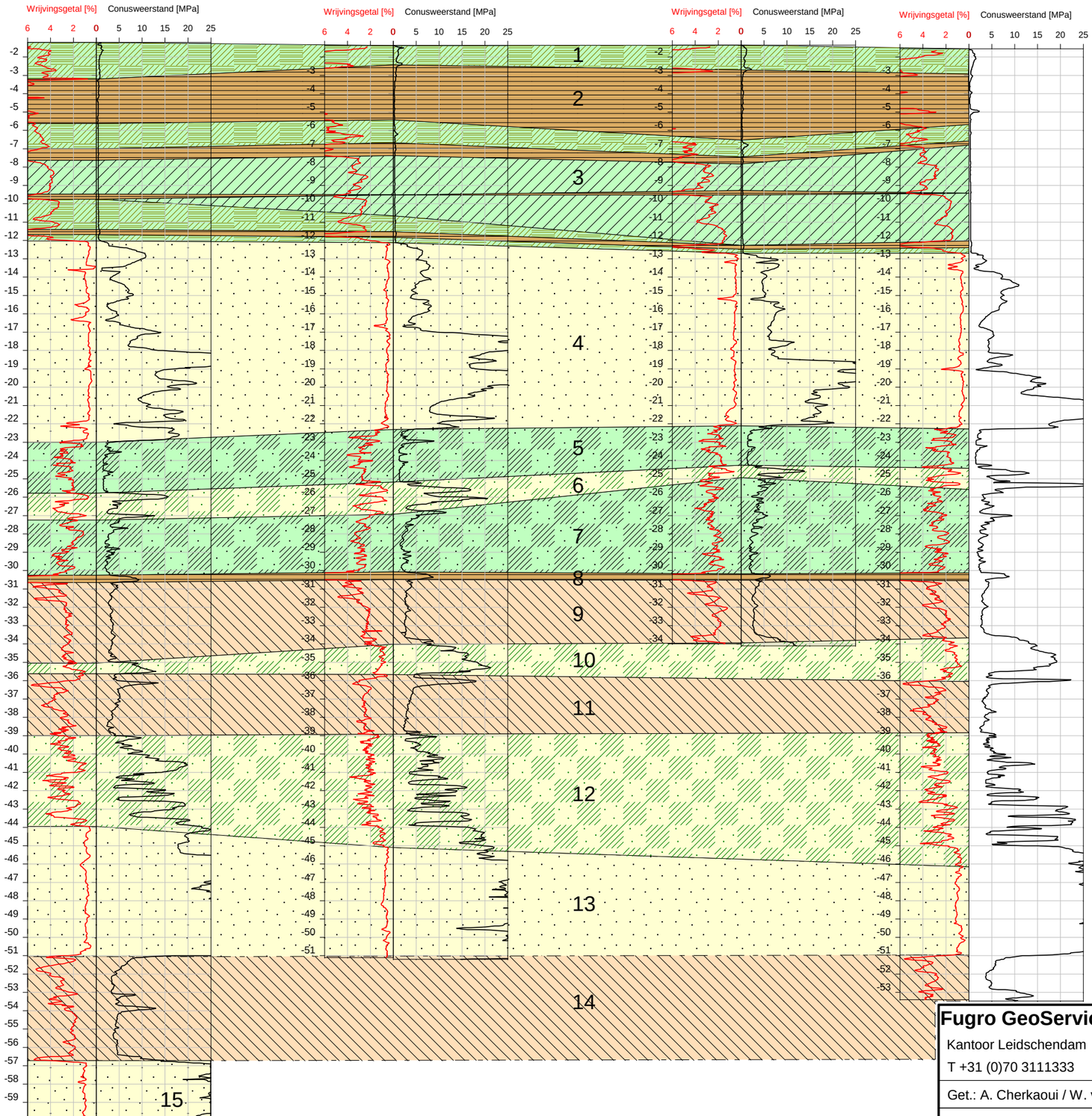

Gemeente Molenwaard
Gemeente Papendrecht
Gemeente Papendrecht
Betuweroute
Betuweroute
Betuweroute
Parallelweg
Parallelweg
Parallelweg
Rijksweg A15
Rijksweg A15
Rijksweg A15
Rotterdam
Gorinchem
Grens op de N3
Grens onder het kunstwerk
Kunstwerk 1
Kunstwerk 2
Kunstwerk 3
Kunstwerk 4
Aan te brengen fewerterreinplaats
Verweg
Aan te brengen duiker Ø1000mm bldh -2.95m NAP
Aan te brengen duiker Ø1000mm bldh -2.95m NAP
Inspectieput
Aan te brengen duiker Ø600mm bldh -2.55m NAP
Aan te brengen duiker Ø600mm bldh -2.55m NAP
Aan te brengen duiker Ø600mm bldh -2.45m NAP - verlenden met bestaand
Inspectieput
Inspectieput
Aan te brengen inspectieput
Verwijderen bestaande duiker
Aan te brengen duiker Ø1000mm bldh -2.89m NAP
Aan te brengen duiker Ø1000mm bldh -2.89m NAP
Carpoolplaats (160 parkeervakken)
Fietsenstalling
Legenda:
Bestaande situatie
Nieuwe situatie
Nieuw Kunstwerk
Gasleiding
Werkgrens
Talud
Inspectieput
Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
hoofdafdeling PPO
afdeling MT&AT
Ruimtelijke uitbreiding
Rijksweg A15-N3/N214
Reconstructie aansluiting
Ontwerp
Weg Rijk, Weg provinci, Weg Prorail en
Weg Waterschap
km 78.0 – km 79.0 (met moten prorail)
schaal: A3
schaal: 1:1000
getekend
gecontroleerd
vrijgegeven
status
versie 0
moten prorail

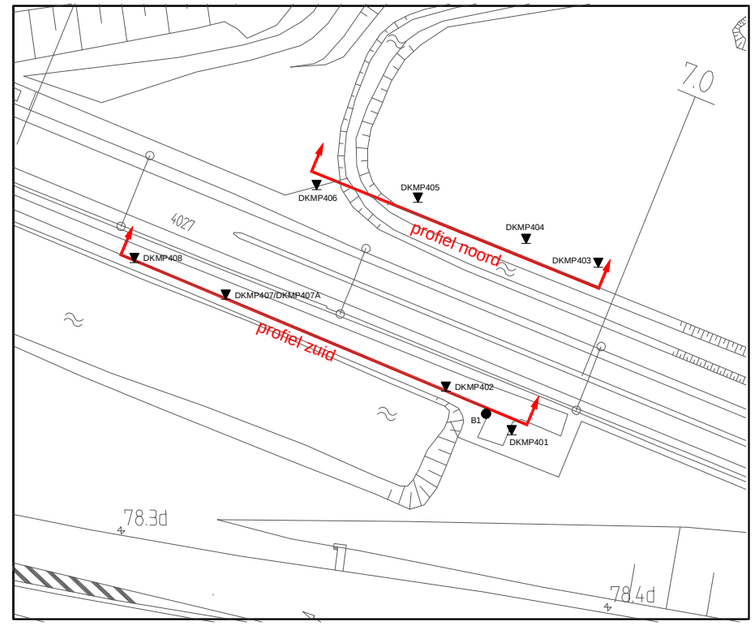
DKMP406
NAP -1.20 m

DKMP405
NAP -1.38 m

DKMP404
NAP -1.35 m

DKMP403
NAP -1.55 m





Legenda

1	Toplaag - KLEI, humeus (uitgedroogd)		
2	VEEN		
3	KLEI (zwak siltig) doorsneden door veenlagen		
4	ZAND	10	ZAND (kleiig)
5	KLEI (zandig)	11	LEEM
6	ZAND (kleiig)	12	ZAND (kleiig)
7	KLEI (zandig)	13	ZAND
8	VEEN	14	LEEM
9	LEEM	15	ZAND

Fugro GeoServices BV
Kantoor Leidschendam
T +31 (0)70 3111333
Dillenburgsingel 69
2263 HW Leidschendam

Get.: A. Cherkaoui / W. van Hutten	Datum : 23-08-2016	Schaal 1:250
GEOTECHNISCH LENGTEPROFIEL - NOORD		
A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES	Opdr.: 1015-0267-004 Bijl.: Noord	

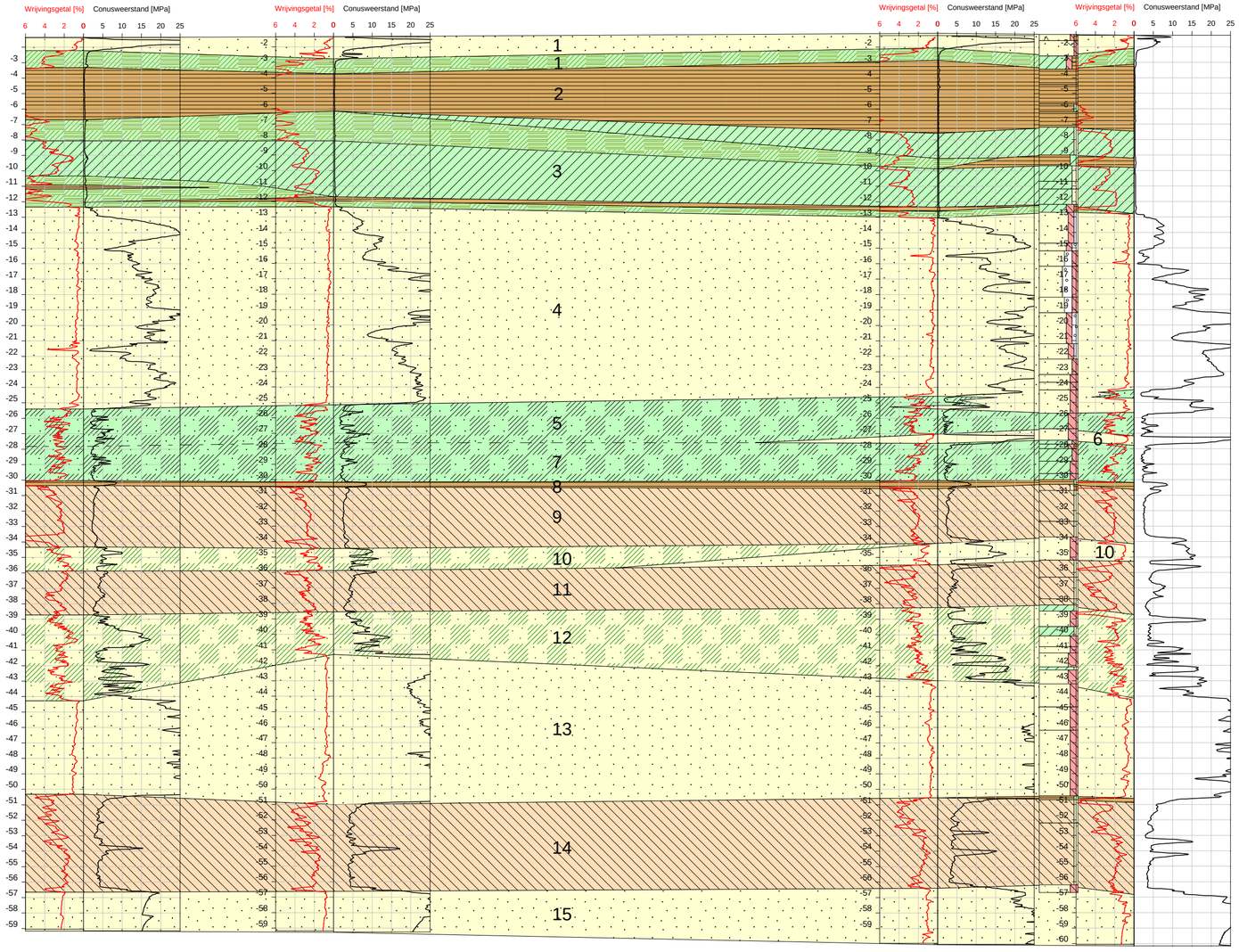
DKMP408
NAP -1.38 m

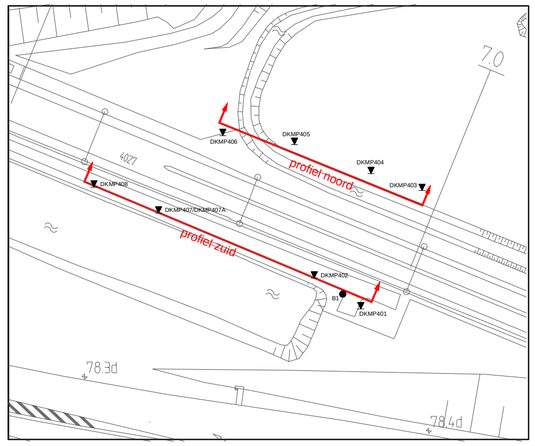
DKMP407A
NAP -1.35 m

DKMP402
NAP -1.26 m

B1
NAP -1.19 m

DKMP401
NAP -1.24 m





Legenda

1	Toplaag - ZAND		
1	Toplaag - KLEI, humeus (uitgedroogd)		
2	VEEN		
3	KLEI (locaal humeus) doorsneden door veenlagen		
4	ZAND	10	ZAND (kleiig) of ZAND
5	KLEI (zandig)	11	LEEM
6	ZAND	12	ZAND (kleiig)
7	KLEI (zandig)	13	ZAND
8	VEEN	14	LEEM
9	LEEM	15	ZAND

Fugro GeoServices BV
Kantoor Leidschendam
T +31 (0)70 3111333
Dillenburgsingel 69
2263 HW Leidschendam

Get.: A. Cherkaoui / W. van Hutten
Datum : 22-08-2016
Schaal 1:250

GEOTECHNISCH LENGTEPROFIEL - ZUID

A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN - ADVIES

Opdr.: 1015-0267-004
Bijl.: Zuid

Draagkrachttabellen op druk

Tabel: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paaldraagkracht (ondiep funderen)

Sondering nr.	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN Stalen buispaal, geschroefd met groutinjectie (Tubex, Terr-econ, BVS buispaal		
		Ø 450 mm	Ø 560 mm	Ø 650 mm
DKMP401	-17,0	380	580	780
	-18,0	680	970	1225
	-19,0	970	1325	1675
	-20,0	1025	1400	1725
DKMP402	-17,0	850	1175	1500
	-18,0	1125	1575	2000
	-19,0	1275	1750	2150
	-20,0	1475	2050	2550
DKMP403	-17,0	290	330	420
	-18,0	280	390	500
	-19,0	450	700	960
	-20,0	720	1025	1175
DKMP404	-17,0	410	580	740
	-18,0	520	740	950
	-19,0	1000	1425	1800
	-20,0	1100	1075	1125
DKMP405	-17,0	810	1200	1575
	-18,0	960	1375	1775
	-19,0	1075	1325	1625
	-20,0	1000	1350	1200
DKMP406	-17,0	440	630	810
	-18,0	870	1225	1425
	-19,0	850	1175	1475
	-20,0	970	1050	1325
DKMP407A	-17,0	1250	1825	2300
	-18,0	1475	1900	2050
	-19,0	1125	1575	2000
	-20,0	1150	1600	2000
DKMP408	-17,0	1075	1550	1950
	-18,0	1300	1800	2300
	-19,0	1475	1925	1525
	-20,0	950	1275	1550

Opmerkingen bij de tabel:

$R_{c;net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef (= $R_{c;d}$ - $F_{nk;d}$).

Tabel: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paaldraagkracht (diep funderen)

Sondering nr.	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN Stalen buispaal, geschroefd met groutinjectie (Tubex, Terr-econ, BVS buispaal		
		Ø 450 mm	Ø 560 mm	Ø 650 mm
DKMP401	-44,0	2600	3550	4400
	-45,0	2900	3850	4750
	-46,0	3150	4200	5100
DKMP402	-44,0	3000	3950	4800
	-45,0	3200	4250	5150
	-46,0	3400	4500	5450
DKMP403	-44,0	1725	2250	2750
	-45,0	2250	3050	3800
	-46,0	2600	3450	4300
DKMP405	-44,0	2150	2850	3500
	-45,0	2450	3250	4000
	-46,0	2850	3750	4600
DKMP406	-44,0	2300	3050	3750
	-45,0	2500	3300	4050
	-46,0	2900	3850	4750
DKMP407A	-44,0	3150	4150	5050
	-45,0	3400	4550	5550
	-46,0	3500	4750	5800
DKMP408	-44,0	2450	3250	3950
	-45,0	2900	3850	4700
	-46,0	3150	4200	5100

Opmerkingen bij de tabel:

$R_{c;net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef (= $R_{c;d}$ - $F_{nk;d}$).

Tabel: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paaldraagkracht (ondiep funderen)

Sondering nr.	$R_{c;net;d}$ in kN Diepwandpanelen			
	Puntniveau in m t.o.v. NAP	Section 600x2800	Section 800x2800	Section 1000x2800
DKMP401	-17.0	1440	2210	2850
	-18.0	2220	2850	3540
	-19.0	3080	3900	3260
	-20.0	3180	2930	3400
DKMP402	-17.0	2730	3460	4370
	-18.0	3630	4550	5520
	-19.0	4020	4880	4880
	-20.0	4790	5730	4220
DKMP403	-17.0	720	910	1100
	-18.0	880	1080	1300
	-19.0	1830	2120	2290
	-20.0	2020	2180	2580
DKMP404	-17.0	2920	2990	2820
	-18.0	2640	2550	2600
	-19.0	2590	2500	2690
	-20.0	2240	2400	2630
DKMP405	-17.0	1390	1810	2360
	-18.0	2490	2560	2690
	-19.0	2200	2360	2480
	-20.0	2260	2410	2610
DKMP406	-17.0	3630	4090	4990
	-18.0	3690	4560	5480
	-19.0	3860	4620	5430
	-20.0	3990	4720	4460
DKMP407A	-17.0	3590	3660	3310
	-18.0	4020	3160	3740
	-19.0	2990	3570	4170
	-20.0	3170	3710	4270
DKMP408	-17.0	1440	2210	2850
	-18.0	2220	2850	3540
	-19.0	3080	3900	3260
	-20.0	3180	2930	3400

Opmerkingen bij de tabel:

$R_{c;net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef (= $R_{c;d}$ - $F_{nk;d}$).

Tabel: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paaldraagkracht (diep funderen)

Sondering nr.	$R_{c;net;d}$ in kN Diepwandpanelen			
	Puntniveau in m t.o.v. NAP	(BxL) 600x2800	(BxL) 800x2800	(BxL) 1000x2800
DKMP401	-44.0	9000	10580	11720
	-45.0	9660	10760	12350
	-46.0	9840	11360	10960
DKMP402	-44.0	9660	11290	13020
	-45.0	10340	12000	13760
	-46.0	10920	12580	11320
DKMP403	-44.0	5830	6590	7390
	-45.0	7880	9360	10930
	-46.0	8890	10540	10100
DKMP405	-44.0	7270	8440	9700
	-45.0	8240	9620	11030
	-46.0	9410	10290	11780
DKMP406	-44.0	7610	8910	10280
	-45.0	8350	10220	11910
	-46.0	9510	11130	10710
DKMP407A	-44.0	10300	11890	13570
	-45.0	11010	12650	14380
	-46.0	11700	13420	12470
DKMP408	-44.0	8360	9810	11470
	-45.0	9700	11300	11790
	-46.0	10430	11260	10950

Opmerkingen bij de tabel:

$R_{c;net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef (= $R_{c;d}$ - $F_{nk;d}$).

Voorbeeldberekening
Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	:	DKMP401
- paaltype	:	Stalen buispaal, geschroefd met groutinjectie (Tubex, Terr-econ, BVS buispaal
- paalpuntniveau	:	NAP -18,0 m
- schachtdiameter	:	Ø 560 mm
- puntafmeting	:	Ø 560 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

De *maximale puntweerstand* volgens 7.6.2.3(e) van NEN 9997-1 bedraagt:

$q_{b;max}$ = ½ . α_p . β . s . (($q_{c;I;gem}$ + $q_{c;II;gem}$)/2 + $q_{c;III;gem}$)
= 5,0 MPa. (≤15 MPa, limietwaarde conform NEN 9997-1)

waarin:			in dit geval:	
$q_{c;I;gem}$	=	de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over traject I (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	14,6	MPa
$q_{c;II;gem}$	=	de minimale waarde van de conusweerstanden over traject II (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	10,1	MPa
$q_{c;III;gem}$	=	de gemiddelde minimale waarde van de conusweerstanden over traject III (8 x D_{eq} boven de punt)	3,6	MPa
α_p	=	paalklassefactor (tabel 7.c, NEN 9997-1) gereduceerde waarde van α_p tot 70%	0,6	-
β	=	factor voor de paalvoetvorm	1,0	-
s	=	factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet	1,0	-

De *maximale draagkracht* van de paalpunt volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{b;cal;max;i}$ = A_{punt} . $q_{b;max;i}$
= 1.231 kN

waarin:			in dit geval:	
A_{punt}	=	oppervlak van de paalvoet	0,2463	m²

Maximale paalschachtwrijving

De *maximale paalschachtwrijving* volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$q_{s;max}$	=	α_s . $q_{c;z;a}$	
	=	0,062 MPa	
waarin:			in dit geval:
α_s	=	factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype (tabel 7.c, NEN 9997-1)	0,009 -
$q_{c;z;a}$	=	de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend	6,9 MPa

De *maximale schachtwrijvingskracht* volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{s;cal;max;i}$	=	$O_{s;\Delta L;gem}$. ΔL . $q_{s;max}$	
	=	566 kN	
waarin:			in dit geval:
$O_{s;\Delta L;gem}$	=	gemiddelde omtrek van de paalschacht	1,76 m
ΔL	=	traject voor berekening schachtwrijving	5,20 m

Maximale draagkracht

De *maximale draagkracht* van de paal volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{c;cal}$	=	$R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i}$
	=	1.796 kN

De *karakteristieke waarde* van de maximale draagkracht van de paal volgens 7.6.2.3(5) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{c;k}$	=	$\text{Min}\left\{ \frac{(R_{c;cal})_{gem}}{\xi_3} ; \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$
	=	1.292 kN

waarin:			in dit geval:
ξ_3	=	correlatiefactor volgens tabel A.10a	1,39 -
ξ_4	=	correlatiefactor volgens tabel A.10a	1,39 -

Voor de *rekenwaarde* van de maximale draagkracht van de paal kan volgens 7.6.2.3(3) en (4) van NEN 9997-1 worden aangehouden:

$R_{c;d}$	=	$R_{c;k}$ / γ_R	
	=	1.077 kN	
waarin:			in dit geval:
γ_R	=	γ_b = γ_s	
	=	partiële factor volgens tabel A.6 t/m A.8 van NEN 9997-1	1,2 -

Voor de UGT geldt volgens 7.6.2.1(1) van NEN 9997-1:

$F_{c;d} < R_{c;d}$

Voor de UGT type B kan het zakkingscriterium dat in 2.4.9(b) van NEN 9997-1 is gegeven, worden vervangen door:

$F_{c;d} + F_{nk;d} < R_{c;d}$

waarin:			in dit geval:	
$F_{c;d}$	=	rekenwaarde van de belasting in kN		
$F_{nk;d}$	=	rekenwaarde van de negatieve kleefbelasting	106	kN
$R_{c;d}$	=	rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal	1.077	kN

Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen met relatief kleine diameter, is de UGT type B maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Bovenstaande formule kan worden bewerkt tot de volgende voorwaarde:

$F_{c;d} < R_{c;net;d}$

waarin:			in dit geval:	
$R_{c;net;d}$	=	$R_{c;d} - F_{nk;d}$		
	=	de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met de negatieve kleefbelasting	971	kN

Indien aan de bovenstaande voorwaarde wordt voldaan, dan bezwijkt de grond rondom de paal niet. De vervormingen van de paalkop zullen hierbij ook beperkt zijn.

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKMP401
- paaltype : Stalen buispaal, geschroefd met groutinjectie (Tubex, Terr-econ, BVS buispaal
- schachtdiameter : Ø 560 mm

Berekening negatieve kleef

De *representatieve waarde* van de maximale negatieve kleefbelasting op een alleenstaande paal volgens 7.3.2.2 NEN 9997-1 bedraagt:

$F_{nk;rep} = \sum(d_i \cdot K_{o;1} \cdot \tan\delta_i \cdot \sigma'_{v;gem;i}).O_s$
$= 100$ kN

waarin:			in dit geval:
d_i	=	dikte van de betreffende laag	zie tabel
$K_{o;i}.\tan\delta_i$	=	product van de karakteristieke waarde van de neutrale gronddruk factor en de tangens van de wrijvingshoek tussen paal en grond voor de betreffende laag	0,25
$\sigma'_{v;gem;i}$	=	karakteristieke waarde van de gemiddelde effectieve verticale spanning in de betreffende laag i	zie tabel
O_s	=	omtrek van de paalschacht	zie tabel

laag	van / tot [m t.o.v. NAP]	dikte d [m]	$\gamma'_{i;rep}$ [kN/m^3]	$\sigma'_{v;i;gem}$ [kN/m^2]	$K_{o;i}.\tan\delta_i$ [-]	O_s [m]	$F_{nk;rep,i}$ [kN]
1	-1,5 / -2,0	0,5	13,0	3,3	0,25	1,76	0,7
2	-2,0 / -3,0	1,0	3,0	8,0	0,25	1,76	3,5
3	-3,0 / -5,0	2,0	1,0	10,5	0,25	1,76	9,2
4	-5,0 / -12,5	7,5	4,0	26,5	0,25	1,76	87,5
						Totaal	ca. 100

De *rekenwaarde* van de maximale negatieve kleefbelasting op een alleenstaande paal bedraagt:

$F_{nk;d} = F_{nk;rep} \cdot \gamma_{f;nk}$
$= 100$ kN

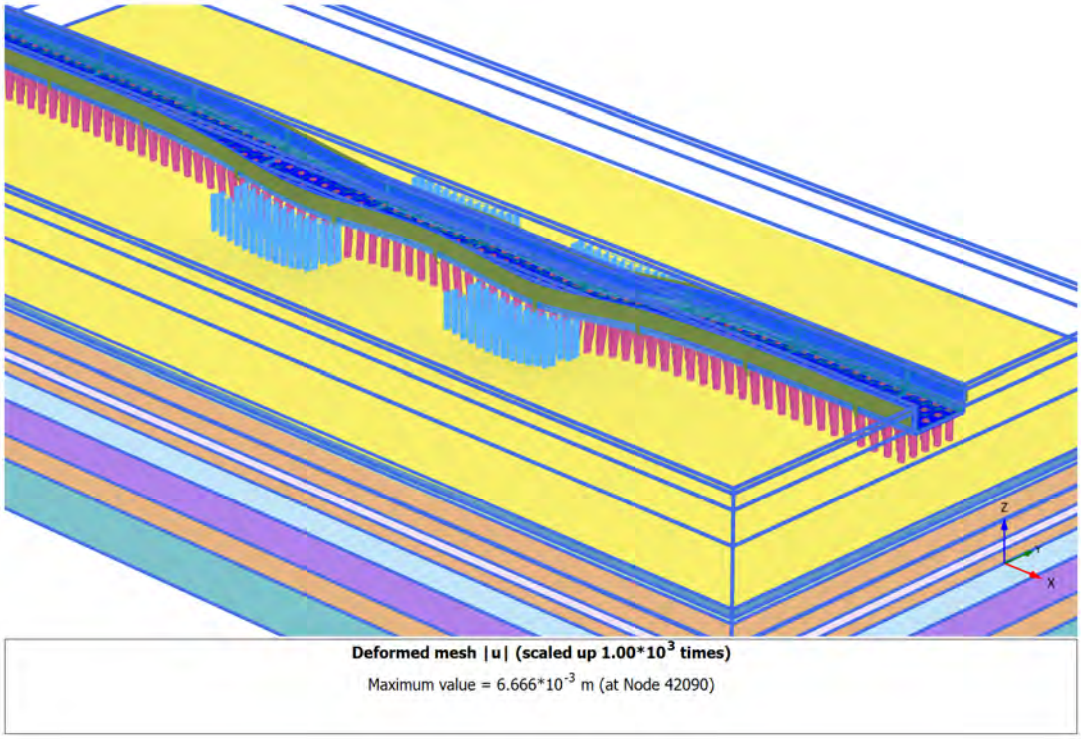
waarin:			in dit geval:
$\gamma_{f;nk}$	=	partiële factor voor de negatieve kleef (7.3.2.2(b) van NEN 9997-1)	1,0

Tabel: stijfheidsparameter en sterkteparameters HS small en SSC grondparameters

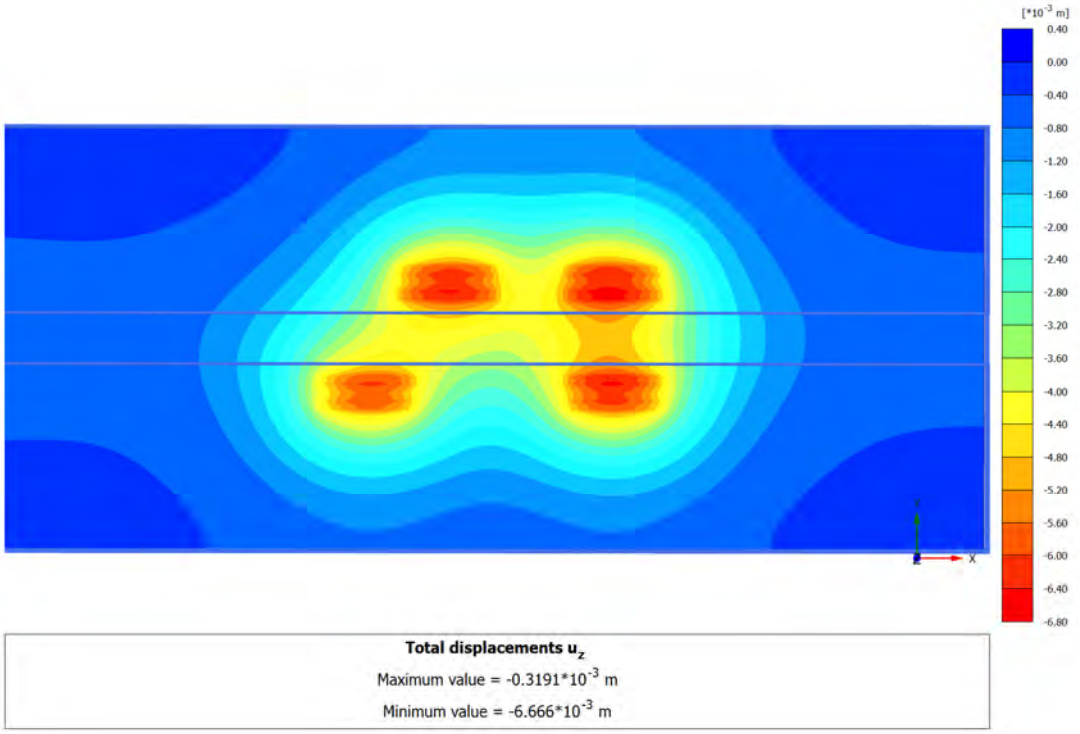
Parameter	1	2	3	4	5	6	7,8,9,11,14	8	10	12	13	15
	Undrained	Undrained	Undrained	Drained	Undrained	Drained	Undrained	Undrained	Drained	Undrained	Drained	Drained
Model	MC*	HSs	HSs	HSs	SSC/HS	HS	SSC/HS	SSC	HSs	HS	HSs	HSs
$\gamma_{unsat}/\gamma_{sat}$	13,0/13,0	11,0/11,0	14,9/14,9	18/20	18/20	18/20	18/20	11,0/11,0	18/20	18/20	18/20	18/20
c'	5,0	3,0	3,0	-	3,0	-	3,0	3,0	-	3,0	-	-
φ'	20,0	20,0	25,0	32.5	30,0	32,5	30,0	20,0	32,5	30,0	32,5	32,5
ψ'	-	-	-	2,5	-	2,5	-	-	2,5	-	2,5	2,5
υ_{ur}	-	0,2	0,2	0,2	0,15/0,2	0,2	0,15/0,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2
E_{50}^{ref}	-	1800	3600	35000	8500	35000	8500	-	35000	8500	35000	35000
E_{oed}^{ref}	-	920	1620	35000	5500	35000	5500	-	35000	5500	35000	35000
E_{ur}^{ref}	-	5000	10000	105000	38000	105000	38000	-	105000	38000	105000	105000
m	-	0,9	0,9	0,5	-	0,5	0,5	-	0,5	0,5	0,5	0,5
$\gamma_{0,7}$	-	0,1E-03	0,1E-03	0,1E-03	-	-	-	-	0,1E-03	-	0,1E-03	0,1E-03
G_0^{ref}	-	3000	15000	105000	-	-	-	-	105000	-	105000	105000
K_0^{nc}	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
OCR	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
λ^*	-	-	-	-	0.038	-	0.038	0,04	-	-	-	-
κ^*	-	-	-	-	0.013	-	0.013	0,01	-	-	-	-
μ^*	-	-	-	-	0.001	-	0.001	0,002	-	-	-	-

opmerkingen: *$E'_{toplaag}$ = 2000 kN/m2

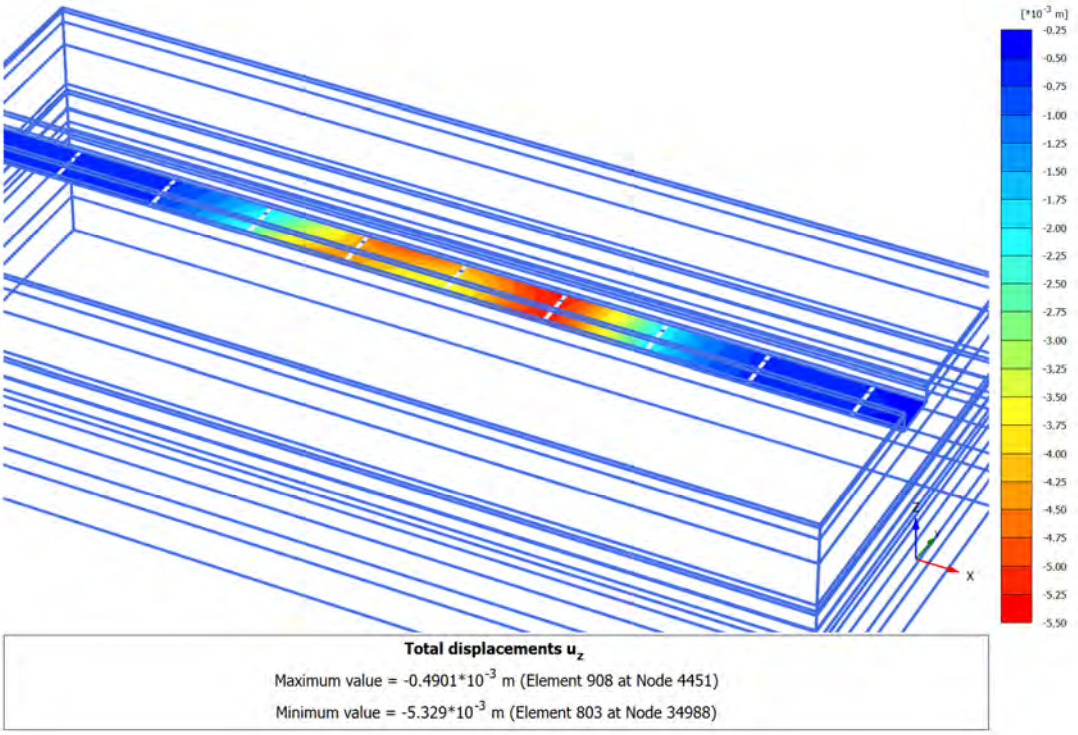
γ_{unsat}, γ_{sat}	=	volumiek gewicht onverzadigde, verzadigde grond	[kN/m3]
c'	=	effectieve cohesie	[kN/m^2]
φ'	=	effectieve hoek van inwendige wrijving	[^{o}]
ψ'	=	effectieve dilatantiehoek	[^{o}]
υ_{ur}	=	poisson's ratio bij ontlasten/herbelasten	[-]
$E_{50;ref}$	=	secant stijfheidsmodulus bij referentiespanning	[kN/m^2]
$E_{oed;ref}$:	=	oedometerstijfheid bij referentiespanning	[kN/m^2]
$E_{ur;ref}$	=	ontlast-herbelaststijfheid bij referentiespanning	[kN/m^2]
m	=	machtsfunctie die de mate van spanningsafhankelijkheid beschrijft	[-]
$\gamma_{0,7}$	=	schuifrek waar G_0 gereduceerd is tot 72%	[-]
G_0^{ref}	=	initiele schuifmodulus op referentieniveau	[kN/m^2]
K_0^{nc}	=	neutrale gronddrukcoefficient (normaal geconsolideerd)	[-]
OCR	=	overconsolidatiegraad	[-]
m	=	mate van spanningsafhankelijkheid	[-]
λ^*	=	gemodificeerde compressie index	[-]
κ^*	=	gemodificeerde zwel index	[-]
μ^*	=	gemodificeerde kruip index	[-]



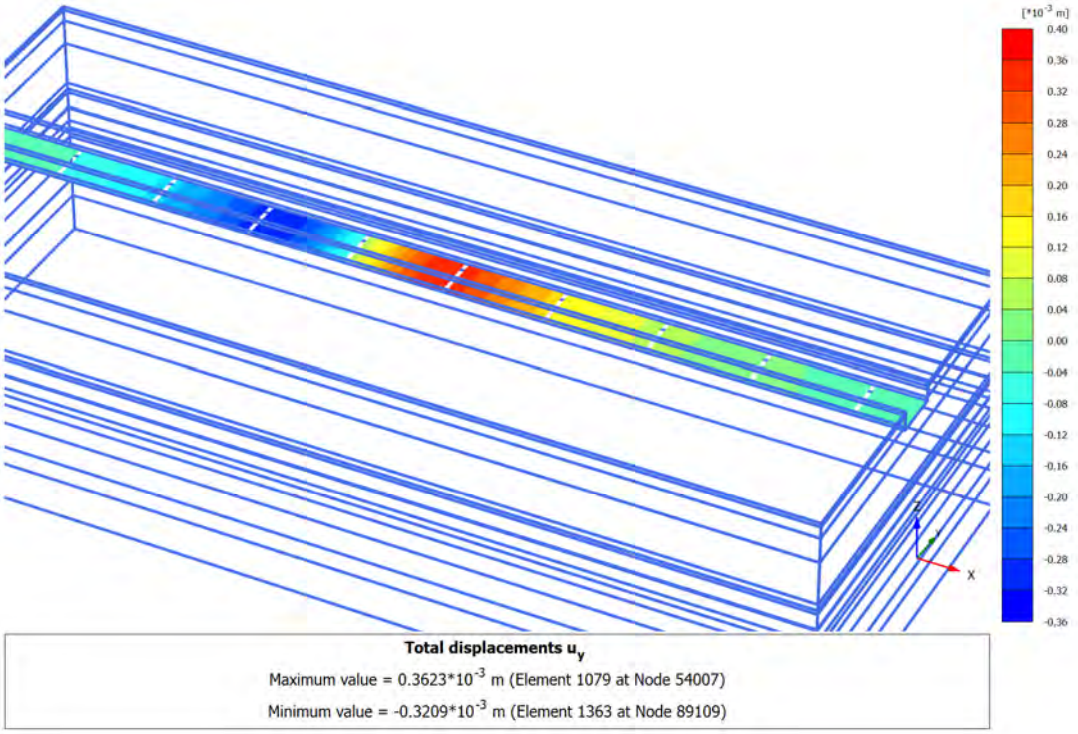
Totale verplaatsing



Verticale grondverplaatsing op NAP -18,0 m

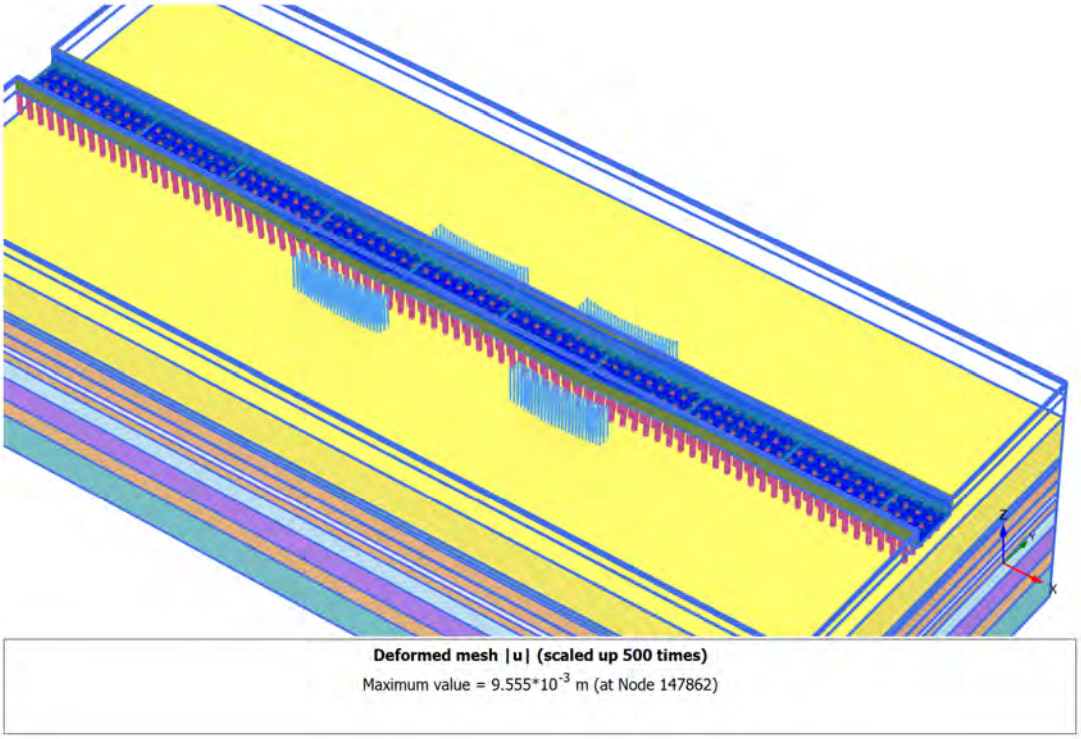


Verticale verplaatsing tunnelvloer

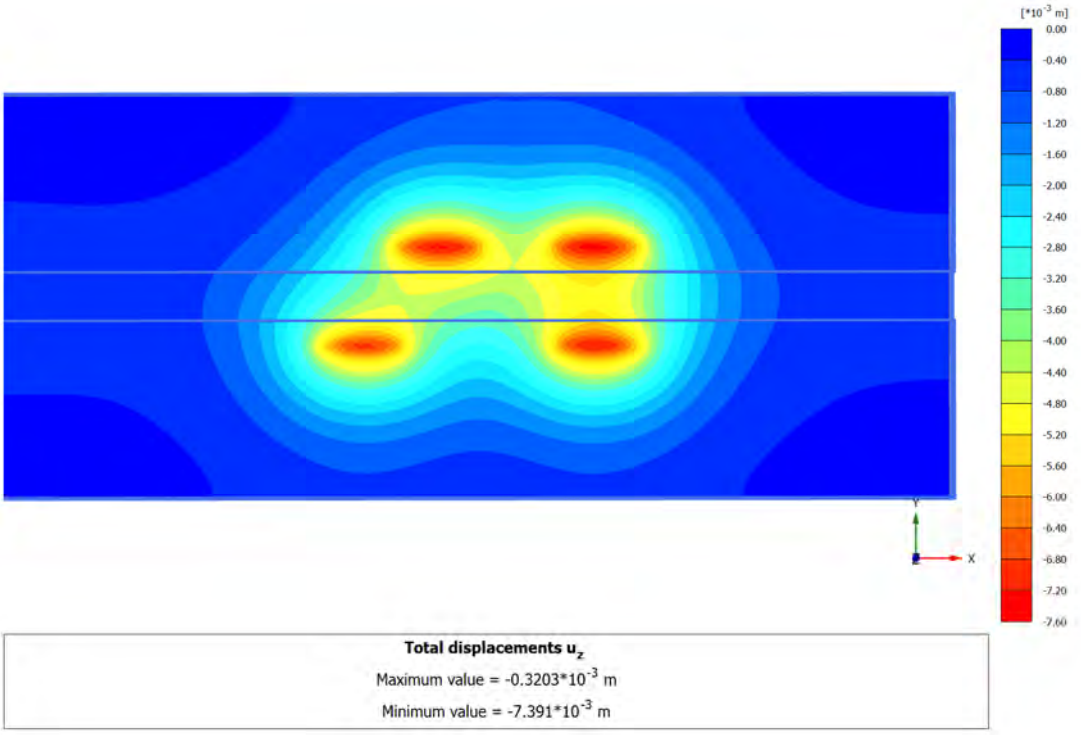


Horizontale verplaatsing tunnelvloer in y-richting

Ondiep funderen baretten (variant C)

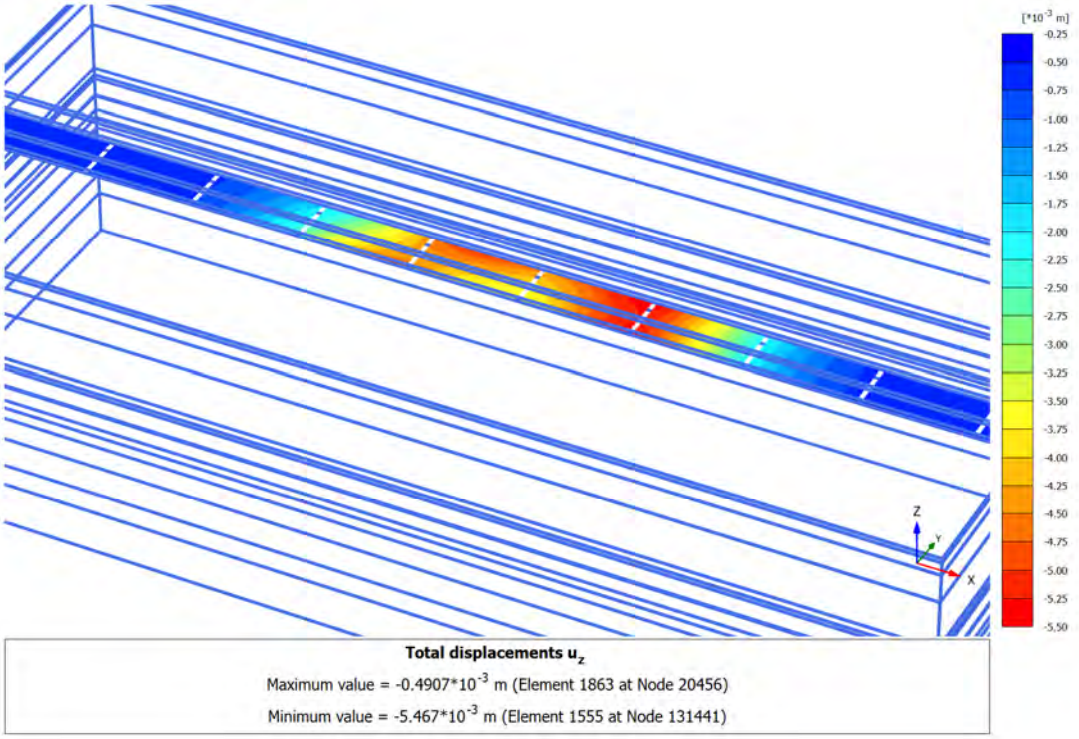


Totale verplaatsing

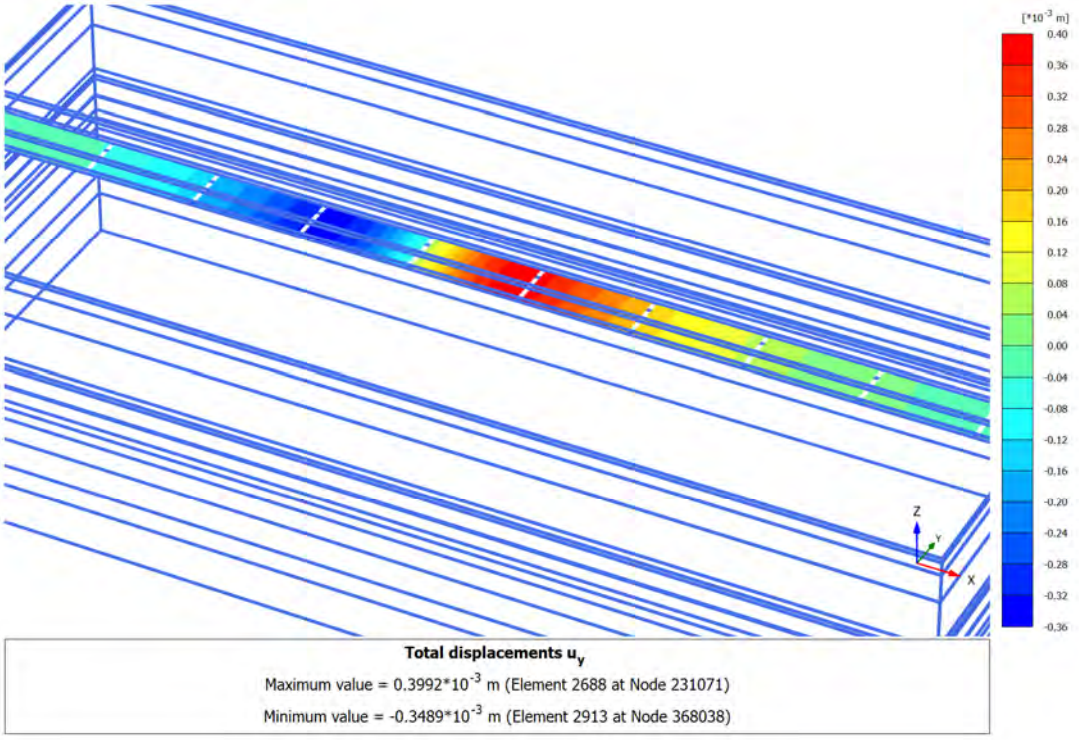


Verticale grondverplaatsing op NAP -18,0 m

Ondiep funderen baretten (variant C)

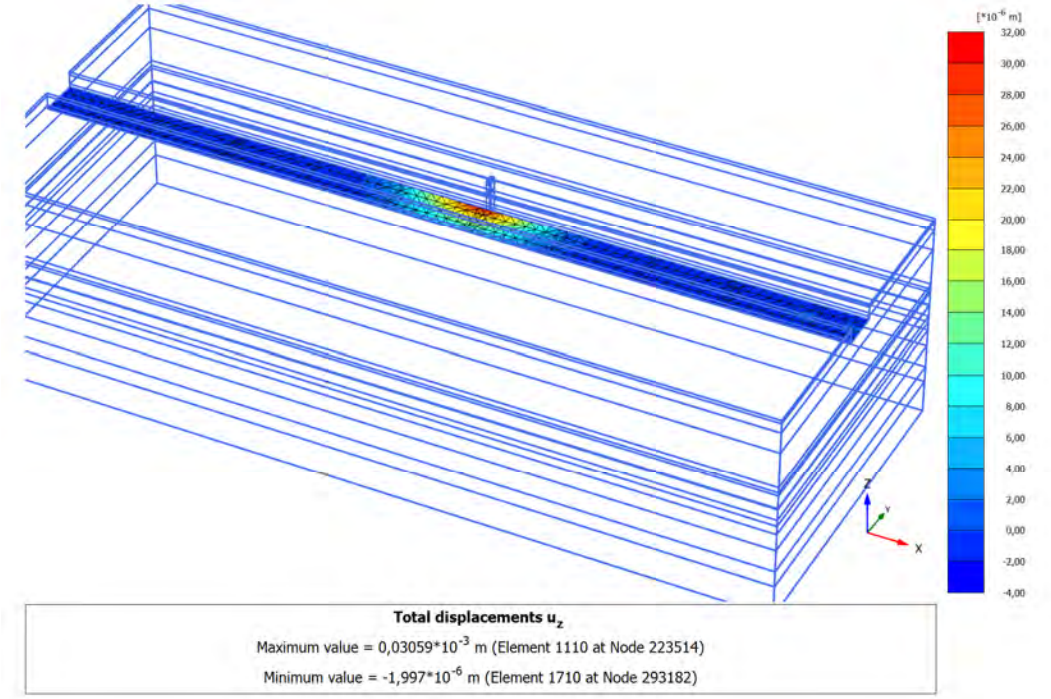


Verticale verplaatsing tunnelvloer

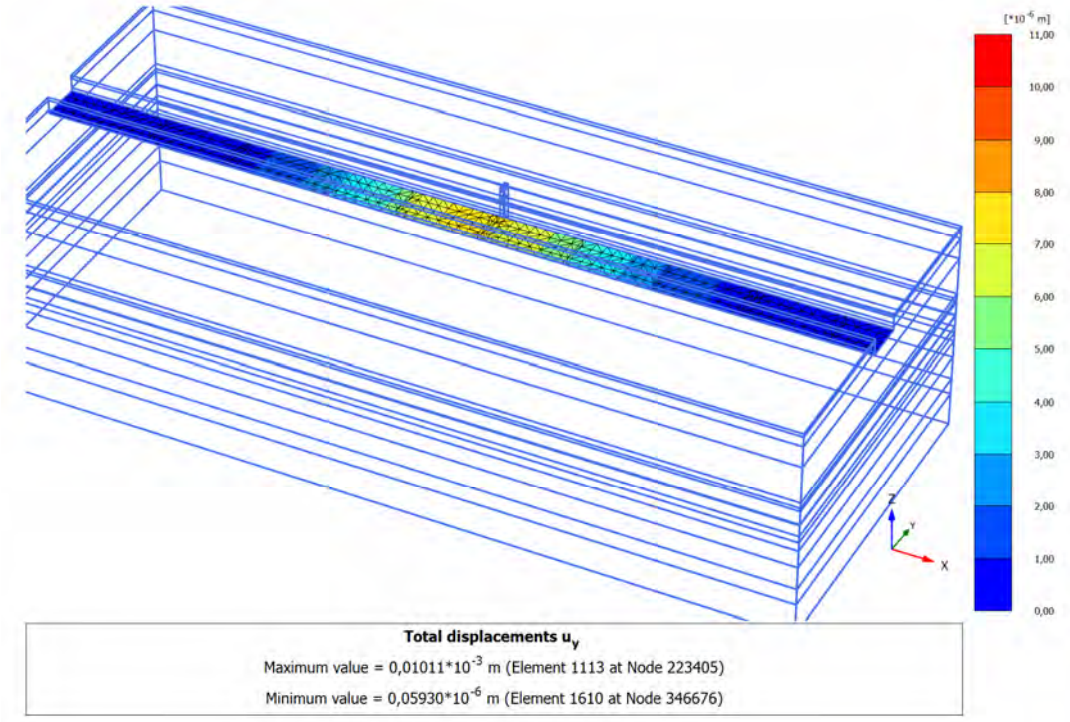


Horizontale verplaatsing tunnelvloer in y-richting

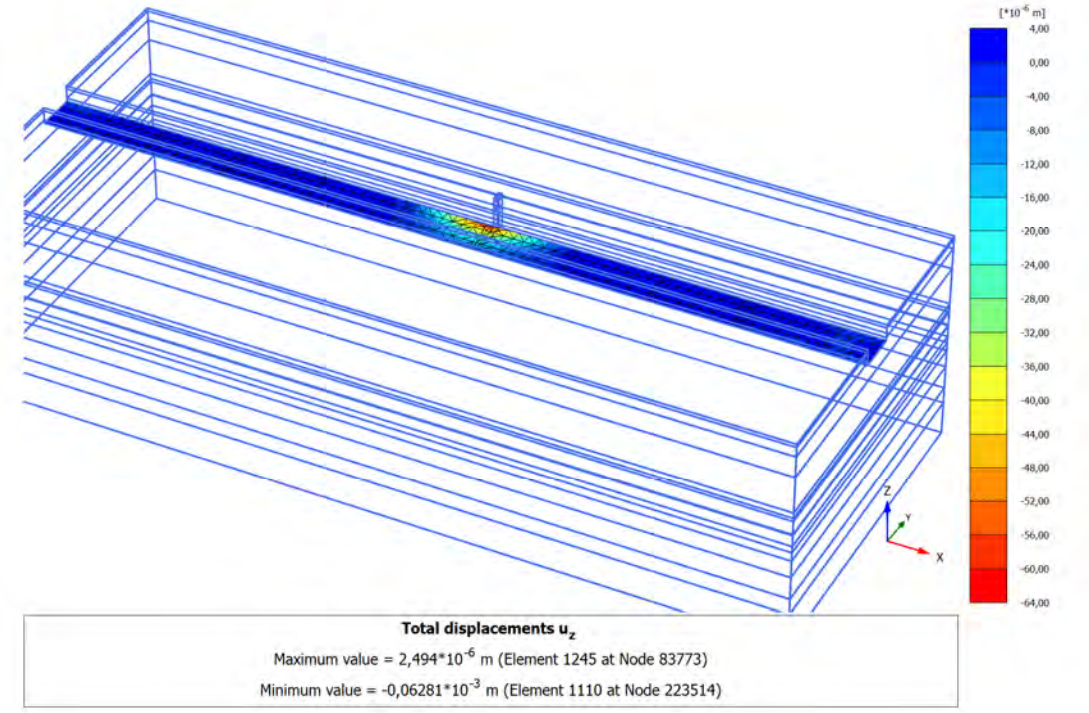
Resultaten Plaxis 3D-berekeningen installatie-effecten – Variant C Baretten



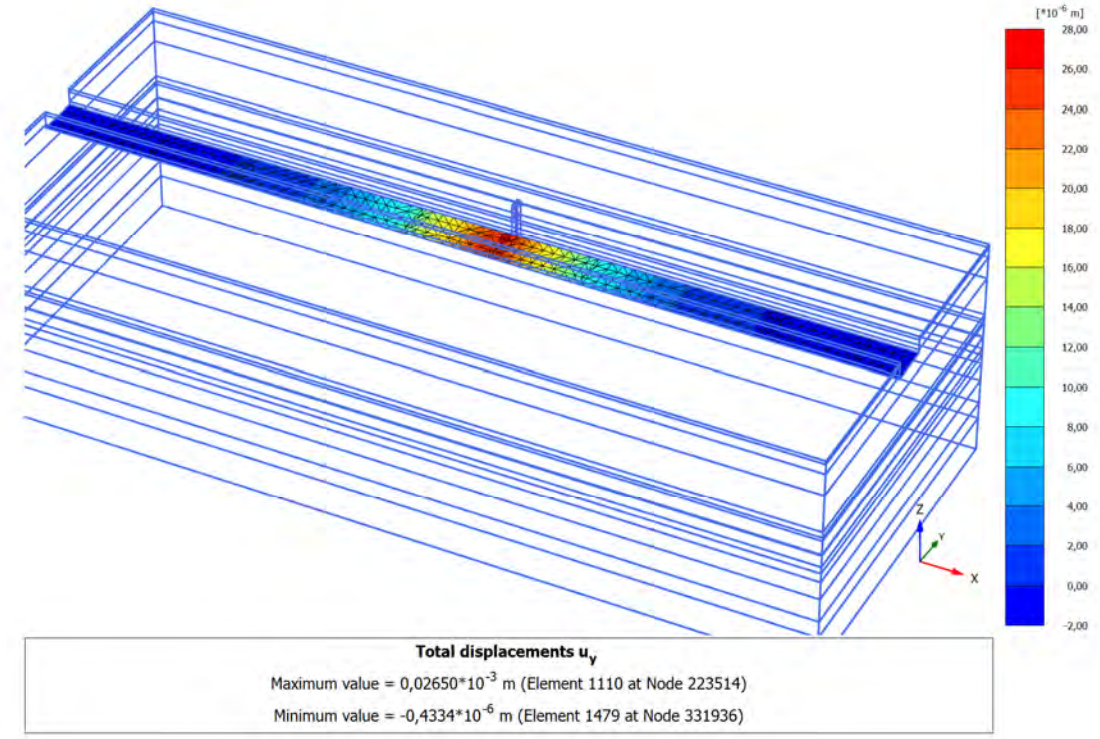
Verticale verplaatsing tunnelvloer bij het ontgraven sleuf



Horizontale verplaatsing tunnelvloer in y-richting bij het ontgraven sleuf

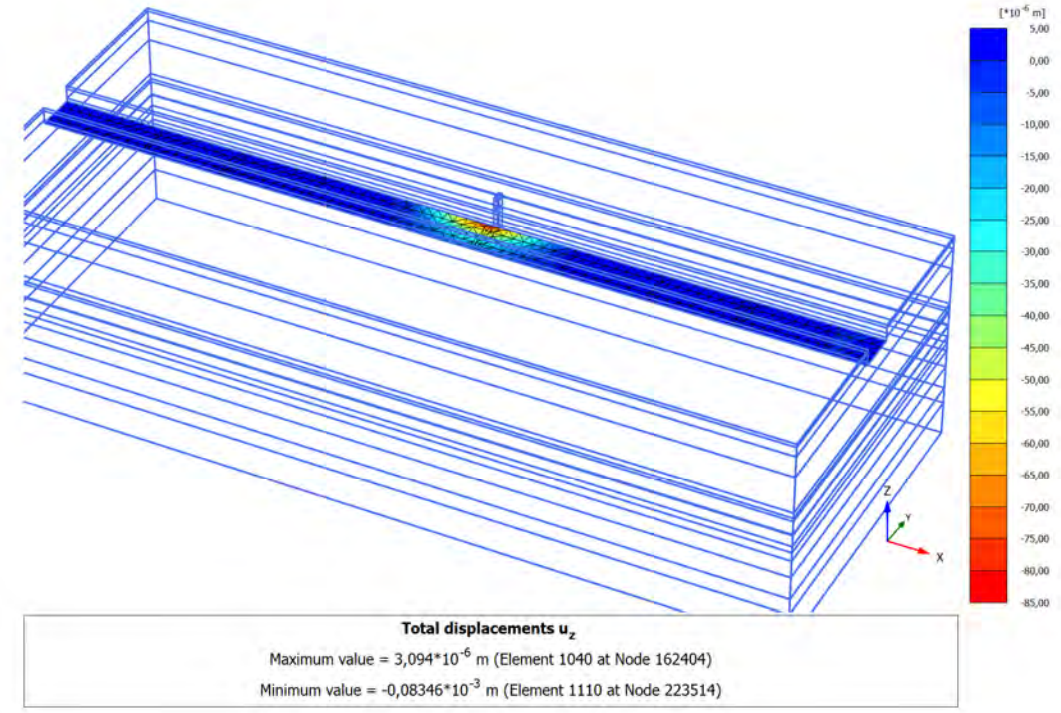


Verticale verplaatsing tunnelvloer bij vloeibare betonfase tot NAP -4,5 m

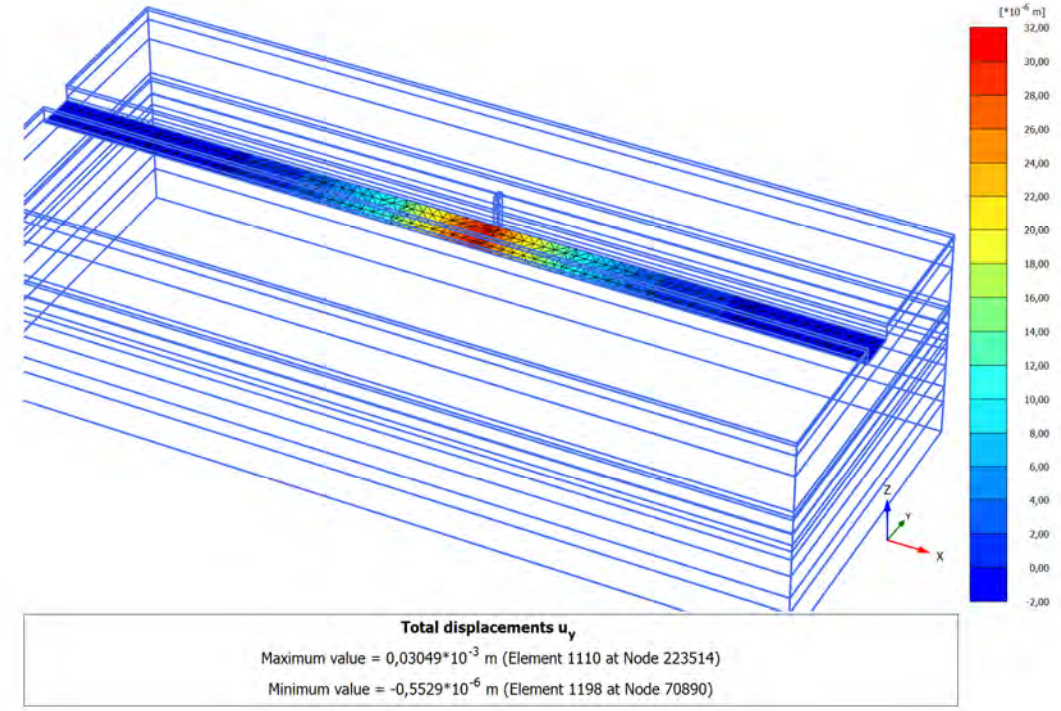


Horizontale verplaatsing tunnelvloer in y-richting bij vloeibare betonfase tot NAP -4,5 m

Resultaten Plaxis 3D-berekeningen installatie-effecten – Variant C Baretten

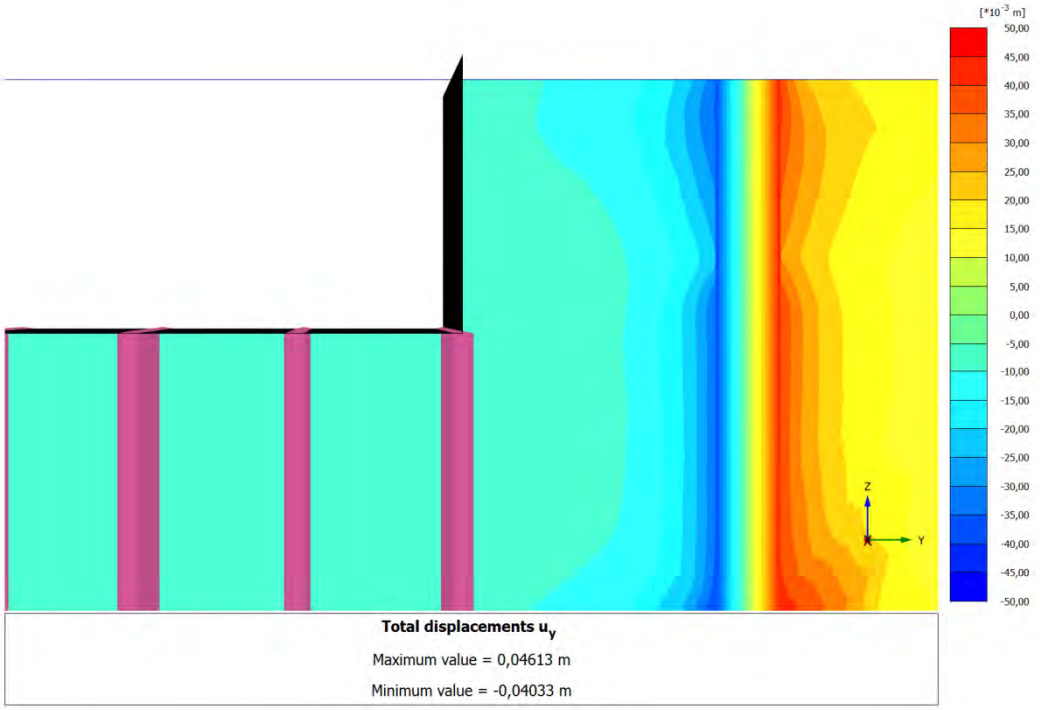


Verticale verplaatsing tunnelvloer diepwandpaneel gereed

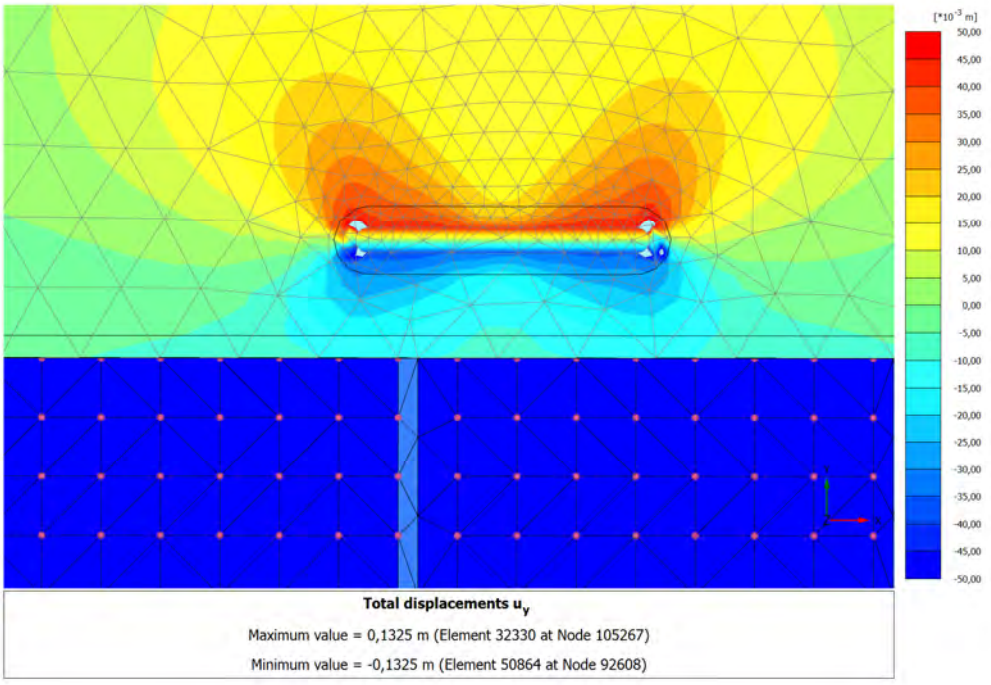


Horizontale verplaatsing tunnelvloer in y-richting diepwandpaneel gereed

Resultaten Plaxis 3D-berekeningen installatie-effecten – Variant A/B rij Tubexpalen

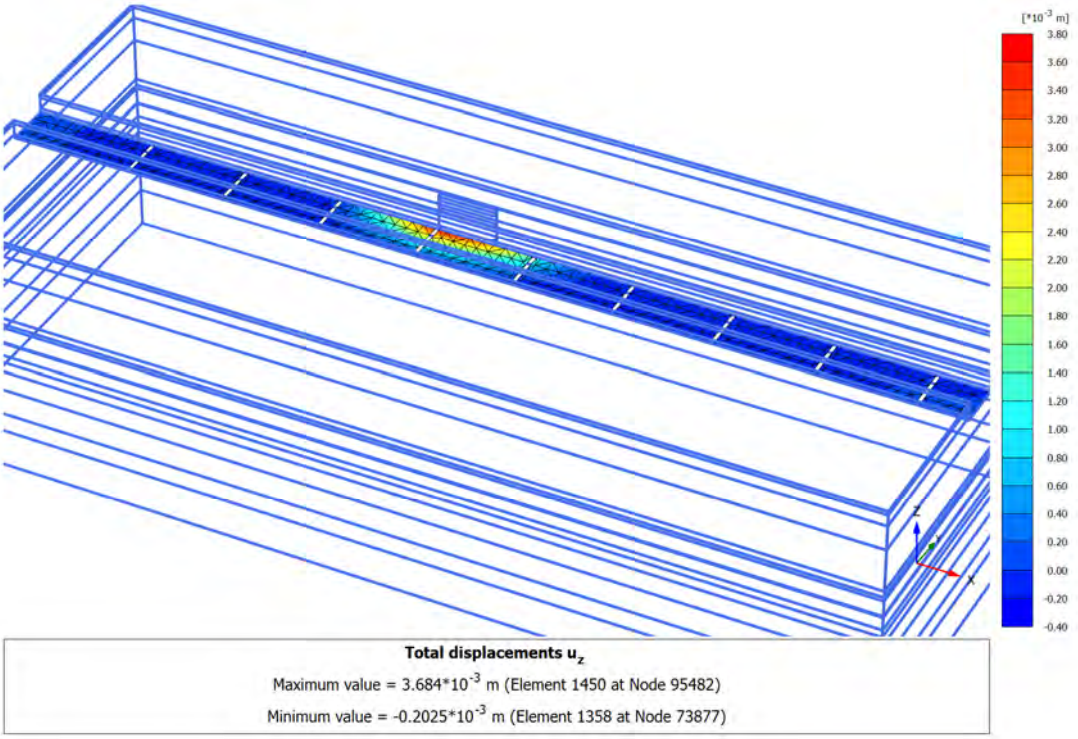


Horizontale vervorming in y-richting bij opspannen grond (dwarsdoorsneden)

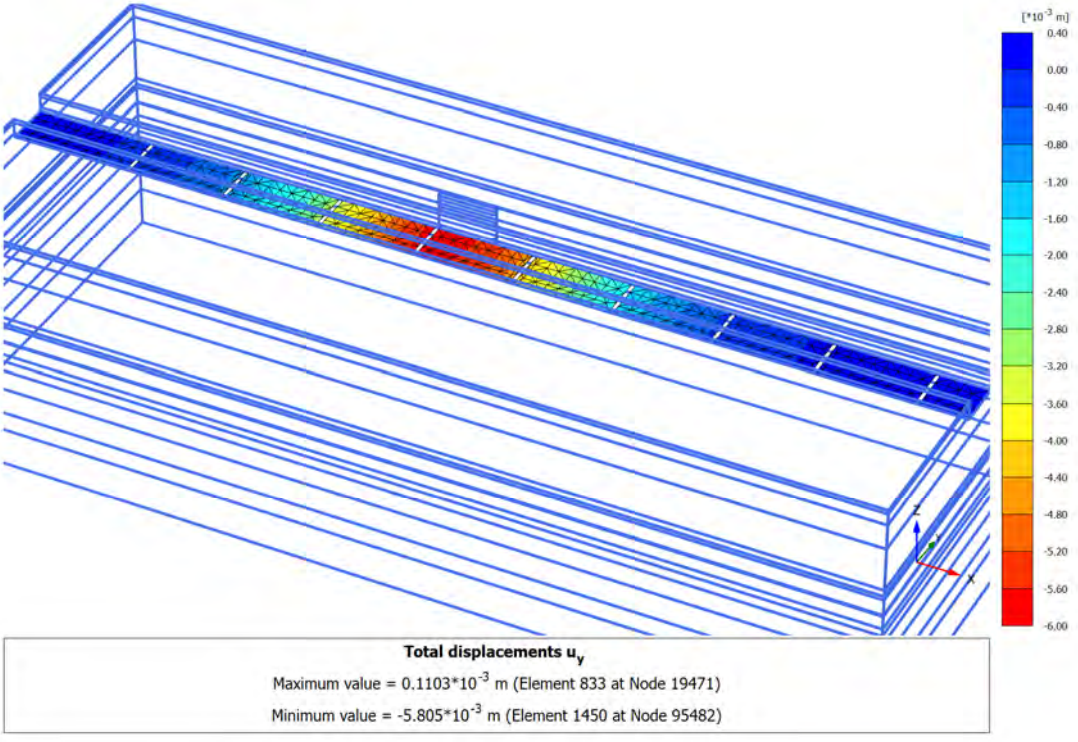


Horizontale vervorming in y-richting bij opspannen grond (bovenaanzicht)

Resultaten Plaxis 3D-berekeningen installatie-effecten – Variant A/B rij Tubexpalen

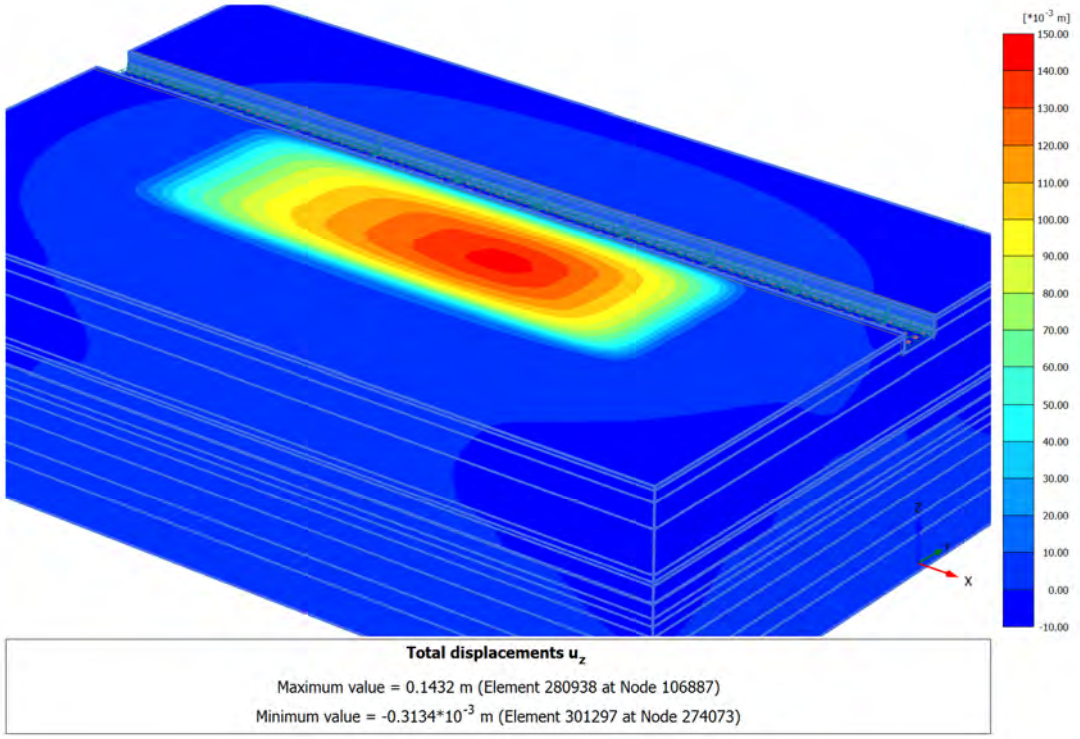


Verticale verplaatsing tunnelvloer t.g.v. installatie rij Tubexpalen



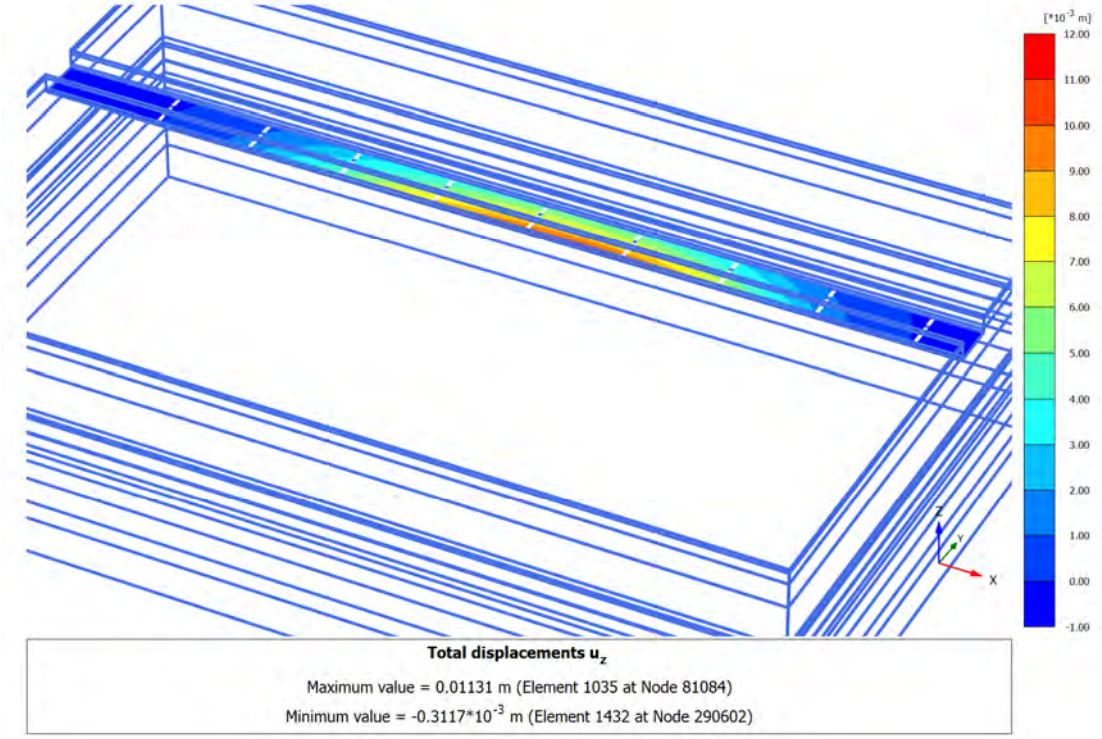
Horizontale verplaatsing tunnelvloer t.g.v. installatie rij Tubexpalen

Resultaten Plaxis 3D-berekeningen verwijderen ophoging

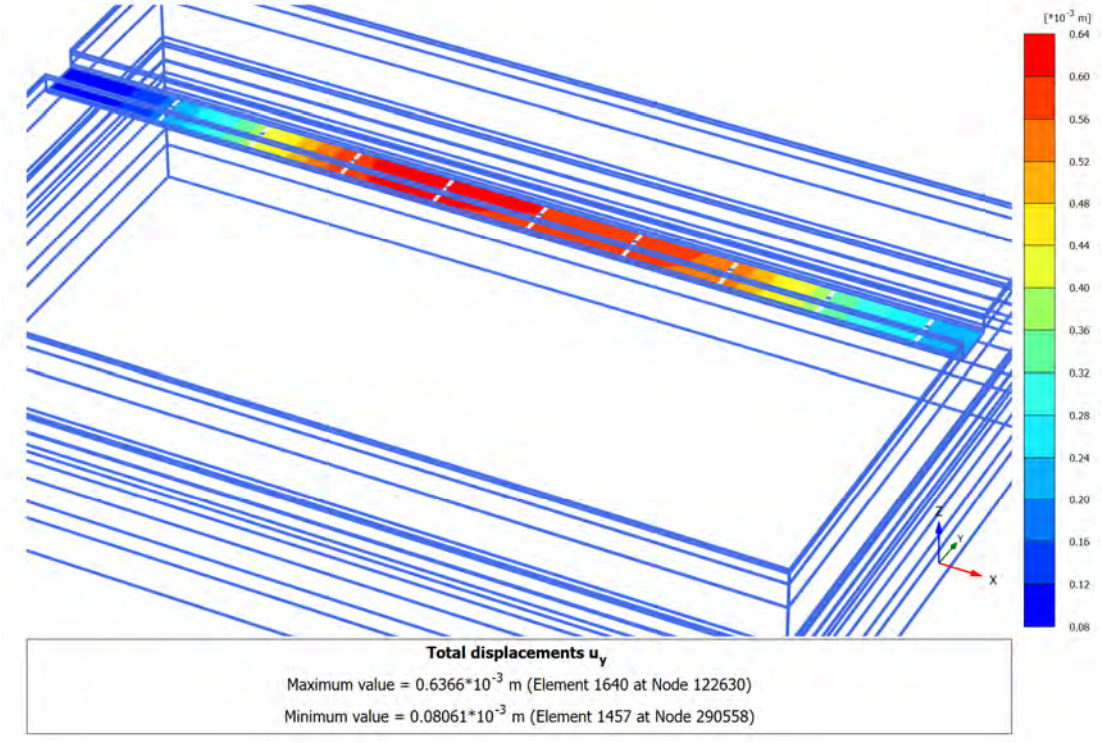


Verticale vervorming grond in z-richting bij verwijderen ophoging

Resultaten Plaxis 3D-berekeningen verwijderen ophoging



Verticale verplaatsing tunnelvloer bij verwijderen ophoging



Horizontale verplaatsing tunnelvloer bij verwijderen ophoging