



Geotechnisch advies:

Uitbreiding zwembad, Van der Hooplaan 39 te Amstelveen

Onderdeel:	Trillingspredictie (heiwerk palen)
Projectnummer:	4381-01
Datum:	30-11-2022
Status:	Definitief
In opdracht van:	WSP

**Geotechnisch Adviesbureau
engineering en monitoring**

GRONDGRIP

De Giek 18
9206 AT Drachten
+31 (0) 513 460 699
www.grondgrip.nl
info@grondgrip.nl



Documentenbeheer

Documentgegevens

Projectnaam Uitbreiding zwembad, Van der Hooplaan 39 te Amstelveen
Onderdeel Trillingspredictie (heiwerk palen)
Projectnummer 4381-01
Documentnummer 4381-01-TA-R01
Versienummer 1
Status Definitief
Datum 30-11-2022

Klantgegevens

Klant Koops Grondmechanica bv
Adres Oosteinde 4b, 9301 LJ Roden
Contactpersoon A. Palsma
Projectnummer 5045

Versiebeheer

Versie	Doc nr	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Controle door
1	4381-01-TA-R01	30-11-2022	Definitief	-	NBR	ESL

Op al onze werkzaamheden zijn de algemene leveringsvoorwaarden (ALV 2018) van de Vereniging Ondernemers Technisch Bodemonderzoek (V.O.T.B.), zoals gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Nederland te Utrecht onder nr. 40476246 en de rechtsverhouding opdrachtgever-architect, ingenieurs en adviseur DNR2011 van toepassing.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Normen en richtlijnen	4
1.3	Beschikbare gegevens	4
2	Projectinformatie	5
3	Grondonderzoek, terrein en bodemgesteldheid	7
3.1	Onderzoeksopzet	7
3.2	Terreinhoogte	7
3.3	Bodemopbouw	8
3.4	Water	8
4	Analyse trillingsinvloed	9
4.1	Rekenmethode	9
4.2	Berekeningsresultaten	10
5	Beoordeling en toetsing SBR richtlijn A	12
5.1	Categorie	12
5.2	Grenswaarde	12
5.3	Toetsing en invloedsgebied	13
6	Conclusies en aanbevelingen	15
6.1	Conclusie	15
6.2	Risicoafweging	15
6.3	Aanbevelingen	16
7	Slotopmerking	16
Bijlage A	Toelichting modellering trillingen	17
Bijlage B	Toelichting SBR toetsingskader	21
Bijlage C	Trillingstechnische vaktermen	24
Bijlage D	Grondonderzoek	26



1 Inleiding

1.1 Algemeen

Op 22-11-2022 ontving GrondGrip BV te Gorredijk via Koops Grondmechanica bv van WSP te Nieuwegein opdracht voor het uitbrengen van een trillingspredictie ten gevolge van het eventueel heien van prefab betonnen heipalen voor het project Uitbreiding zwembad, Van der Hooplaan 39 te Amstelveen.

Het doel van de rapportage is om een kwantitatieve inschatting te realiseren van de trillingsniveaus ter plaatse van de belendingen. Tevens wordt de kans op schade getoetst op basis van SBR- Meet- en beoordelingsrichtlijnen A 'Schade aan gebouwen'.

Beoordeling/toetsing op hinderbeleving en/of storing aan trillingsgevoelige apparatuur valt buiten het kader van de opdracht.

Dit rapport bevat een samenvatting van de beschikbare informatie en de benodigde analyses om tot de predictie te komen.

Dit rapport omvat de volgende onderdelen:

- ▶ een korte projectomschrijving
- ▶ een beschrijving van het geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid
- ▶ een analyse van de trillingsinvloed
- ▶ beoordeling en toetsing SBR richtlijn A
- ▶ conclusies en aanbevelingen
- ▶ slotopmerking

1.2 Normen en richtlijnen

Voor het opstellen van de adviesrapportage zijn de volgende normen en richtlijnen van toepassing geacht:

- [1.] NEN 9997-1+C2:2017, Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017
- [2.] SBR- Meet- en beoordelingsrichtlijnen A 'Schade aan gebouwen', 2017
- [3.] CUR 166, Damwandconstructies 6^e Druk, 2012

1.3 Beschikbare gegevens

Het advies is opgesteld aan de hand van het uitgevoerde grondonderzoek. Zie rapport:

- [4.] Conceptresultaten 'Geotechnisch onderzoek, 5045, Koops Grondmechanica

De resultaten van het betreffende grondonderzoek zijn als bijlage toegevoegd (zie Bijlage D).

Overige door de opdrachtgever ter beschikking gestelde documenten:

- [5.] 'DO_Amstelveen_WSP_paalreactie.pdf ', DO-208, d.d. 11/25/22, van WSP.

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



In onderstaande tabel zijn van de meest nabijgelegen constructies de beschikbare informatie weergegeven.

Tabel 1 Karakteristieken belendende objecten

Object	Afstand	Funderingswijze*	Karakteristieken draagconstructie*	Bouwjaar (volgens BAG-viewer)
	[m]			
A (bestaand zwembad noord-westzijde)	Circa 0 tot 50 m	Op palen	Beton/metselwerk, goede staat	1994
X appartementen zuid-oostzijde (Christiaan Huygenschhof 1 / 103)	Circa 90m	Op palen	Beton/metselwerk, goede staat	2018
Y appartementen zuidzijde (Christiaan Huygenschhof 104 / 221)	Circa 65m	Op palen	Beton/metselwerk, goede staat	2022
Z woningen zuid-westzijde (Startbaan 10A / 10K)	Circa 90m	Op palen	Beton/metselwerk, goede staat	2018

* De funderingswijze en karakteristieke draagconstructie zijn ingeschat/aangenomen.

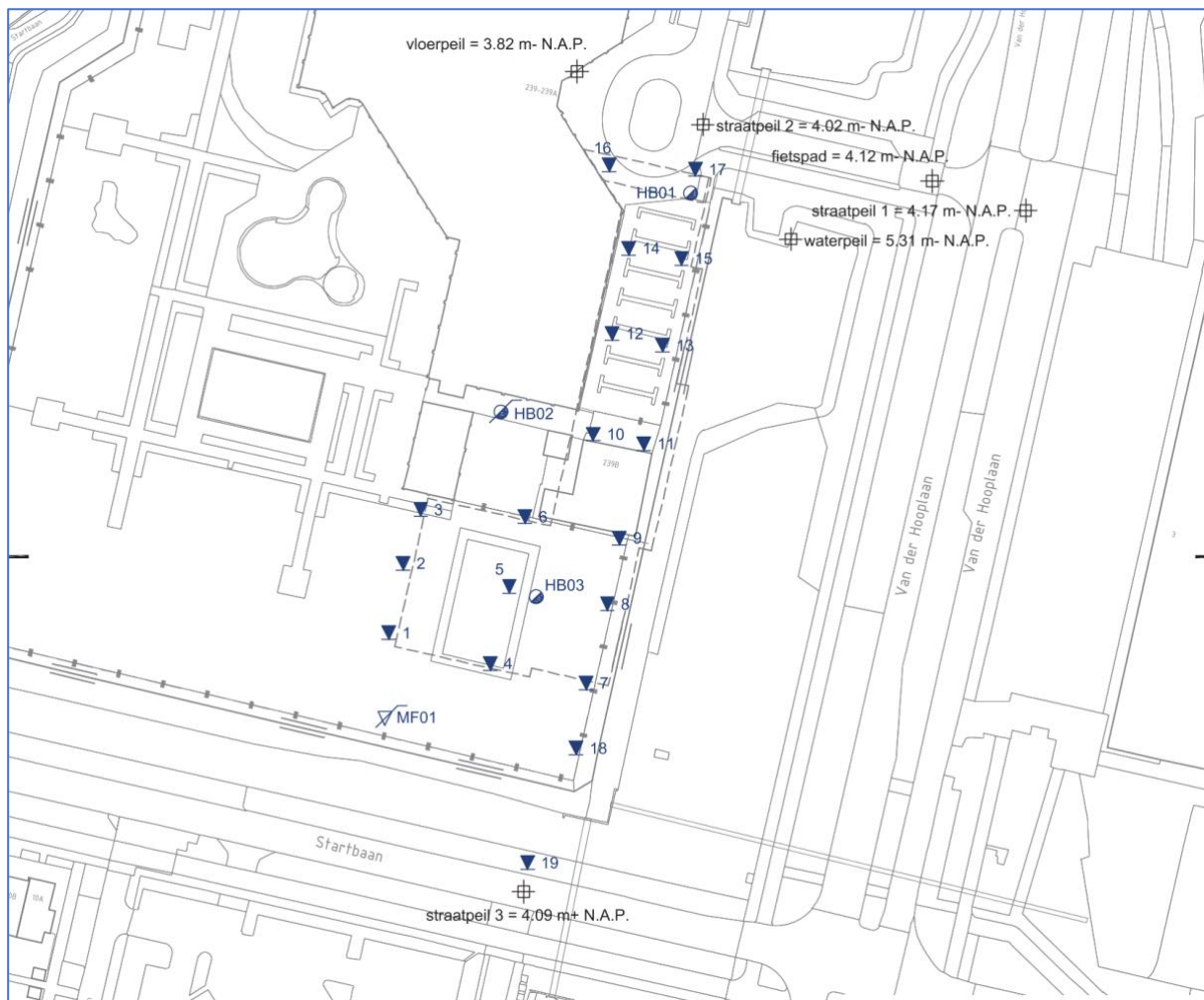
Bovengenoemde aannamen zijn als uitgangspunt voor de analyse gehanteerd. In geval van wijzigingen in het de gehanteerde uitgangspunten, wordt aanbevolen de analyse/toetsing aan te laten passen.

De hoofddraagconstructies van alle objecten lijken te kunnen worden ingedeeld in categorie 1. Overige onderdelen (niet hoofddraagconstructie) dienen naar verwachting te moeten worden ingedeeld in categorie 2. Definitieve indeling van de constructies is echter ter beoordeling van de constructeur / beheerder van de objecten.

3 Grondonderzoek, terrein en bodemgesteldheid

3.1 Onderzoekopzet

Het grondonderzoek is op 7, 8 en 18 juli 2022 uitgevoerd volgens onderstaande plattegrond.



Figuur 2 Locatie nieuwbouw en sonderingen (bron: Geotechnisch onderzoek [4])

De rapportage van het grondonderzoek is als bijlage toegevoegd aan voorliggend rapport (zie Bijlage D).

Het uitgevoerde onderzoek dekt het projectgebied voldoende af. De diepte van het uitgevoerde onderzoek is toereikend. De hart-op- hart afstand van het onderzoek (a_{gem}) bedraagt maximaal 25m en lijkt daarmee op basis van een veronderstelde uniforme bodemopbouw in eerste instantie voldoende. De aard en omvang van het onderzoek voldoet hiermee voorsnag aan 3.2.3 van NEN 9997-1 voor de toetsing van geotechnische constructies.

Wanneer op basis van het onderzoek een te grote variatie in bodemopbouw voorkomt en daarmee te veel variatie in de te berekenen draagkracht ontstaat, dient rekening te worden gehouden met aanvullend onderzoek.

3.2 Terreinhoogte

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekslocaties varieerde tussen de N.A.P. -3,79 m en N.A.P. -4,40 m.



3.3 Bodemopbouw

In onderstaande tabel is de aangetroffen bodemgesteldheid globaal omschreven:

Bovenkant laag [m t.o.v. N.A.P.]			Grondsoort
Maaiveld ca. -4,0			Zand
-5,0	á	-5,5	Klei
-10,0	á	-10,5	Veen
-11,0	á	-11,5	Zand, los tot matig vast
-20,0	á	-22,0	Zand, matig vast tot vast
Maximaal verkende diepte is N.A.P. -33,0 m			

Tabel 2 Globale bodemopbouw

3.4 Water

De actuele grondwaterstand is tijdens het grondonderzoek aangetroffen op een niveau van circa 1,15m-mv (N.A.P. -5,3 m). Dit is uiteraard een eenmalige waarneming, welke mogelijk iets is beïnvloed door het boren. De grondwaterstand kan aan fluctuatie onderhevig zijn onder invloed van o.a. neerslag en verdamping, seizoensinvloeden, beheersmaatregelen, open waterstanden etc.

Uit de diepe peilfilter (ingebracht in het watervoerende zandpakket blijkt een stijghoogte van circa 0,2m-mv (N.A.P. -4,5 m).



4 Analyse trillingsinvloed

4.1 Rekenmethode

Onder invloed van trillingen kan een los gepakte zandlaag een dichtere pakking aannemen. Bij het aannemen van een dichtere pakking zal de porieruimte tussen de zandkorrels kleiner worden. Het in de poriën aanwezige grondwater zal bij een verkleining van de porieruimte moeten afstromen. Wanneer het water niet voldoende snel kan afstromen zullen wateroverspanningen ontstaan. Door de wateroverspanningen zullen de sterkte en stijfheid van het zand afnemen. Wanneer de wateroverspanning gelijk wordt aan de verticale korrelspanning treedt volledige verweking op, het zand transformeert in deze toestand tot een soort dikke vloeistof met nagenoeg geen sterkte of stijfheid. Door de verweking zal de draagkracht van de ondergrond (tijdelijk) worden gereduceerd. Na de aardbeving zullen wateroverspanningen afstromen en treedt er compactie op. Deze compactie kan resulteren in maaiveldzettingen.

In de bijlage B "Toelichting Modellerings trillingen" wordt nader ingegaan op de theoretische achtergrond omtrent trillingen.

De modellering en het opstellen van de trilling risicoanalyse vindt plaats op basis van CUR - publicatie 166 "Damwandconstructies". In genoemde CUR - publicatie wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken, verschillende palen en damwandplanken alsmede in verschillende wijzen van inbrengen.

Bronwaarde trillingsbron

In CUR 166 wordt voor de bronintensiteit van de trillingsintensiteit een "standaard" bodemprofiel gehanteerd. Door de bronwaarden van het "standaard" profiel te correleren met de grondcondities van de projectlocatie is met lokale omstandigheden rekening gehouden. Voor de modellering van de projectlocatie in Amstelveen in onderhavige bodemopbouw en zanddeklaag een slappe holocene laag en een diepe zandlaag zijn voor het heien van palen de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Gemiddelde bronsnelheid $u_{5m\text{ vert,}}$ inheien 0,03 mm/s;
- Gemiddelde bronsnelheid $u_{5m\text{ hor,}}$ inheien - mm/s;
- Variatiecoëfficiënt $V_{0\text{ vert,}}$ inheien 0,6;
- Variatiecoëfficiënt $V_{0\text{ hor,}}$ inheien -;

Voor het bepalen van de trillingsintensiteit in de draagconstructie wordt gebruik gemaakt van een overdrachtsfactor van 0,7 van grond naar draagconstructie (conform CUR 166 4e druk).

In tegenstelling tot de in CUR 166 (6e druk) gehanteerde lognormale verdeling met eenvoudige veiligheidsbenadering wordt in de analyse uitgegaan van een normale verdeling. Uit een vergelijking van prognose waarden en uitgevoerde metingen is gebleken dat in de praktijk prognoses met een normale verdeling beter aansluit.

Maatgevend in de beschouwing zijn de trillingen bij heien op diepte. In de beschouwing is aangenomen dat effecten optredend in de toplaag en/of eventueel aanwezige tussenzandlagen ondergeschikt zijn aan de trillingsintensiteiten bij heien op diepte. Bij de start van de werkzaamheden zijn de trillingsintensiteiten niet maatgevend.

Demping grond

Tijdens de installatie van de palen wordt de omringende grond in beweging gebracht. Hierdoor ontstaan trillingen. Deze trillingen planten zich als golven door de ondergrond voort. Te onderscheiden zijn compressie-, afschuif- en Rayleigh-golven.

Op korte afstand van de trillingsbron zijn qua trillingsniveau zowel de afschuif- als Rayleigh-golven van belang. Op grotere afstand zijn met name Rayleigh-golven (oppervlaktegolven) van belang. De voortplantingssnelheid van de trillinggolven in de aanwezige zandlagen bedraagt globaal 125 à 200 m/s.

De demping is in sterke mate afhankelijk van de mate waarin het grondmateriaal vervormd wordt onder invloed van de homogeniteit en de gelaagdheid van het bodemprofiel.

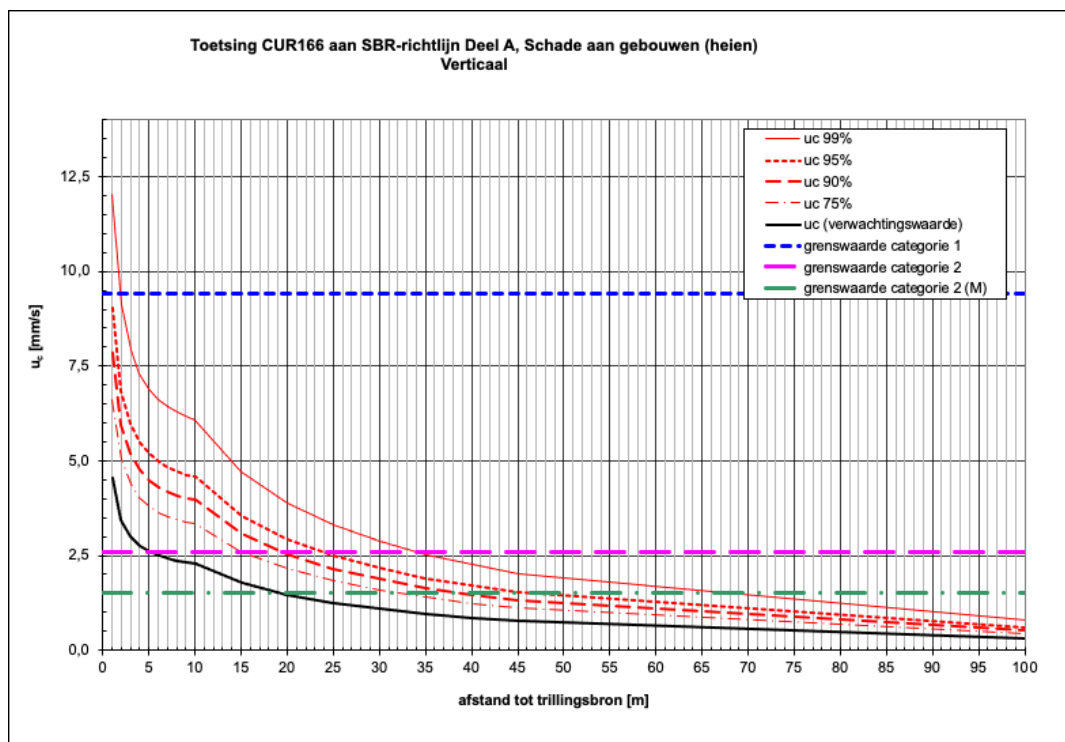
Tijdens het heien van de palen wordt uitgegaan van een dempingsconstante van circa $\alpha = 0,01 \text{ m}^{-1}$.

Hierbij moet bedacht worden dat de gehanteerde predictiemodellen met name op korte afstanden een zekere mate van onzekerheid bieden. Deze modellen zijn met name geschikt voor het prognosticeren van trillings-intensiteiten en op grotere afstanden (groter dan 5m).

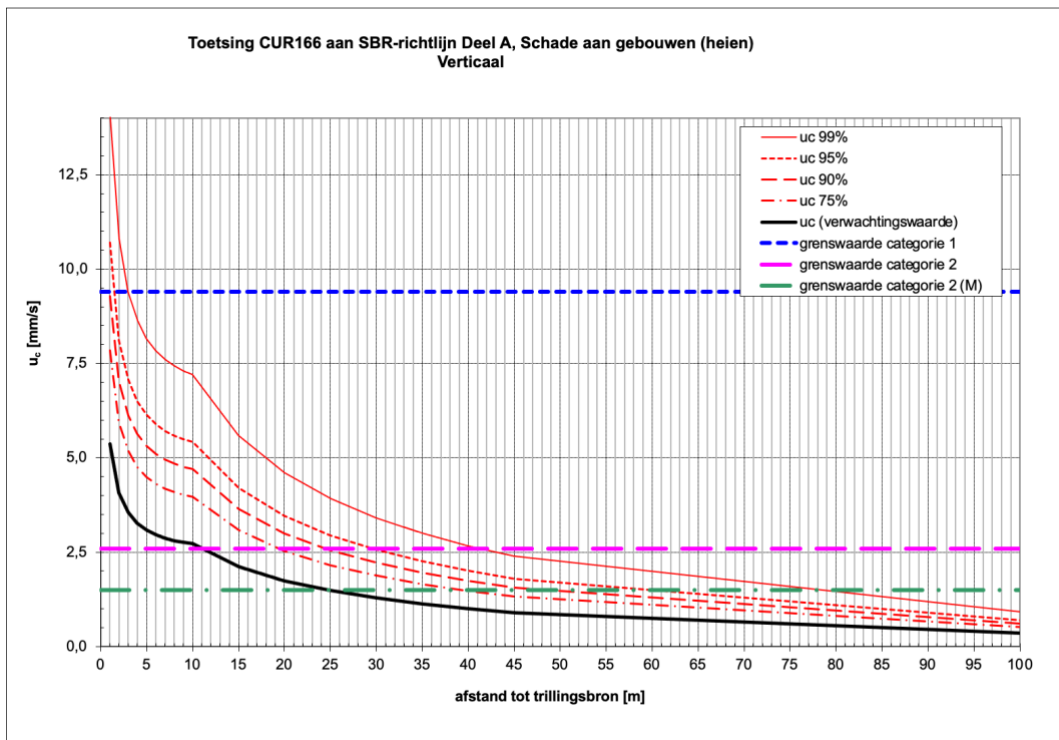
4.2 Berekeningsresultaten

De maximale trillingssnelheden zijn berekend voor een divers aantal afstanden en staan grafisch weergegeven in de onderstaande voor het heien van de prefab betonpalen. In de grafieken zijn bovendien de grenswaarden van de diverse gebouw-categorieën weergegeven. Deze grenswaarden gelden voor de maatgevende dominante trillingsfrequentie.

Voor de bepaling van de te verwachten trillingssnelheden is vooralsnog uitgegaan van het toepassen van een 5 tons heiblok met een maximale slagenergie van 60 kNm voor de palen 290mm en een 7 tons heiblok met een maximale slagenergie van 84 kNm voor de palen 350mm.



Figuur 3 Maximale trillingssnelheid verwachtingswaarde en waarde met een overschrijdingskans van 1%, 5%, 10 en 25% voor heien palen 290mm met een heiblok met een slagenergie van 60 kNm



Figuur 4 Maximale trillingssnelheid verwachtingswaarde en waarde met een overschrijdingskans van 1%, 5%, 10 en 25% voor heien palen 350mm met een heiblok met een slagenergie van 84 kNm



5 Beoordeling en toetsing SBR richtlijn A

5.1 Categorie

In SBR-richtlijn A wordt onderscheid gemaakt in de constructiewijze en in de staat van het bouwwerk. De onderstaande indeling in categorieën van bouwwerken en van onderdelen daarvan wordt aangehouden:

- Categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit staal, gewapend beton of hout;
- Categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk of uit brosse steenachtige materialen of uit brosse steenachtige materialen en bouwwerk met monumentale status of in een gevoelige staat (2 (M) met een extra veiligheidsfactor);

Bouwkundige staat

Voor bouwwerken met een 'gevoelige' bouwkundige staat of een monumentale staat wordt een partiële factor van 1,7 op de grenswaarde toegepast. Omdat in dit geval hier geen sprake van lijkt te zijn, is de factor 1,0.

Funderingswijze

Daarnaast wordt door SBR-richtlijn A onderscheid gemaakt in trillingsgevoelige en niet-trillingsgevoelige funderingen. Funderingen op staal worden over het algemeen als trillingsgevoelig aangemerkt, waarbij rekening dient te worden gehouden met mogelijke kans op schade door (ongelijkmatige) zettingen. Vooralsnog verwachten wij dat de belending op palen is gefundeerd.

5.2 Grenswaarde

In de bijlage C "Toelichting SBR-toetsingskader" wordt nader ingegaan op de bepaling van de grenswaarde.

Op basis van SBR-richtlijn A 2017 "Schade aan bouwwerken" wordt de grenswaarde van de trillingssnelheid bepaald. Op basis van het type trillingsbron, de constructie- en funderingswijze van de omliggende bebouwing worden de maatgevende grenswaarden bepaald. Volgens de richtlijn is de kans op schade aanvaardbaar klein (kleiner dan 1%) indien de rekenwaarde van de grenswaarden niet overschreden worden.

Voor de bepaling van de rekenwaarde van de grenswaarde is de dominante frequentie van de trilling een maatgevende factor. De rekenwaarden van de grenswaarden zijn opgenomen in de volgende tabel

Tabel 3 Grenswaarden Heien conform SBR – richtlijn A

Dominante frequentie	Karakteristieke waarden			Partiele veiligheidsfactor	Rekenwaarde grenswaarde trillingssnelheid ¹		
	Cat.1	Cat.2	Cat.2 (M)		Cat.1	Cat.2	Cat.2 (M)
[Hz]	[mm/s]	[mm/s]	[mm/s]	[-]	[mm/s]	[mm/s]	[mm/s]
10	20,00	5,00	3,00	1,5	13,3/8,3	3,3/2,0	2,0/1,2
15	22,50	6,25	3,63	1,5	15,0/9,4	4,2/2,6	2,4/1,5
20	25,00	7,50	4,25	1,5	16,7/10,4	5,0/3,1	2,8/1,8

¹ Excl./incl. partiële veiligheidsfactor soort meting.



De vet gemarkeerde waarden zijn geldig voor de voorliggende analyse met betrekking tot trillingen aan de draagconstructie. Bij het heien van palen geldt een frequentie van 10 Hz tot 20 Hz.

Partiële factor soort meting

Niet van invloed op de resultaten van de trillingsrisicoanalyse, maar uiteindelijk wel van invloed op de toe te passen grenswaarde bij mogelijk uitgevoerde trillingsmetingen, is de factor voor de soort meting. De grootte van de partiële factor voor de soort meting varieert tussen 1,0 en 1,6 en is afhankelijk van de wijze van meten (uitgebreidheid van de meting).

Er is sprake van een “indicatieve” (=1,6), een “beperkte” (=1,4) of een “uitgebreide” meting (=1,0). Omdat met een trillingsrisicoanalyse op voorhand geen invulling gegeven kan worden voor de uitgebreidheid van het aantal meetpunten, wordt geen factor hiervoor gehanteerd. De uitgebreidheid van de meting is immers geheel afhankelijk van de insteek van de opdrachtgever waarbij kosten voor de metingen en mogelijke aanvaardbare risico's meegewogen worden.

Conform SBR-richtlijn A dienen de meetresultaten vermenigvuldigd te worden met deze factor. In de praktijk bij het programmeren van de meters, wordt de grenswaarde gedeeld door deze factor, omdat de meetwaarden immers nog niet bekend zijn.

5.3 Toetsing en invloedsgebied

Invloedsgebied

Binnen het invloedsgebied wordt verwacht dat de kans op overschrijden van de grenswaarde groter is dan 1%. In de volgende tabel is de geprognosticeerde grootte van het invloedsgebied opgenomen.

Tabel 4 Invloedsgebieden draagconstructie

Installatie wijze	Energieniveau of slagkracht	Invloedsgebied ² (hor)		
		Cat.1	Cat.2	Cat.2 (M)
	[kN/m of kN]	[m]	[m]	[m]
Heien prefab betonpalen	60	2	35	68
	84	3	41	78

Op basis van de prognose waarden en de grenswaarden zijn de overschrijdingskansen voor de afzonderlijke objecten bepaald en in de volgende tabel weergegeven.

² indicatieve meting



Tabel 5 Kans op overschrijding per object bij slagenergie 60 kNm (palen 290 mm)

Object	Cat.	Grens- waarde	Afstand	Kans op overschrijden
	[-]	[mm/s]	[m]	
A - hoofddraagconstructie	1	13,33	3 10 20	ca. 1% <1% <1%
A - overige onderdelen	2	3,33	3 10 20 30 40	>50% >25% ca. 10% >1% <1%
X - hoofddraagconstructie	1	13,33	90	< 1%
X - overige onderdelen	2	3,33	90	< 1%
Y - hoofddraagconstructie	1	13,33	65	< 1%
Y - overige onderdelen	2	3,33	65	< 1%
Z - hoofddraagconstructie	1	13,33	90	< 1%
Z - overige onderdelen	2	3,33	90	< 1%

Tabel 6 Kans op overschrijding per object bij slagenergie 84 kNm (palen 350mm)

Object	Cat.	Grens- waarde	Afstand	Kans op overschrijden
	[-]	[mm/s]	[m]	
A - hoofddraagconstructie	1	13,33	3 10 20	ca. 1% <1% <1%
A - overige onderdelen	2	3,33	3 10 20 30 40	>50% ca. 50% ca. 25% ca. 5% ca. 1%
X - hoofddraagconstructie	1	13,33	90	< 1%
X - overige onderdelen	2	3,33	90	< 1%
Y - hoofddraagconstructie	1	13,33	65	< 1%
Y - overige onderdelen	2	3,33	65	< 1%
Z - hoofddraagconstructie	1	13,33	90	< 1%
Z - overige onderdelen	2	3,33	90	< 1%

Opmerkingen:

- Opgemerkt wordt dat er sprake is van een grenswaarde voor schade aan de draagconstructie, waarbij de grenswaarde in de ordegrootte van enkele mm/s ligt. Bij hinderbeleving liggen de toetswaarden van de trillingsintensiteit in de ordegrootte van 1 tiende van mm/s, zodat verwacht wordt dat hinderbeleving optreedt.
- Tot een invloedsgebied van ruim 50 m buiten de werkzaamheden wordt verwacht dat de trillingen nog "voelbaar" zijn.
- Duidelijk is dat de keuze van het heiblok en energieniveau / te hanteren heienergie van belangrijke invloed is op de kans op overschrijden van grenswaarden. Beperken van trillingsschade zou derhalve ook door het variëren van de heienergie/slagkracht kunnen worden bewerkstelligd.



6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusie

De analyse is uitgevoerd op basis van de gegevens die bij ons bekend zijn. Indien de uitgangspunten wijzigen kan dat tot een bijstelling van deze rapportage noodzaken.

Uitgaande van het plaatsen van prefab betonnen heipalen 290mm ingebracht met een heienergie van maximaal circa 60 kNm, dient voor de palen in de nabijheid van Object A op basis van de geprognoseerde trillingen, bij de hoofddraagconstructie (ingedeeld in categorie 1) rekening te worden gehouden met een beperkte kans op overschrijding. Voor alle overige onderdelen van de constructie (ingedeeld in categorie 2) dient rekening te worden gehouden met een zekere kans op overschrijding van trillingsrichtlijnen (>50%). Een en ander is sterk afhankelijk van de daadwerkelijk indeling van de belendende constructie en de toe te passen heienergie. En de afstand van de te plaatsen palen tot de belending. Bij toepassing van grotere paaldiameters en derhalve een hogere heienergie neemt de kans op overschrijding enigszins toe.

Wanneer de palen in de nabijheid van object A met een geringere heienergie op diepte kunnen worden gebracht (dit zal wellicht het geval kunnen zijn bij slankere paaldiameters en ondiepere paalpuntniveaus) zal de kans op overschrijding mogelijk enigszins afnemen. Voor de overige objecten, uitgaande van de benoemde categorie-indeling, lijkt de kans op overschrijding van grenswaarden op basis van de geprognoseerde trillingssnelheden ruimschoots onder de 1% te blijven.

Indien voor de realisatie een heiblok met een andere heienergie wordt toegepast kan dit resulteren in afwijkend heigedrag en dientengevolge mogelijk enigszins afwijkende trillingen.

6.2 Risicoafweging

De trillingsrisicoanalyse geeft inzicht in de kans op overschrijding van het toetsingscriterium. Hoe met dit risico om wordt gegaan is ter keuze aan de opdrachtgever en is afhankelijk van economische factoren.

Hierbij kan de volgende afweging worden gemaakt, uitgaande van de geprognoseerde overschrijdingskansen van de grenswaarden ter voorkoming van schade:

- Overschrijdingskansen kleiner dan 1%: in de huidige praktijk wordt het risico van overschrijding aanvaardbaar klein geacht. De risico's voor de omgeving zijn nihil en kans op stagnatie van voortgang van het werk is gering;
- Overschrijdingskansen 1% tot 5%: in de huidige praktijk wordt het risico van overschrijding vaak geaccepteerd, waarbij trillingsreducerende maatregelen worden overwogen en ingezet indien dit nodig blijkt;
- Overschrijdingskansen 5% tot 25%: het risico van overschrijding wordt doorgaans geaccepteerd inclusief de inzet van trillingsreducerende maatregelen binnen het invloedsgebied. In het extreem dient een trillingsvrij of -arm inbrengsysteem toegepast te worden. De omvang van het invloedsgebied is te reduceren door het uitvoeren van heien of trilproeven;
- Overschrijdingskansen meer dan 25%: het risico van overschrijding wordt doorgaans NIET geaccepteerd. Geadviseerd wordt af te zien van het heien/trillend inbrengen van de palen/damwanden en een volledig trillingsarm inbrengsysteem te kiezen



6.3 Aanbevelingen

Zoals reeds aangegeven wordt uitgegaan van het aanbrengen prefab betonpalen, ingebracht met een heienergie van circa 60 kNm respectievelijk 84 kNm.

De kans op overschrijding is afhankelijk van de daadwerkelijke afstanden van het heiwerk tot de belendingen, immers de te verwachten trillingen nemen af met toenemende afstand.

Om iedere vorm van trillingen te voorkomen kan ook een trillingvrije inbrengwijze worden overwogen. Als volledig trillingsvrij alternatief valt dan te denken aan drukkend of schroevend ingebrachte palen.

Gezien de vrijwel zekere kans op overschrijding van grenswaarden bij indeling van Object A in categorie 2, adviseren wij dan ook de palen op korte afstanden tot Object A trillingsvrij aan te laten brengen. Afhankelijk van de te accepteren kans op overschrijding van grenswaarden, kan het palenplan verder worden uitgewerkt met heiend danwel schroevend in te brengen palen.

Monitoring

Over het algemeen wordt geadviseerd te allen tijde de werkzaamheden te monitoren (trillings- en deformatiemetingen). Opgemerkt wordt dat het risico van overschrijdingen van grenswaarden kan worden geaccepteerd, echter overschrijdingen bij monitoring worden niet geaccepteerd door toetsende instanties.

Bij het nader bepalen van de grootte van het invloedsgebied en de optredende risico's tijdens het uitvoeren van een hei- of trilproef, wordt er gemeten op meerdere locaties. Hierdoor is de kans op meten op/in "zwakke" locaties aan het object groter, waardoor er meer zekerheid ontstaat in de maatgevende locaties.

Zoals aangegeven is de kans op overschrijding sterk afhankelijk van de categorie-indeling. Bij indeling van de belendingen in de aangegeven categorieën (aanname) en het uitvoeren van heiwerk adviseren wij, de trillingen te monitoren ter plaatse van Object A. Hierbij wordt opgemerkt dat bij Object A wanneer geen maatregelen worden getroffen en alle palen heiend worden aangebracht, er vrijwel zeker overschrijding van grenswaarden zal plaatsvinden. Hier zal monitoring dan met name dienen ter vastlegging van daadwerkelijk opgetreden trillingen

7 Slotopmerking

Gezien de zeer korte afstanden tot het Object A, is het meest voor de hand liggend om in het risicogebied nabij object A, ongeacht de benodigde/te hanteren heienergie de palen trillingsvrij aan te brengen. Indien toch wordt gekozen voor het heiend en trillend aanbrengen van palen, is de kans op schade overschrijding bij indeling van het object in categorie 2 zeer aanzienlijk. Dan zou het aan te bevelen zijn om trillingsbeperkende maatregelen te treffen en om waar mogelijk het ontwerp zo aan te passen dat palen in het risicogebied nabij object A zo slank en ondiep mogelijk worden gekozen.

Indien in de loop van het project veranderingen optreden in het beschreven bouwplan of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij u contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons rapport hierop kunnen toetsen.

Bijlage A Toelichting modellering trillingen

Modellering conform CUR 166

De modellering en het opstellen van de trillingsrisicoanalyse vindt plaats op basis van CUR-publicatie 166 'Damwandconstructies'. In genoemde CUR-publicatie wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken en verschillende palen en planken alsmede de verschillende wijzen van inbrengen.

Wanneer een paal of plank in een grondmassief doordringt, veroorzaakt deze langs en aan de onderzijde van de paal plastische en elastische vervormingen. Door de snelle introductie van deze vervormingen ontstaan golfverschijnselen in de grond. De plastische golfverschijnselen blijven beperkt tot een gebied rondom de paal/plankpunt met een doorsnede van ongeveer 1,5 tot 2,5 maal de equivalente paal/plankdiameter.

Voor de trillingen in de omgeving zijn alleen de elastische golven van belang. Wanneer de paal/plank enige meters diep in de grond is doorgedrongen, ontstaan trillingsgolven die zich in alle richtingen (kunnen) voortplanten. Komen deze golven aan de oppervlakte, bij een laagovergang of bij een bouwwerk, dan vindt hier reflectie en omzetting van de trillingsgolven plaats, zodat een interferentiepatroon van bodembewegingen ontstaat. Gezien de complexiteit van dit interferentiepatroon kan de bodembeweging slechts in benaderende zin beschreven worden.

De factoren die invloed hebben op de intensiteit van de trillingen die door installatie van de palen/planken aan de bodem worden afgegeven zijn:

- Eigenschappen van de ondergrond;
- Afmetingen van de paal/plank;
- Energie/slagkracht die nodig is om de paal/plank op diepte te krijgen.

Bronsterkte

CUR-166 hanteert voor Nederland enkele karakteristieke bodemprofielen. Voor deze karakteristieke bodemprofielen is voor de verschillende wijzen van inbrengen van palen en planken, een bronintensiteit gegeven op een referentie afstand van 5 m tot de bron. De bronsterkten zijn gerelateerd aan een lognormaal verdeling. In de analyse wordt gebruik gemaakt van een normale verdeling. Op basis van praktijkervaringen, waarbij prognoses met metingen vergeleken zijn, is gebleken dat prognose waarden, waarbij een normale verdeling is gehanteerd, beter aansluit op de meetwaarden.

Voor de karakteristieke bodemprofielen zijn indicatiewaarden gegeven voor de demping, de referentiesnelheid (u_0) op 5 m en de variatiecoëfficiënt van de trillingsbron voor het in- en uittrillen van damwandplanken of het heien van stalen buispalen. Voor de meeste situaties zijn geen indicatiewaarden gegeven en dient de referentiesnelheid geschat te worden. Voor het trillingsniveau zijn het noodzakelijke inheinniveau en de grondopbouw van grotere invloed dan het paal/planktype of – lengte. Deze factoren worden in rekening gebracht.





Bepaling bronsterkte heien

De referentie trillingsintensiteit wordt bepaald met een empirische formule, welke afhankelijk is van het vermogen van het heiblok:

$$V_{0,(x=5m)} = u_0 \cdot \sqrt{\psi * E}$$

waarin:

$v_0(x=5m)$	=	trillingsnelheid op referentieafstand van 5 meter	[mm/s];
u_0	=	referentie trillingsnelheid	[mm/s];
E	=	inhei-energieniveau	[Nm];
ψ	=	stootrendement	[-].

Op basis van deze relatie is de bronsterkte van de trillingssnelheid bepaald.

Bepaling bronsterkte trillen

De bronsterkte van het intrillen van stalen damwandelementen wordt bepaald met de volgende empirische relatie:

$$v_0(x=5m) = u_0 + 0,002(F - 350)$$

waarin:

v_0	=	bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron	[mm/s];
u_0	=	referentie trillingsnelheid op 5 m afstand	[mm/s];
F	=	slagkracht trilblok	[kN].

Bij uittrillen wordt voor de referentiesnelheid op 5 m afstand 1,5 maal de waarde voor intrillen gehanteerd.

Trillingsoverdracht in de ondergrond

Tijdens de installatie van de palen/planken wordt de omringende grond in beweging gebracht. Hierdoor ontstaan trillingen. Deze trillingen planten zich als golven door de ondergrond voort. Te onderscheiden zijn compressie-, afschuif- en Rayleigh-golven.

Bij compressiegolven (drukgolven) bewegen de gronddeeltjes zich in dezelfde richting als de voortplantingsrichting van de drukgolf. Ten gevolge van de afschuifgolf worden de gronddeeltjes zijdelings bewogen, loodrecht op de voortplantingsrichting van de golf. Aangezien zowel de compressie-als afschuifgolven zich bolvormig voortplanten wordt de trillingsenergie over een steeds groter volume verdeeld en zal dus vrij snel afnemen.

Ten gevolge van de afschuifgolven en compressiegolven aan het maaiveld ontstaan zogenaamde oppervlaktegolven (Rayleigh-golven). Deze golven nemen het grootste deel van de totale trillingsenergie op en kenmerken zich door een geringe dieptewerking, waardoor deze golven op grotere afstand van de bron nog steeds een behoorlijke trillingssterkte kunnen bezitten.

De afname van de amplitude van de golven wordt veroorzaakt door geometrische demping. Tevens vertoont de grond door inwendige wrijving een dissipatief gedrag (energieverlies) bij vervormingen, wat materiaaldemping wordt genoemd. Dit energieverlies wordt gemodelleerd door hysteretische demping.

Indien de geometrische verzwakking en de materiaaldemping worden samengenomen kan met onderstaande relatie de amplitude van een trilling op een afstand x van de bron bepaald worden:

$$v(x) = v_0 \sqrt{\frac{x_0}{x}} e^{-a(x-x_0)}$$



waarin:

- $v(x)$ = trillingssnelheid op afstand x van de bron [mm/s];
- v_0 = bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron [mm/s];
- x_0 = referentieafstand van 5 m tot de bron [m];
- x = afstand tot de bron [m];
- α = karakteristieke dempingsconstante ten gevolge van materiaaldemping [m⁻¹].

Verwijzend naar CUR-166 wordt in de tabellen een indicatieve waarde voor de dempingsconstante α gepresenteerd van 0,00 à 0,03 m⁻¹. Afhankelijk van de grootte van de golfsnelheden (oppervlakte golf) is een nadere indicatie voor de karakteristieke bodemdemping α te bepalen met:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \zeta}{c}$$

waarin:

- f = dominante frequentie [Hz];
- ζ = dempingsmaat als functie van de vervormingshoek [-];
- C = voortplantingssnelheid van de trilling in de bodem [m/s].

Ter indicatie zijn in CUR-166 voor zand snelheden van 100 tot 200 m/s, voor klei snelheden van 50 tot 100 m/s en voor veen snelheden van 75 tot 125 m/s aangegeven.

Trillingsoverdracht naar bebouwing

De optredende trillingen in de ondergrond worden overgedragen naar de fundering van de nabijgelegen gebouwen. De overdracht vindt plaats op verschillende manieren, zoals:

Overdracht van de trillingen in het zandpakket via de fundering;

Overdracht van de oppervlaktegolven direct onder het maaiveld op de funderingsconstructie.

Bij de overdracht van trillingen van de bodem naar de funderingselementen en de draagconstructie treedt een zekere mate van demping op. Voor de overdrachtsfunctie van de trillingsintensiteit van de ondergrond naar de fundering en draagconstructie is een schatting gemaakt, gebaseerd op CUR 166.

Trillingsoverdracht naar vloeren

Voor het bepalen van de hinderbeleving en bij beoordeling van trillingsgevoelige apparatuur zijn de trillingsintensiteiten op de vloeren van belang. Bij de overdracht van de trillingsintensiteit aan de draagconstructie naar die op vloeren en ondersteunende onderdelen treedt enig opslinger effect op. Het opslinger effect wordt met factoren in rekening gebracht. De maximale trillingsintensiteit in het midden van de vloer volgt door de trillingsintensiteit aan de draagconstructie te vermenigvuldigen met dynamische vergrotingsfactoren C_{fc} . De vergrotingsfactoren berusten grotendeels op praktijkervaringen.

Bij trillingshinder zijn de maximale voortschrijdende effectieve waarde ($v_{eff,max}$) en de, per 30 sec, periodieke waarde (v_{per}) op vloeren van belang.

Bepaling $v_{eff,max}$

De maximale effectieve waarde van de trillingssnelheden op de vloeren wordt bepaald voor de toetsingsprocedure voor hinder voor personen in gebouwen. De effectieve waarde van de trillingssnelheid is dimensieloos. De waarde wordt bepaald door een omrekening van de maximale trillingssnelheid naar een gewogen momentane waarde voor de trillingssnelheid. Uit de gewogen momentane waarde kan de voortschrijdende effectieve waarde worden bepaald.

Binnen de gegeven beoordelingsperiode, dag, avond of nacht, is de maximale waarde $v_{eff,max}$ te bepalen als het maximum van de grootste effectieve waarden in de betreffende beoordelingsperiode. CUR-166 geeft als richtlijn voor het uit te voeren procedé, dat:

$$v_{eff,max} [-] = (0,42 \text{ à } 0,64) \times v_{piek} [mm/s]$$

In geval van trillen van damwanden (continue trillingen) geldt een factor van 0,64. In geval van heien van palen (of passages van verkeer) geldt een factor van 0,42. Bij hinderbeleving is



eerder het meest waarschijnlijke trillingsniveau (50% waarde) van toepassing dan de incidentele extreme waarde. Derhalve wordt de factor bij de verwachtingswaarden gebruikt.

Bepaling v_{per}

De effectieve waarde, v_{per} , van de maxima $v_{eff,max}$, wordt bepaald over het aantal tijdsintervallen van 30 seconden binnen een beoordelingsperiode, dag, avond of nacht [-]. Uit gegeven aantallen per tijdsinterval en de maxima $v_{eff,max}$, voor ieder tijdsinterval van 30 sec wordt v_{per} bepaald volgens:

$$v_{per} = \sqrt{\frac{1}{N}} \cdot \sum_{i=1}^n v_{eff,max,30,i}^2$$

waarin:

N = aantal tijdsintervallen van 30 seconden, waarin gemeten is binnen een beoordelingsperiode [-]



Bijlage B Toelichting SBR toetsingskader

Inleiding

Trillingswaarden worden getoetst aan de grenswaarden uit de SBR richtlijnen uit september 2006/december 2017, uitgegeven door Stichting Bouw Research, Rotterdam. De Raad van State erkent de richtlijnen als uitgangspunt voor jurisprudentie.

In totaal zijn er 3 SBR - richtlijnen, namelijk:

Richtlijn A 2017: 'Schade aan gebouwen';

Richtlijn B: 'Hinder voor personen in gebouwen';

Richtlijn C: 'Storing aan apparatuur'.

Afhankelijk van de constructieve staat, funderingswijze en ouderdom van de bebouwing, karakteristieken van de trillingsgevoelige apparatuur en de afstand tot de werkzaamheden, bestaat in het algemeen de mogelijkheid dat de trillingen kunnen leiden tot:

Schade aan de draagconstructie van gebouwen;

- Hinder voor personen in gebouwen;
- Storing aan trillingsgevoelige apparatuur;
- Zettingsschade door verdichting van losgepakt zand.

Grenswaarden conform SBR-richtlijn A

De hoogte van de toelaatbare grenswaarden waarbij volgens de SBR-richtlijn A de kans op schade aanvaardbaar klein is (minder dan 1%), is afhankelijk van:

Type trillingsbron;

- Constructiewijze van de gebouwen;
- Funderingswijze van de gebouwen.

Type trillingsbron

In SBR-richtlijn A wordt onderscheid gemaakt in trillingsbronnen, die incidenteel voorkomende kortdurende trillingen veroorzaken, herhaald kortdurende trillingen veroorzaken of continue trillingen veroorzaken.

Het heien van palen wordt beschouwd als een trillingsbron die herhaald kortdurend trillingen veroorzaakt, waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten in onderdelen van een bouwwerk kunnen optreden. In dit geval dient een partiële veiligheidsfactor γ_t van 1,5 over de karakteristieke waarde V_{kar} van de grenswaarde te worden toegepast.

Het in en uittrillen van damwandplanken wordt beschouwd als een trillingsbron die continue trillingen veroorzaakt, waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten in onderdelen van een bouwwerk kunnen optreden. In dit geval dient een partiële veiligheidsfactor γ_t van 2,5 over de karakteristieke waarde V_{kar} van de grenswaarde te worden toegepast.



Constructiewijze van gebouwen (categorie indeling)

In SB- richtlijn A wordt onderscheid gemaakt in de constructiewijze en in de staat van het bouwwerk. De onderstaande indeling in categorieën van bouwwerken en van onderdelen daarvan wordt aangehouden:

- Categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- Categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk of uit brosse steenachtige materialen;

Bouwkundige staat

Voor bouwwerken met een 'gevoelige' bouwkundige staat of een monumentale staat wordt een partiële factor van 1,7 op de grenswaarde toegepast.

Funderingswijze

Daarnaast wordt door SBR-richtlijn A onderscheid gemaakt in trillingsgevoelige en niet-trillingsgevoelige funderingen. Funderingen op staal worden over het algemeen als trillingsgevoelig aangemerkt waarbij rekening dient te worden gehouden met schade door (ongelijkmatige) zettingen.

Rekenwaarde van de grenswaarde

De rekenwaarde van de grenswaarde wordt bepaald volgens onderstaande relatie:

$$V_r = \frac{V_{kar}}{\gamma_t}$$

waarin:

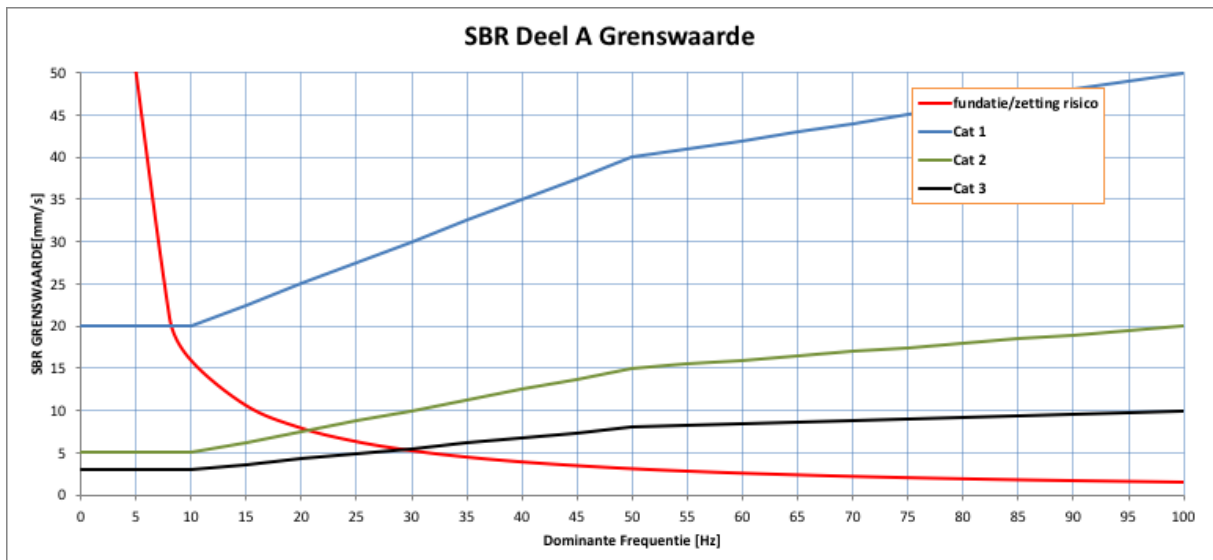
- V_r = rekenwaarde van de grenswaarde [mm/s];
 V_{kar} = karakteristieke waarde van de grenswaarde [mm/s];
 γ_t = partiële veiligheidsfactor [-].

Rekenwaarde gemeten topsnelheid

SBR-Richtlijn A maakt onderscheid tussen een indicatieve, een beperkte en een uitgebreide meting. Afhankelijk van de soort meting dient de meetwaarde vermenigvuldigd te worden met een partiële veiligheidsfactor volgens onderstaande tabel:

Soort meting	Factor	Omschrijving meting
Indicatief	1,6	1 meetpunt (x, y, z) aan draagconstructie
Beperkt	1,4	2 meetpunten (x,y,z en x, y) aan draagconstructie en circa 10 m boven mp aan draagconstructie
Uitgebreid	1,0	Meerdere meetpunten in stijve punten van constructie

In onderstaande figuur is een voorbeeldgrafiek van de karakteristieke waarde van de grenswaarde op draagconstructie weergegeven. Indien de meetwaarden boven de getrokken lijnen liggen is er sprake van overschrijdingen.



Grenswaarden conform SBR-richtlijn B

Conform SBR richtlijn B is de streefwaarde afhankelijk van:

De functie van een ruimte in een gebouw;

De omstandigheden van de trillingsbron;

Het tijdstip waarop de trilling voorkomt op de dag.

Functie van een ruimte

In SBR-richtlijn B wordt onderscheid gemaakt in functies als gezondheidszorg, wonen, kantoor en onderwijs, bijeenkomstgebouwen (bv bioscoop) en kritische werkruimten (bv laboratoria).

Omstandigheid van de trillingsbron

In SBR-richtlijn B wordt onderscheid gemaakt in trillingsbronnen, die continue voorkomen gedurende lange tijd (bv. machines), die herhaald voorkomen gedurende lange tijd (bv. rail- en wegverkeer), die continue of herhaald voorkomen gedurende een periode korter dan 3 maanden (bv. bouw en sloopwerkzaamheden) en die incidenteel kortdurend voorkomen (bv. explosies).

Tijdstip van voorkomen op de dag

In SBR-richtlijn B wordt onderscheid gemaakt in een dag- (van 07:00 uur tot 19:00 uur), avond- (van 19:00 uur tot 23:00 uur) en een nachtperiode (van 23:00 uur tot 07:00 uur).

Streefwaarden

De streefwaarden zijn erop gericht hinderbeleving te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van de streefwaarden dient aanleiding te zijn tot overleg tussen betrokken partijen. Er is geen sprake van harde grenzen.

De streefwaarden worden aangegeven door de waarden A1, A2 en A3 en zijn dimensieloos. Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien de maximale trillingswaarde in de ruimte gemeten op de vloer kleiner is dan A1, of indien voldaan wordt aan de maximale trillingswaarde in de ruimte op de vloer kleiner is dan A2 waarbij de waarde van de trillingssterkte over de beoordelingsperiode kleiner is dan A3.



Bijlage C **Trillingstechnische vaktermen**

Trilling:	Een periodieke beweging van een grootheid (verplaatsing, snelheid, versnelling) om een evenwichtsstand als functie van de tijd.
Trillingstijd:	De kleinste verschuiving in de tijd waarbij een periodieke tijdsfunctie met zichzelf samenvalt
Topwaarde:	De in absolute zin grootste afwijking van de momentane waarde van een grootheid ten opzichte van de gemiddelde waarde.
Frequentie	De reciproque van de trillingstijd.
Dominante frequentie:	De overheersende frequentie in dat deel van het signaal waar de topwaarde optreedt.
Verplaatsing:	Een vectoriële grootheid die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.
Verplaatsing:	Een vectoriële grootheid die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.
Snelheid:	Een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de verplaatsing representeert.
Versnelling:	Een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de snelheid representeert.
Trillingssterkte:	De sterkte van de trilling in relatie tot het van belang zijnde trillingseffect; in het geval van schade wordt onder de trillingssterkte verstaan de topwaarde van een trillingsgrootheid in combinatie met de dominante frequentie.
Draagconstructie:	Het deel van een gebouw dat ervoor zorgt dat het gebouw als geheel en in het bijzonder de vloeren hun dragende functie kunnen blijven vervullen.
Grenswaarde schade:	(Minder dan 1%); schade kan de veiligheid en/ of levensduur van het bouwwerk beïnvloeden, of leiden tot een vermindering van de gebruikswaarde of de economische waarde van het bouwwerk.
Continue trilling:	Een trilling die zodanige tijd continue aanwezig is, dat resonanties en/ of vermoeiingseffecten aan de draagconstructie van een bouwwerk kunnen optreden (bv. machines, intrillen damwanden).
Kortdurende trilling:	Een door een stootvormige excitatie veroorzaakte trilling met een kortdurend, uitdempend karakter (bv. explosies, botsingen).
Herhaald kortdurende trilling:	Een kortdurende trilling die meermalen voorkomt, steeds gescheiden door een tijdsinterval waarin een rustsituatie heerst, waarbij vermoeiingseffecten aan de draagconstructie van een bouwwerk kunnen optreden (bv. heikwerkzaamheden, weg- en railverkeer).
Indicatieve meting:	Meting waarbij slechts met één meetpunt ter plaatse van de begane grond trillingen worden gemeten (conform § 8.4.2.1 SBR-richtlijn A).
Beperkte meting:	Meting waarbij met tenminste één meetpunt op de begane grond en met tenminste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw trillingen worden gemeten (conform § 8.4.2.2 SBR-richtlijn A).
Uitgebreide meting:	Meting waarbij met een groot aantal meetpunten wordt gemeten, dit in aanvulling op de meetpunten volgens de beperkte meting (conform § 8.4.2.3 SBR-richtlijn A).
Beoordelingsperiode:	Een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingsterkte dagperiode: aan de streefwaarden in: Dagperiode: van 7:00 tot 19:00;



	Avondperiode: van 19:00 tot 23:00; Nachtperiode: van 23:00 tot 7:00.
Effectieve trillingssnelheid:	Voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootte.
Maximale effectieve trillingssnelheid:	Grootste optredende waarde van de voortschrijdende effectieve waarde.
Trillingssterkte over beoordelingsperiode:	Het kwadratisch gemiddelde van de grootste effectieve waarde per interval van 30 seconden in de desbetreffende beoordelingsperiode.
Streefwaarde hinder:	Waarde voor de trillingssterkte waarbij verwacht wordt dat er nog net geen hinder voor personen optreedt; onder hinder wordt verstaan de verstoring en/ of belemmering van (fysieke) activiteiten en/ of processen die rust en/ of concentratie behoeven.
Streefwaarde A1:	Onderste streefwaarde voor de maximale trillingssterkte van de voortschrijdende effectieve waarde .
Streefwaarde A2:	Bovenste streefwaarde voor de maximale trillingssterkte van de voortschrijdende effectieve waarde.
Streefwaarde A3:	Streefwaarde voor de trillingssterkte over de beoordelingsperiode dag, avond en nacht.

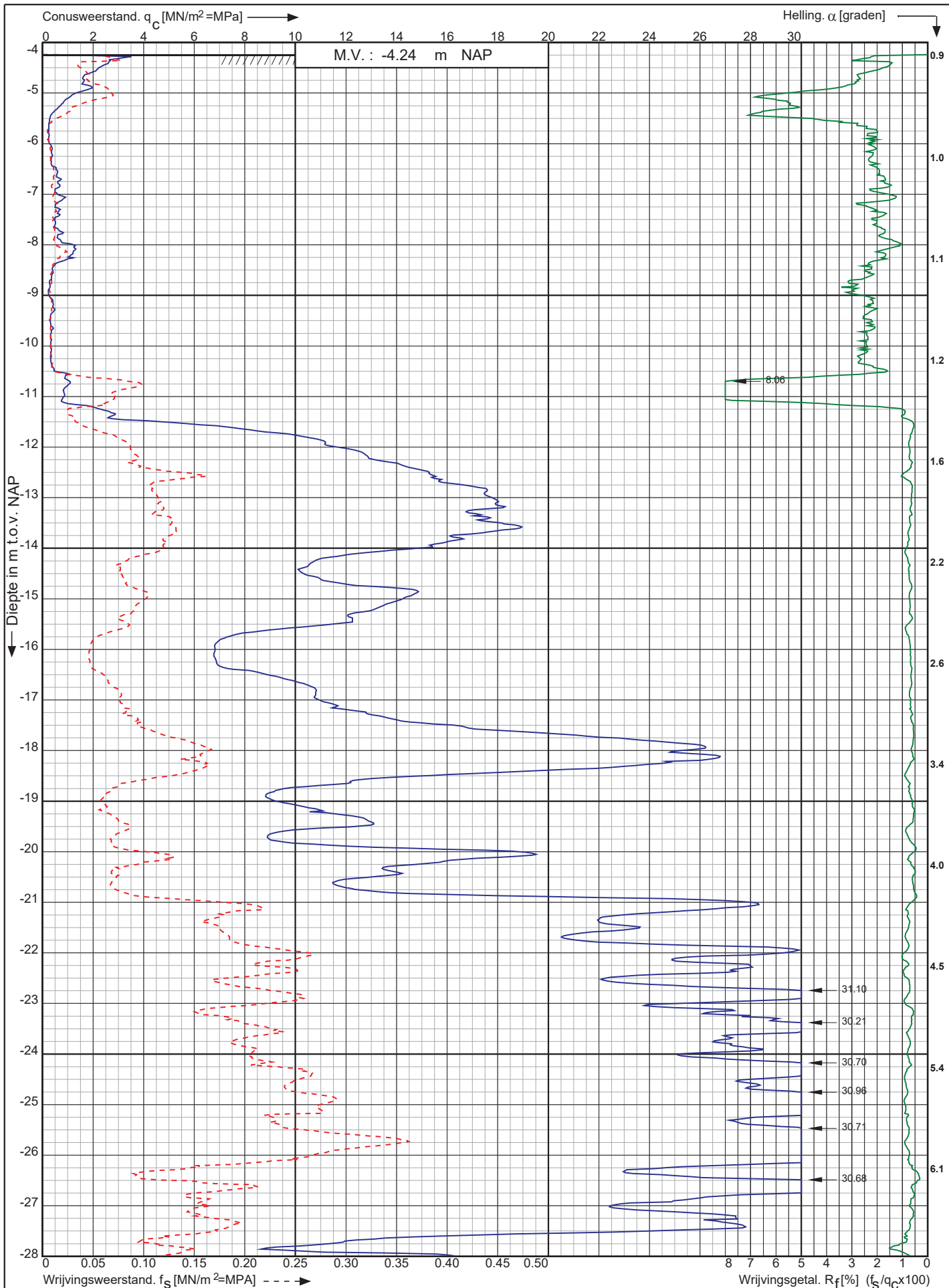


Bijlage D Grondonderzoek

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118489.95 Y = 477839.98

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 1

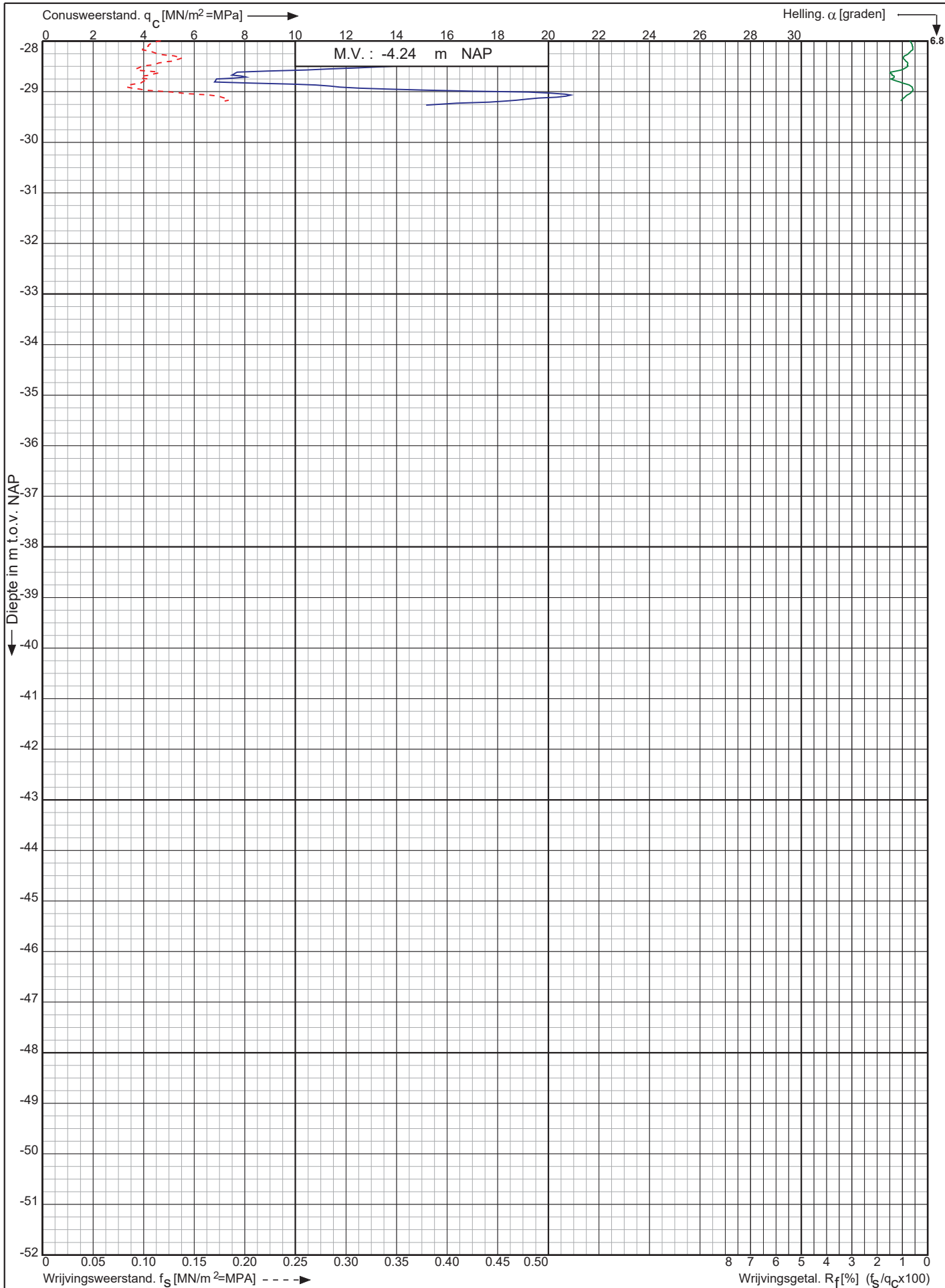


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118489.95 Y = 477839.98

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 1

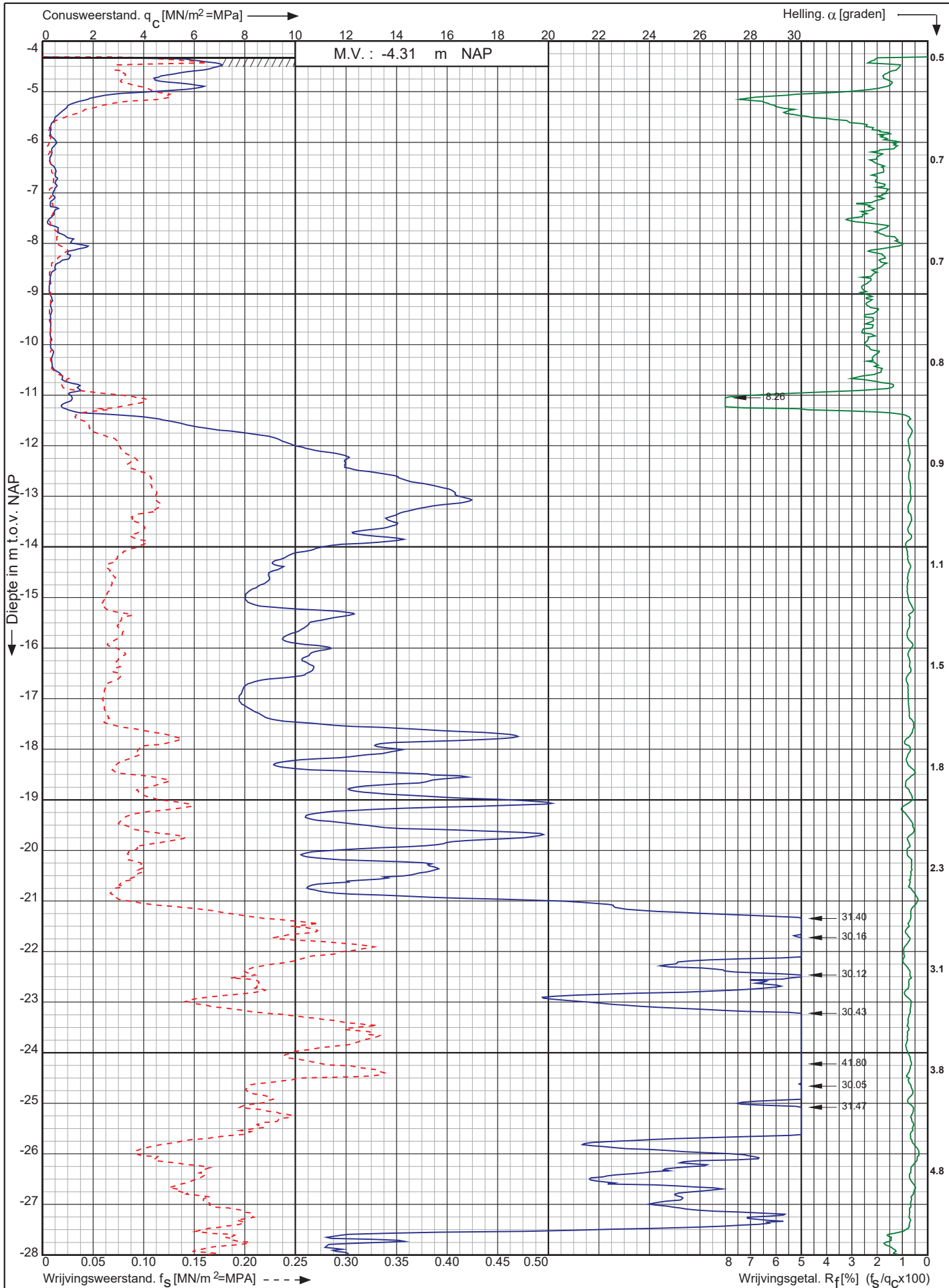


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118493.09 Y = 477855.31

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 2

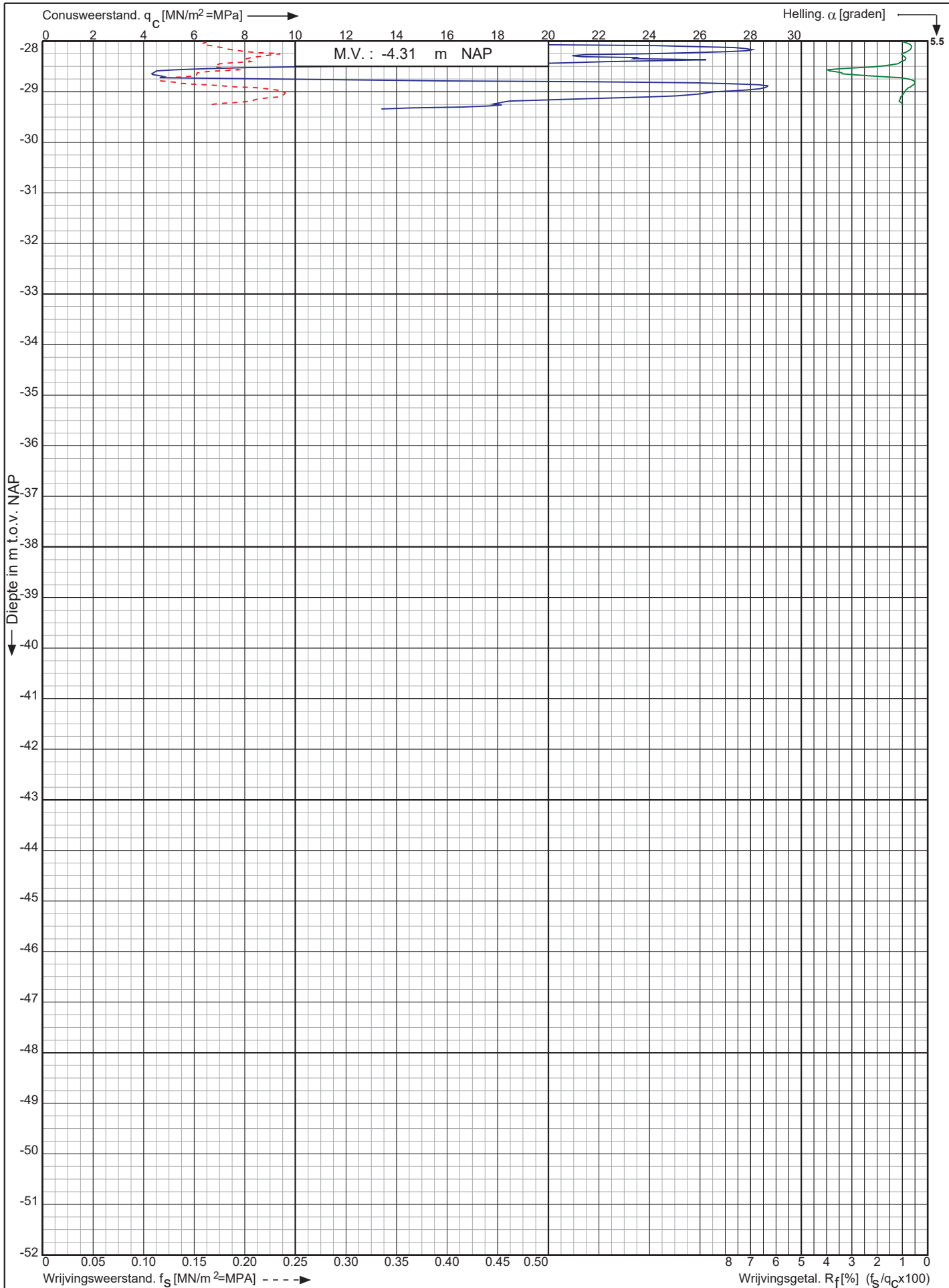
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118493.09 Y = 477855.31

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 2

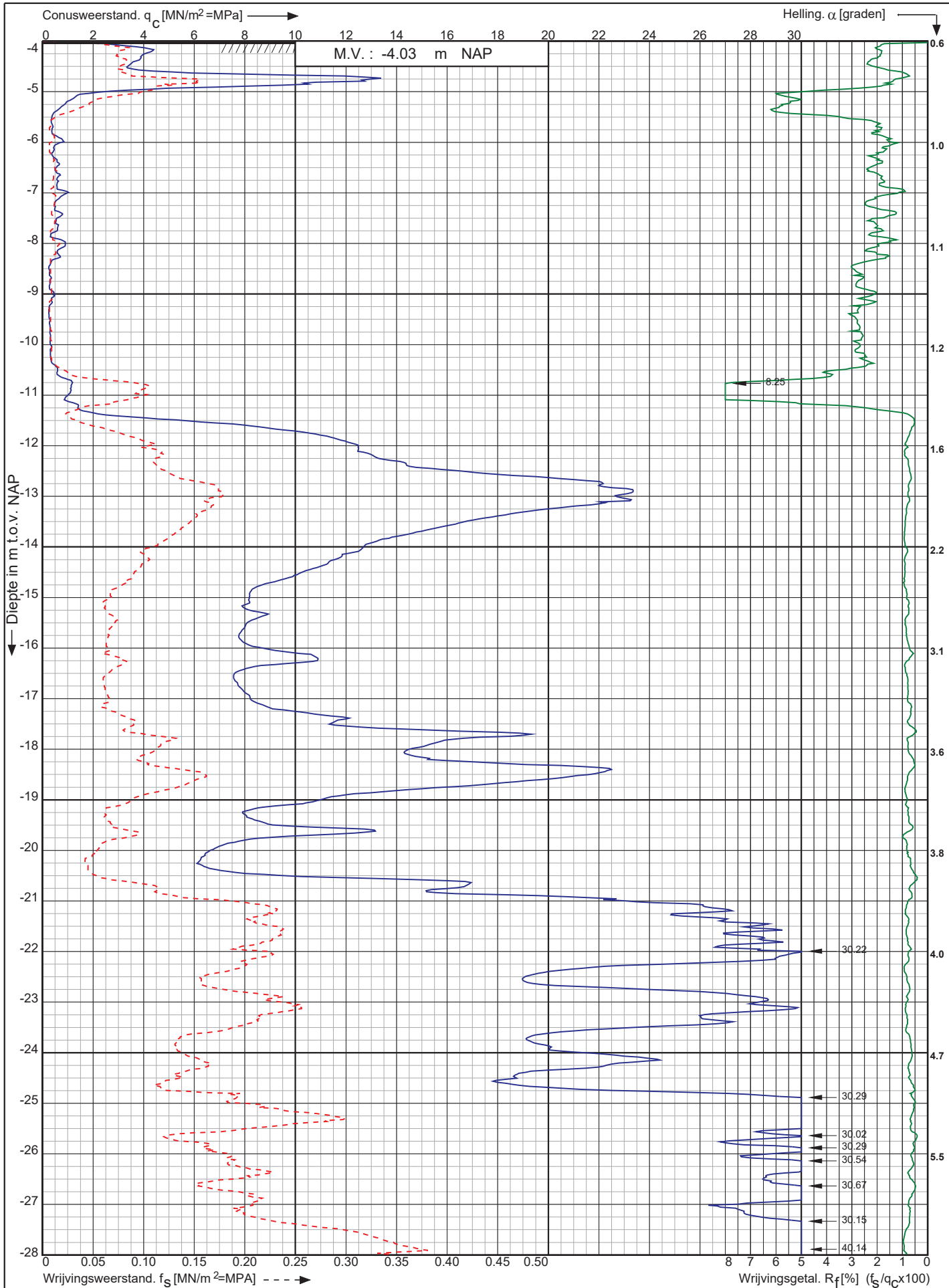
 **Koops**
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118496.94 Y = 477867.13

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 3

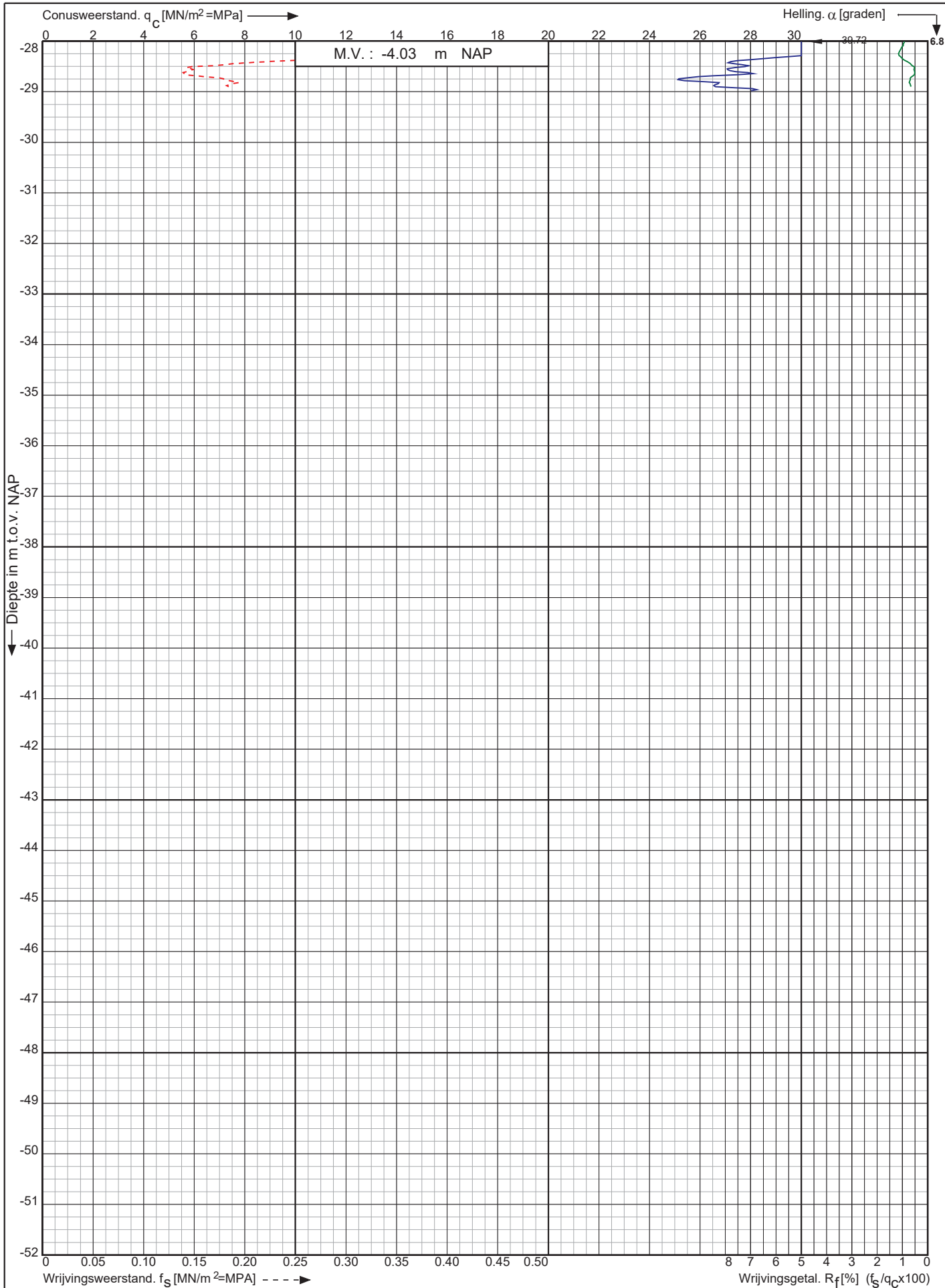
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118496.94 Y = 477867.13

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 3

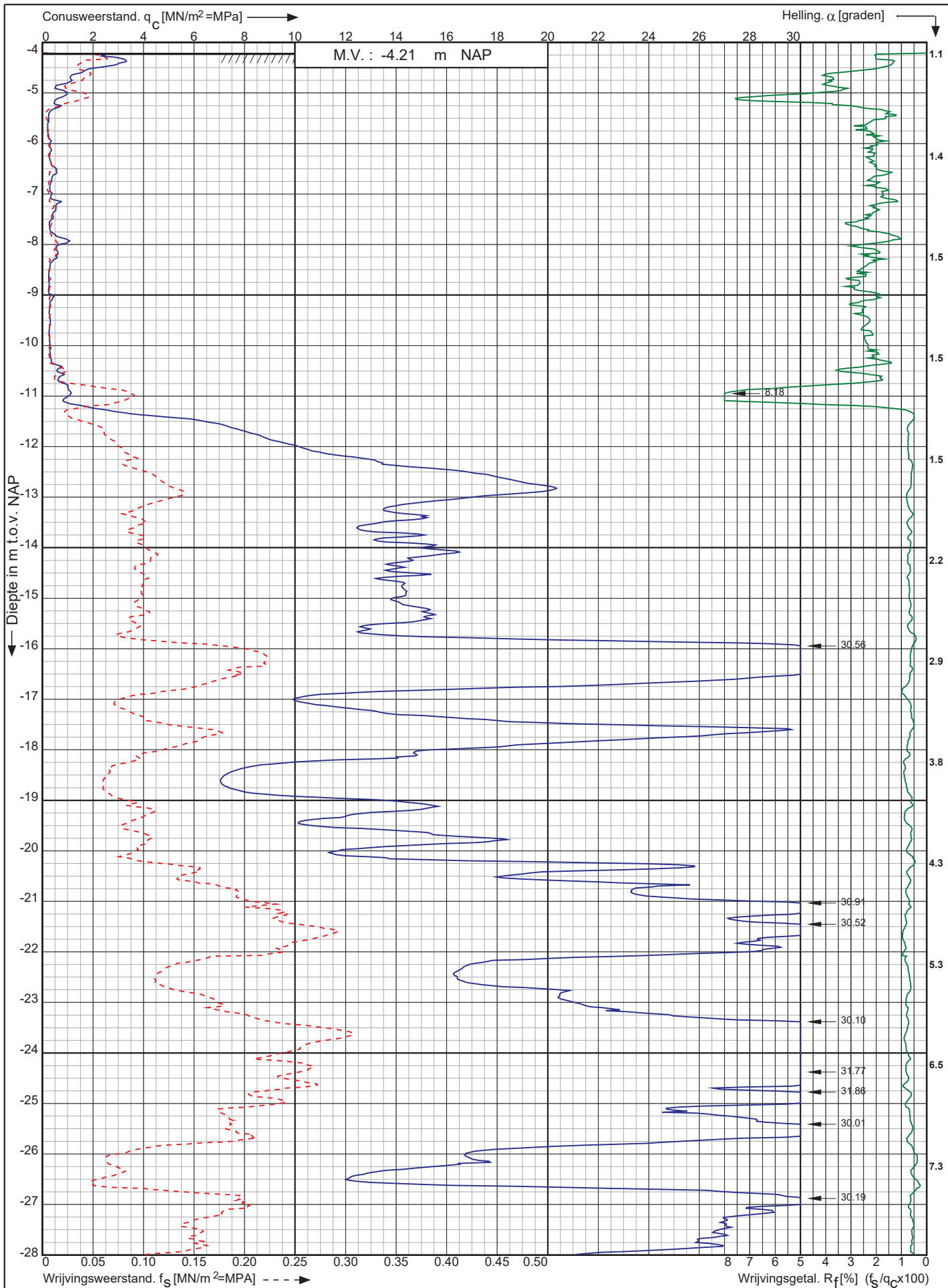
 **Koops**
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118512.28 Y = 477833.25

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 4

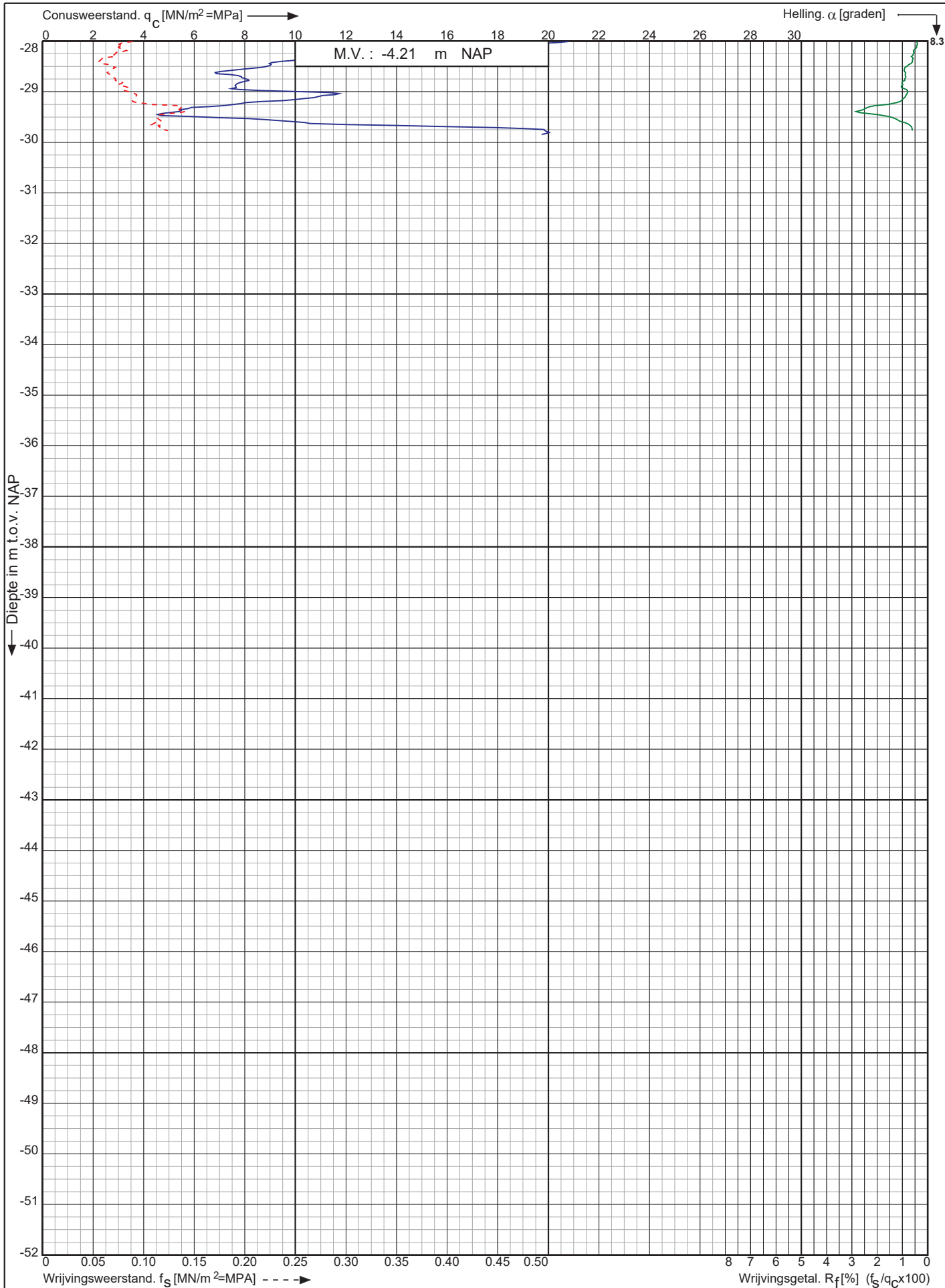
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118512.28 Y = 477833.25

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 4

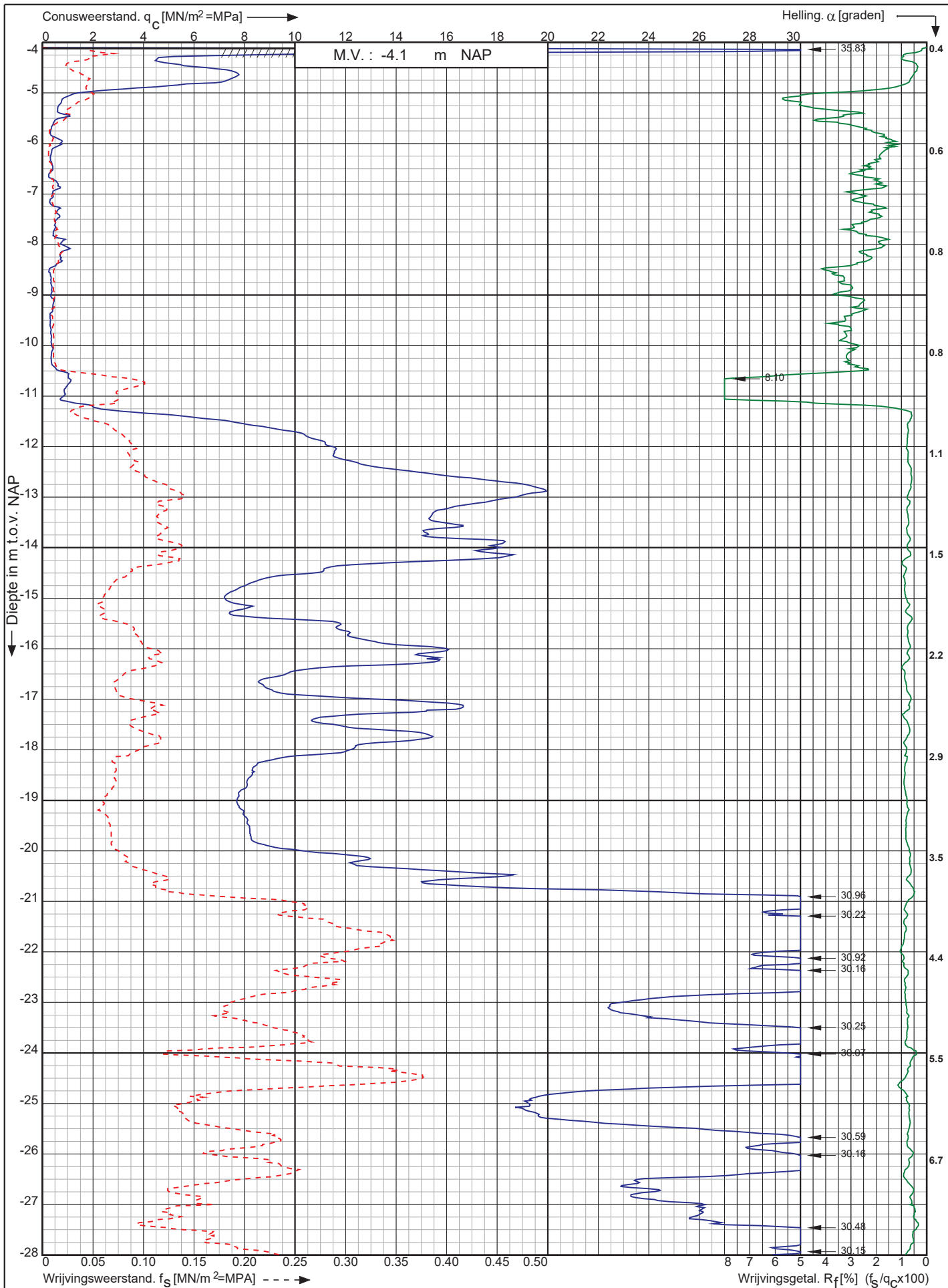
 **Koops**
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118516.49 Y = 477850.17

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 5

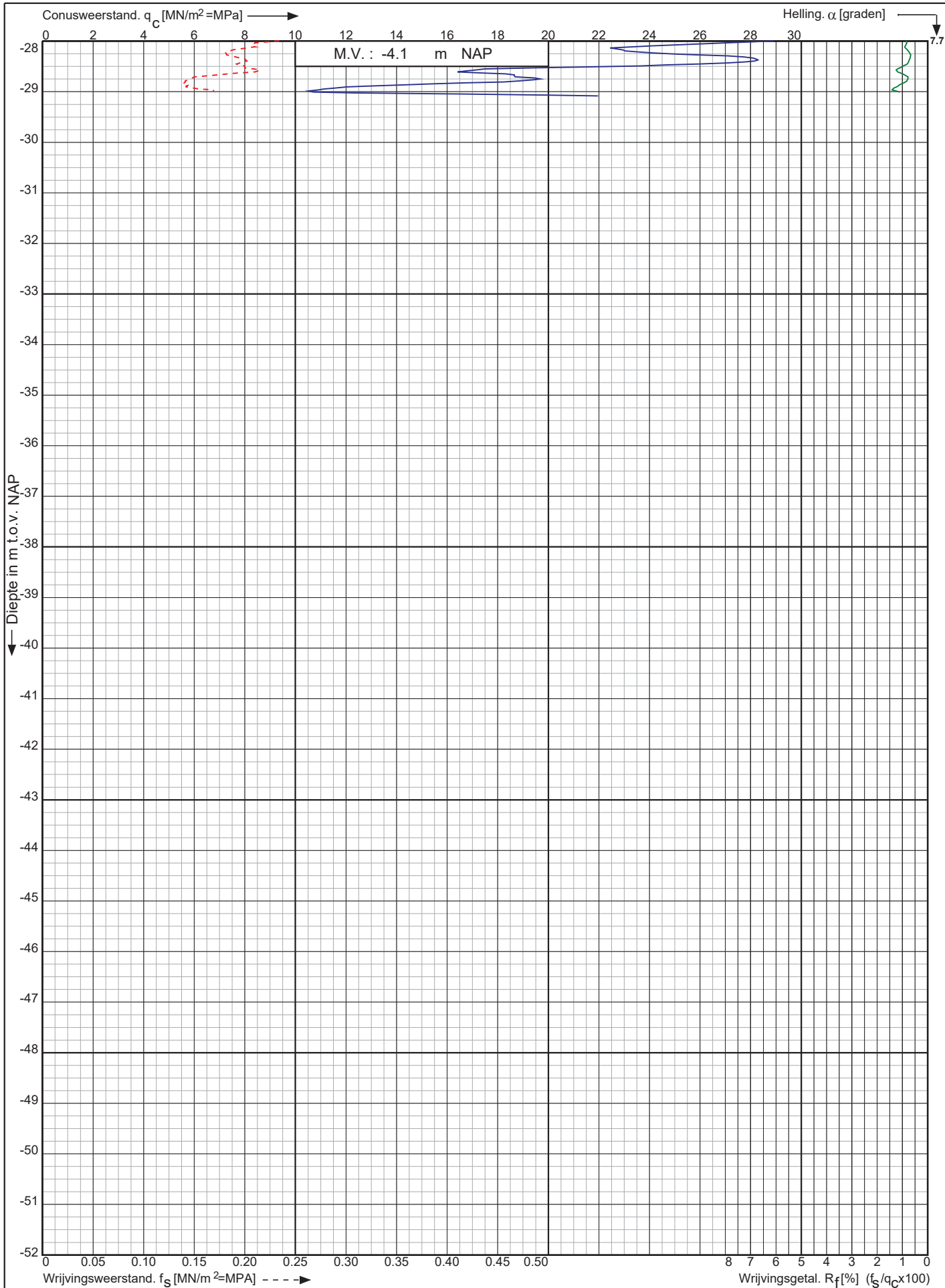
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118516.49 Y = 477850.17

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

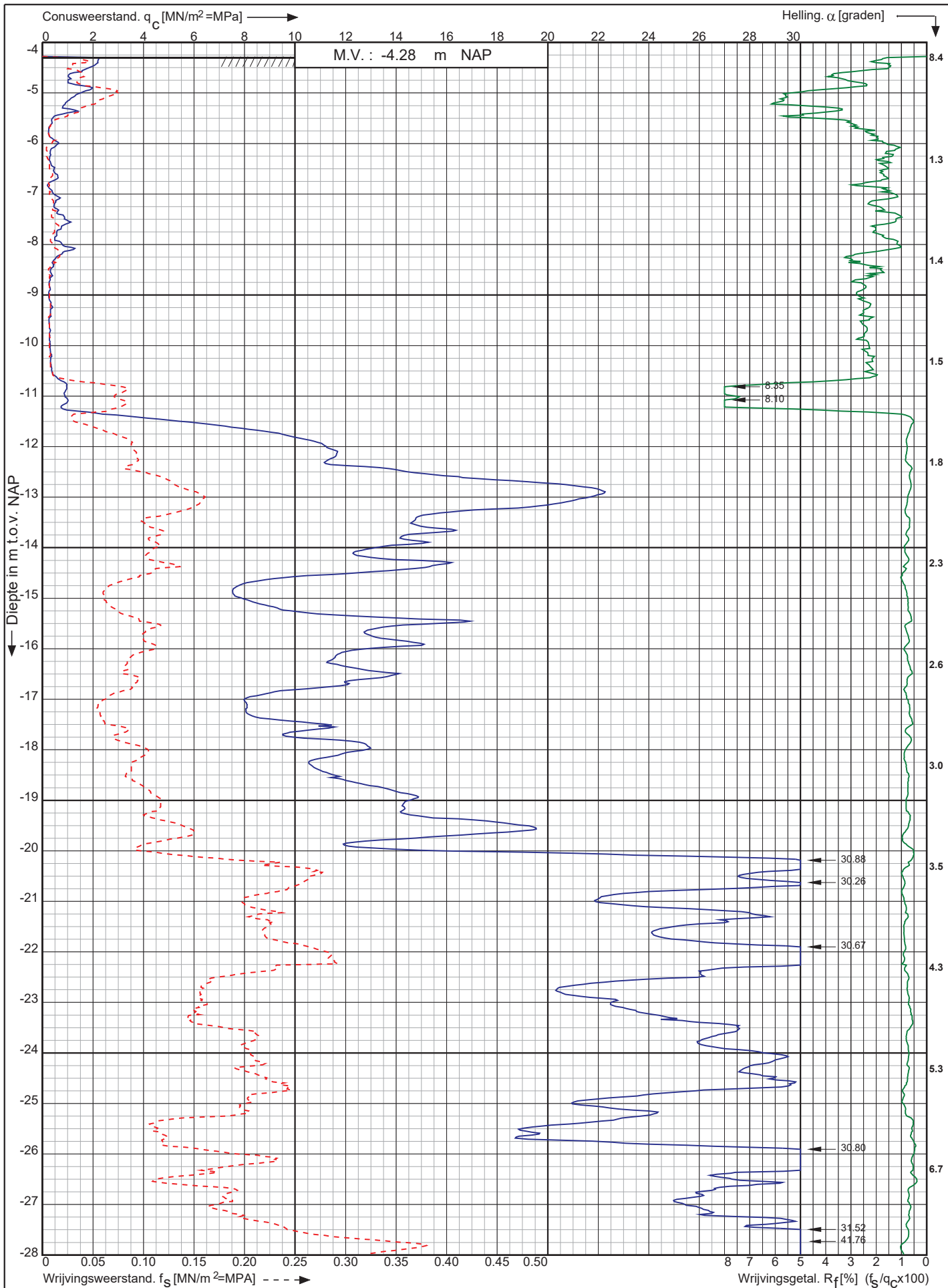
Sond. nr. : 5

 **Koops**
grondmechanica
0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118519.95 Y = 477865.54

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 6

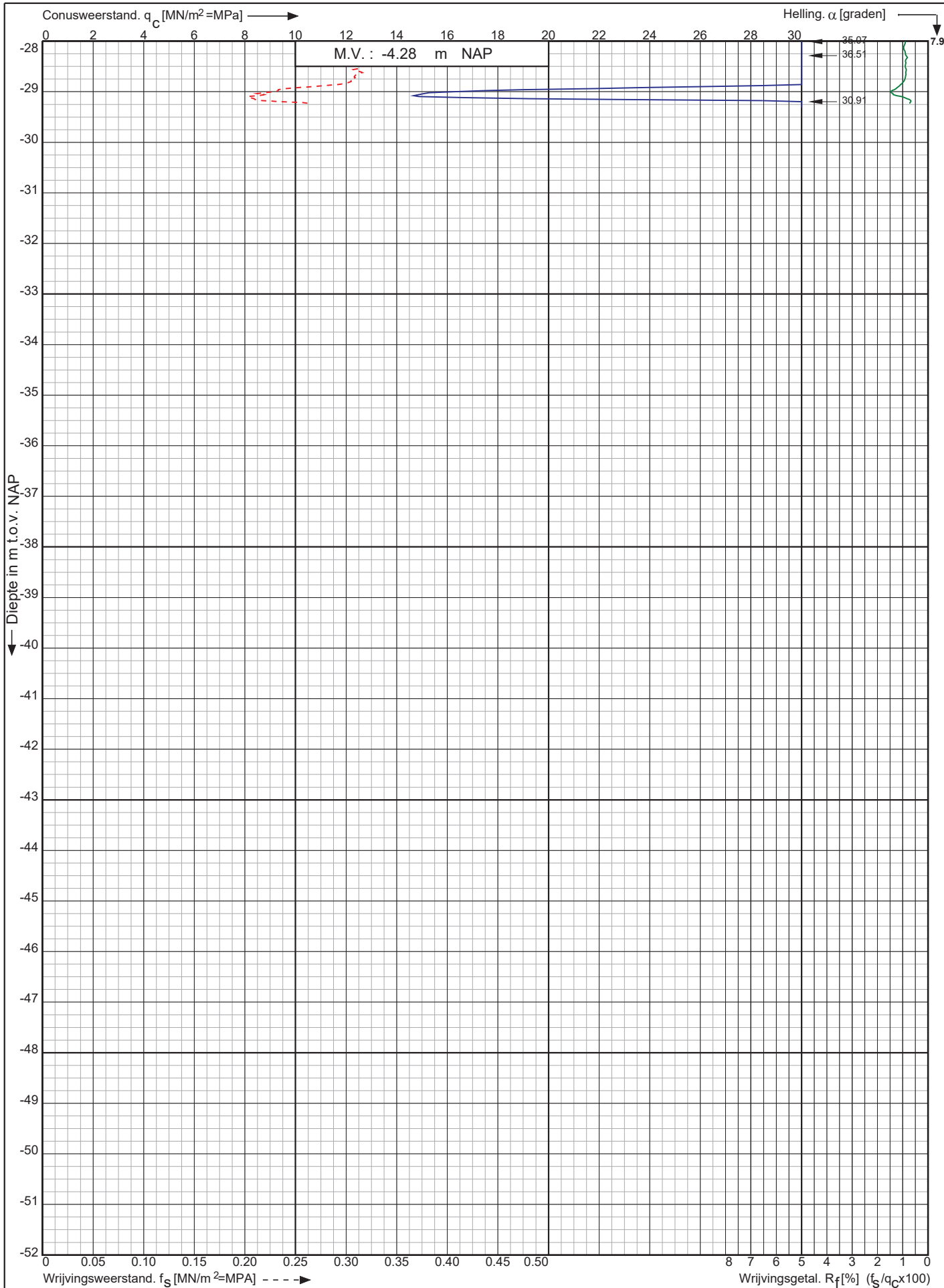
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118519.95 Y = 477865.54

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 6

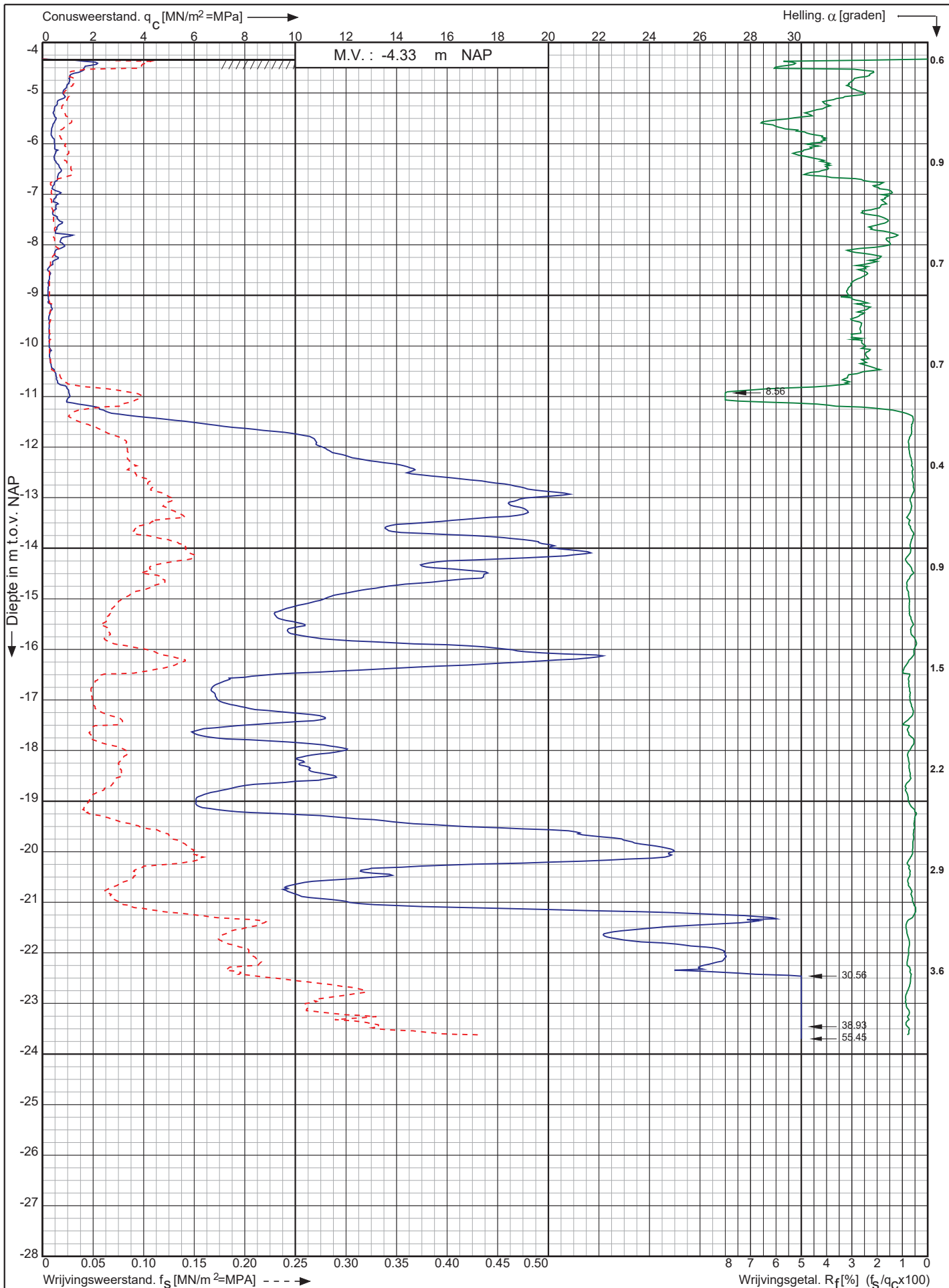
 **Koops**
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118533.42 Y = 477828.96

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 7

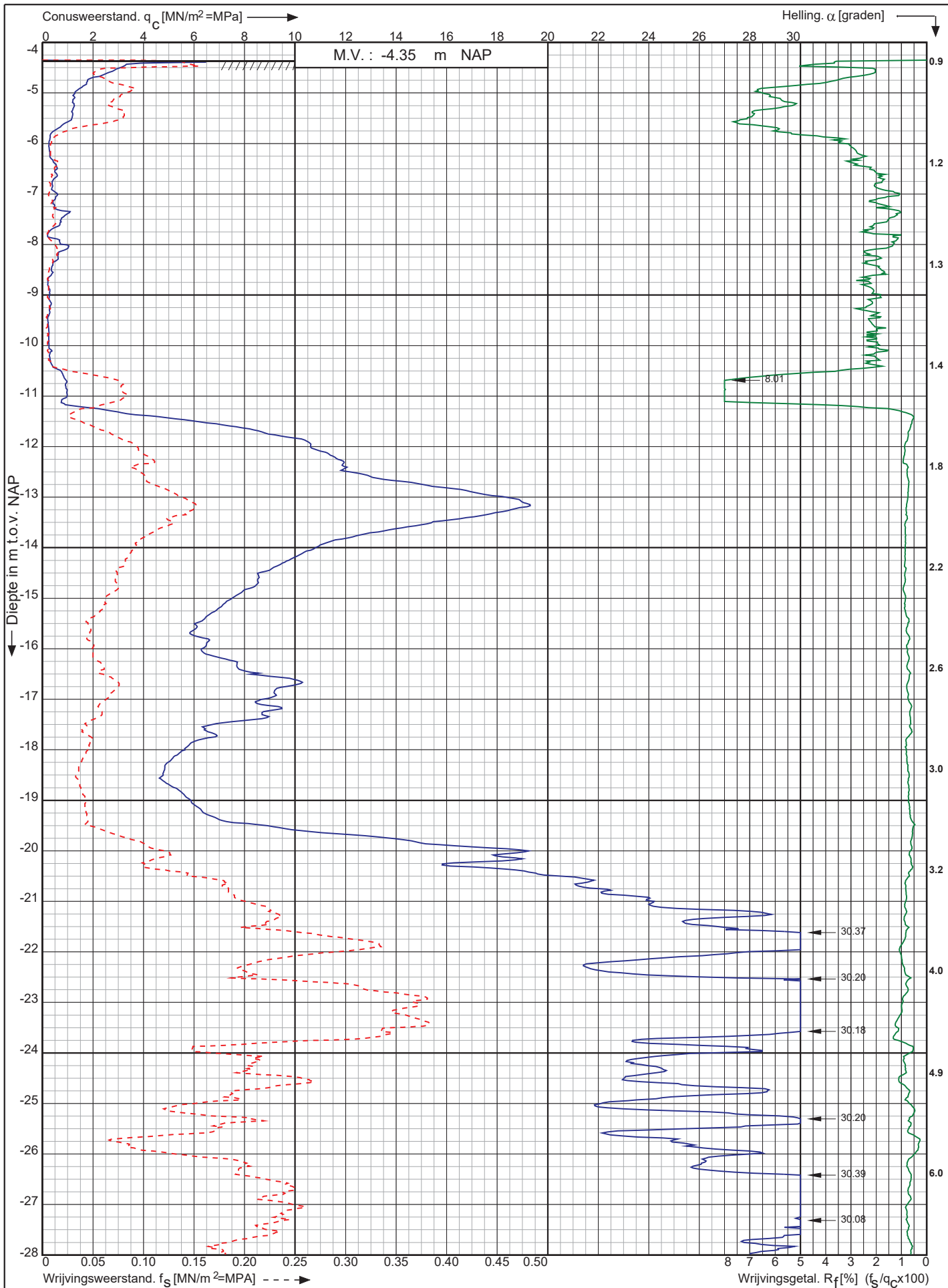


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118538.06 Y = 477846.34

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 8

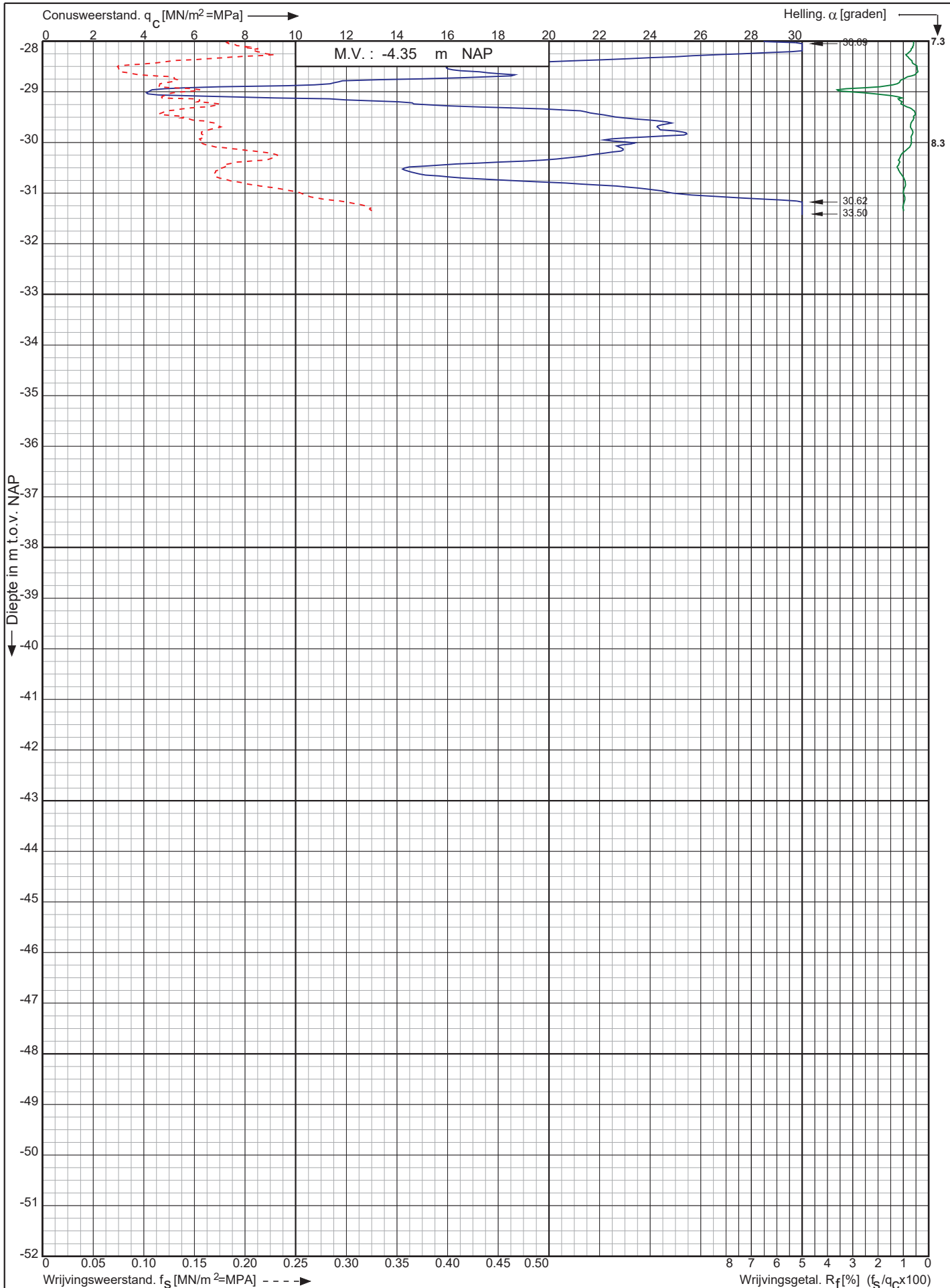
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 8

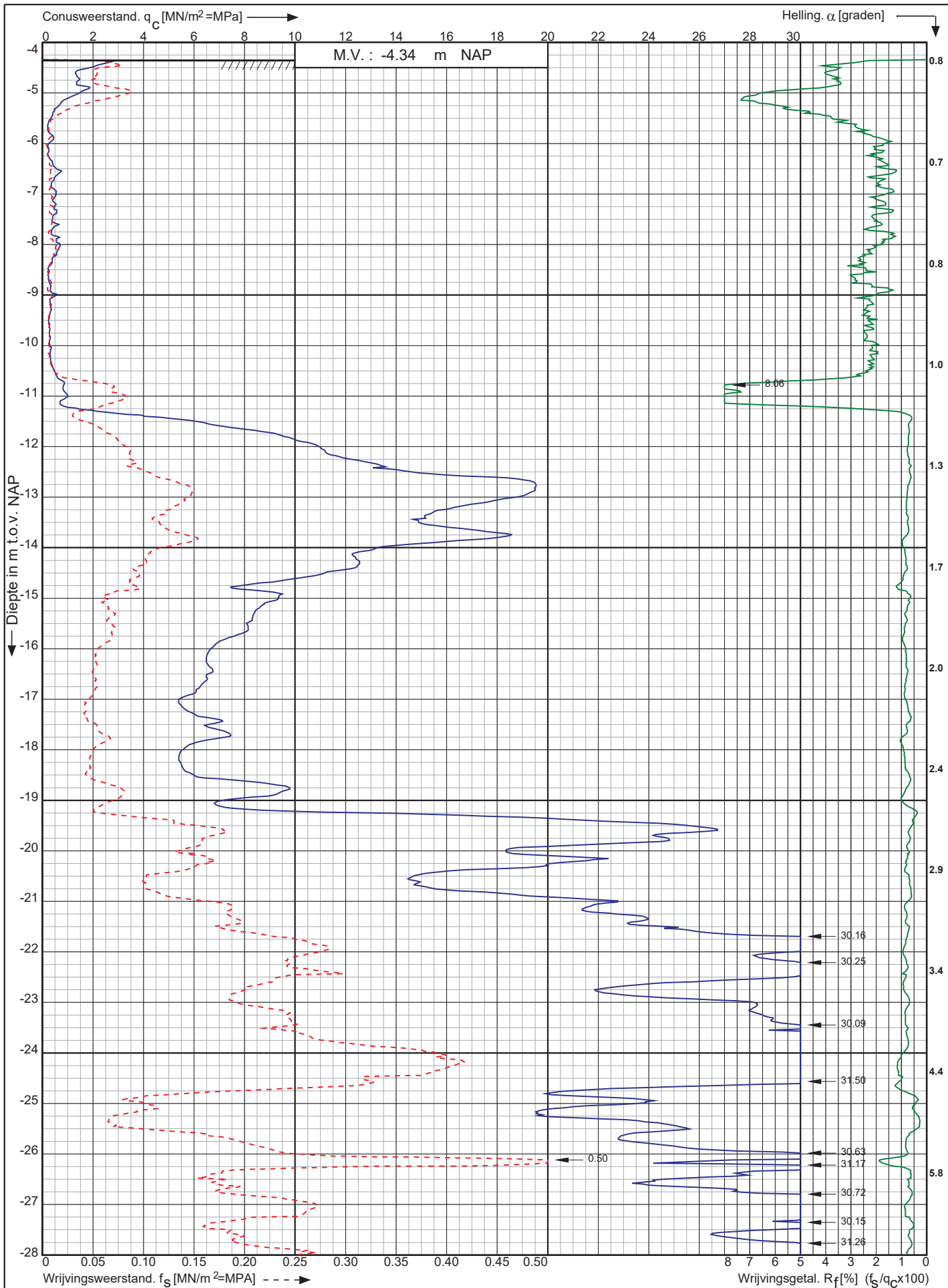
RD-coördinaten : X = 118538.06 Y = 477846.34



Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118540.73 Y = 477860.91

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 9

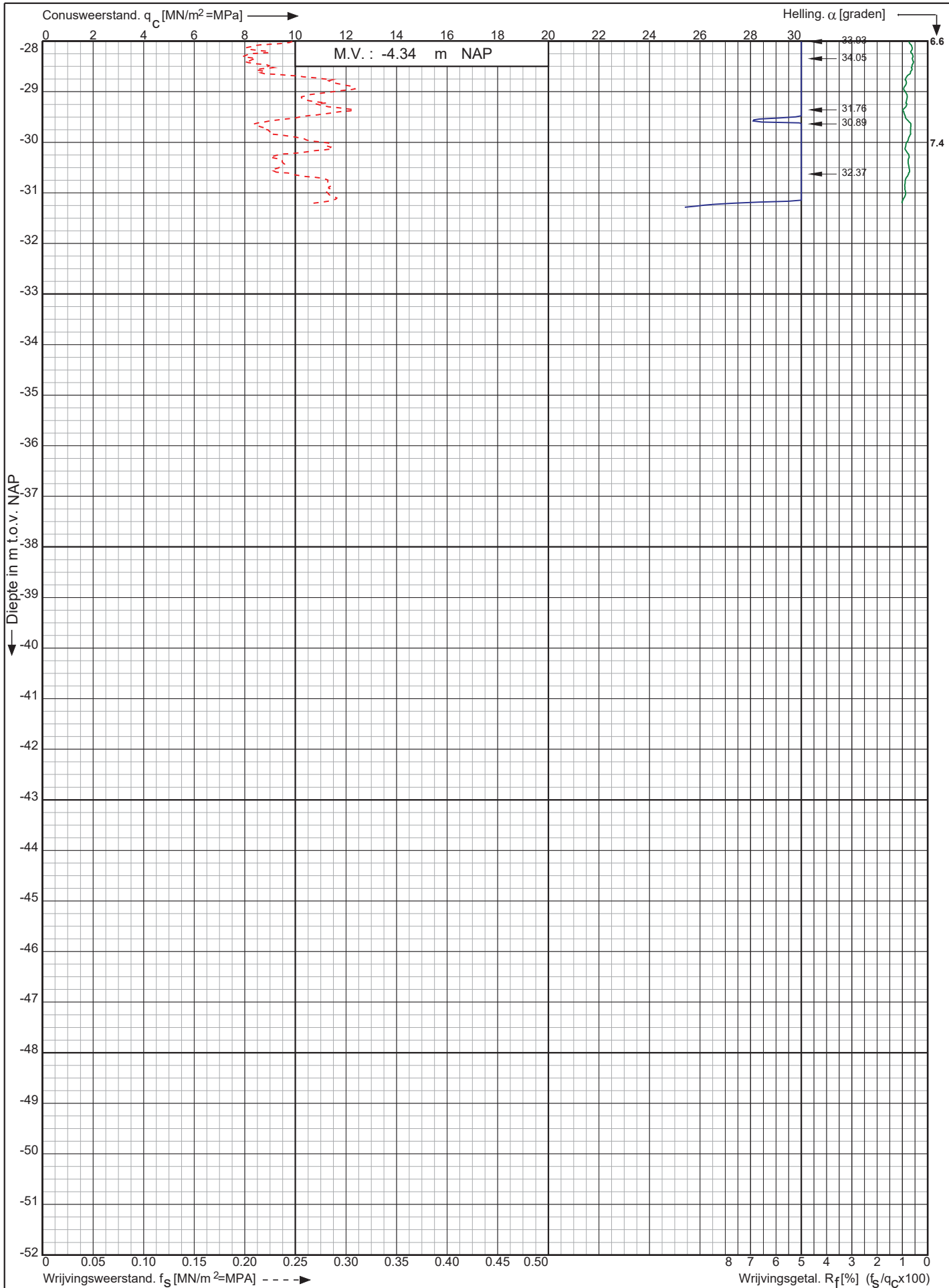
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118540.73 Y = 477860.91

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 9

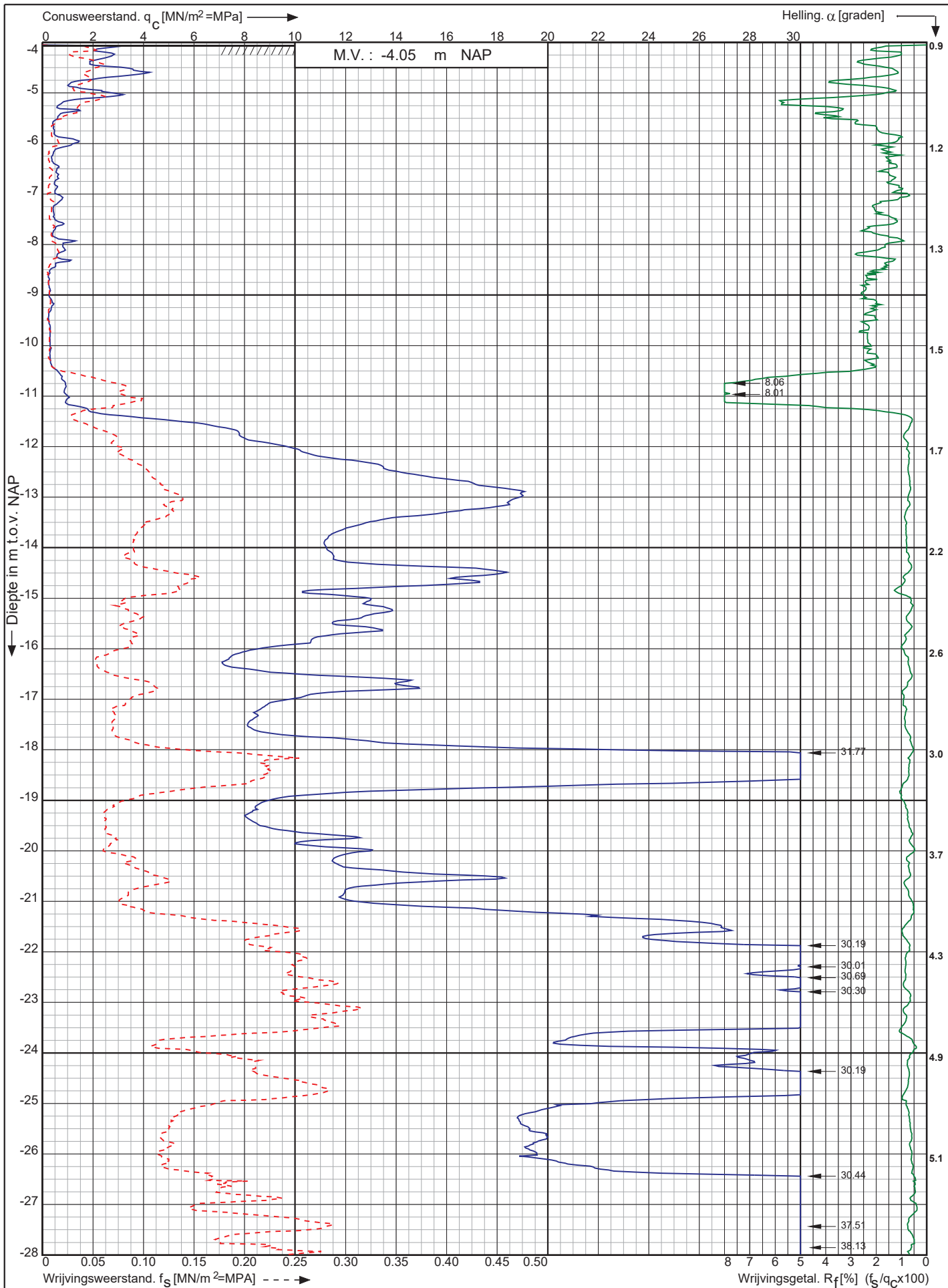
 **Koops**
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118534.97 Y = 477883.75

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 10

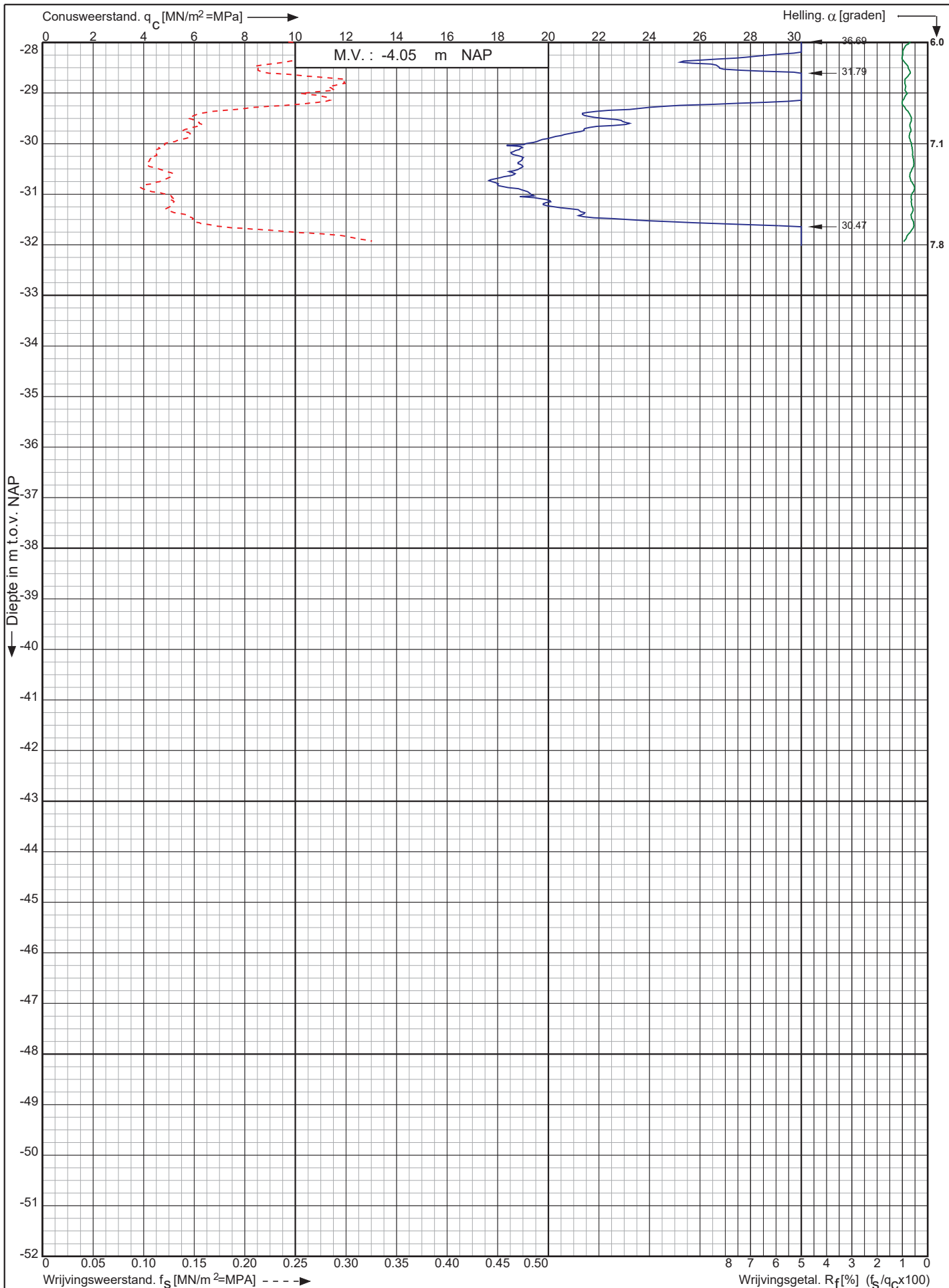
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 10

RD-coördinaten : X = 118534.97 Y = 477883.75

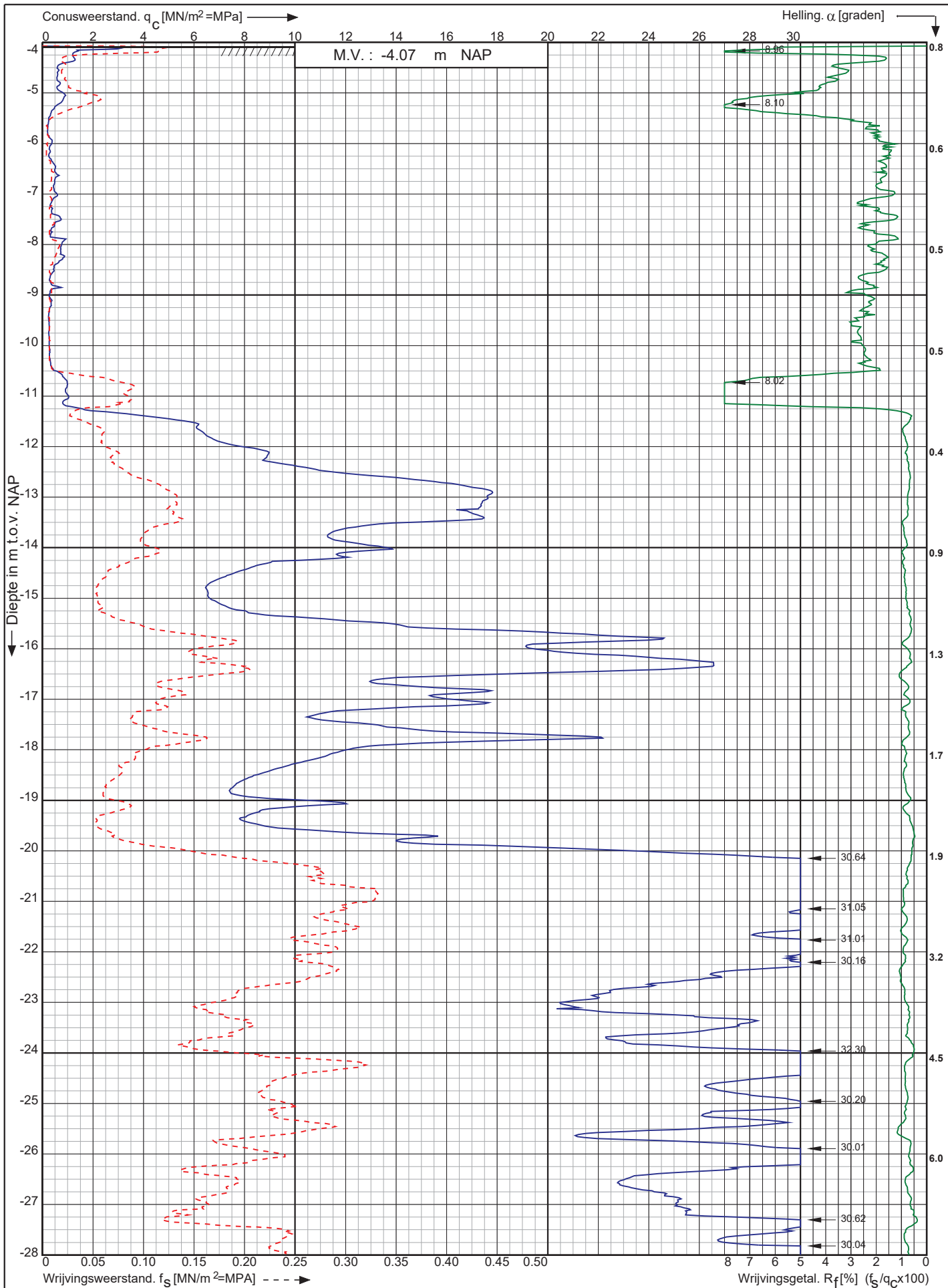


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118546.12 Y = 477881.67

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 11

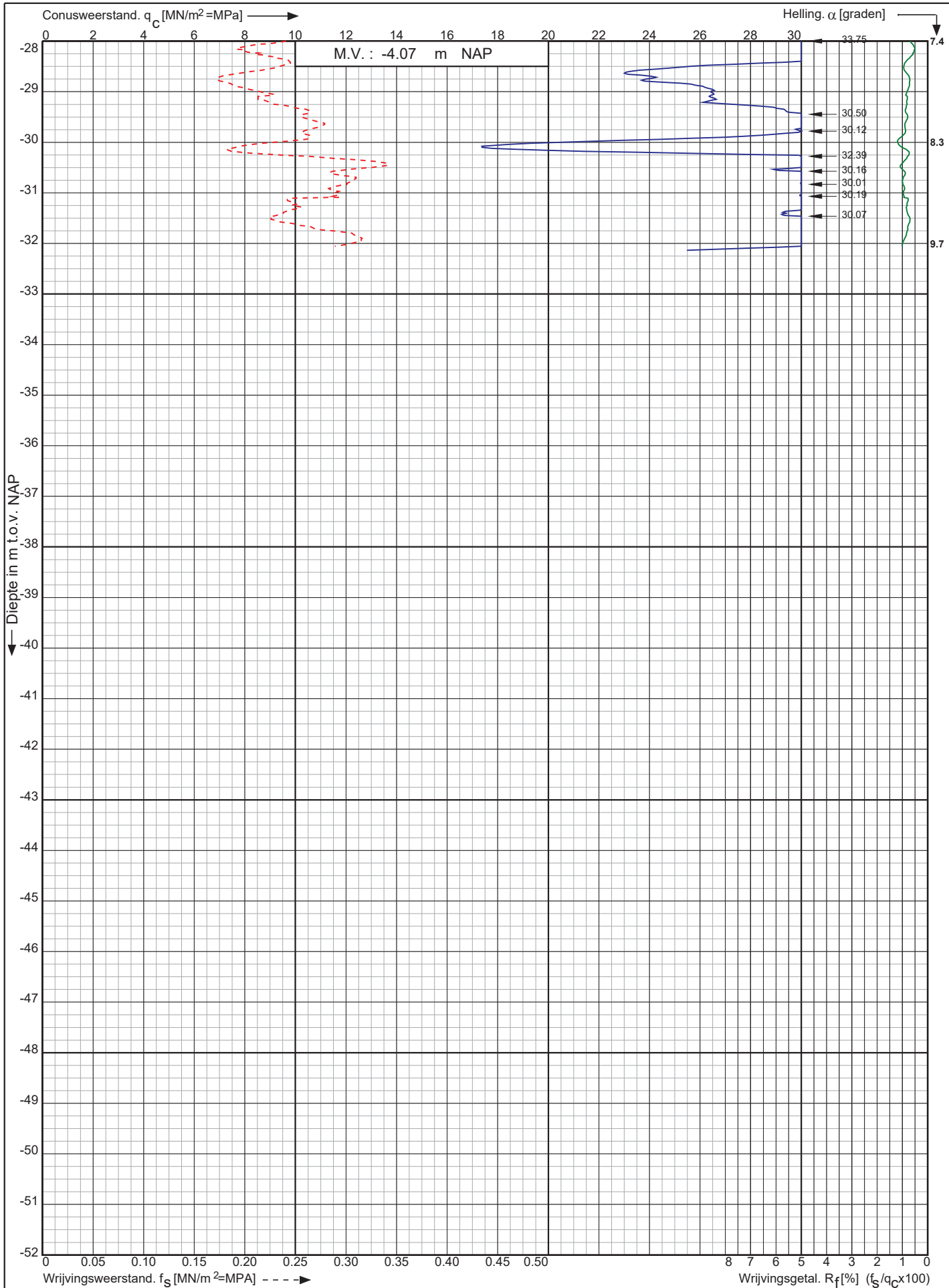
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118546.12 Y = 477881.67

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 11

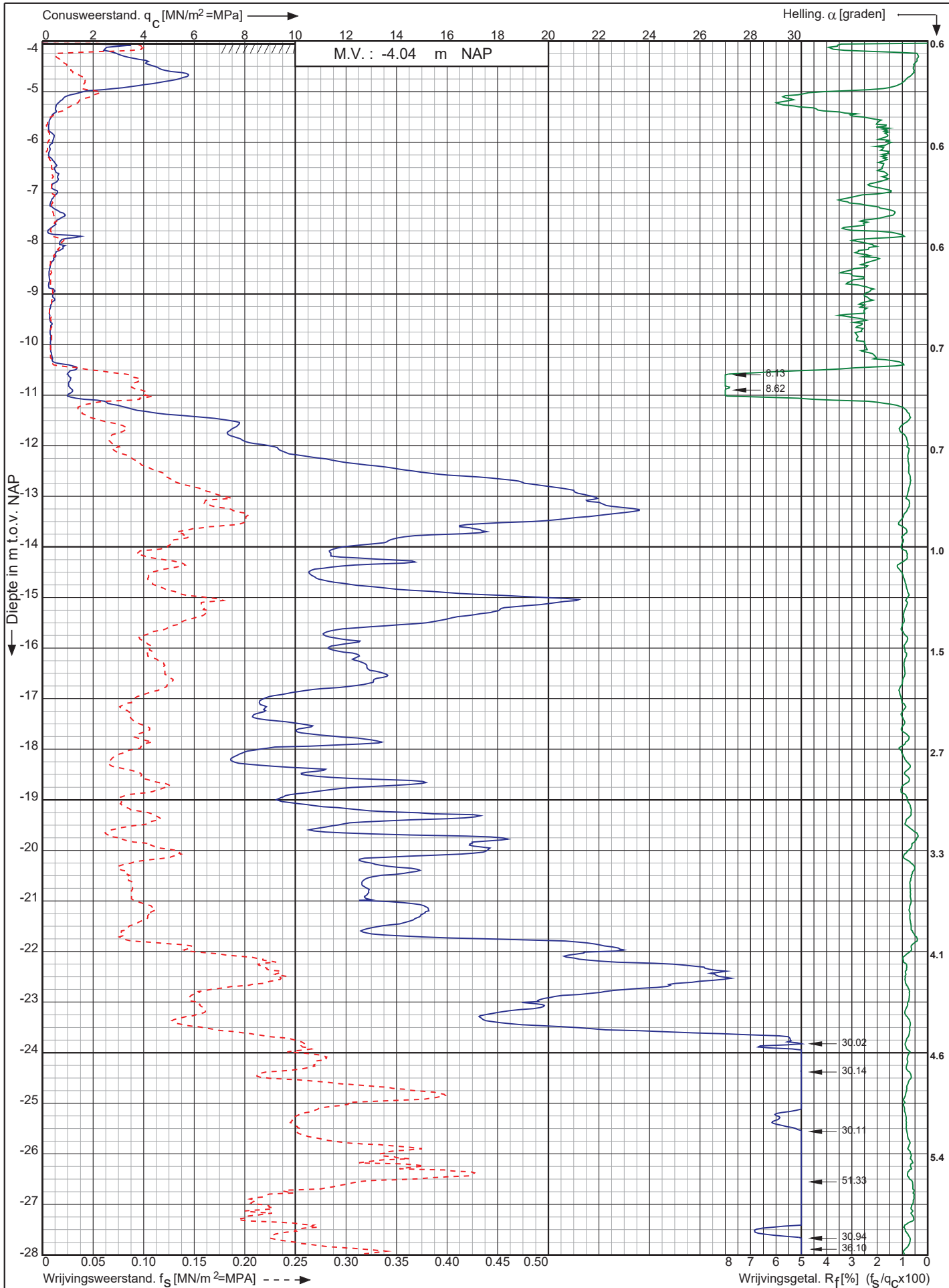
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118539.17 Y = 477905.90

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 12

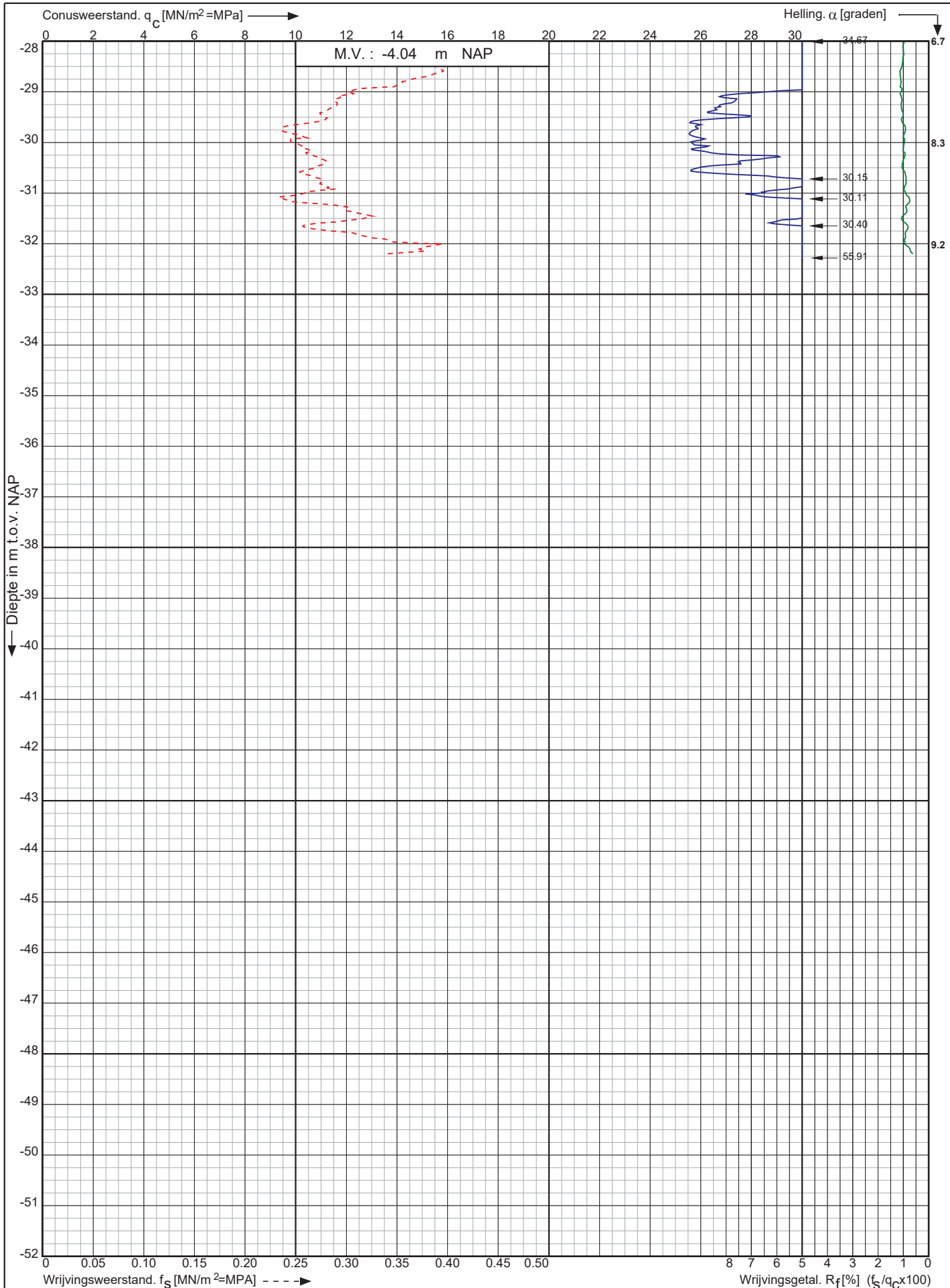
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 12

RD-coördinaten : X = 118539.17 Y = 477905.90

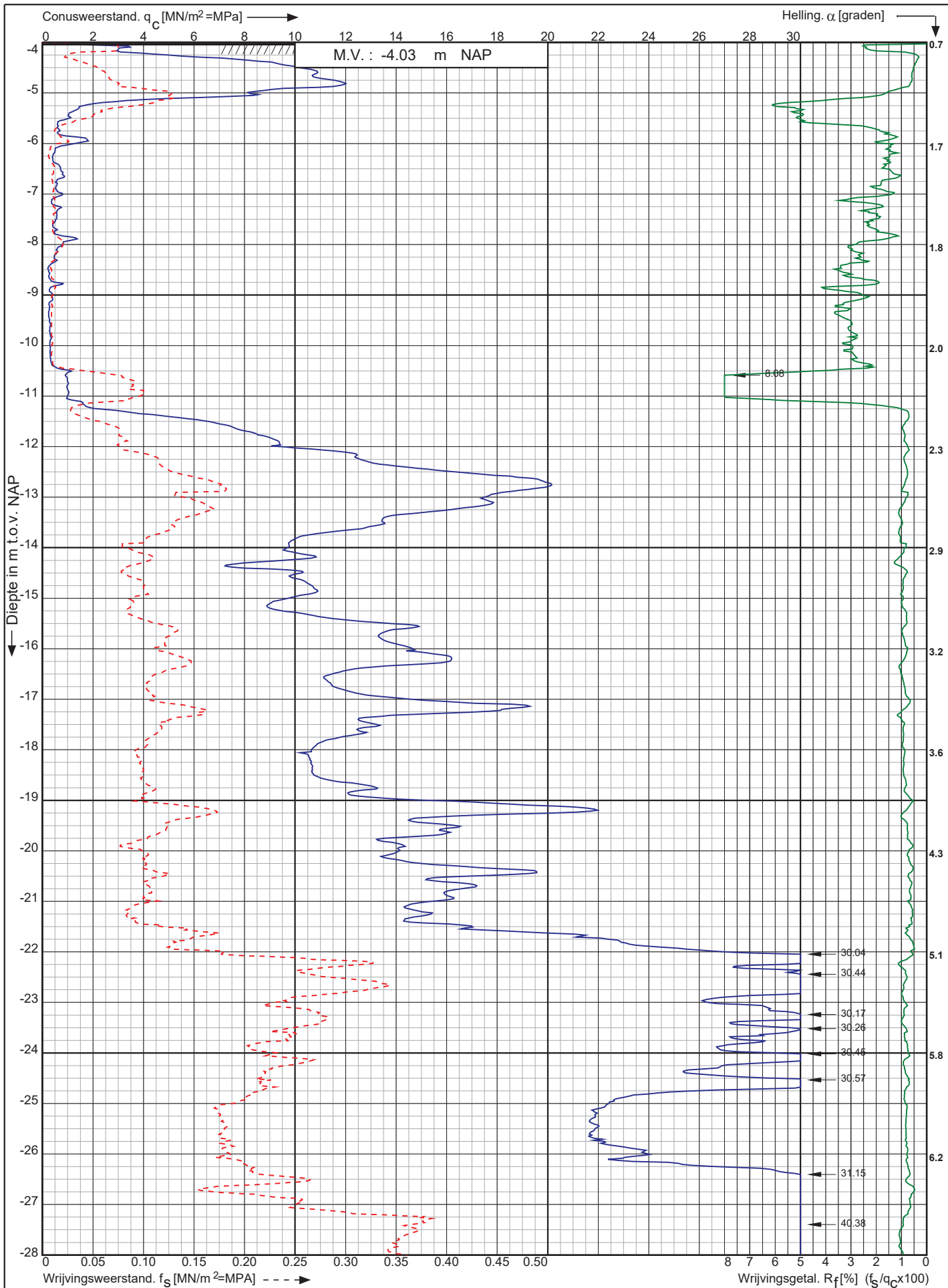


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118550.25 Y = 477903.32

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv.: 7-7-2022

Sond. nr. : 13

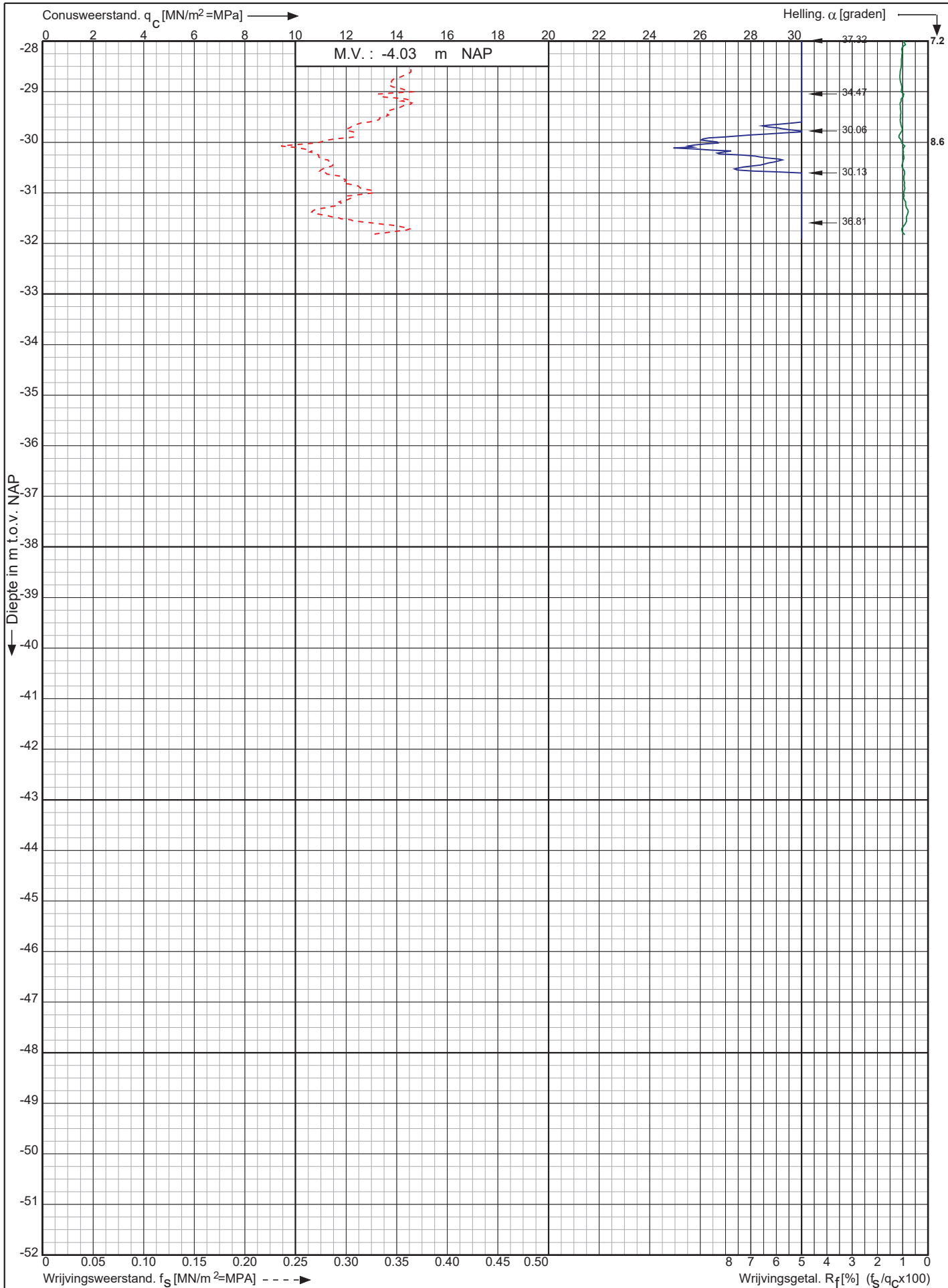
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118550.25 Y = 477903.32

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 13

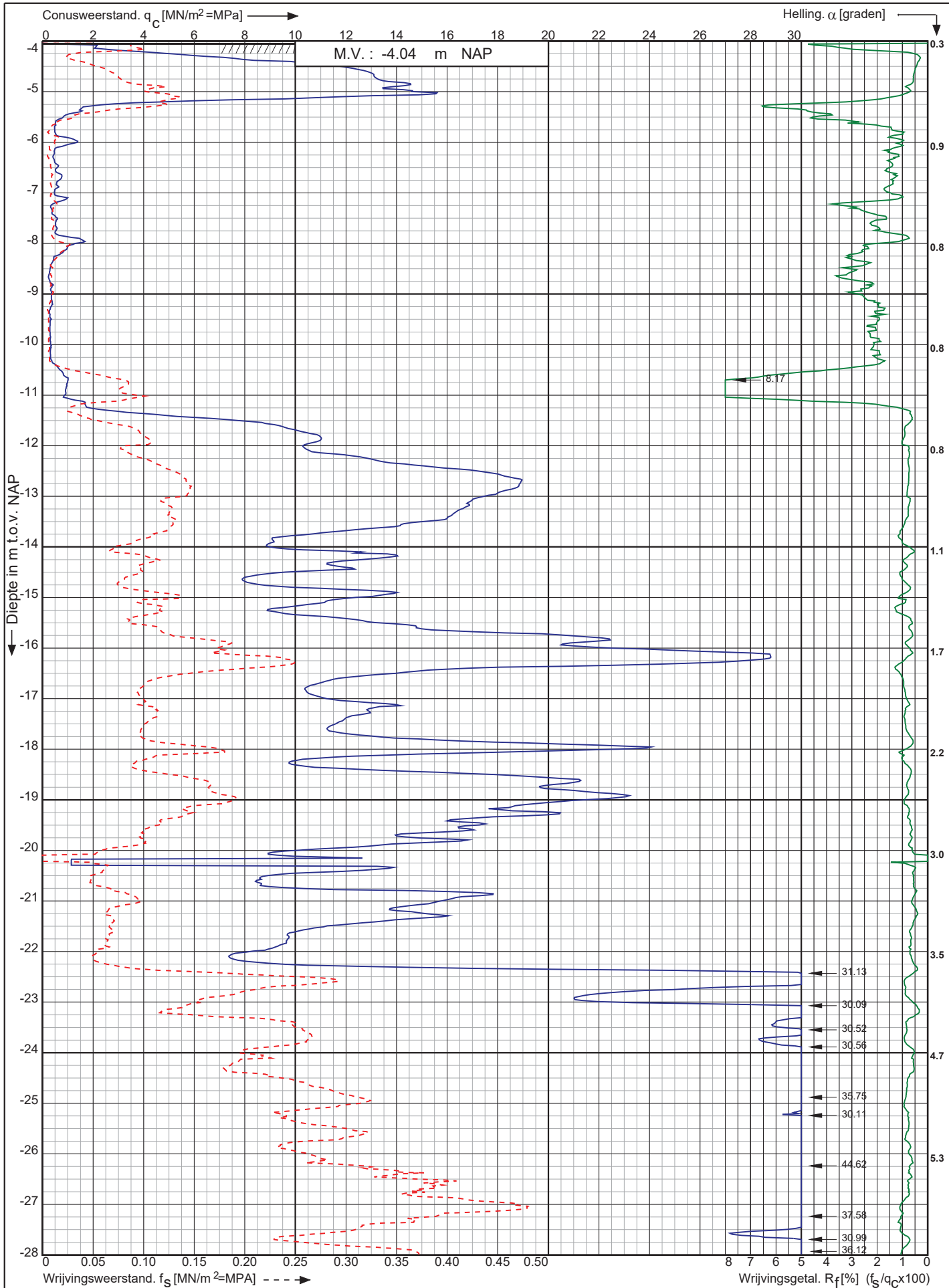
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118542.81 Y = 477924.71

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 14

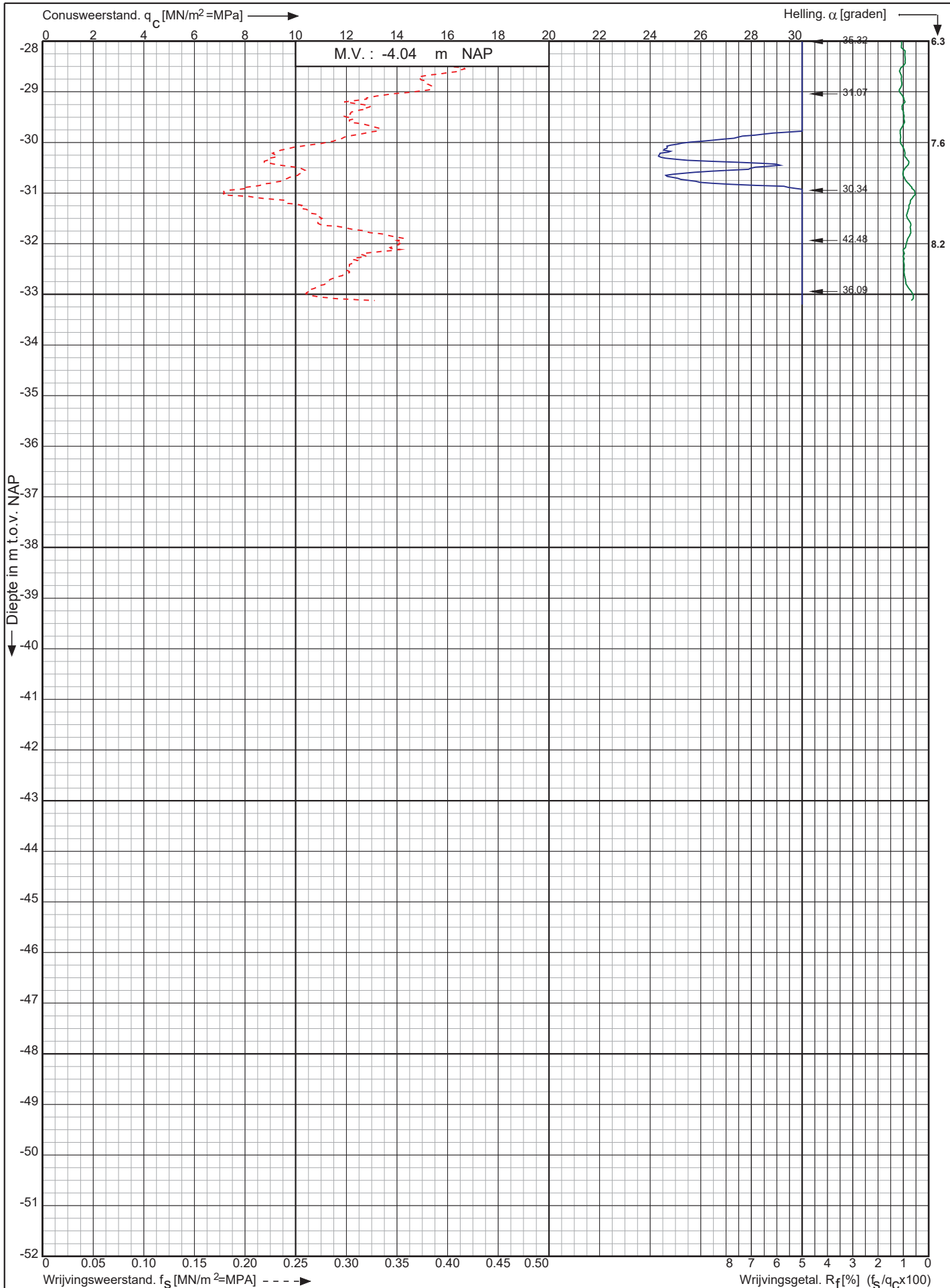


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 14

RD-coördinaten : X = 118542.81 Y = 477924.71

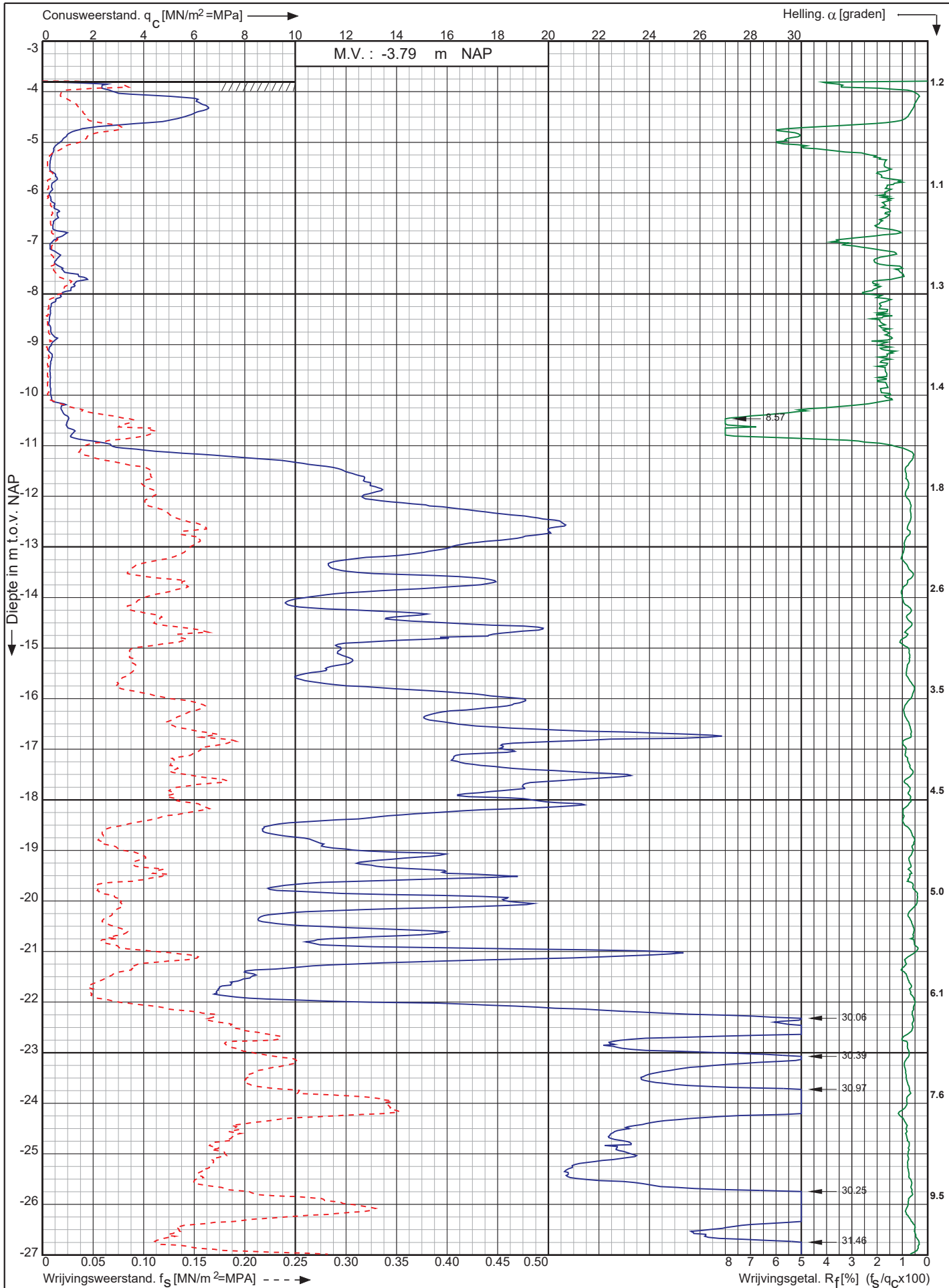


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118554.39 Y = 477922.45

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 15

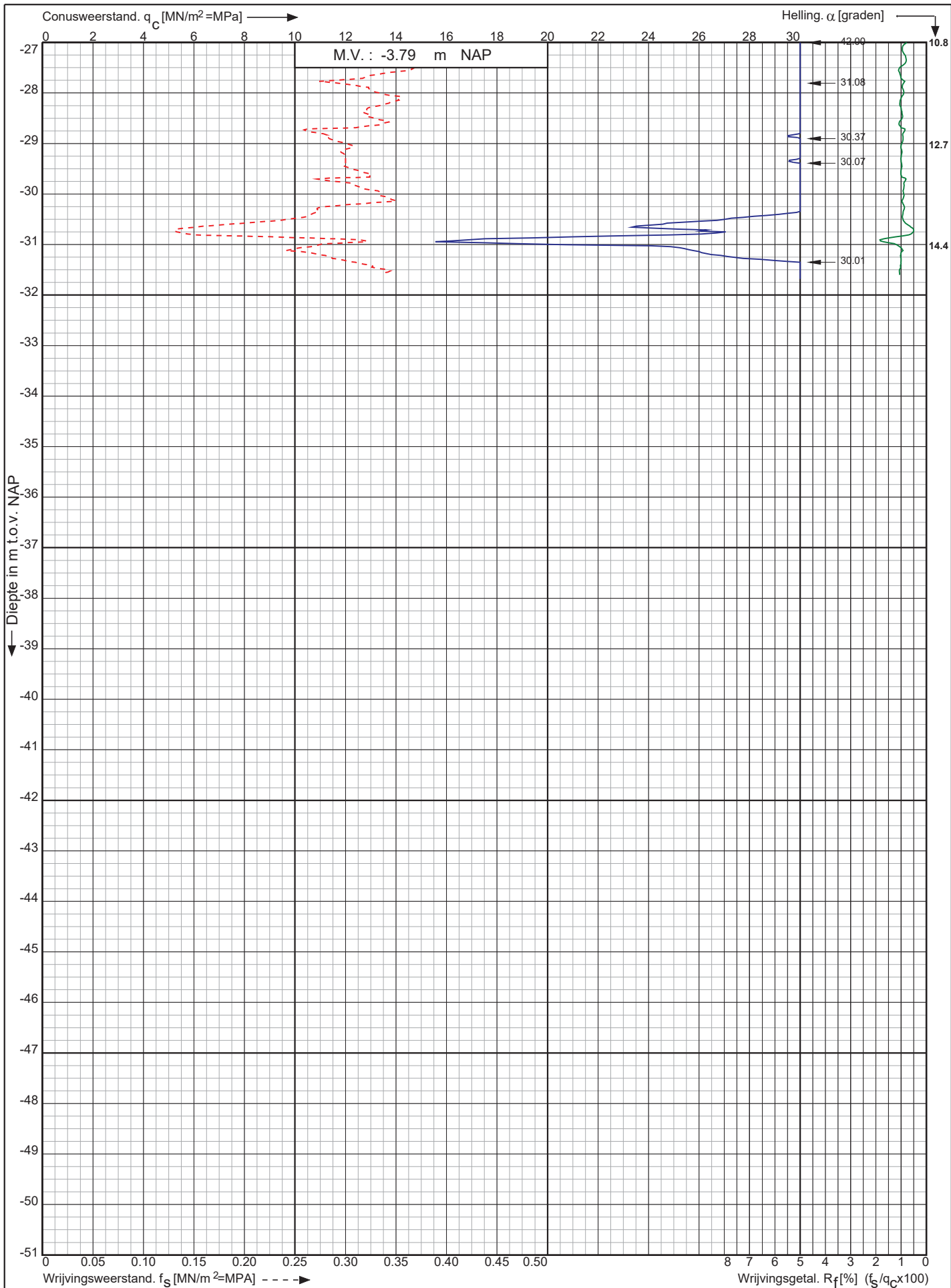
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118554.39 Y = 477922.45

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

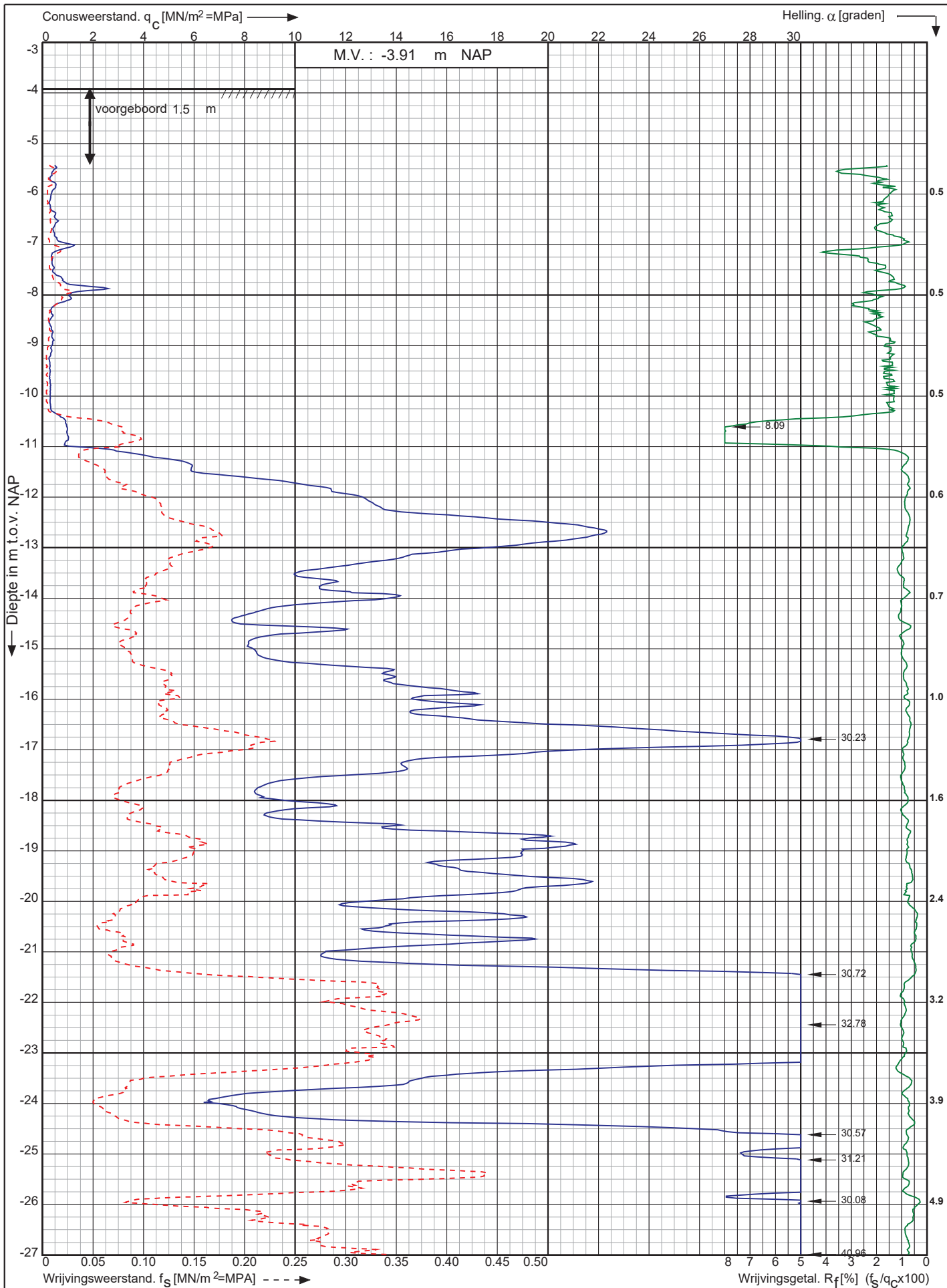
Sond. nr. : 15

 **Koops**
grondmechanica
0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118538.51 Y = 477943.08

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 16

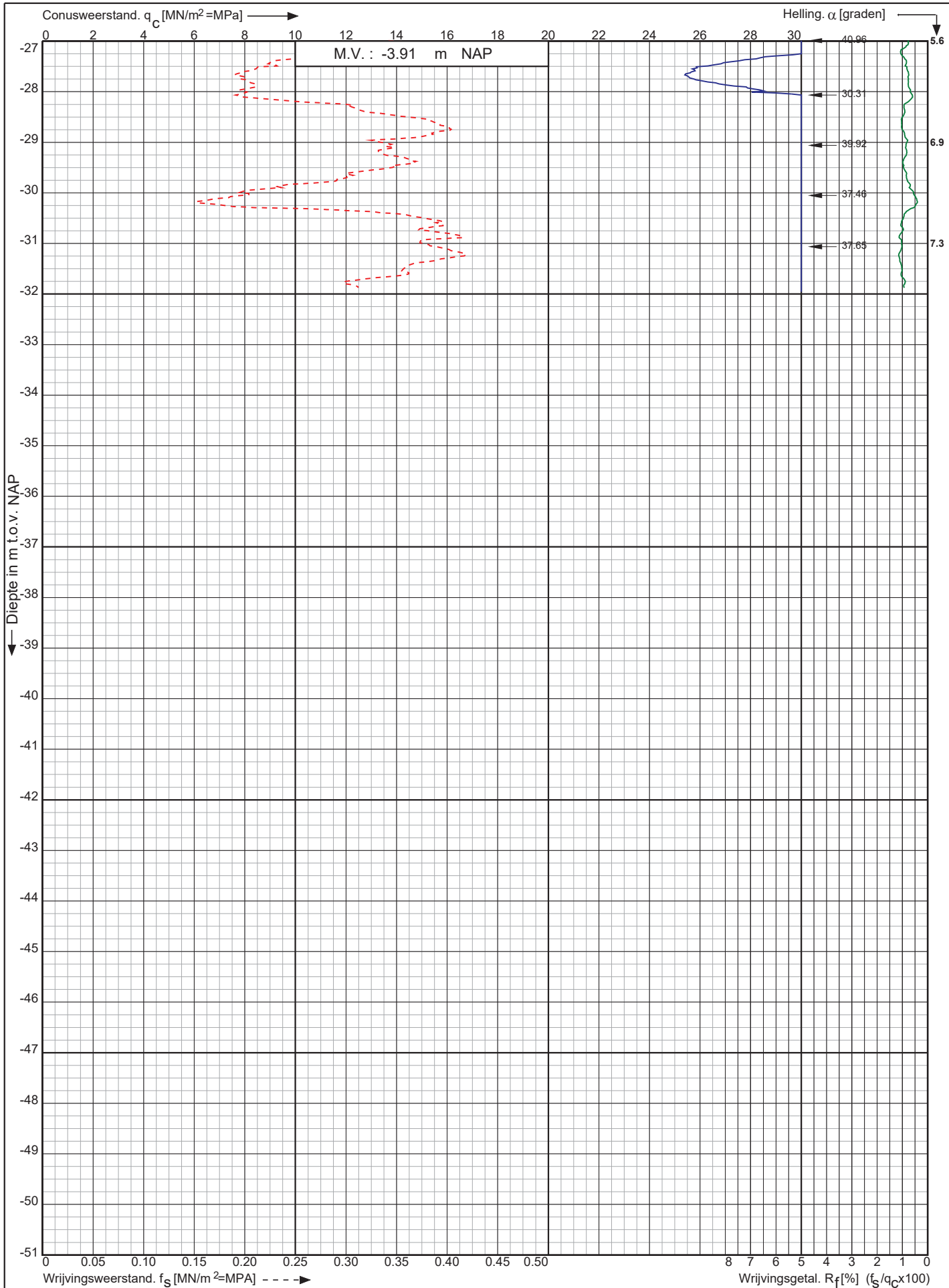
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118538.51 Y = 477943.08

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 16

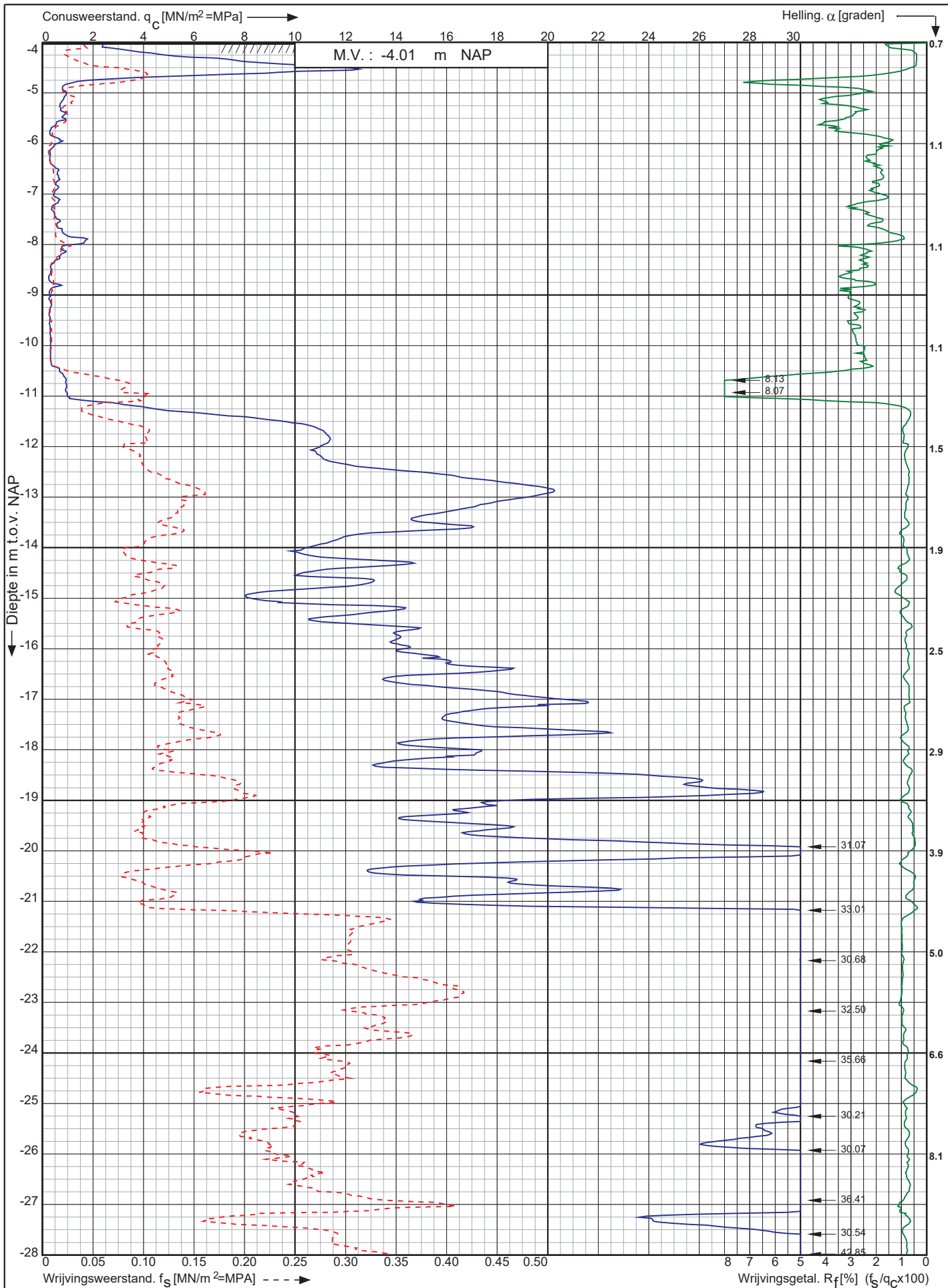
 **Koops**
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118557.43 Y = 477942.06

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 17

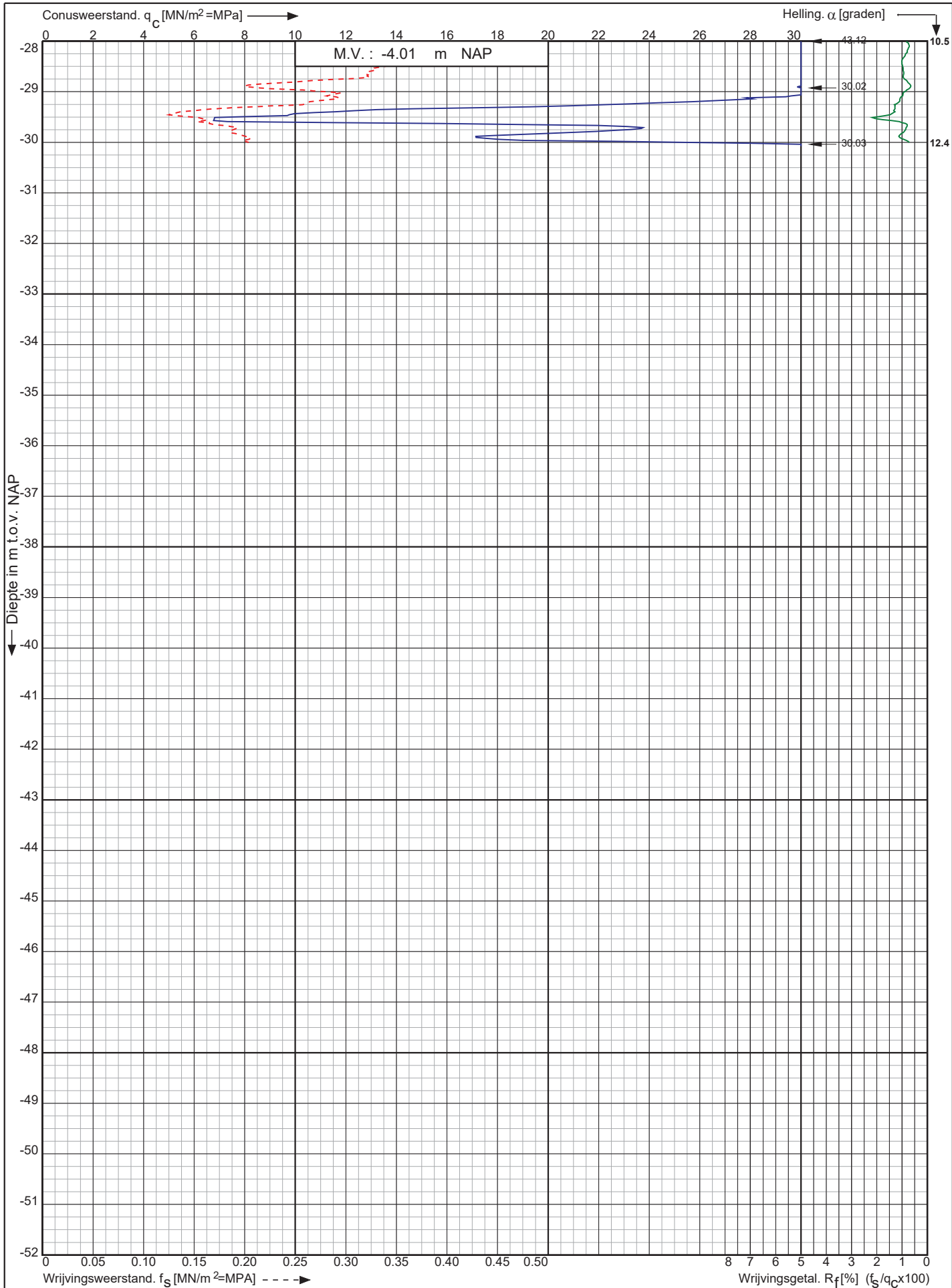
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te Amstelveen

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 7-7-2022

Sond. nr. : 17

RD-coördinaten : X = 118557.43 Y = 477942.06

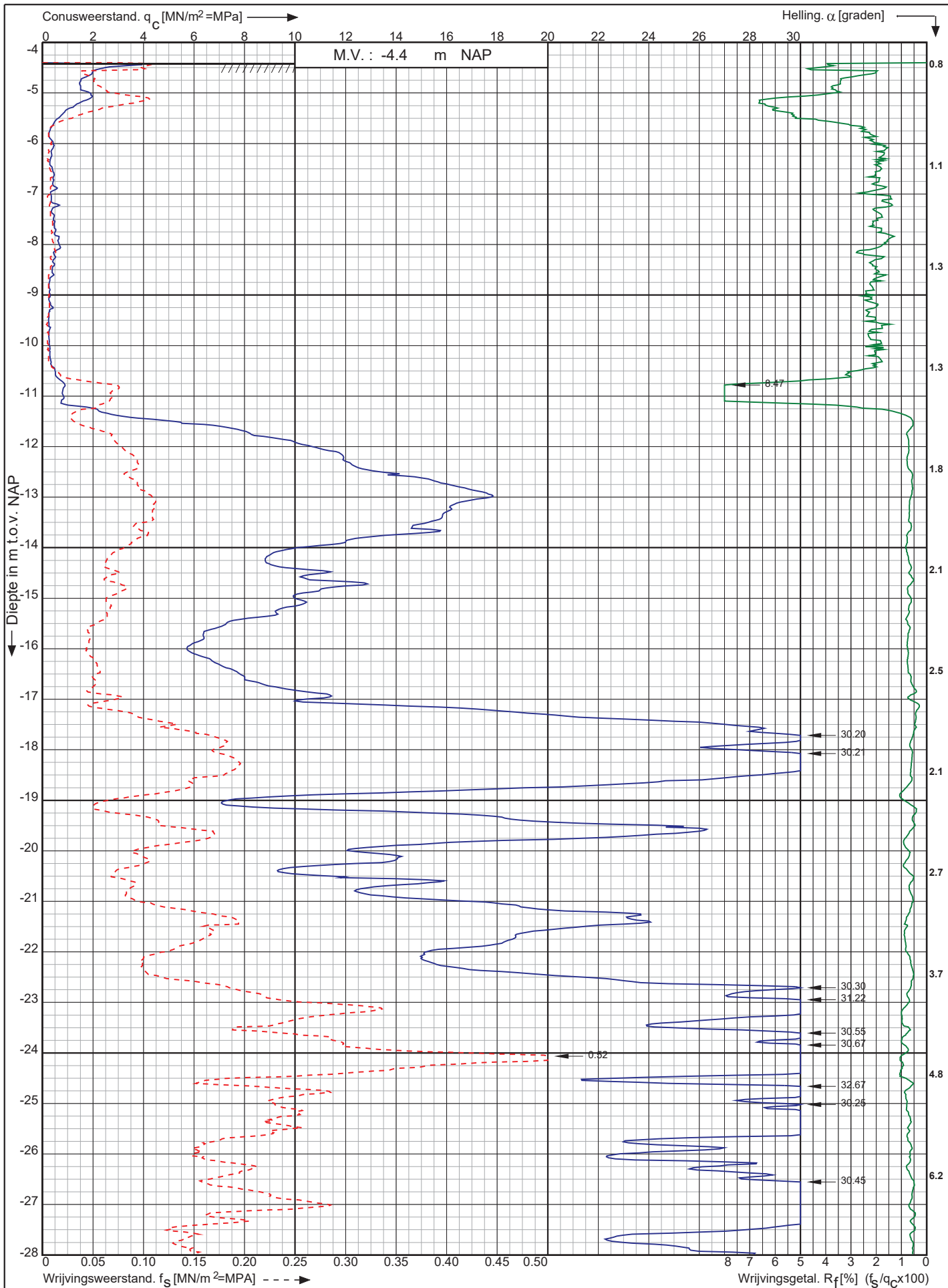


0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118531.18 Y = 477814.59

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 18

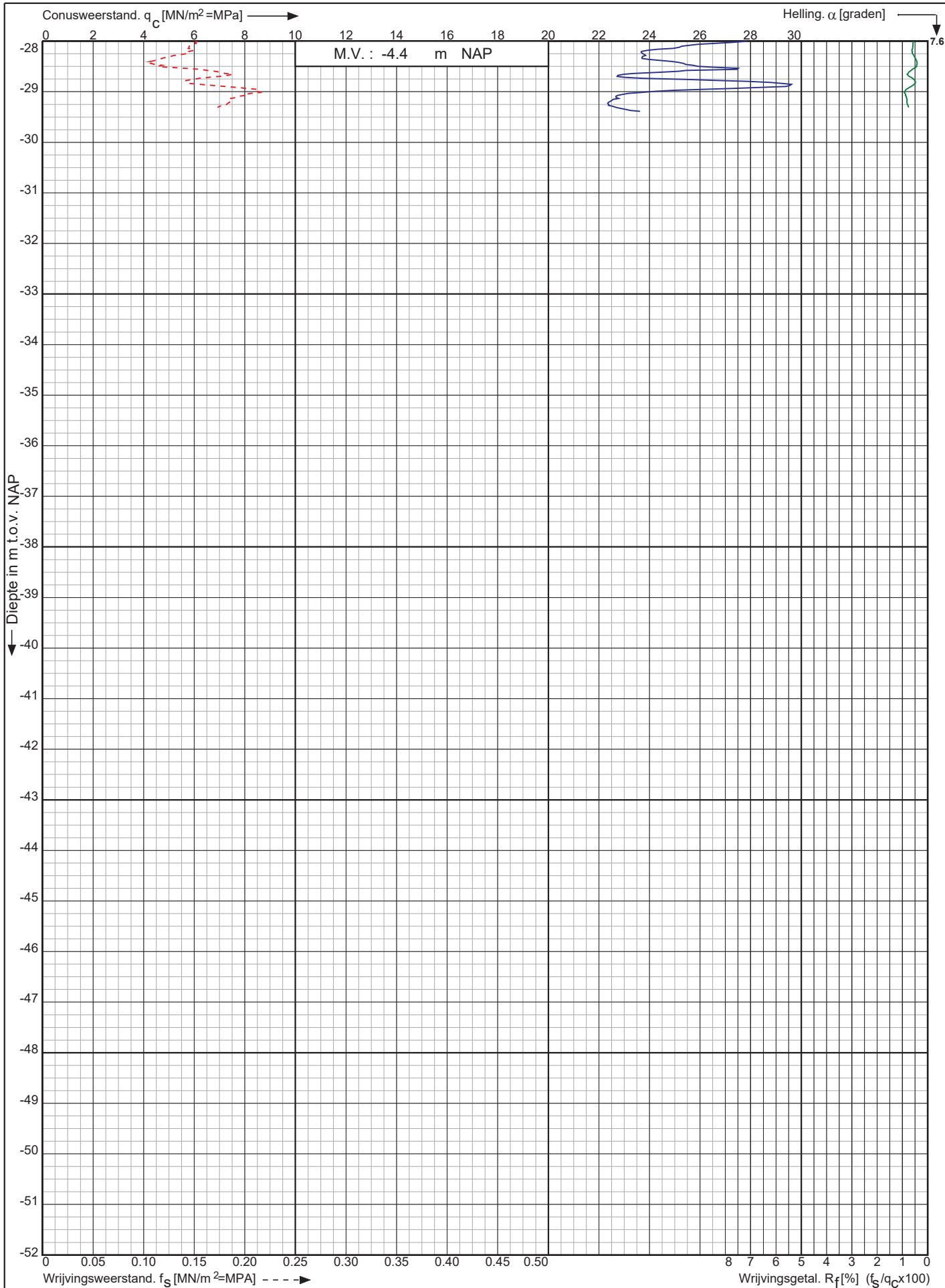
Koops
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118531.18 Y = 477814.59

Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 8-7-2022

Sond. nr. : 18

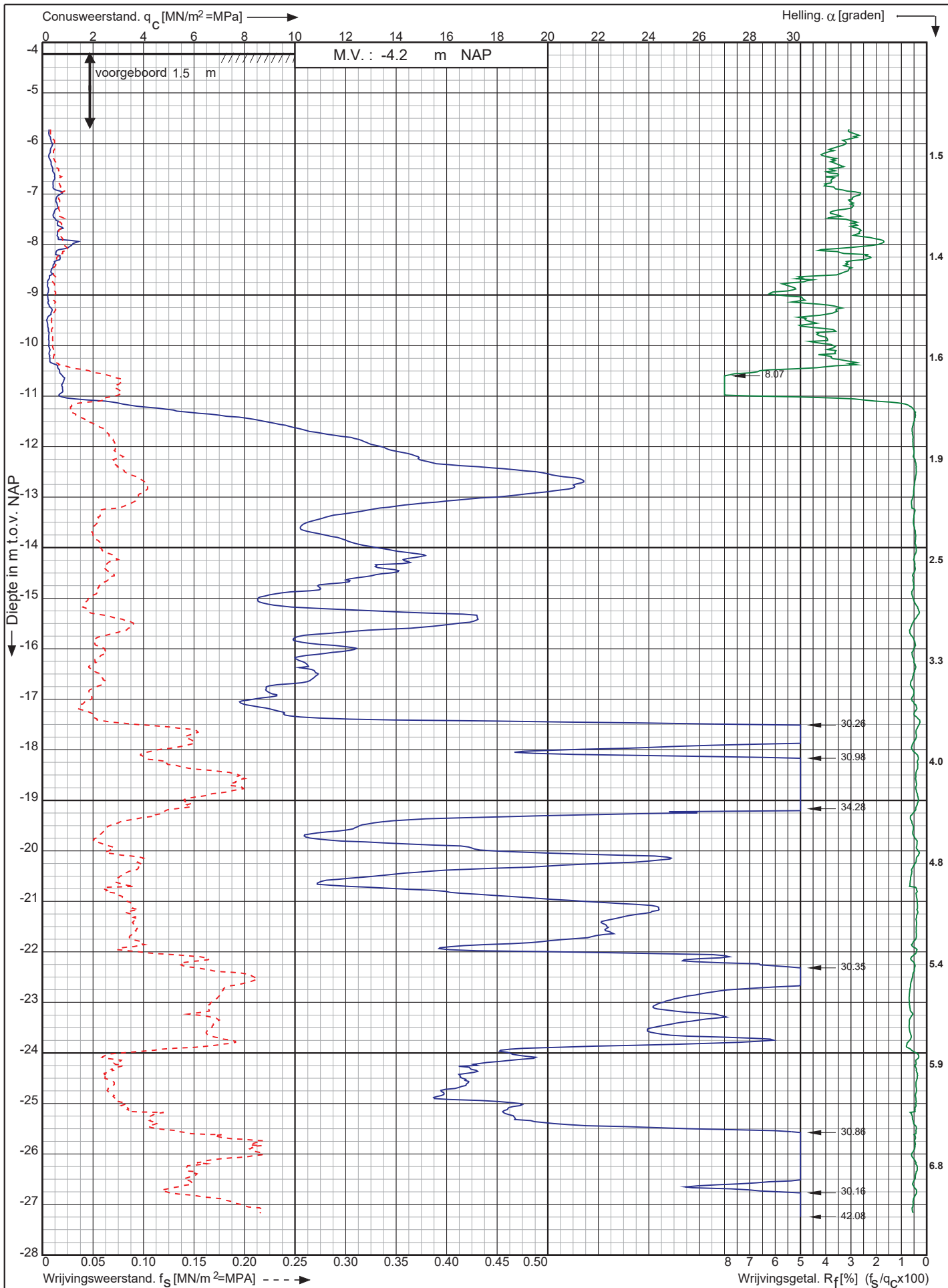
 **Koops**
grondmechanica

0522 - 260 084

Conusserienummer: 071083

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbr. zwembad de Meerkamp a/d Van der Hooplaan 239 te
Amstelveen

RD-coördinaten : X = 118520.45 Y = 477789.41

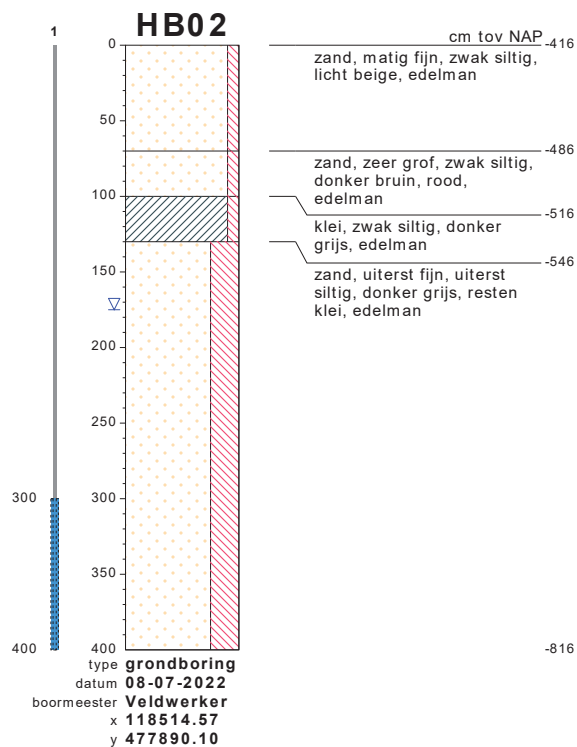
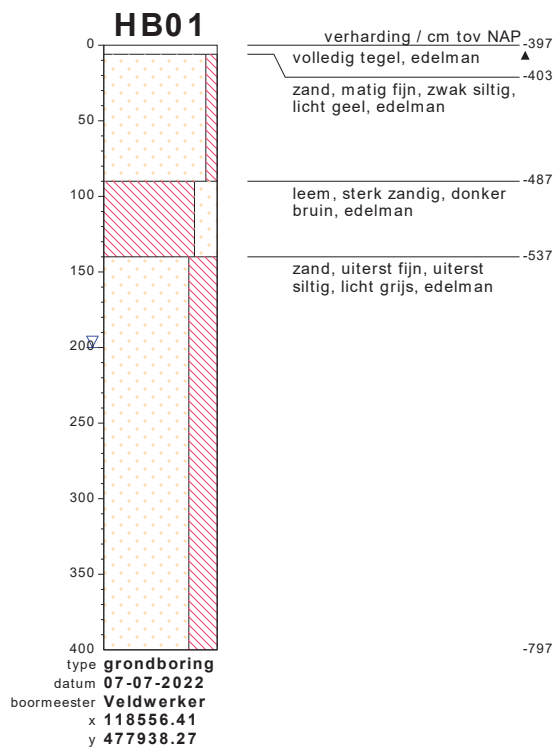
Opdr. nr. : 5045

Datum uitv. : 18-7-2022

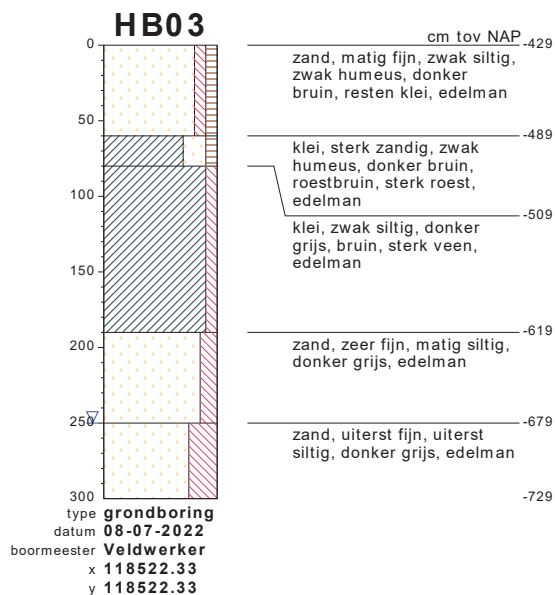
Sond. nr. : 19

Koops
grondmechanica

0522 - 260 084



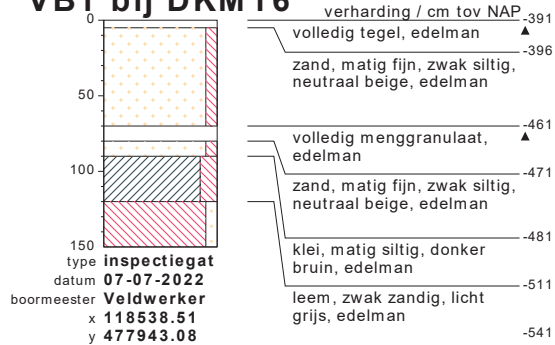
Grondwaterstand in peilbuis d.d. 18-07-2022: 1,15 m- maaiveld



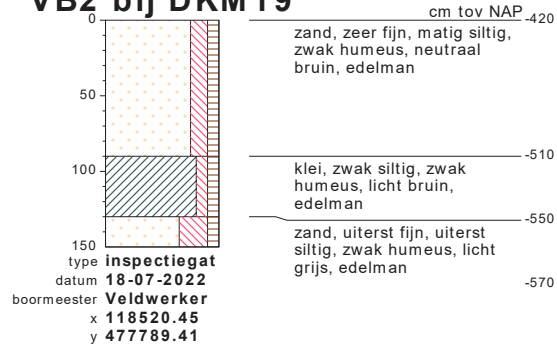
bodemprofielen schaal 1:50

onderzoek uitbreiding zwembad de Meerkamp aan de Van der Hooplaan 239 te Amstelveen
projectcode 5045
getekend conform NEN 5104

VB1 bij DKM16



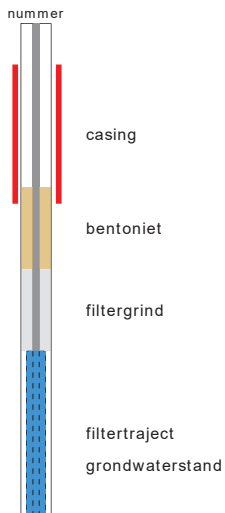
VB2 bij DKM19



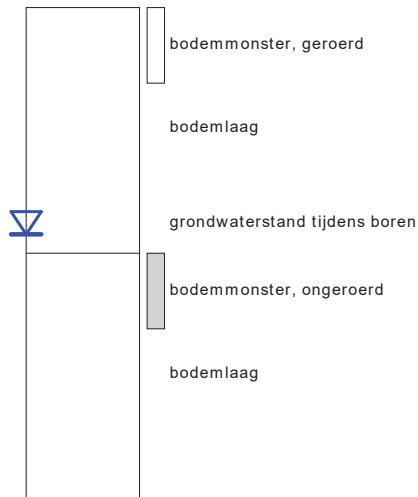
bodemprofielen **schaal 1:50**

onderzoek **uitbreiding zwembad de Meerkamp aan de Van der Hooplaan 239 te Amstelveen**
projectcode **5045**
getekend conform **NEN 5104**

PEILBUIJS

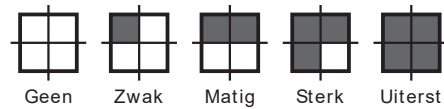


BORING

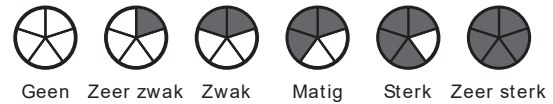


links= cm-maaiveld
rechts= cm + NAP

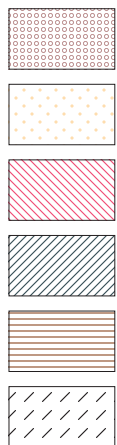
OLIE OP WATER REACTIE



GEUR INTENSITEIT



GRONDSOORTEN



GRIND, grindig (G,g)

ZAND, zandig (Z,z)

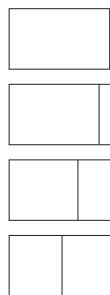
LEEM, siltig (L,s)

KLEI, kleiig (K,k)

VEEN, humeus (V,h)

slib

MATE VAN BIJMENGING



zwak - (0-5%)

matig - (5-15%)

sterk - (15-50%)

uiterst - (> 50%)

VERHARDINGEN

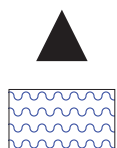


asfalt, beton, klinkers, tegels
stelconplaat, ondoordringbare laag

GRADATIE ZAND

uf = uiterst fijn (63-105 um)
zf = zeer fijn (105-150 um)
mf = matig fijn (150-210 um)
mg = matig grof (210-300 um)
zg = zeer grof (300-420 um)
ug = uiterst grof (420-2000 um)

OVERIG



bodemvreemde bestandsdelen aanwezig

water

GRADATIE GRIND

f = fijn (2-5.6 mm)
mg = matig grof (5.6-16 mm)
zg = zeer grof (16-63 mm)

BESCHRIJVING BODEMLAAG

pid = foto ionisatie detector
bv = bodemvocht
ow = olie op water

Logformulier wegdrukbare peilbuizen

Opdrachtnummer:

5045

		Peilbuisnummer:		MDF1	
Plaatsingsdatum		12-jul-22			
Filterstelling	Van	6.20 m- mv	tot	8.20 m- mv	
Coördinaten	X-	118489.077	Y-	477821.151	
Maaiveld t.o.v. NAP		-4.317			
Bovenkant peilbuis m t.o.v. NAP		-4.312			
Grondwaterstand d.d. 18-07-22		0,20 m- maaiveld			