

Bezoekadres De Blomboogerd 1, 4003 BX Tiel
Postadres Postbus 599, 4000 AN Tiel
T (0344) 64 90 90 F (0344) 64 90 99
E info@wsrl.nl I www.waterschaprivierenland.nl
Bank IBAN NL93 NWAB 0636 7572 69
BIC NWABNL2G



Memo

Aan: Projectteam Vianen
Van: Kames, Jordy, Herman-Jaap Lodder
Datum: 21-6-2021
Onderwerp: Praktijkproef onderzoek effecten van fluïderen op conusweerstand Vianen Hazelaarplein

Inhoud

1	Inleiding	2
2	Doel onderzoek	4
3	Proeflocatie Hazelaarplein	4
3.1	Locatie	4
3.2	Damwandontwerp en beoogde inbrengmethode damwandplanken	5
3.3	Bodemopbouw ter hoogte van proeflocatie.....	5
4	Monitoringsplan	6
4.1	Sonderingen voor en na het plaatsen damwanden middels fluïderen.....	6
5	Realisatie	7
5.1	Algemeen	7
5.2	Kabels en leidingen	7
5.3	Opbouw fluïdeeropstelling.....	8
5.3.1	Bevestiging buizen en nozzels damwand plank	8
5.3.2	Drukopname apparatuur en debietmeting.....	8
5.4	Damwandplanken	9
5.4.1	Type.....	9
5.4.2	Installatie damwandplanken drukken.....	10
5.4.3	Installatie damwandplanken trillen.....	11
6	Resultaten	12
6.1	Tijdelijk werkzaamheden praktijkproef	12
6.2	Sondering voor aanvang werkzaamheden	12
6.3	Registratie druk en debiet tijdens installatie damwanden	12
6.4	Sondeerresultaten na aanbrengen	12
7	Analyse resultaten	13
7.1	Vergelijking Conusweerstand voor en na werkzaamheden.....	13
7.2	Druk- en debietmetingen per werkpakket.....	13
7.3	Totaaloverzicht meetgegevens	13
8	Samenvatting en aanbevelingen	14
8.1	Verschil in conusweerstand als gevolg van proces van fluïderen bij installatie damwanden Vianen Hazelaarplein	14
8.2	Vergelijking data Vianen Hazelaarplein met praktijkproef fluïderen van HHSK uit 2007 ...	18
8.3	Invloed bevindingen op ontwerp Hazelaarplein	19
8.4	Aanbeveling.....	19

9 Referenties	21
Bijlage 1 Sonderingen deeltraject Hazelaarplein t.b.v. ontwerp	22
Bijlage 2 Overzicht kabels en leidingen proeflocatie	23
Bijlage 3 Sonderingen Voor en Na aanbrengen damwand rapportage Fugro.....	24
Bijlage 4 Registratie druk en debiet tijdens realisatie door aannemer.	25
Bijlage 5 Overzicht voor en na sonderingen per raai op afstand x	27
Bijlage 6 Overzicht van druk en debiet per werkpakket.....	31
Bijlage 7 Totaaloverzicht sonderingen voor en na werkzaamheden inclusief debiet en drukmeting	33
Bijlage 8 Sonderingen voor en na praktijkproef HHSK.....	34

1 Inleiding

Het installeren van damwandplanken kan op verschillende manieren plaatsvinden, bekende en veel toegepaste methoden zijn (hoogfrequent) trillen of het drukken van damwanden (trillingsarme methode). Het kan voorkomen dat wanneer een damwandplank in vastgepakte zandlagen moeten worden geïnstalleerd maatregelen dienen te worden getroffen om de damwandplank op diepte te krijgen of om hinder zoveel als mogelijk te voorkomen bij installatie van damwandplanken nabij belendingen.

Bekend maatregelen ten behoeve van het verminderen van de weerstand in de ondergrond betreffen:

- Voorboren of losboren van de ondergrond (veelal t.p.v. de sloten)
- Fluïderen onder hogedruk en laag debiet inbrengen van water t.h.v. de voet van de damwand (10-25 MPa en 100l/min, zie CUR166 5.4.11 [1])
- Spuiten onder lagedruk en hoog debiet inbrengen van water t.h.v. de voet van de damwand (0,4-0,8 MPa en > 400l/min) zie CUR166 5.4.11 [1])

Deze maatregelen kunnen zowel bij trillen en drukken worden toegepast. Waarbij in de praktijk veelal gebruik wordt gemaakt van fluïderen i.c.m. trillen of drukken van damwandplanken. De effecten in termen van stijfheid en pakking als gevolg van het toepassen van deze weerstandsreducerende inbrengmethoden kunnen per situatie verschillen. Conform de NEN-9997-1 dient de conusweerstand t.b.v. de berekening van het verticaal draagvermogen als gevolg van trillend inbrengen te worden gereduceerd met 70% (voor afsnuiten), deze aanpak is ook opgenomen in de PPL zie par. 4.8.2 [2]. De PPL schijft aanvullend voor dat indien sprake is van voorboren, fluïderen of spuiten de conusweerstand dient te worden gereduceerd met 50%.

- Zonder voorbereiden, fluïderen of spuiten moeten op de sondeerweerstand vóór afsnuiten de reductiefactoren uit Tabel 4.4 worden toegepast. De α_s -waarde blijft ongewijzigd (0,6%).

Tabel 4.4 Reductiefactoren sondeerweerstand vóór afsnuiten, zonder voorbereiden, fluïderen of spuiten

	Zand $d_{50} < 0,6$ mm	Zand $d_{50} \geq 0,6$ mm	Grind ($d_{50} \geq 2$ mm)
Heien	1,0	0,8	0,7
Trillen	0,7	0,7	0,5
Drukken	1,0	1,0	1,0

- Bij voorbereiden, fluïderen of spuiten moet voor alle inbrengmethoden een factor 0,5 op de sondeerweerstand vóór afsnuiten worden toegepast. De α_s -waarde blijft ongewijzigd (0,6%). De reden om geen onderscheid te maken tussen fluïderen en spuiten is dat in praktijk niet eenvoudig van tevoren kan worden vastgesteld bij welk debiet in relatie tot de gronddoorlatendheid nog sprake is van fluïderen en bij welk debiet van spuiten.

Tevens geeft de PPL in par. 4.8.2. [2] aan dat middels controle sonderingen kan worden aangetoond in hoeverre sprake is van de daadwerkelijke reductie van de conusweerstand. Het advies is dat hierbij op minimaal 3 locaties 3 sonderingen op een afstand van 0,5, 1,0 en 1,5 m van de damwandplank te plaatsen. Een aandachtspunt bij de gegeven afstanden is of in dat geval de mogelijke invloedszone voldoende goed in beeld is gebracht.

Momenteel lopen bij WSRL diverse HWBP-projecten waarbij damwandconstructies in de primaire waterkering ontworpen worden en op moment van schrijven aan de start van de realisatie staan. Het project Vianen-Oost en Hazelaarplein zijn de eerste HWBP-projecten waarbij conform de PPL een damwand constructie is ontworpen en reeds zijn gerealiseerd. Omdat de huidige aanpak van ontwerpen van damwandconstructies conform de PPL voorziet in een integrale aanpak zijn de effecten van de uitvoering van belang voor het opgestelde ontwerp. De effecten van weerstandsverminderende methode bij het installeren van damwandplanken en eventuele effecten op stijfheid en pakkingsdichtheid zijn in ene vroetijdig ontwerp stadium van belang.

De vraag die vaak bij projecten opkomt is in hoeverre de reductie van de conusweerstand met 50% aansluit bij de werkelijke situatie. Omdat de effecten van weerstandsvermindere methode met name ten aanzien van het verticaal draagvermogen bij een verankerde damwand constructie significant kunnen zijn is WSRL voornemens de effecten van fluïderen in het veld nader te onderzoeken in relatie tot de standaard reductiewaarden op basis van de PPL.

In het verleden is ook onderzoek uitgevoerd naar de effecten van fluïderen bij de installatie van damwandplanken bij dijkversterkingen in [3] zijn de resultaten gepresenteerd van de proef uitgevoerd bij waterschap Schieland en de Krimpenerwaard langs de Nederlek. De situatie bestond uit het aanbrengen van dubbele geponste AZ26 damwandplanken van circa 20,0m lengte door een deklaag van 12 m en circa 8,0m in het pleistocene zand met Q_c -waarden van circa 10-20MPa. De

reductie die was waargenomen was bij deze proef was significant en heeft (waarschijnlijk) de basis gevormd voor de reductiewaarden zoals opgenomen in de PPL.

Het voorstel is om binnen het project Vianen Hazelaarplein een proef uit te voeren naar de invloed van fluïderen bij het installeren van damwandplanken. De conclusies en aanbeveling van de proef bij de Nederlek zijn meegenomen bij het opstellen van de proef in Vianen.

2 Doel onderzoek

Het doel van de proef waarbij damwandplanken middels fluïderen op diepte worden gebracht en waarbij sonderingen voor en na het aanbrengen van de damwandplanken worden uitgevoerd is dat inzicht wordt verkregen in de eventuele mate van achteruitgang van de conusweerstand alsmede de invloedzone als gevolg van de weerstandsverminderende maatregelen in relatie tot de “standaard” reductie waardes op basis van PPL. Er wordt expliciet geen onderzoek gedaan naar effecten op trillingen en waterspanningen in de ondergrond als gevolg van fluïderen.

3 Proeflocatie Hazelaarplein

3.1 Locatie

Het HWBP-project Vianen voorziet in het aanbrengen van een verankerde damwand constructie in het deeltraject Vianen-Oost, in het deeltraject Vianen Hazelaarplein is een kistdam constructie ontworpen. Het deeltraject Vianen-Oost is in Q3 en Q4 van 2020 aangebracht en gereed gemaakt. De werkzaamheden in het deeltraject Hazelaarplein zijn gestart in week 3 van 2021. In figuur 1 zijn de deeltrajecten weergegeven (rood Vianen-Oost en Blauw Hazelaarplein).



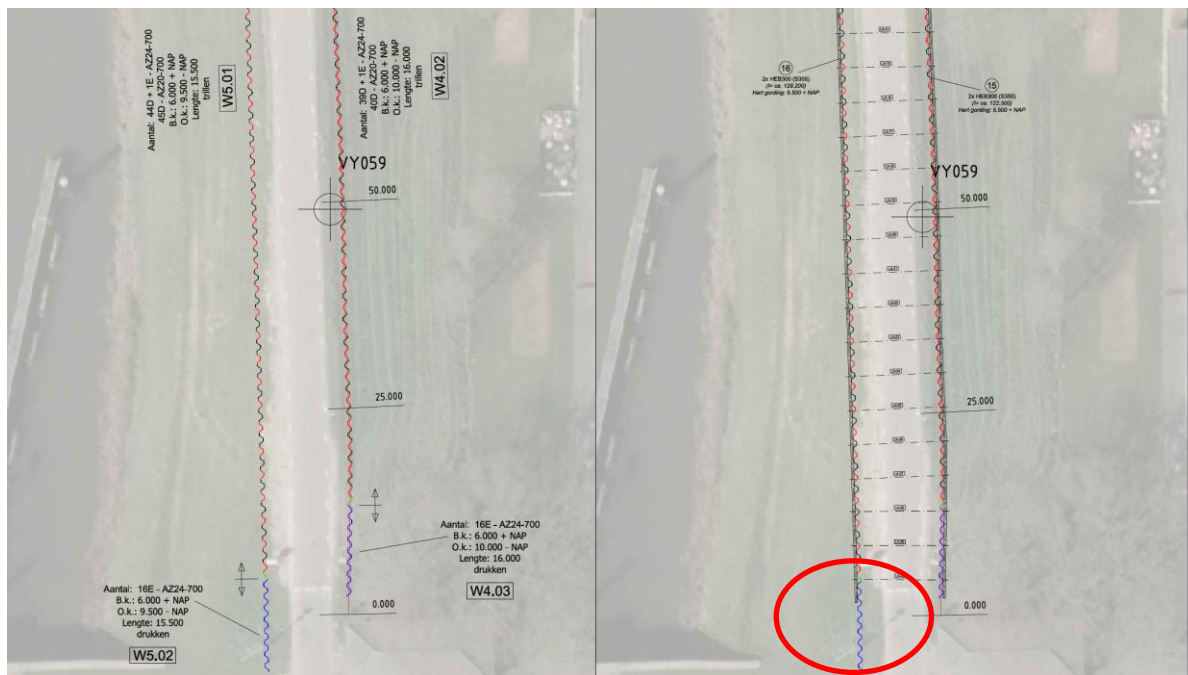
Figuur 1 Overzicht deeltrajecten Vianen-oost (rood) en Hazelaarplein (blauw)

Het DO [4] en UO [5] gaan in op de details van het ontwerp en gehanteerde uitgangspunten van het deeltraject Hazelaarplein. Belangrijk uitgangspunt is dat bij het ontwerp rekening is gehouden met een reductie van de conusweerstand van 50% als gevolg effecten van fluïderen conform de PPL [2].

3.2 Damwandontwerp en beoogde inbrengmethode damwandplanken

De beoogde locatie binnen het deeltraject Hazelaarplein waar de controle sonderingen worden uitgevoerd zijn weergegeven in figuur 2. Het gaat om de meeste zuidelijke damwandplanken aan de westzijde van het type AZ24-700 (enkele planken) welke doormiddel van een Quatropiler zullen worden aangebracht tot NAP -9,5m (lengte 15,5m), zie voor de eigenschappen van de damwandplank figuur 7.

De Quatropiler heeft een theoretische drukcapaciteit van circa 150 ton. De locatie is gekozen omdat hier het buitentalud horizontaal is waardoor de sonderingen voor en na het aanbrengen van de damwandplanken eenvoudig kunnen worden uitgevoerd zowel ter hoogte van de kas als op een afstand van 2,0m.

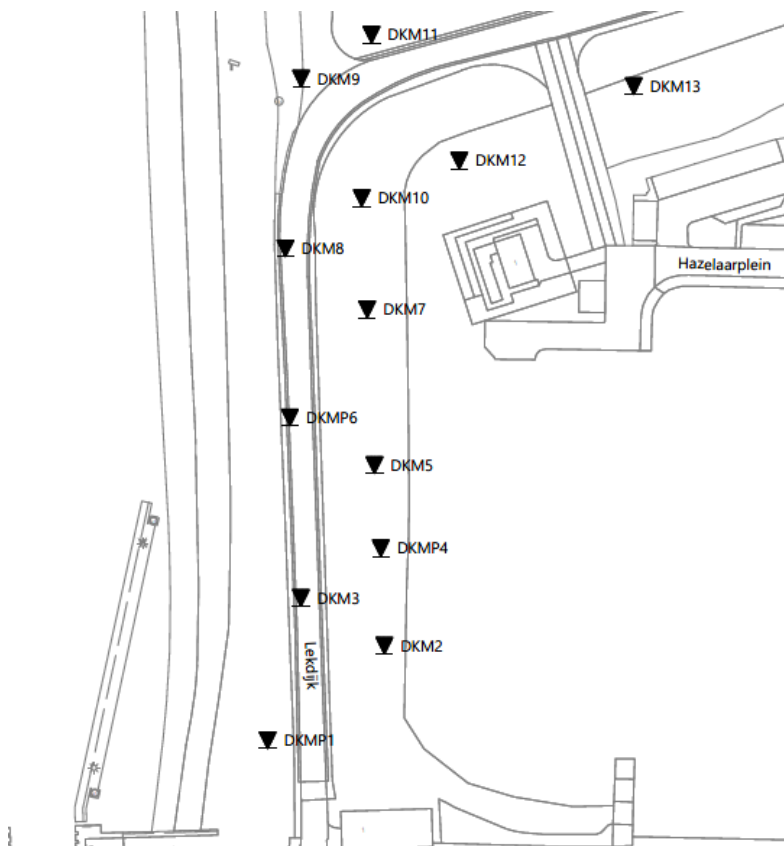


Figuur 2 Beoogde locatie proef met rood omcirkeld

3.3 Bodembouw ter hoogte van proeflocatie

Ten behoeve van het ontwerp van de kistdamconstructie zijn sonderingen ter hoogte van het deeltraject Hazelaarplein uitgevoerd door Fugro. Een overzicht van de sondeerlocaties zijn weergegeven in figuur 3. De sonderingen van deeltraject Hazelaarplein zijn opgenomen in Bijlage 1. De bodembouw kenmerkt zich door een holocene afzetting tot circa NAP -2,0m waarna deze overgaat in een watervoerende zandlaag met conusweerstand van circa 10 tot 20Mpa. Ten

noorden van DKM3 wordt een waterremmende laag aangetroffen welke richting het noorden toeneemt in dikte van circa NAP -5 tot -8m.



Figuur 3 Beschikbare sonderingen t.h.v. deeltraject Hazelaarplein

4 Monitoringsplan

4.1 Sonderingen voor en na het plaatsen damwanden middels fluïderen

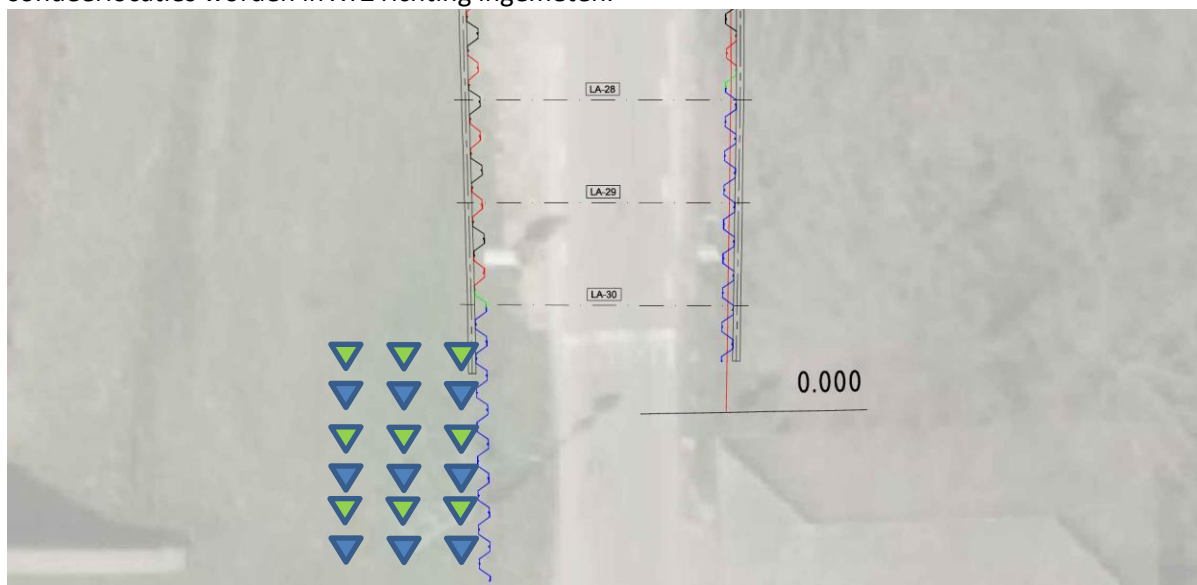
De voor sonderingen ten behoeve van de proef zijn gepositioneerd in drie raaien van elk drie sonderingen in figuur 4 is een overzicht van de beoogde locaties weergegeven. De volgende afstanden worden gehanteerd per raai:

- Sondering 1 van raai op 0,5m van de kas
- Sondering 2 van raai op 1,0m van de kas
- Sondering 3 van raai op 2,0m van de kas

De onderlinge afstand tussen de raaien is gehanteerd op circa 2,0m zodat de na-sonderingen tussen de voor-sonderingen kunnen worden geplaatst waarmee de onderlinge afstand tussen de

sonderingen uiteindelijk op 1,0m komt. Indien de na-sondering op de grootste afstand van de damwand plank (2,0m) nog significante afname in Qc-waarden laten zien wordt voorgesteld om extra sonderingen te plaatsen totdat dit effect niet meer zichtbaar is of significant is afgenomen.

Het type sondering dat wordt uitgevoerd ten behoeve van het voor en na sonderen betreft klasse 2 TE2 met waterspanning U2 tot een diepte van 25m – maaiveld (circa NAP -18,0m). Alle sondeerlocaties worden in XYZ richting ingemeten.



Figuur 4 Indicatie positie voor- en na sondeerlocaties blauw is voor en groen is sondering na installatie damwand

5 Realisatie

5.1 Algemeen

Voor detailinformatie t.a.v. de realisatie en het ontwerp wordt verwezen naar:

- GMB-51059-ONO-003 - *Ontwerpnota Waterkeringen deeltraject Hazelaarplein versie 2.0* [4];
- GMB-51059-ONO-004 - *Ontwerpnota uitvoeringsontwerp deeltraject Hazelaarplein versie 2.0* [5];
- De werkplannen die behoren bij de installatie van de damwanden zijn opgenomen in *19-177-DWP03 Deelwerkplan fase 2B, revisie 0 dd 17-12-2020* [6]

5.2 Kabels en leidingen

Een overzicht van de aanwezig kabels en leidingen is opgenomen in Bijlage 2. Aandachtspunt is dat t.b.v. de realisatie van de damwand de kabels t.h.v. damwand richting het Merwede kanaal worden verplaatst en daarmee t.h.v. de beoogde proeflocatie komen te liggen in de nieuwe situatie. De verplaatsing is gepland in week 1 van 2021 en wordt daarmee voor de uitvoering van de voor- en na sonderingen uitgevoerd. Na het verplaatsen van de kabels zullen deze worden ingemeten en met piketten zichtbaar worden gemaakt op maaiveld. O.b.v. deze gegevens zullen de raaien van de voor en na sonderingen t.b.v. de proef in het veld worden uitgezet.

5.3 Opbouw fluïdeeropstelling

Tijdens het aanbrengen wordt gecontroleerd of met de juiste druk en debieten wordt gewerkt. De fluïdeeropstelling van Sterk hanteert een druk van 100 a 120 Bar en gebruikt maximaal 110l/min tot 125l/min. Sterk gebruikt schoon werkwater om eventuele verstoppingen van het systeem te voorkomen. Zodra wordt gestart met het inbrengen van de damwand wordt gestart met fluïderen om verstopping van de stalen nozzle te voorkomen in de cohesielagen. De druk zal geminimaliseerd worden in het begin van het proces. Echter aangezien de druk mede afhankelijk is van de weerstand van de ondergrond is deze niet op een vast getal vast te zetten. De druk zal in het begin van het proces zo laag als mogelijk houden.

5.3.1 Bevestiging buizen en nozzels damwand plank

Per enkele plank worden een stalen nozzle op de onderzijde van de enkele damwandplank bevestigd (AZ24-700), aan deze stalen nozzle is een flexibele hogedrukslang bevestigd. De flexibele hogedrukslang wordt gelijktijdig met het aanbrengen van de damwand afgerold. Eventueel kan de flexibele hogedrukslang met een strip aan de damwandplank worden bevestigd. In Figuur 5 is de bevestiging van de nozzle inclusief flexibele hogedrukslang weergegeven



Figuur 5 Aangebrachte stalen nozzle en flexibele hogedrukslang op damwandplank

5.3.2 Drukopname apparatuur en debietmeting

De drukopname apparatuur bestaat uit een analoog drukopnemer en wordt in het veld geregistreerd. De hoeveelheid gebruikt water wordt bepaald aan de hand van de tijdsduur van inbrengen i.c.m. het geregistreerde debiet. In Figuur 5 is een afbeelding van de debietmeter weergegeven en de pompstelling van Sterk.

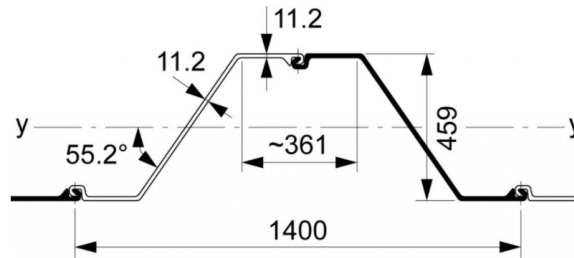


Figuur 6 Debietmeter (Webtec no. 4,986,133) links en pompstation rechts.

5.4 Damwandplanken

5.4.1 Type

De gebruikte damwandplanken t.h.v. de praktijkproef betreffen enkele AZ24-700 profielen van Arcelor Mittal met een lengte van 15,5m een kopniveau van NAP 6,0m en een puntniveau NAP -9,5m. De kenmerkende eigenschappen van de damwandplanken zijn gepresenteerd in figuur 7:



Metric units Imperial units

AZ 24-700

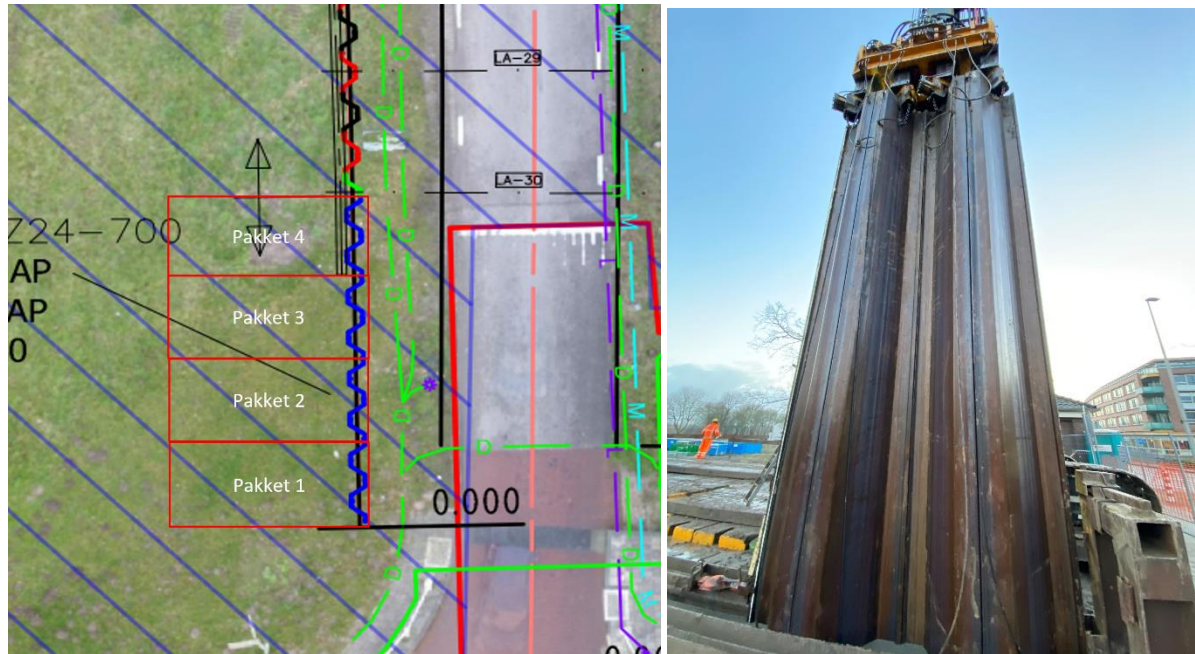
	A	G	I_y	$W_{el,y}$	r_g	A_L
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	m ² /m
Per S	121.9	95.7	39 080	1 700	17.90	0.97
Per D	243.8	191.4	78 150	3 405	17.90	1.93
Per m of wall	174.1	136.7	55 820	2 430	17.90	1.38

A	Sectional area
G	Mass per m
I_y	Moment of inertia about the main neutral axis y-y
$W_{el,y}$	Elastic section modulus
r_g	Radius of gyration about the y-y axis
A_L	Coating area. One side, excludes inside of interlocks
S	Single pile
D	Double pile

Figuur 7 Kenmerkende eigenschappen AZ24-700 (bron Arcelor Mittal)

5.4.2 Installatie damwandplanken drukken

De damwanden zijn voor het eerste deel doormiddel van een drukstelling Woltman THW5525 (quatropiler) i.c.m. drukklok PVE4180 met een drukcapaciteit van circa 160 ton zo ver als mogelijk ingebracht tot een niveau van NAP -4,0m (circa 2,0m in het zand). De factsheets van de toegepaste drukstelling en makelaar zijn opgenomen in [6]. Per keer verwerkt de drukopstelling 4 damwandplanken dit wordt een “werkpakket” genoemd. In totaal zijn er 4 werkpakket van 4 enkele damwandplanken aangebracht t.h.v. de praktijkproef een overzicht van de locatie van de werkpakketen is opgenomen in Figuur 8.



Figuur 8 Links overzicht werkpakketten 1 tot en met 4 de blauwe damwandprofielen betreffen de enkele AZ24-700 planken, rechts Woltman THW5525 aanbrengen werkpakket 1.

5.4.3 Installatie damwandplanken trillen

Na het drukkend aanbrengen van alle werkpakketten zijn de damwanden voor het tweede deel doormiddel van een rupskraan type Dossan ST680-HD1&2 i.c.m. trilblok PVE Dieseko, 23VMA tot een niveau van NAP-8,0m aangebracht. Vervolgens is de heisleuf verder ontgraven zodat de planken tot het gewenste puntniveau van NAP-9,5m getrild konden worden i.c.m. fluïderen. In Figuur 9 is een voorbeeld gegeven van de betreffende kraan met trilblok.



Figuur 9 Voorbeeld Dossan ST680-HD1&2 (niet ter hoogte van Vianen).

6 Resultaten

6.1 Tijdelijk werkzaamheden praktijkproef

In Tabel 1 is een overzicht opgenomen van de uitgevoerde werkzaamheden in de tijd m.b.t. de praktijkproef

Werkzaamheden	Datum
Uitvoeren sonderingen voor aanbrengen damwand	22-1-2021
Aanbrengen damwand drukken tot NAP -4,0m met fluïderen	4-2-2021
Aanbrengen damwand trillen tot NAP -8.04m met fluïderen	4-2-2021
Aanpassen heisluiw t.b.v. kopniveau damwand	5-2-2021
Aanbrengen damwand trillen tot NAP -9,5m met fluïderen	5-2-2021
Uitvoeren sonderingen na aanbrengen damwand	5-3-2021

Tabel 1 Overzicht werkzaamheden praktijkproef fluïderen vianen in de tijd

6.2 Sondering voor aanvang werkzaamheden

Voor aanvang van de werkzaamheden zijn door Fugro op 22 januari 2021 9 sonderingen aangebracht t.h.v. de proeflocatie. Dit betreffen DKMP1 tot en met DKMP9, de resultaten zijn opgenomen in bijlage 3. Aandachtspunt betreft sondering DKMP6 hier wordt lokaal een zeer lage weerstand waargenomen t.o.v. van de omliggende sonderingen die voor aanvang van de werkzaamheden zijn uitgevoerd. Dit dient bij de analyse van de resultaten te worden beschouwd.

6.3 Registratie druk en debiet tijdens installatie damwanden

De druk- en debietregistratie zijn middels de analoge opnameapparatuur door de toezichthouder van de aannemer geregistreerd. De resultaten van deze waarnemingen zijn verwerkt in een overzicht en opgenomen in bijlage 4.

6.4 Sondeerresultaten na aanbrengen

28 dagen na aanvang van de werkzaamheden zijn door Fugro op 5 maart 2021 9 sonderingen aangebracht t.h.v. de proeflocatie. Dit betreffen DKMP10 tot en met DKMP18, de resultaten zijn opgenomen in bijlage 3.

7 Analyse resultaten

7.1 Vergelijking Conusweerstand voor en na werkzaamheden

Op basis van de uitgevoerde voor- en na sonderingen door Fugro is op basis van de bronbestanden van de sonderingen een vergelijking gemaakt tussen de sonderingen voor aanvang van de werkzaamheden en na aanvang van de werkzaamheden. Er zijn verschillende sondeerradii uitgevoerd op verschillende afstanden van de damwand. Voor de vergelijking zijn de sonderingen op dezelfde afstand x van de damwand met elkaar vergeleken.

Dit betekent dat er per afstand x van de damwand 3 sonderingen van voor de werkzaamheden beschikbaar zijn en 3 sonderingen na de werkzaamheden. Omdat de na-sonderingen niet op exact dezelfde locatie zijn genomen (onderlinge afstand ca. 1,0m) is een keus gemaakt welke sonderingen voor en na met elkaar (als koppel) zijn vergeleken. De keuze voor het vergelijken van de onderlinge voor- en na sonderingen verdient aandacht omdat op lokale schaal sprake kan zijn van heterogeniteit. Er is bij de analyse onderscheid gemaakt in de zone van NAP -2,0m tot NAP -9,5m dit betreft de zone waar de damwand zijn inklemming behaalt en de zone van NAP -11,0m tot NAP -18,0m dit is de zone onder het puntniveau van de damwand.

De resultaten van de vergelijking van de sonderingen zijn opgenomen in bijlage 5.

7.2 Druk- en debietmetingen per werkpakket

De druk- en debiet metingen zijn per installatie van een werkpakket geregistreerd (totaal 4). De voor- en na sonderingen bevinden zich verspreid over de 4 aangebrachte werkpakketten. Om die reden is ervoor gekozen om de gemiddelde druk en debiet per werkpakket te analyseren. Hierbij is onderscheid gemaakt in de zone van maaiveld tot NAP -4,0m dit betreft de zone waar de damwand drukkend middels fluïderen is aangebracht en de zone van NAP -4,0m tot NAP -9,5m dit is de zone waar de damwand trillend middels fluïderen is aangebracht. De resultaten van de druk- en debiet metingen per werkpakket zijn opgenomen in bijlage 6.

7.3 Totaaloverzicht meetgegevens

T.b.v. van het verkrijgen van een totaaloverzicht zijn de gegevens van de voor- en na sonderingen en de druk- en debiet metingen met elkaar gecombineerd in grafiek. Het doel is om in een ophoogslag de effecten van het aanbrengen te kunnen vergelijken i.r.t. tot de mogelijke externe invloedsfactoren. Het totaaloverzicht per afstand x van de damwand is opgenomen in bijlage 7.

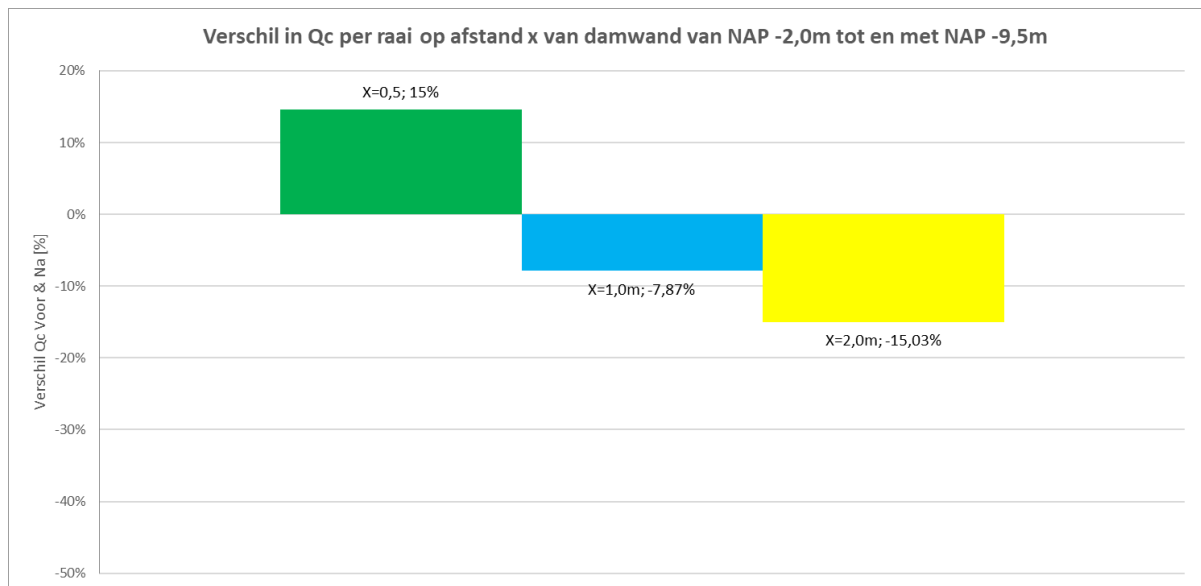
Bij het opstellen van de (percentuele) verschillen in conusweerstand zijn DKPM6 en DKMP13 niet gebruikt bij de analyse omdat DKMP6 een te sterk afwijkend beeld laat zien en daarmee de analyse mogelijk onjuist sterk beïnvloed in termen van (percentuele) verschillen in conusweerstand.

8 Samenvatting en aanbevelingen

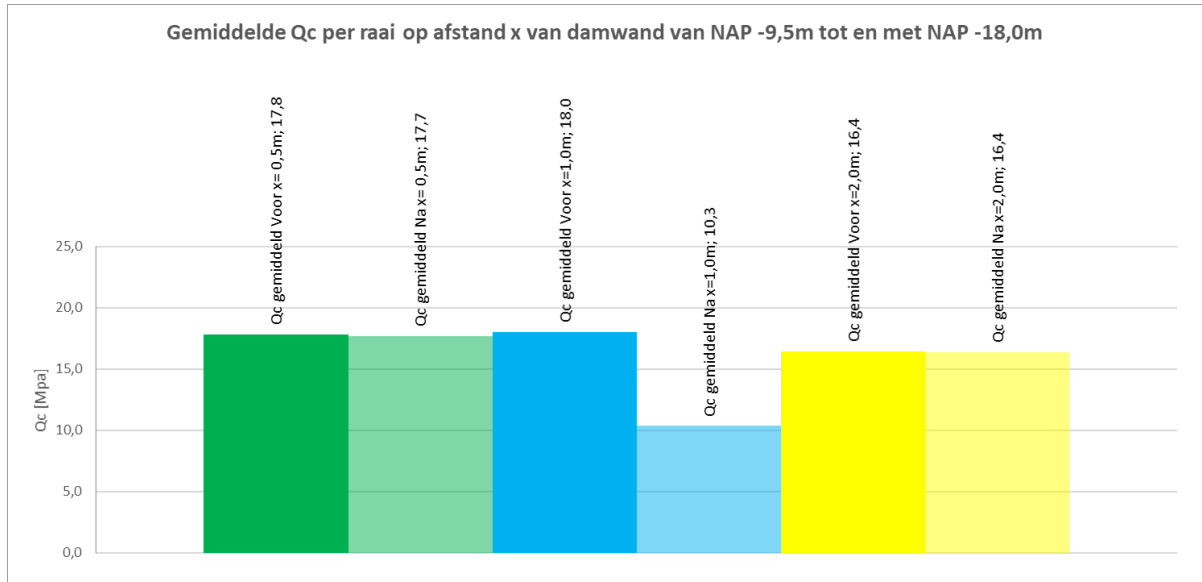
8.1 Verschil in conusweerstand als gevolg van proces van fluïderen bij installatie damwanden Vianen Hazelaarplein

Het doel van de praktijkproef in Vianen Hazelaarplein is dat inzicht wordt verkregen in de eventuele mate van achteruitgang van de conusweerstand alsmede de invloedzone als gevolg van de weerstandsverminderende maatregel fluïderen in relatie tot de “standaard” reductie waarden voor deze weerstandsverminderende maatregel op basis van PPL.

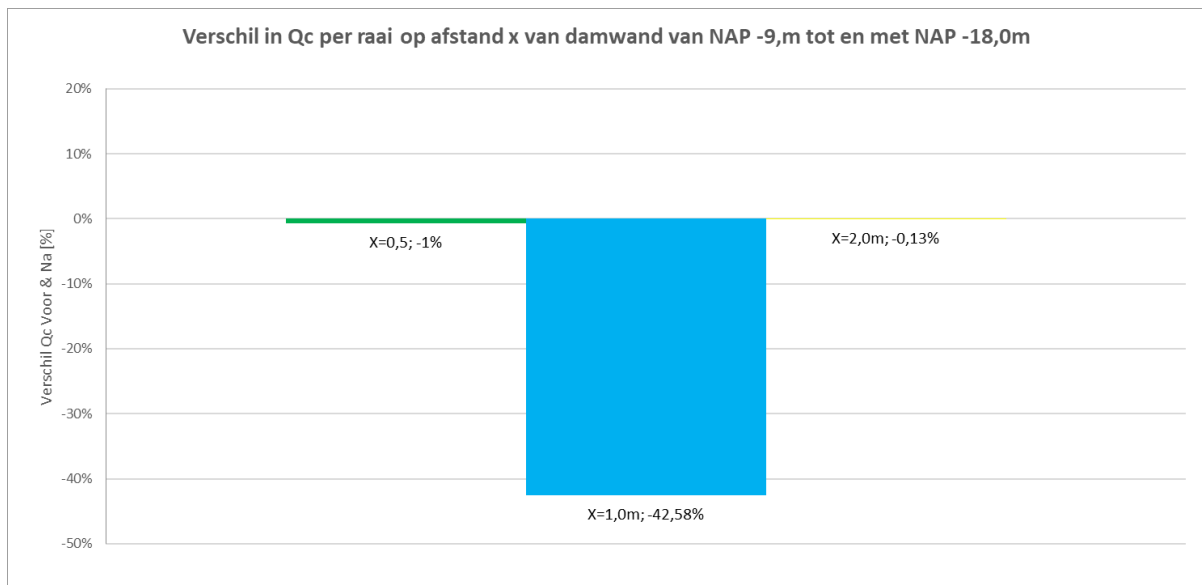
O.b.v. van de analyse de resultaten zijn de per afstand x van de damwand de absolute en percentuele verschillen tussen de voor- en na sonderingen afgeleid. Hierbij is onderscheid gemaakt in de zone van NAP -2,0m tot NAP -9,5m dit betreft de zone waar de damwand zijn inklemming behaald, zie voor deze zone voor de resultaten in Tabel 2 Overzicht gemiddelde Qc per raai op afstand x Voor en na uitvoeren werkzaamheden van NAP -2 tot NAP -9,5m



Tabel 3 Verschil in Qc per raai op afstand x van damwand van NAP -2,0m tot en met NAP -9,5m

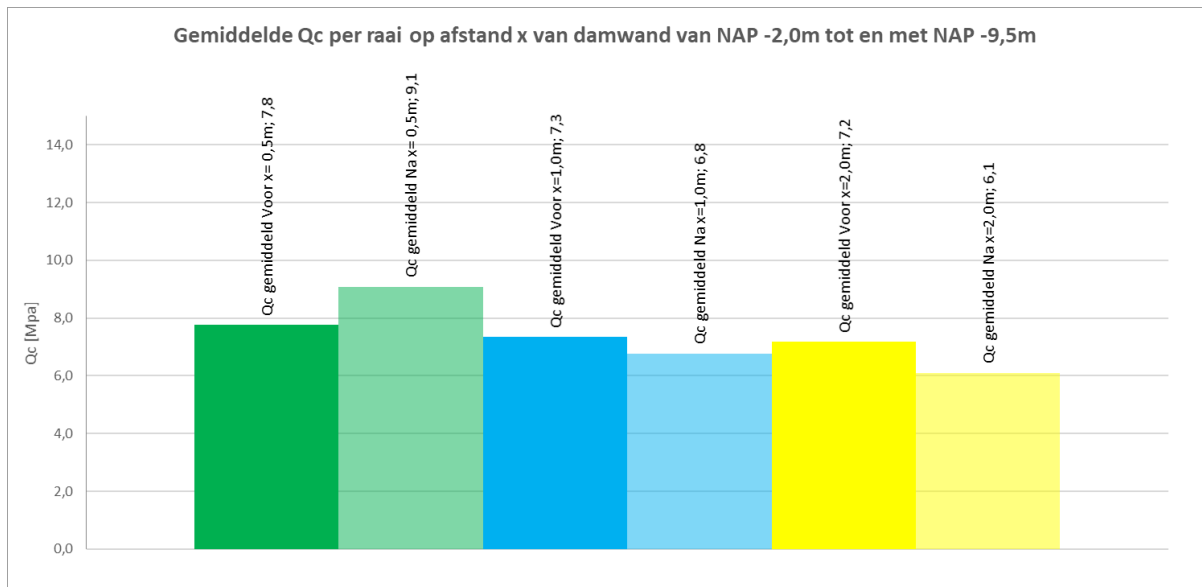


Tabel 4 Overzicht gemiddelde Qc per raai op afstand x Voor en na uitvoeren werkzaamheden van NAP -9,5m tot NAP -18,0m

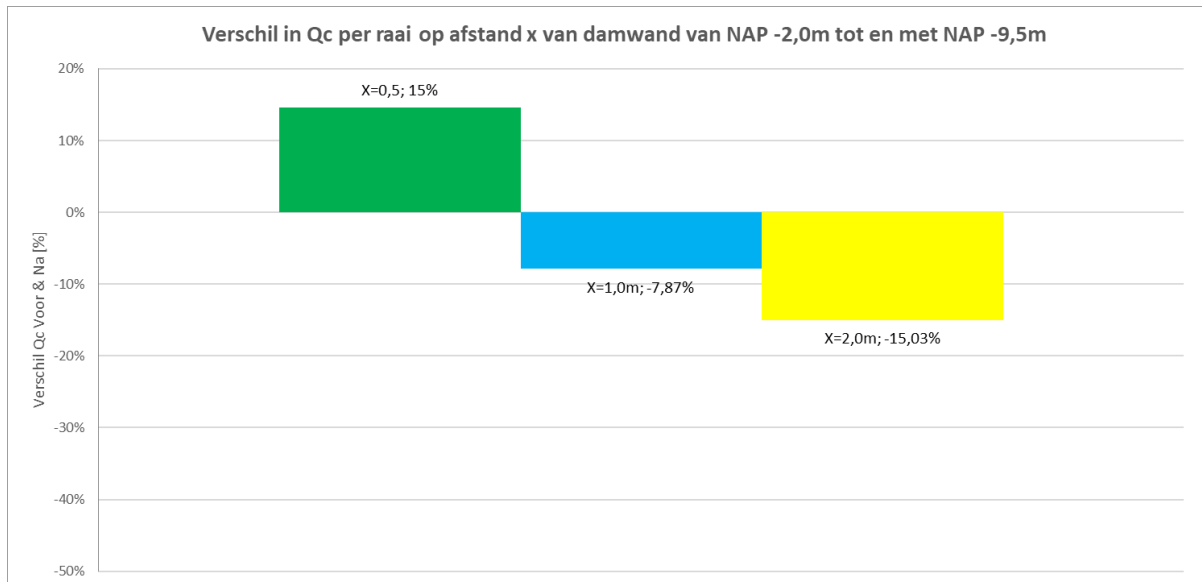


Tabel 5 Vershil in Qc per raai op afstand x van damwand van NAP -9,5m tot en met NAP -18,0m

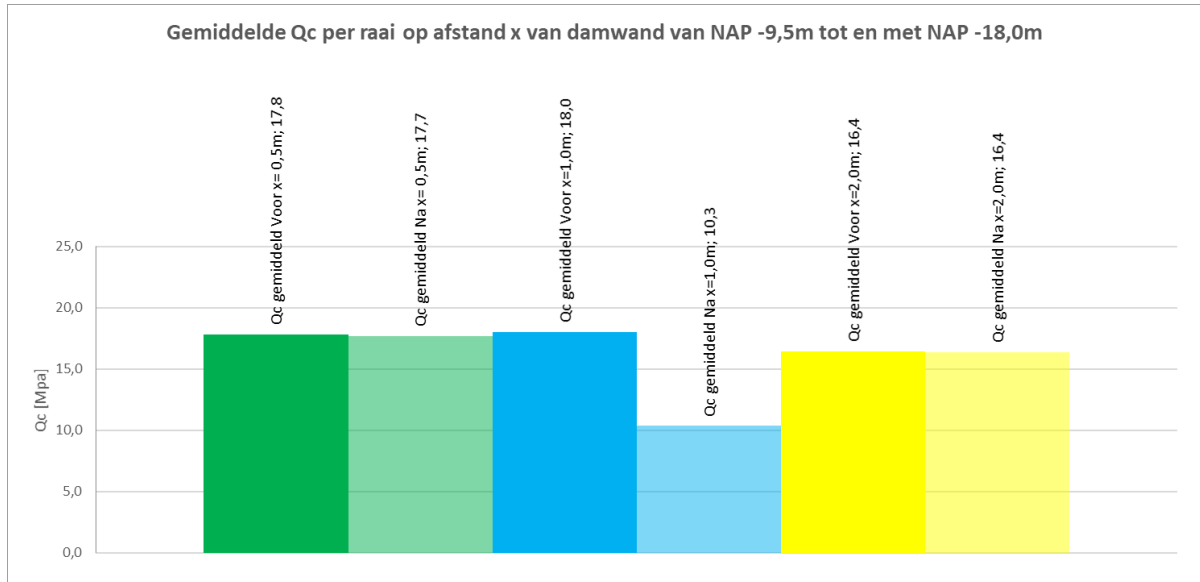
en Tabel 3. De resultaten voor de zone van NAP -11,0m tot NAP -18,0m onder het puntniveau van de damwand zijn opgenomen in Tabel 4 en Tabel 5



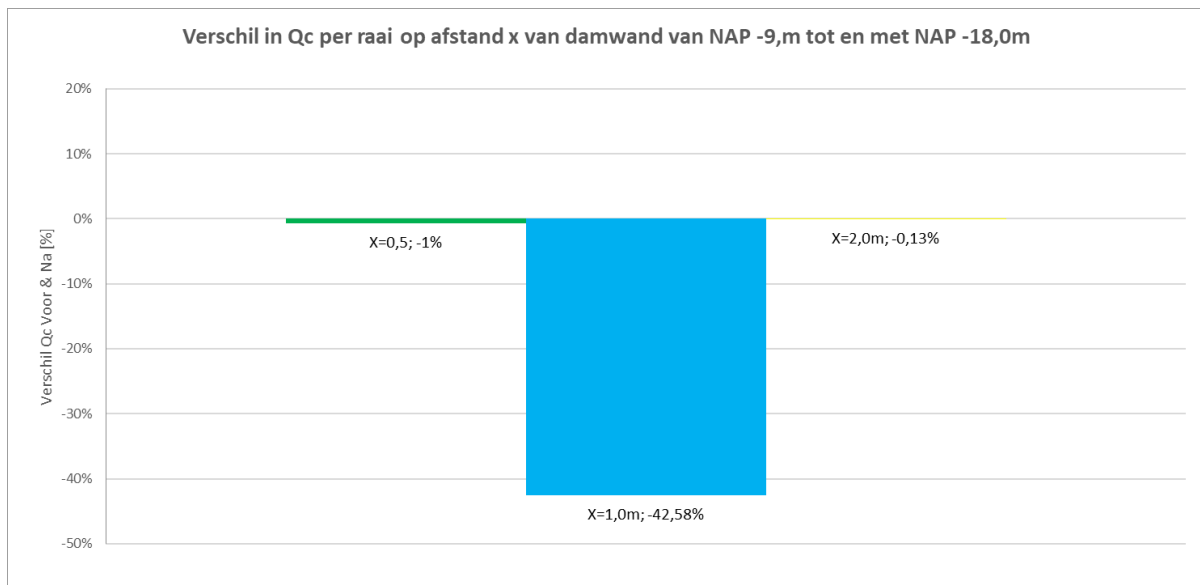
Tabel 2 Overzicht gemiddelde Qc per raai op afstand x Voor en na uitvoeren werkzaamheden van NAP -2 tot NAP -9,5m



Tabel 3 Verskil in Qc per raai op afstand x van damwand van NAP -2,0m tot en met NAP -9,5m



Tabel 4 Overzicht gemiddelde Qc per raai op afstand x Voor en na uitvoeren werkzaamheden van NAP -9,5m tot NAP -18,0m



Tabel 5 Vershil in Qc per raai op afstand x van damwand van NAP -9,5m tot en met NAP -18,0m

Uit tabel 2 tot en met 4 zijn de volgende constatering te maken:

- Op een afstand van 0,5m van de damwand lijkt geen sprake van reductie van de conusweerstand maar van een toename van de conusweerstand over het deel waar de damwand zijn inklemming haalt tot NAP -9,5m met 15%. In de diepere zandlaag tot NAP -18,0m lijkt sprake van een zeer minimale afname van -1%.

Een mogelijk verklaring voor de toename van de conusweerstand op korte afstand $x=0,5m$ kan zijn dat sprake is van verdichting als gevolg van de trilling i.c.m. fluïderen. Het ontstaan van verdichting bij het trillend aanbrengen van damwanden is een bekend fenomeen en o.a. beschreven door Meijer 2007 [7] en wordt gehanteerd bij de controle op zettingstroggen nabij installatie van damwanden.

- Op een afstand van 1,0m van de damwand lijkt sprake van reductie van de conusweerstand zowel over het deel waar de damwand zijn inklemming tot NAP -9,5m haalt als in de diepere zandlaag tot NAP -18,0m met respectievelijk -8% en -43 %. Opvallend is dat de grootste reductie wordt gevonden onder het puntniveau van de damwand waar geen werkzaamheden zijn uitgevoerd.

Een mogelijk verklaring voor de grotere afname van de conusweerstand onder het puntniveau van de damwand kan zijn dat het trillen van de damwandplank i.c.m. met fluïderen tot een hoger dichtheid van het zand leidt dan wanneer alleen wordt gefluïdeerd. Het lijkt o.b.v. de sonderingen op afstand 1,0m dat de fluïdisatie bel significant verder rijkt dan het puntniveau van de damwand. De reden waarom op een afstand van 0,5m geen reductie op een diepte groter dan puntniveau wordt gevonden is niet geheel duidelijk mogelijk heeft dit te maken met de feitelijk hoek die de nozzel maakt met de plank.

- Op een afstand van 2,0m van de damwand lijkt sprake van reductie van de conusweerstand zowel over het deel waar de damwand zijn inklemming tot NAP -9,5m haalt als in de diepere zandlaag tot NAP -18,0m met respectievelijk -15% en -0,1 %. Opvallend is dat de grootste reductie wordt gevonden t.h.v. de inklemming van de damwand tot NAP -9,5m.

Een mogelijk verklaring voor de grotere afname van de conusweerstand t.h.v. de inklemming van de damwand t.o.v. het diepe zand op een afstand van $x=2,0m$ kan zijn dat de breedte van de invloedszone van het trillen (verdichten) zich circa 1 tot 1,5m vanaf het hart van de damwand bevindt, dit sluit aan bij de bevindingen van Meijer [7].

Zoals aangegeven kan lokale heterogeniteit zorgen voor afwijkingen in de gevonden conusweerstand die onafhankelijk is van de afstand van de geïnstalleerde damwand. Aanvullend is nog gekeken naar een vergelijking waarbij de na-sonderingen zijn vergeleken met naastgelegen voorsonderingen (i.p.v. een vergelijking van twee onderlinge sonderingen op dezelfde afstand X van de damwand). Uit deze analyse volgt dat de afwijkende sondering DKMP6 in de diepte beter overeenkomt met nasondering 11 en 14, dit kan mogelijk komen door lokale heterogeniteit echt valt niet uit te sluiten dat dit mogelijk toch komt door trillen

en fluïderen omdat sonderingen 11 en 14 nasonderingen betreffen. Echter geldt dit niet voor sondering 17. De resultaten van deze vergelijking zijn opgenomen in bijlage 7.

8.2 Vergelijking data Vianen Hazelaarplein met praktijkproef fluïderen van HHSK uit 2007

In 2007 is door HHSK een soortgelijke proef uitgevoerd waarbij het effect van fluïderen op de conusweerstand zijn beschouwd bij het (volledig) drukkend inbrengen van damwandplanken (alsmede effecten op trillingen en vervormingen) [3]. Er is een vergelijking op basis van een aantal kenmerken uitgevoerd zodat inzicht kan worden verkregen in de overeenkomsten en verschillende tussen beide uitgevoerde praktijkproeven.

Kenmerk	HHSK H6 Opperduit	WSRL Hazelaarplein
Damwandplank	AZ26 (dubbel (geponste profielen)	AZ24-700 enkel
Lengte	20,0m	15,5m
Lengte damwand in zand	ca. 7m	ca. 7m
Lengte damwand in deklaag	ca.13m	ca. 8m
Nozzel aantal	2 (per dubbele plank)	1 per plank
Locatie nozzel	0,6m onder puntniveau damwand	t.h.v. puntniveau damwand
Oriëntatie nozzel	Richting rivierzijde	Richting rivierzijde
Druk Machine	Super crush Piler SCZ 675 WM	Woltman THW5525
Maximale drukkracht	120ton	160ton
Trilmachine	Onbekend	Dosan
Trilblok	Dieseko HF 2332 VM	Dieseko 23VMA
Aantal sonderingen voor	2	9
Aantal sonderingen na	2	9
Sondering voor datum	16-05-2007	22-01-2021
Realisatie damwand	06-06-2007	05-02-2021
Sondering na datum	14-06-2007	05-03-2021
Vershil dagen voor - na	8	28
Gemiddelde druk zandpakket	40 bar	44 bar
Gemiddeld debiet zandpakket	150 l/min.	70 l/min.
Gemiddelde Qc zand t.h.v. inklemming damwand	ca. 19Mpa	ca. 7Mpa
Gemiddelde Qc zand t.h.v. inklemming damwand	ca. 10Mpa	ca. 6MPa

Tabel 6 Overzicht diverse kenmerken t.a.v. van praktijkproef HHSK [3] en WSRL Vianen hazelaarplein.

In bijlage 8 is de vergelijking van de sonderingen voor en na opgenomen van de praktijkproef HHSK. Opvallend detail is dat bij deze proef de sonderingen dicht bij de damwand eveneens een reductie op een niveau dieper dan puntniveau wordt waargenomen maar op een afstand van circa 3,0m is dit

niet het geval en wordt dit beperkt tot de zone tot het installatie niveau (mogelijk indicatie breedte fluïdisatie bel). Dit komt overeen met de bevindingen bij de praktijkproef Hazelaarplein op afstand $x = 1,0$ en $x = 2,0$ m van de damwand.

Uit de rapportage van HHSK [3] kan echter niet goed worden opgemaakt waar de sonderingen zich voor en na i.r.t. de gehanteerde planknummers bevinden. Tevens wordt aangegeven dat de sonderingen voor en na op exact dezelfde locatie zijn genomen, hierdoor zijn mogelijk de na sonderingen beïnvloed door de sonderingen die voorafgaand zijn uitgevoerd hier wordt verder niet op in gegaan in de rapportage.

Bij de praktijkproef van HHSK [3] zijn ook aansluitende damwandplanken getrild onduidelijk is wat de mogelijke invloed van het trillen is op gevonden resultaten en of daarmee sprake is van een zuivere drukproef i.c.m. fluïderen.

8.3 Invloed bevindingen op ontwerp Hazelaarplein

T.b.v. van het ontwerp van de kistdam constructie is rekening gehouden met de correctie factoren op de conusweerstand uit de PPL van 50% als gevolg van de effecten van fluïderen bij de installatie van de damwanden voor kistdamconstructie. O.b.v. de praktijkproef blijkt de maximale achteruitgang in conusweerstand 42% te bedragen welke zich in de zone onder het puntniveau aanwezig bevindt. T.h.v. de zone waarde damwand zijn inklemming haalt betreft de achteruitgang maximaal 15%. De resultaten van de praktijkproef hebben daarom geen negatieve invloed op het ontwerp van de kistdamconstructie.

8.4 Aanbeveling

T.b.v. de praktijkproef in Vianen Hazelaarplein zijn metingen uitvoert in aansluiting op een reeds bestaand uitvoeringsontwerp. T.b.v. een objectieve analyse t.b.v. het bepalen van de invloed van fluïderen bij de installatie van damwandplanken worden de volgende aanbevelingen voorgesteld ten einde te komen tot een eventuele generieke uitspraak of de reductie waarde uit de PPL mogelijk kunnen worden bijgesteld of niet:

- Controle d.m.v. uitvoeren trilproef waarbij alleen het effect van trillend inbrengen van damwandplanken wordt beschouwd.
- Controle d.m.v. uitvoeren drukproef i.c.m. fluïderen (zonder effecten van eventuele trillingen) om eventuele verschillen t.o.v. inbrengmethode trillen en fluïderen te kunnen beschrijven. Zodat wellicht eventuele effecten van trillen op eventuele verdichting kan worden uitgesloten of aangetoond. Nu geldt voor beide methode een reductiefactor van 50%
- Controle op de eventuele invloed van de conusweerstand of pakking (los, matig of vastgepakt) voor aanvang van de werkzaamheden i.r.t. de eventuele afname als gevolg van gekozen inbreng methode. Resulteert een hogere pakking bij aanvang tot een grotere

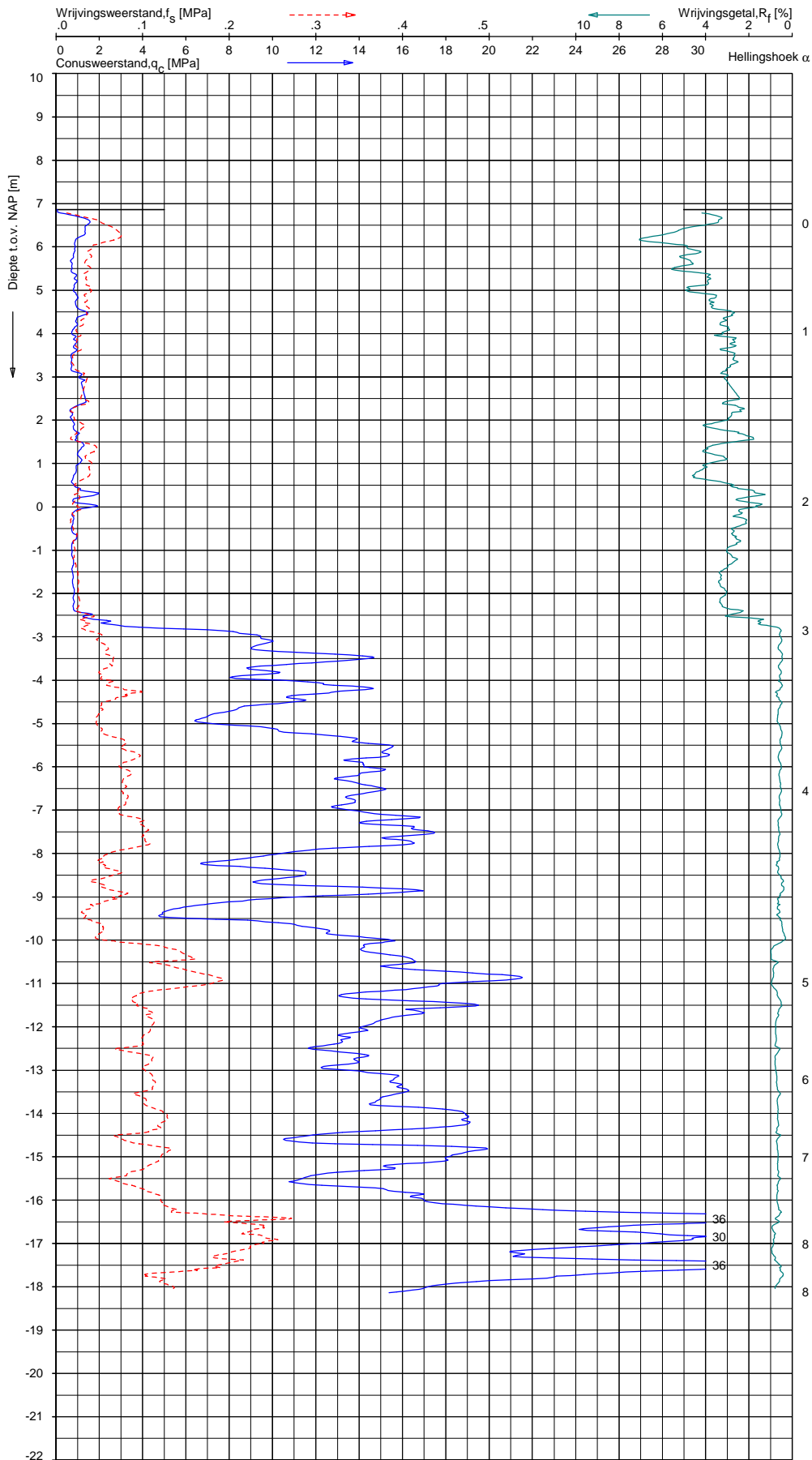
reductie dan een lagere pakking (dit inzicht is vereist t.b.v. een meer generieke doorvertaling naar eventuele effecten)?

- Zorgen dat invloedszone wordt afgeperkt en dit niet gelimiteerd is tot max aantal sonderingen.

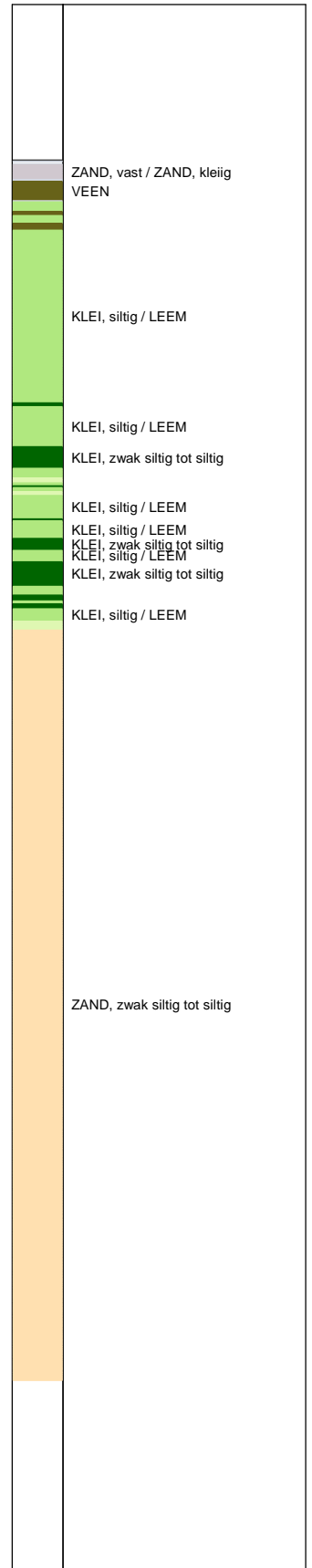
9 Referenties

- [1] CUR 166 Deel 1 en Deel 2 6^e druk
- [2] PPL, POVM, 20 maart 2020
- [3] Evaluatie praktijkproef fluïderen bij drukken van Damwandplanken, Arcadis 30-7-2008
- [4] GMB-51059-ONO-003 - Ontwerpnota Waterkeringen deeltraject Hazelaarplein versie 2.0
- [5] GMB-51059-ONO-004 - Ontwerpnota uitvoeringsontwerp deeltraject Hazelaarplein versie 2.0
- [6] 19-177-DWP03 - Deelwerkplan fase 2B, revisie 0 dd 17-12-2020
- [7] Meijers, P., (2007). Settlement during vibratory sheet piling. Ph.D thesis Technische Universiteit Delft.

Bijlage 1 Sonderingen deeltraject Hazelaarplein t.b.v. ontwerp



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

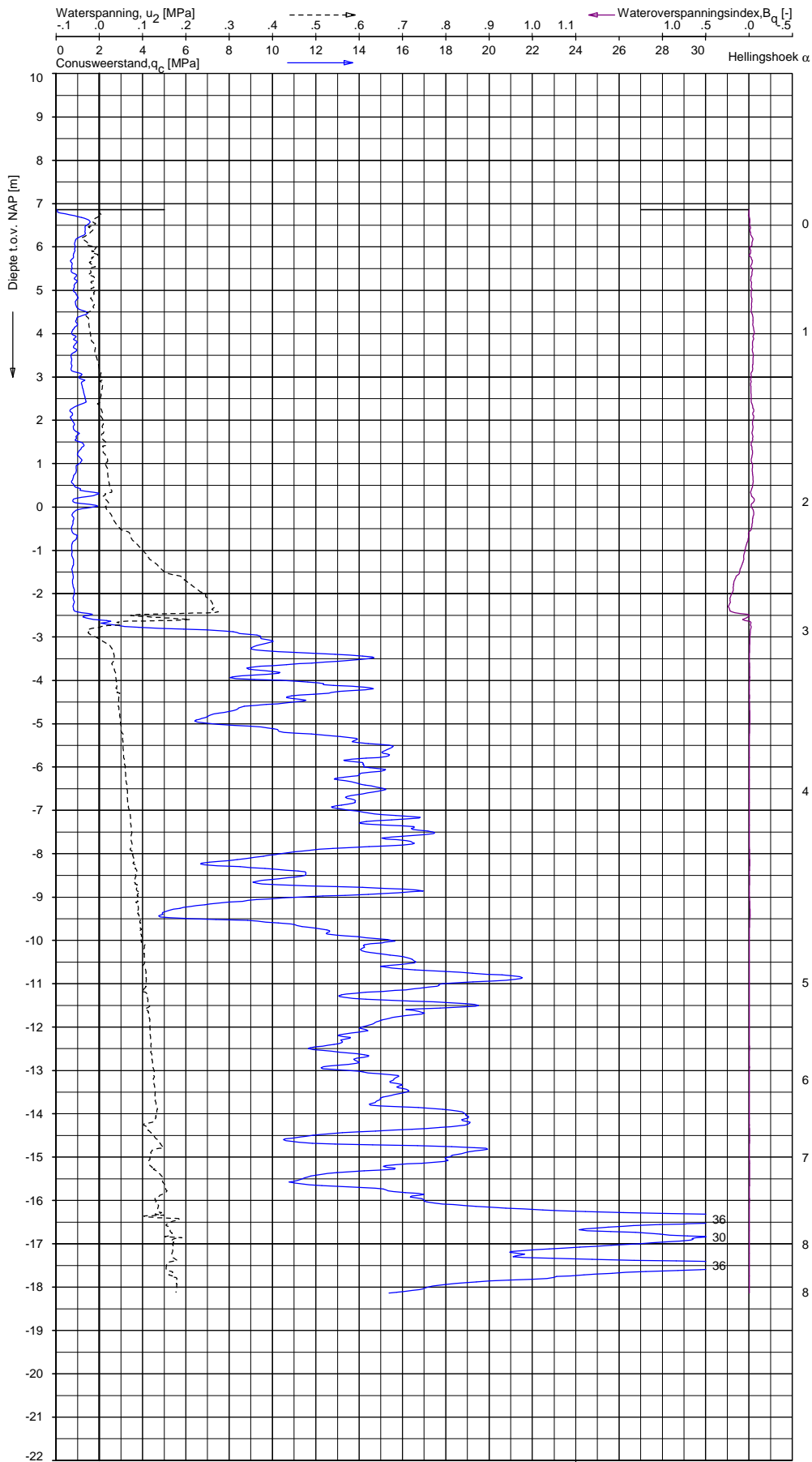


Opg. : JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X= 135141.0 m Y= 445288.0 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : P.Gommer-Reniers d.d. 12-feb-2020 MV = NAP +6.86 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3027 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

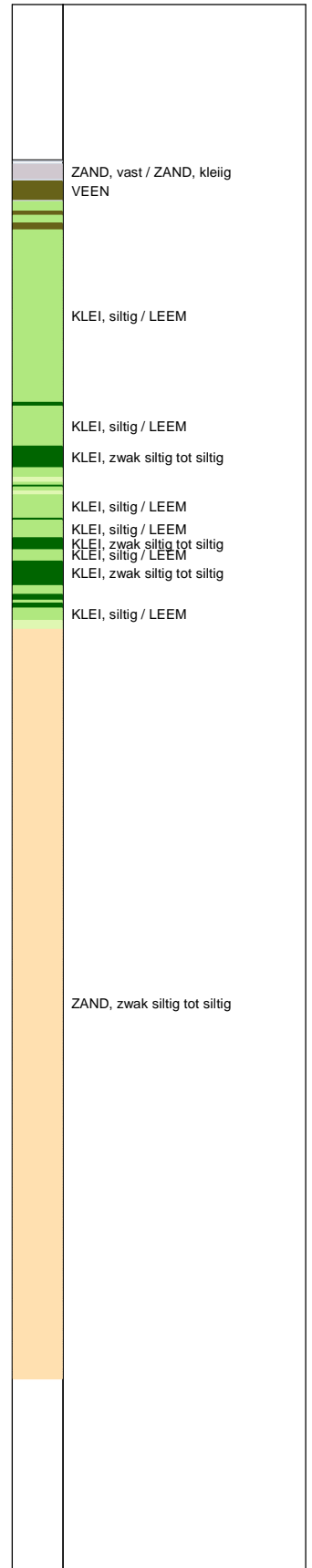
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKMP1



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



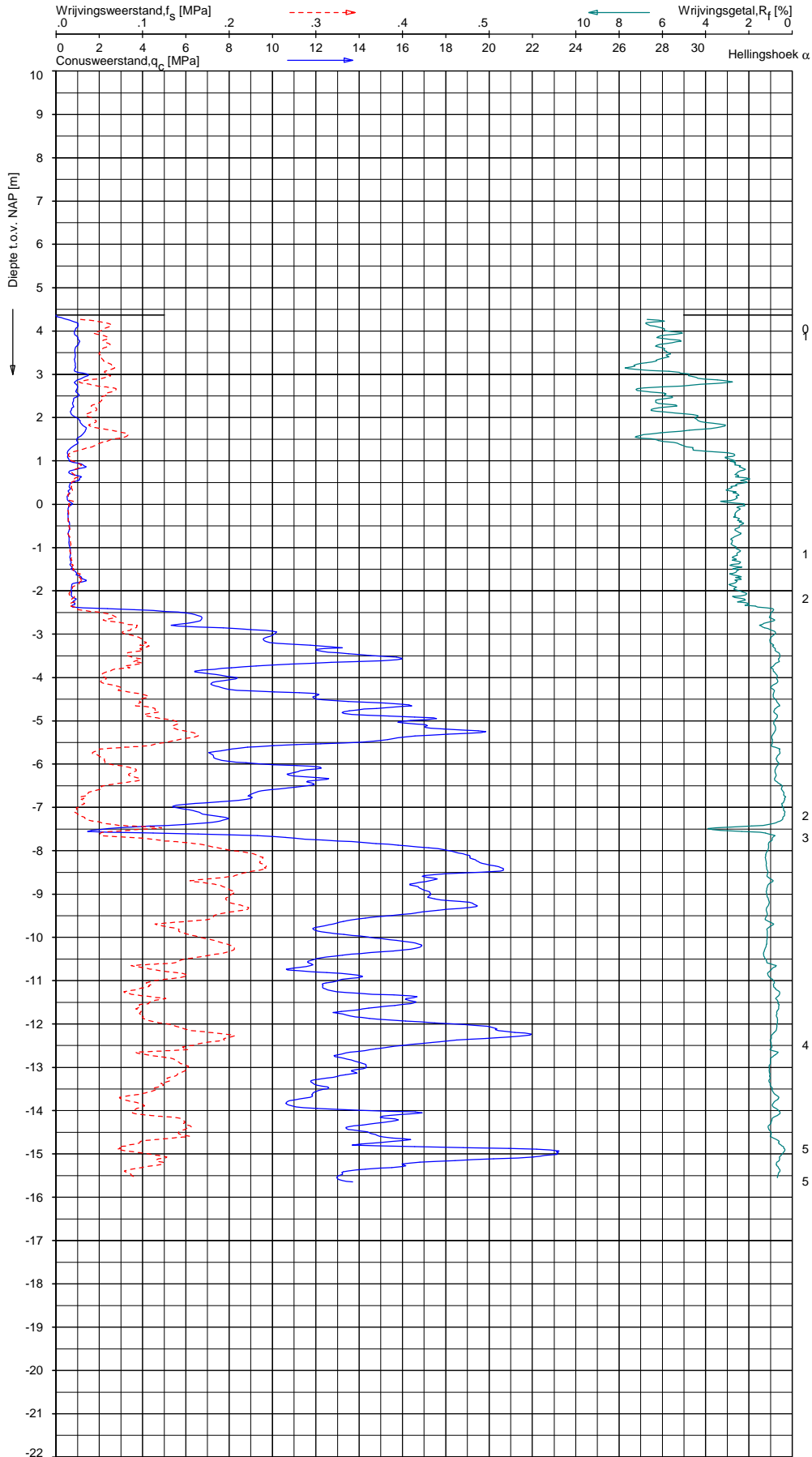
Opg. : JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X= 135141.0 m Y= 445288.0 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : P.Gommer-Reniers d.d. 12-feb-2020 MV = NAP +6.86 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3027 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

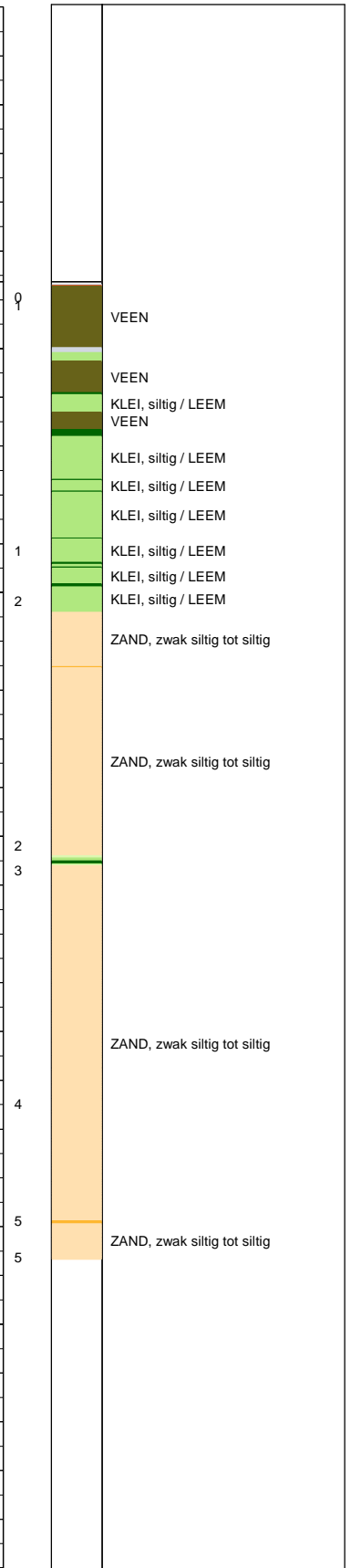
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKMP1





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



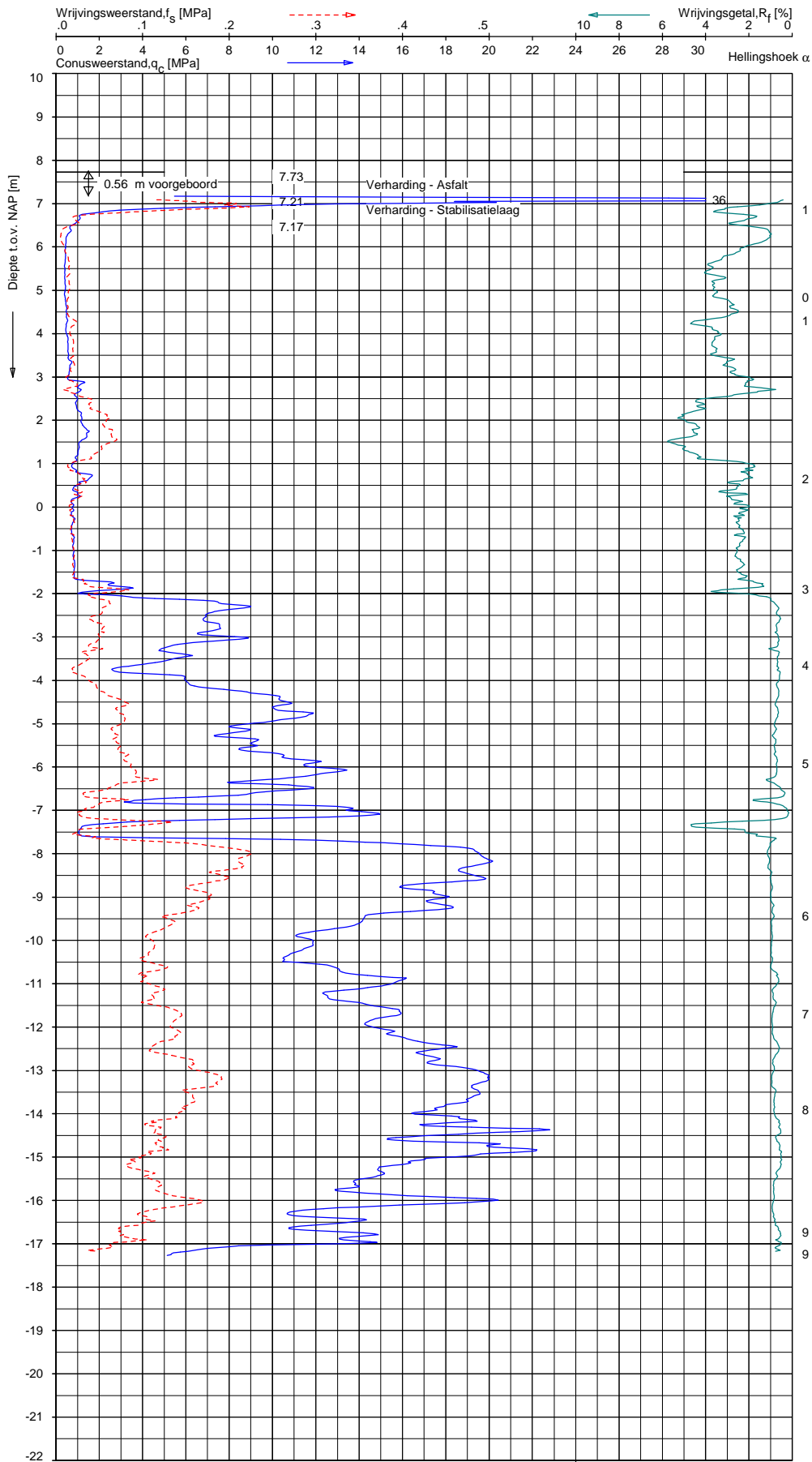
Opg.: JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X= 135162.3 m Y= 445305.3 m Systeem: RD
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +4.37 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2674
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

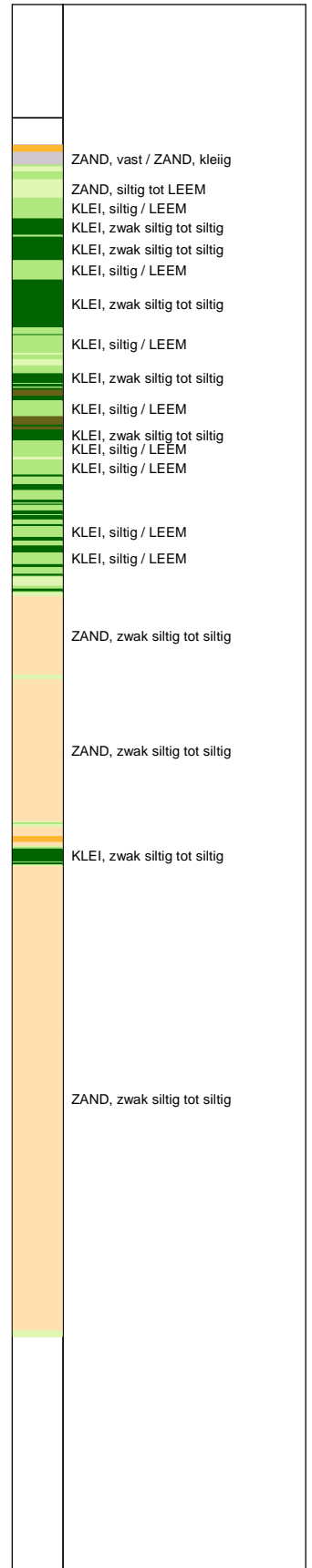
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM2





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



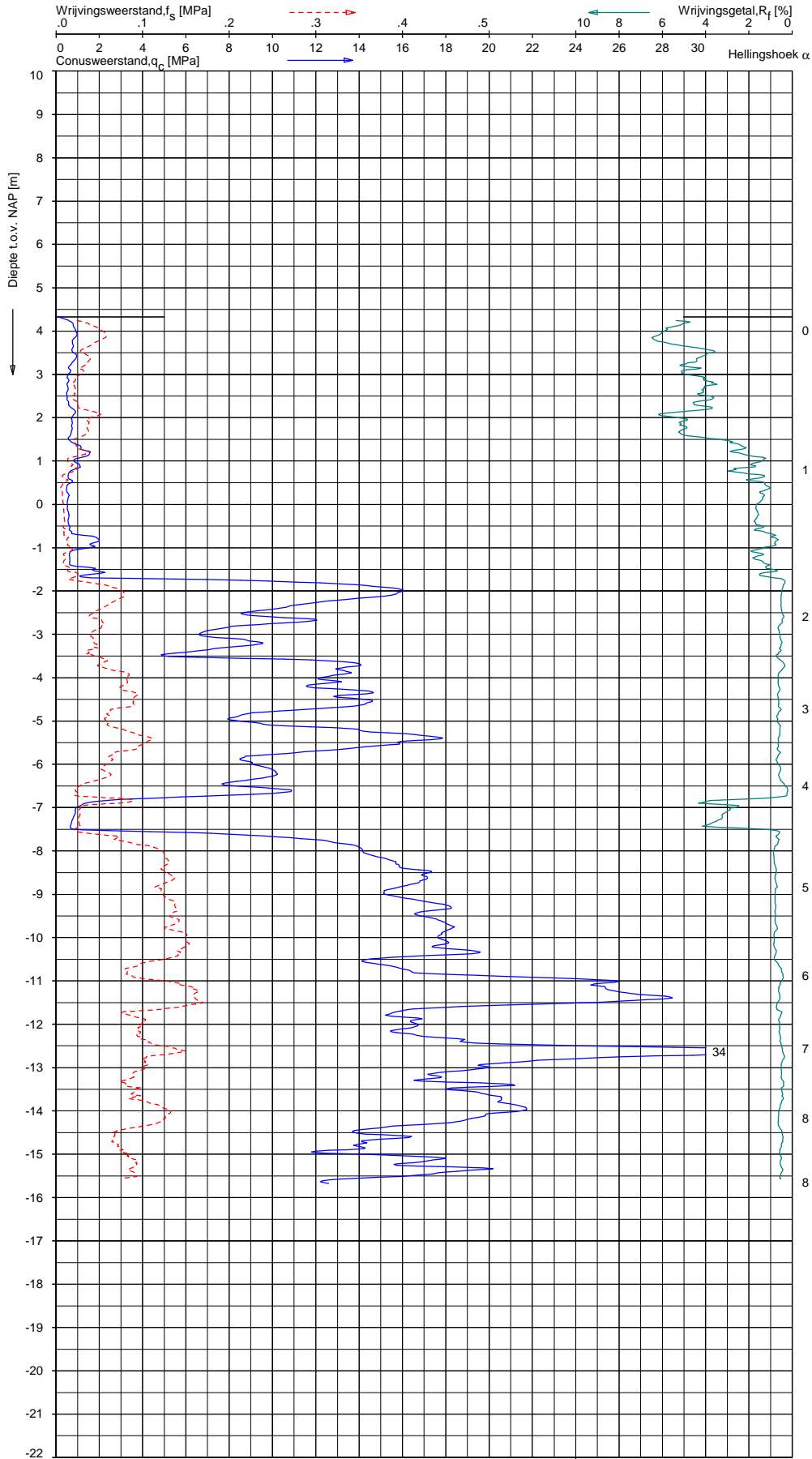
Opg.: JBK/HWR d.d. 28-jan-2020 Coord.: X=135147.0m Y=445314.1m Systeem: RD
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV=NAP +7.73m Conus:CP15-CF75SN2 1701-2563
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2, Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

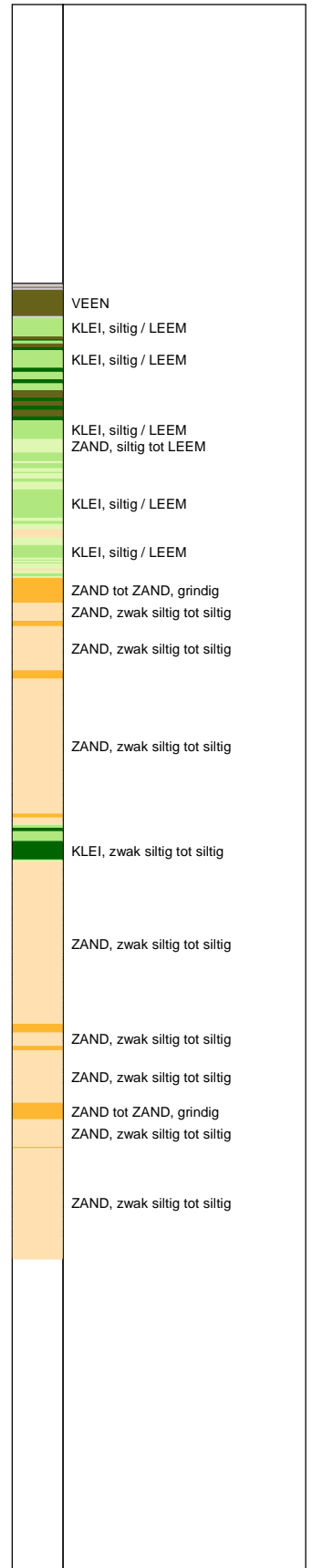
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM3





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

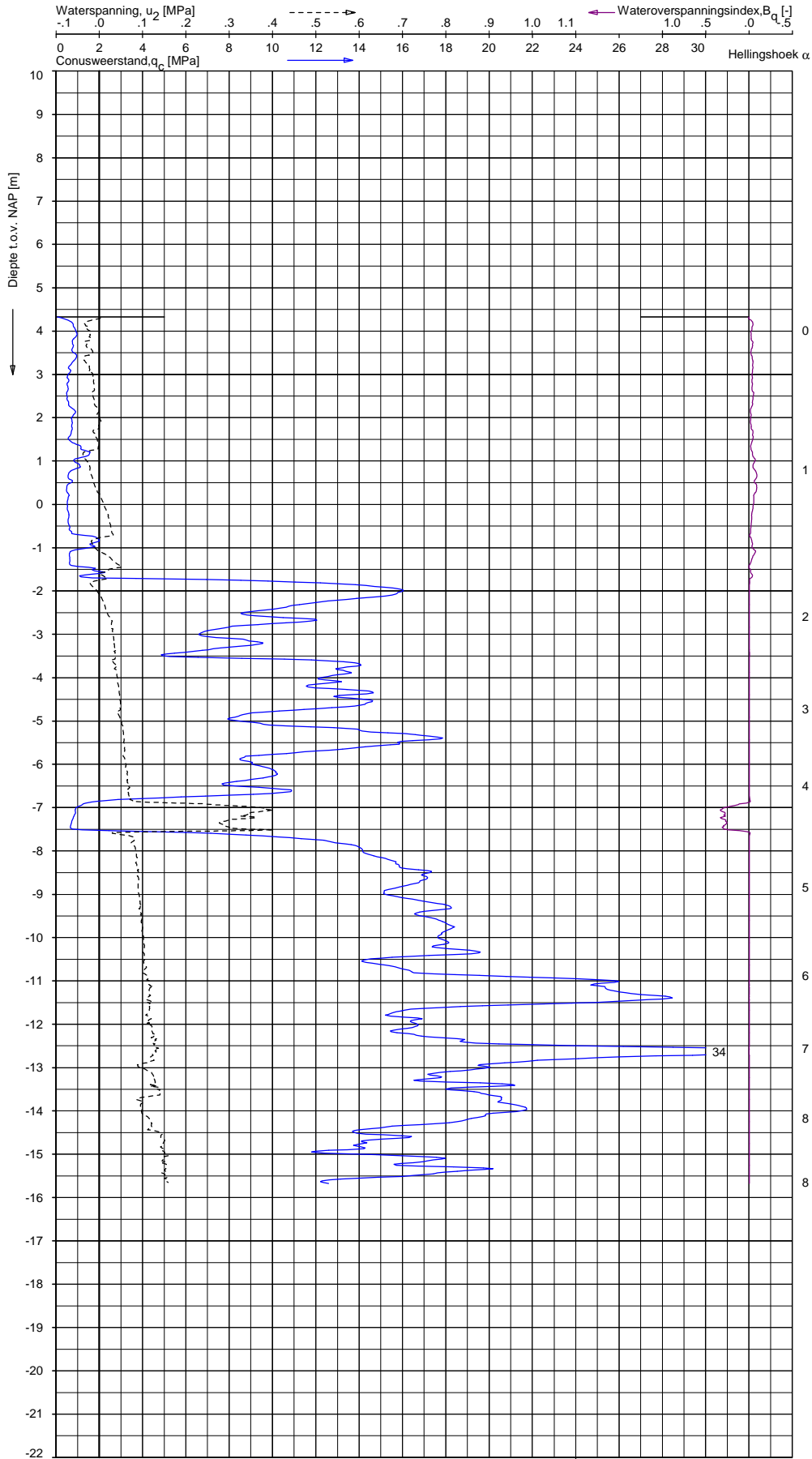


Opg.: JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X= 135161.7 m Y= 445323.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +4.33 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3027 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

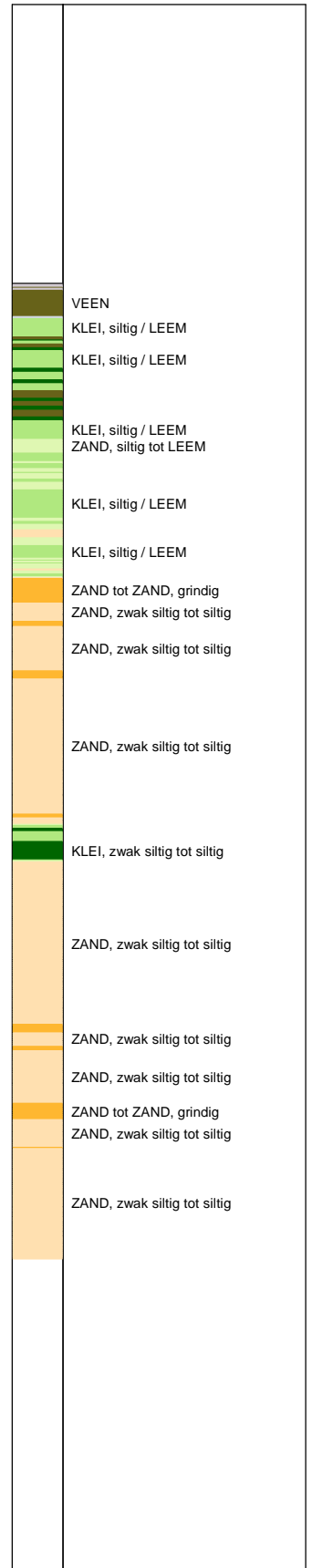
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKMP4



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



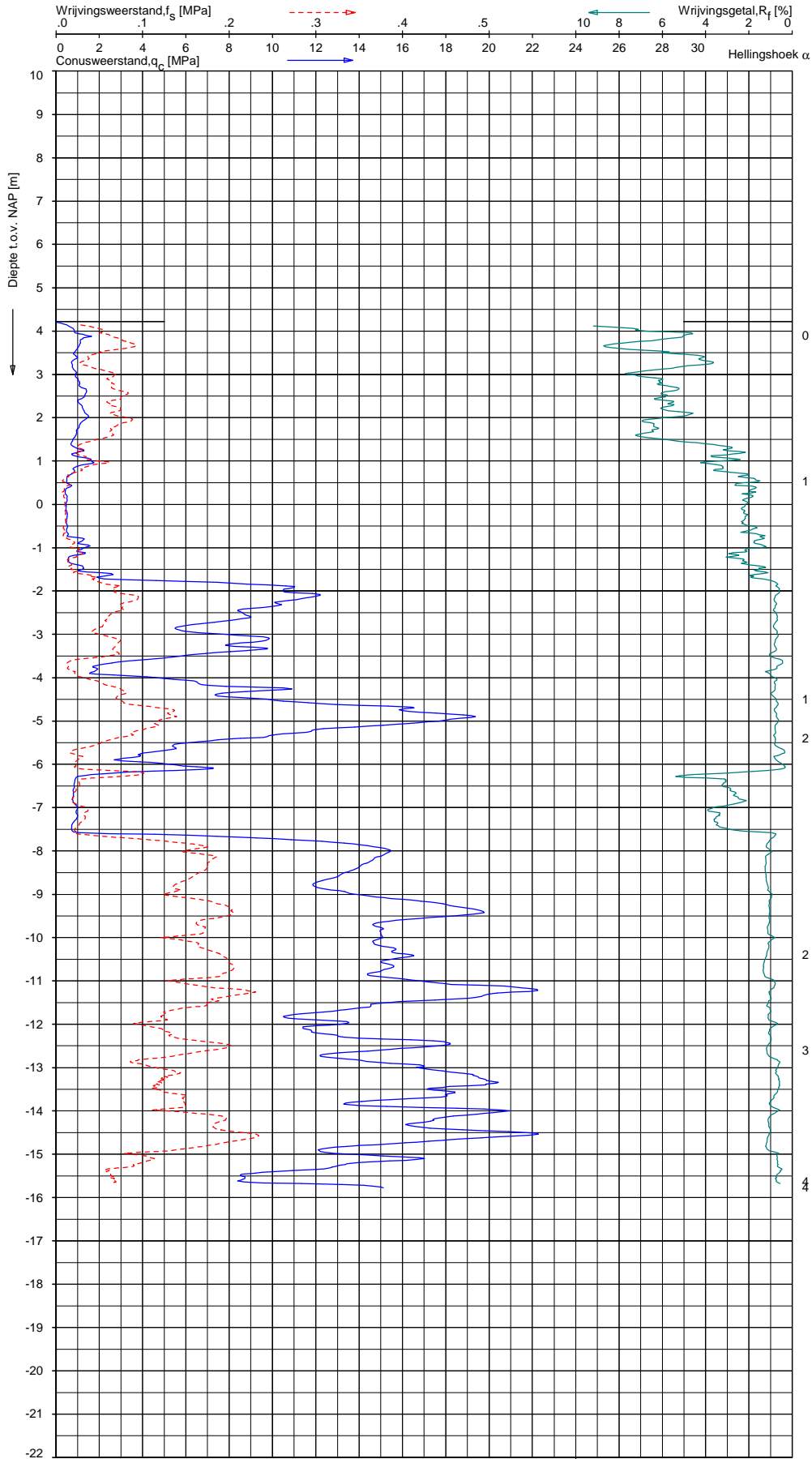
Opg.: JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X=135161.7 m Y=445323.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +4.33 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3027 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

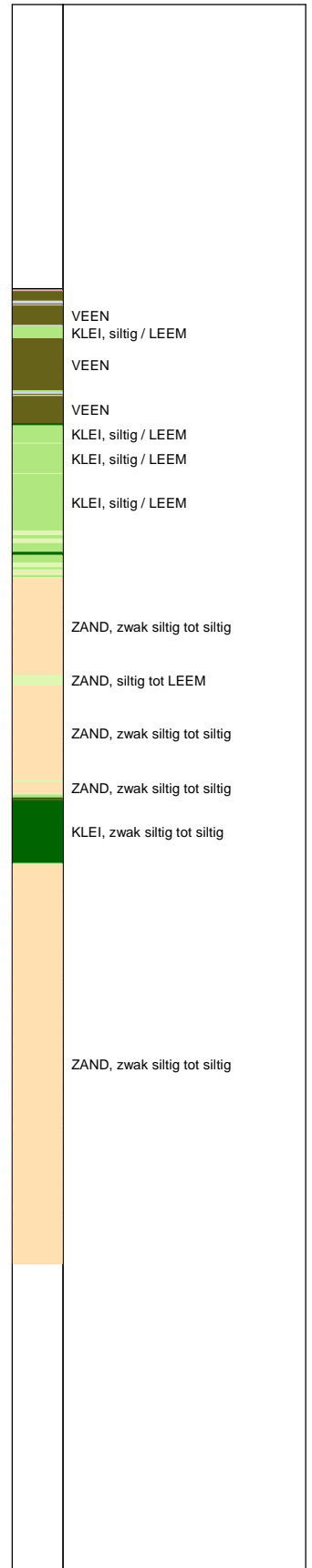
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKMP4





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



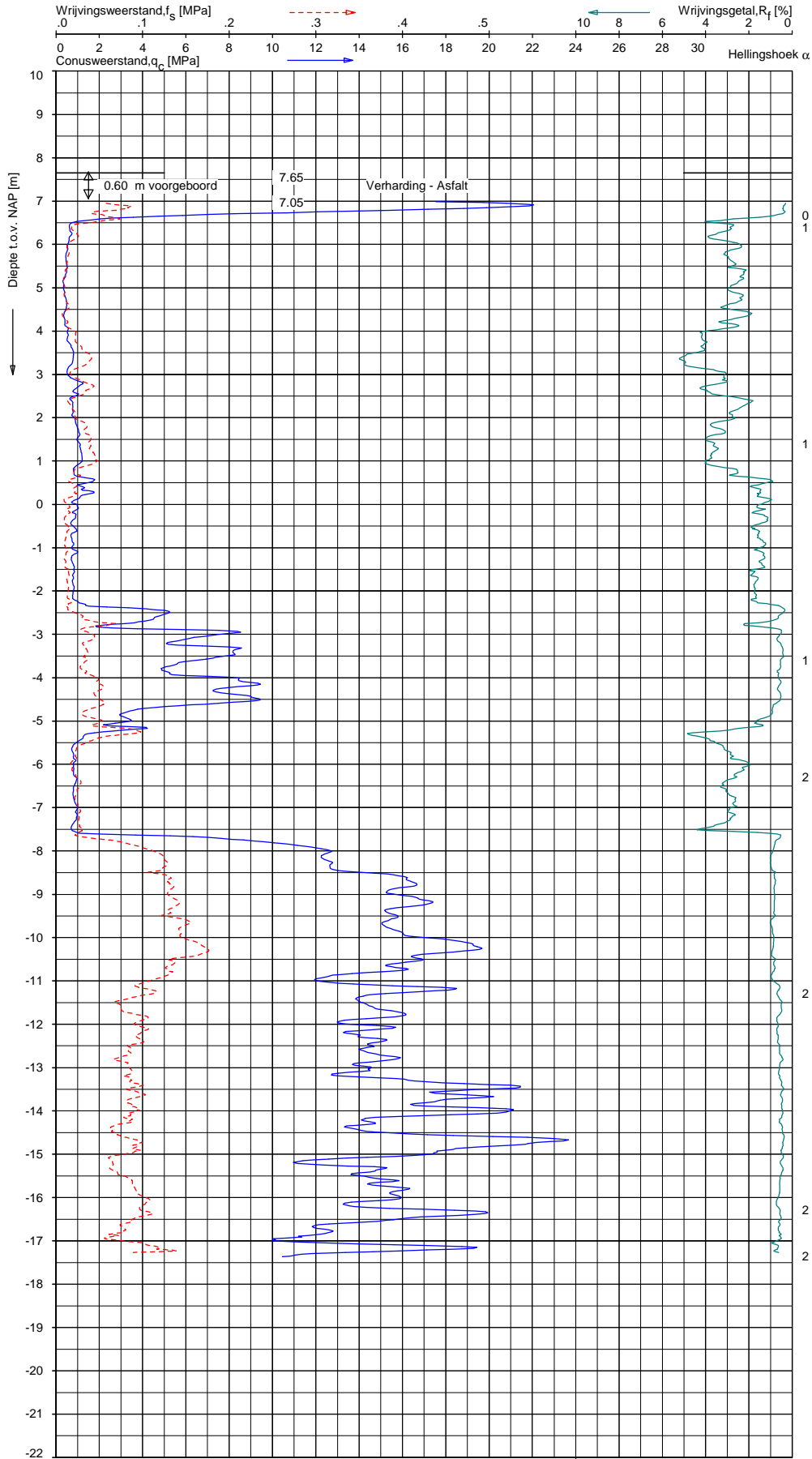
Opg.: JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X= 135160.5 m Y= 445338.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +4.22m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2674 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

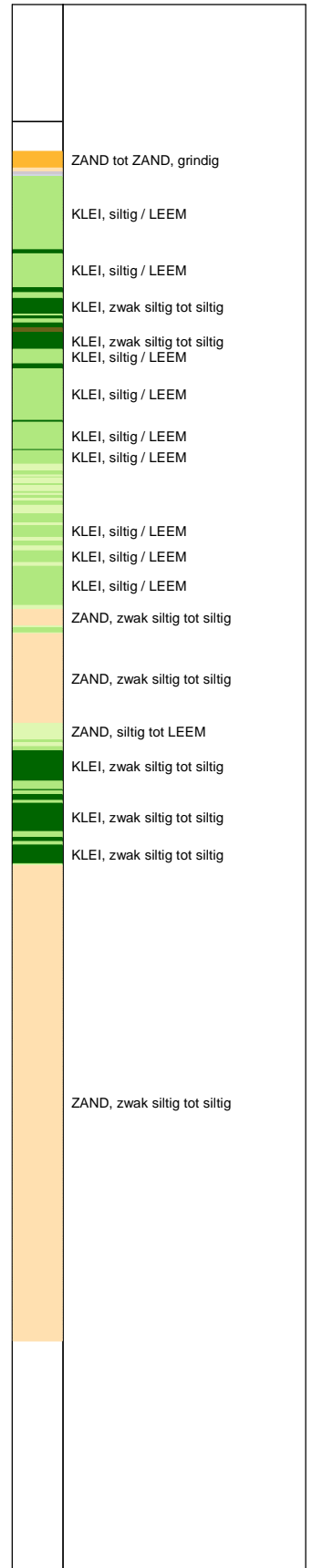
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM5





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



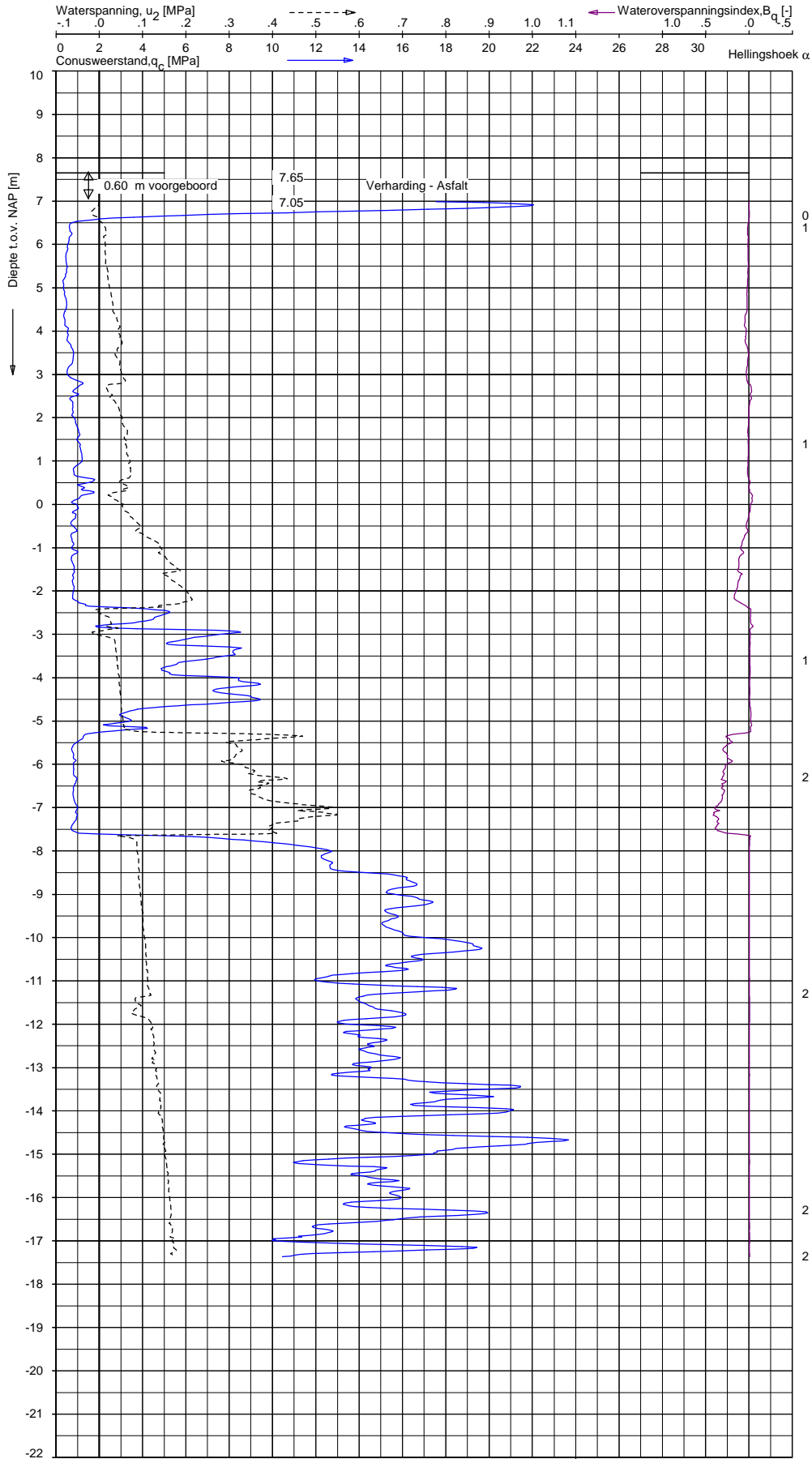
Opg.: AVL d.d. 31-jan-2020 Coord.: X= 135145.0 m Y= 445347.1 m Systeem: RD
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +7.65 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2653
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

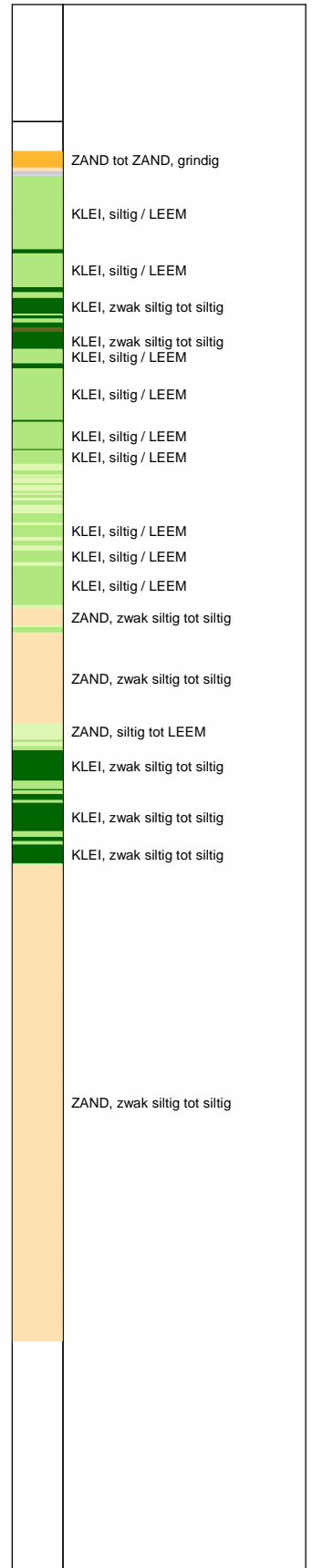
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKMP6





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



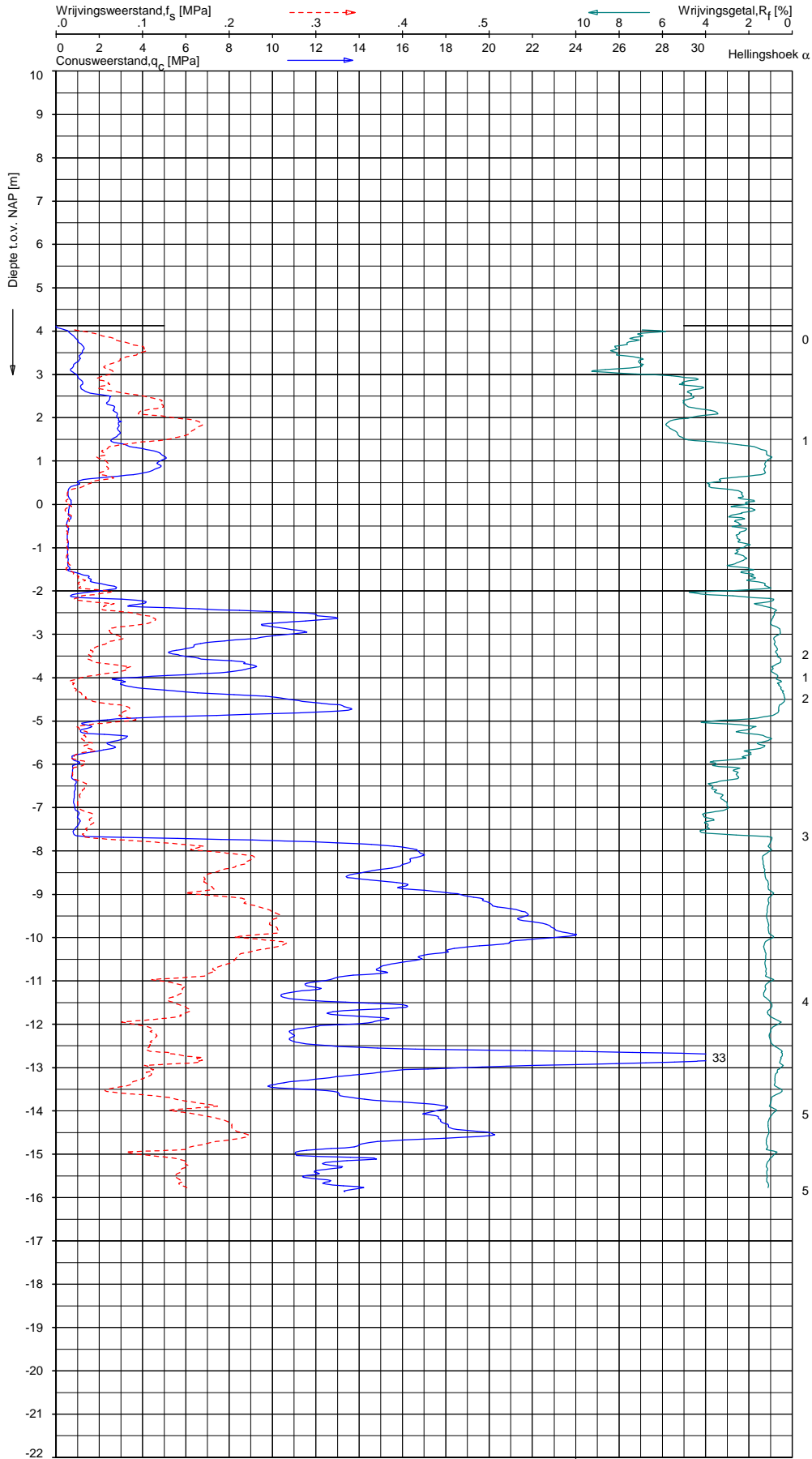
Opg.: AVL d.d. 31-jan-2020 Coord.: X= 135145.0 m Y= 445347.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +7.65 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2653 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

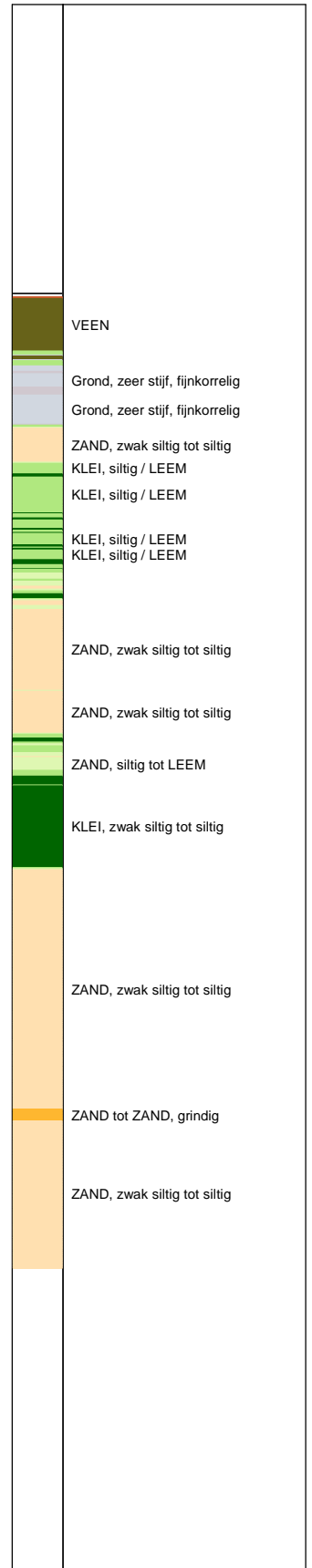
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKMP6





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

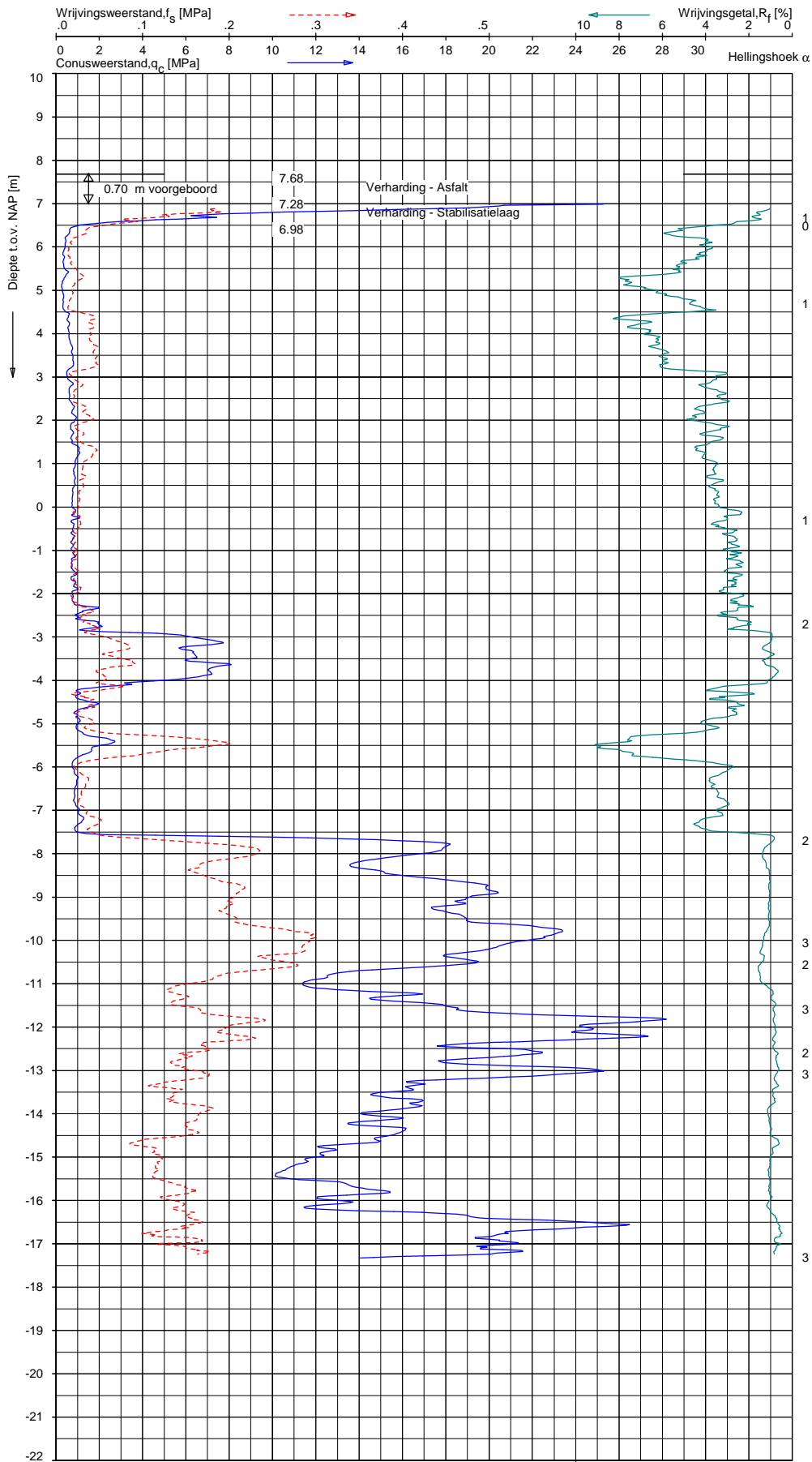


Opg.: JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X= 135159.2m Y= 445366.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +4.13m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2674 Toepassingsklasse 2, Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

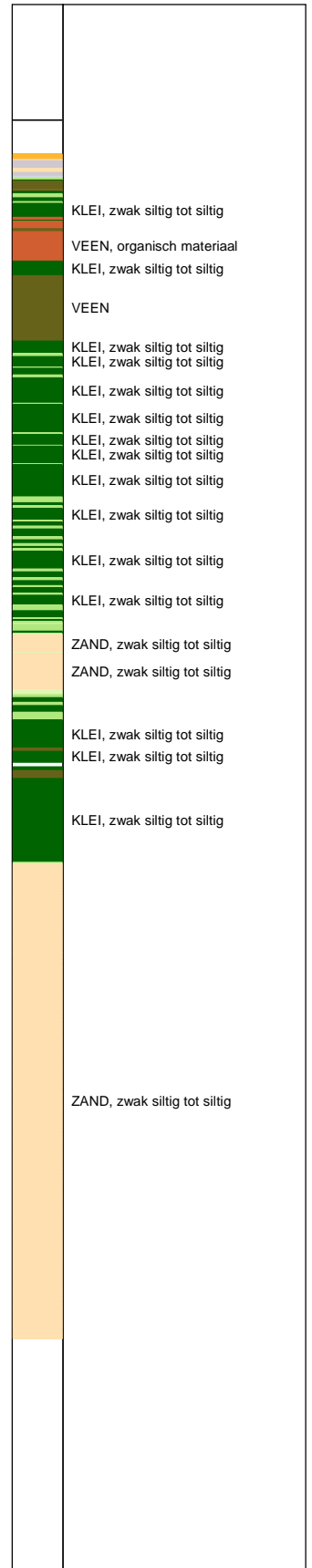
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM7



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



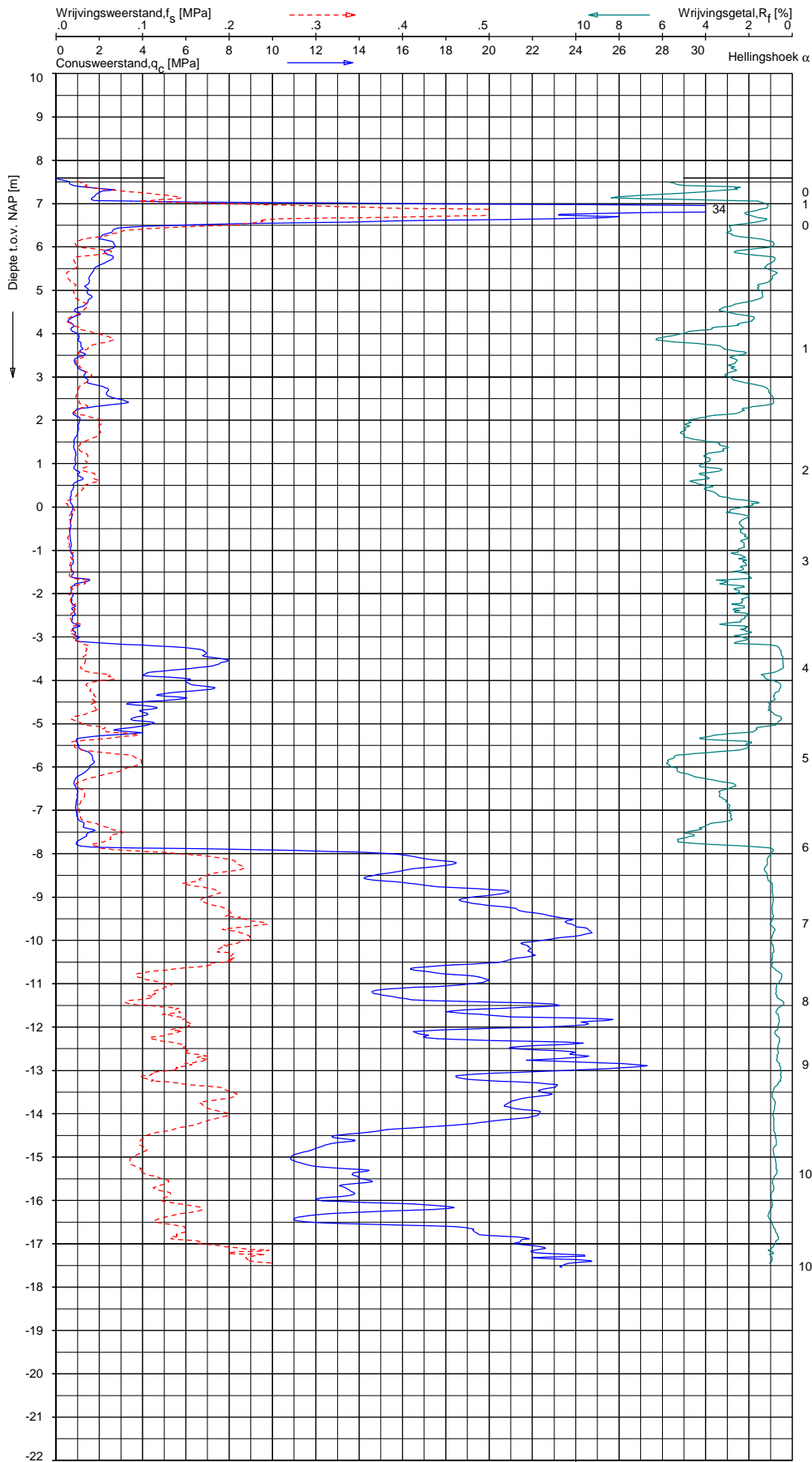
Opg.: AVL d.d. 31-jan-2020 Coord.: X=135144.2m Y=445378.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: P.Gommer-Reniers d.d. 12-feb-2020 MV = NAP +7.68m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2, Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

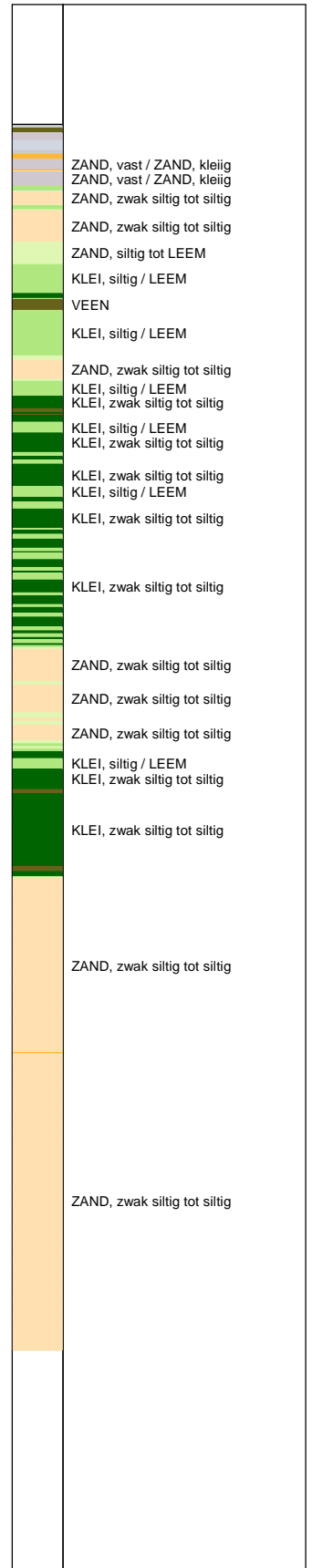
DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM8





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

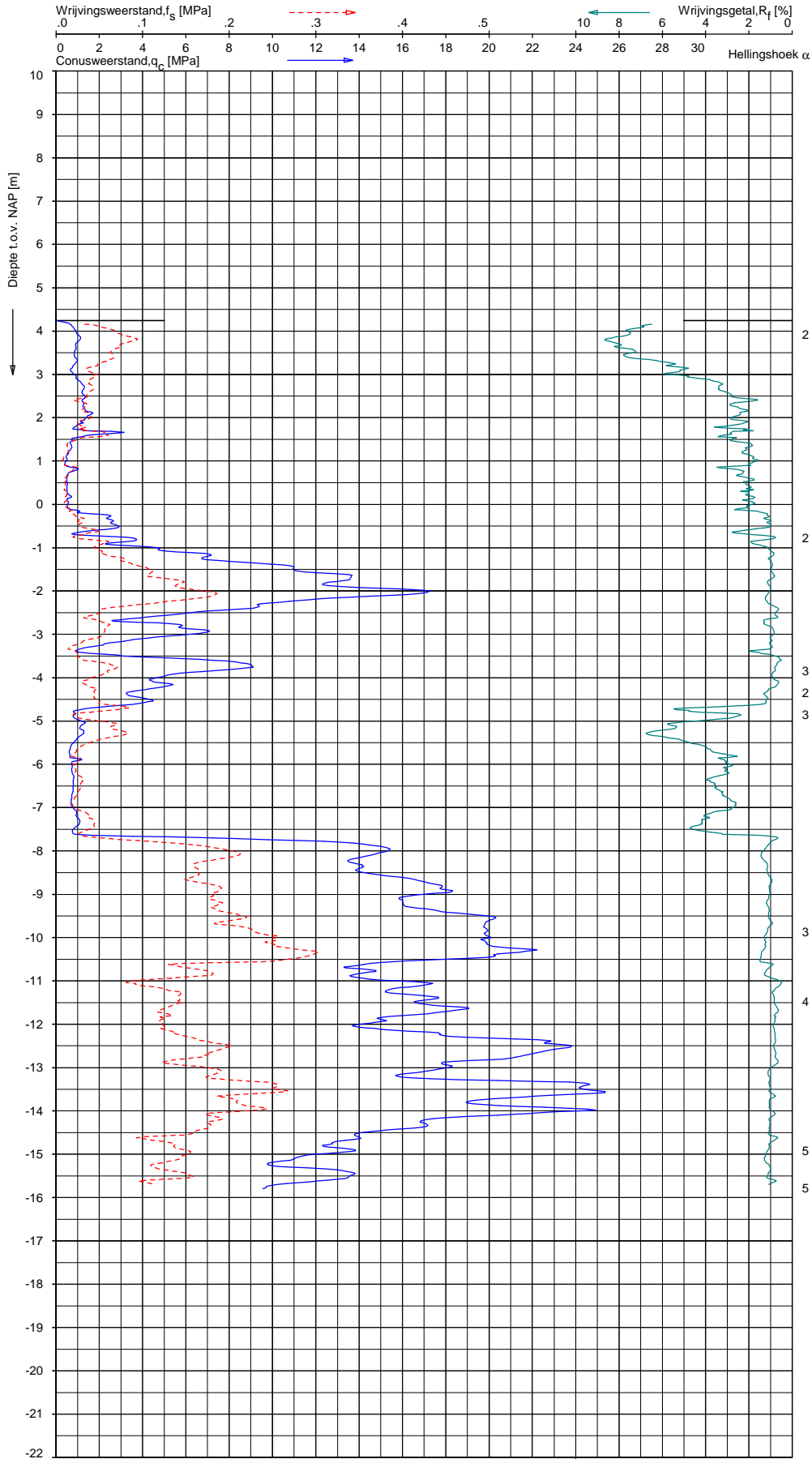


Opg.: JBK/HWR d.d. 28-jan-2020 Coord.: X= 135147.1 m Y= 445409.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +7.59 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2563 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

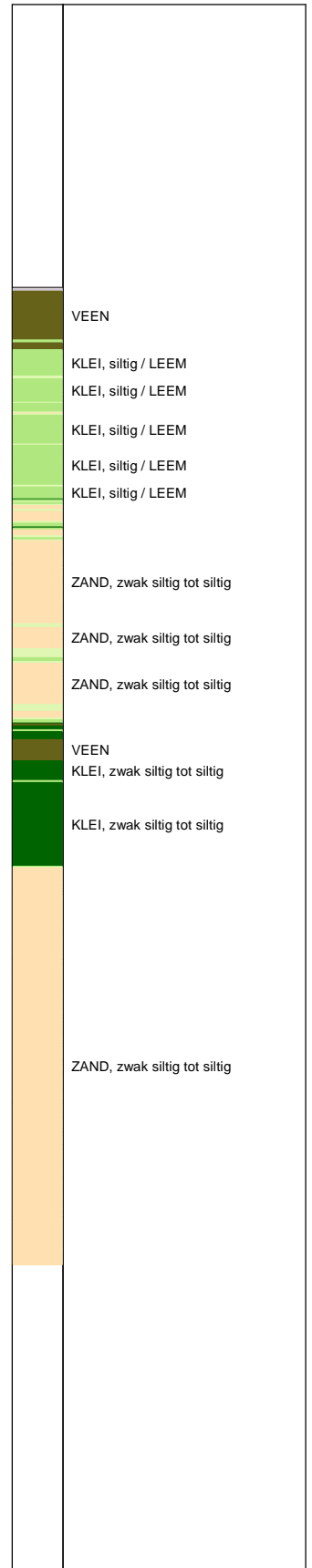
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM9



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

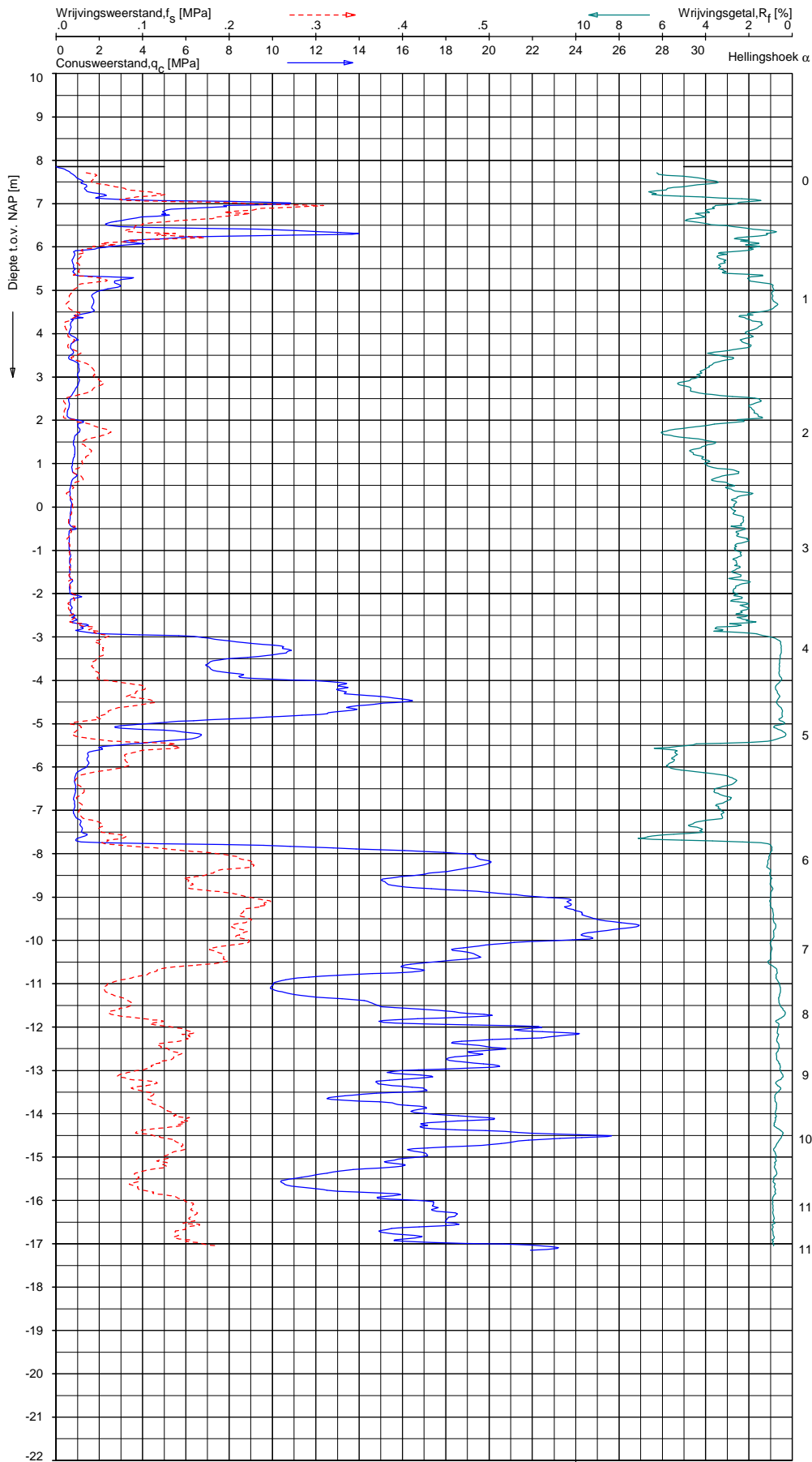


Opg. : JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X= 135158.2m Y= 445387.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : P.Gommer-Reniers d.d. 12-feb-2020 MV = NAP +4.24m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2674 Toepassingsklasse 2, Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

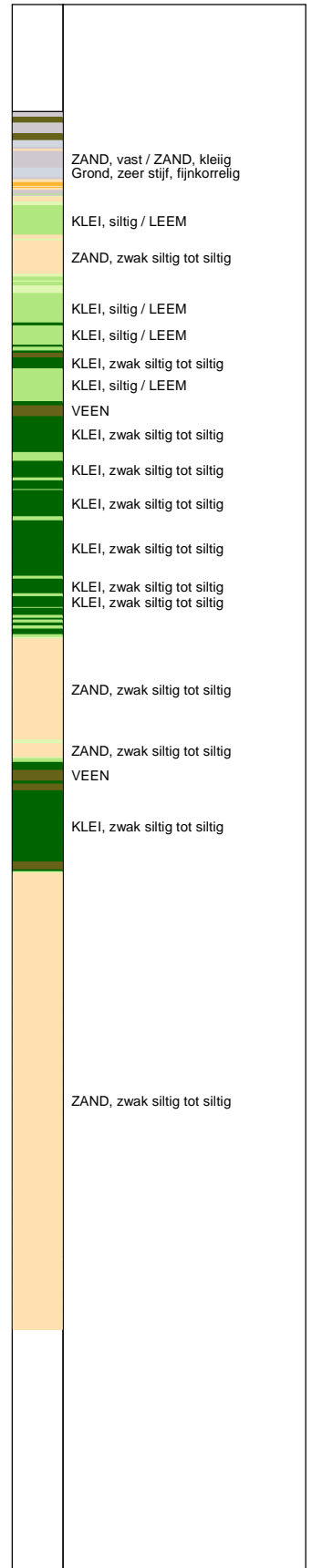
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM10



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

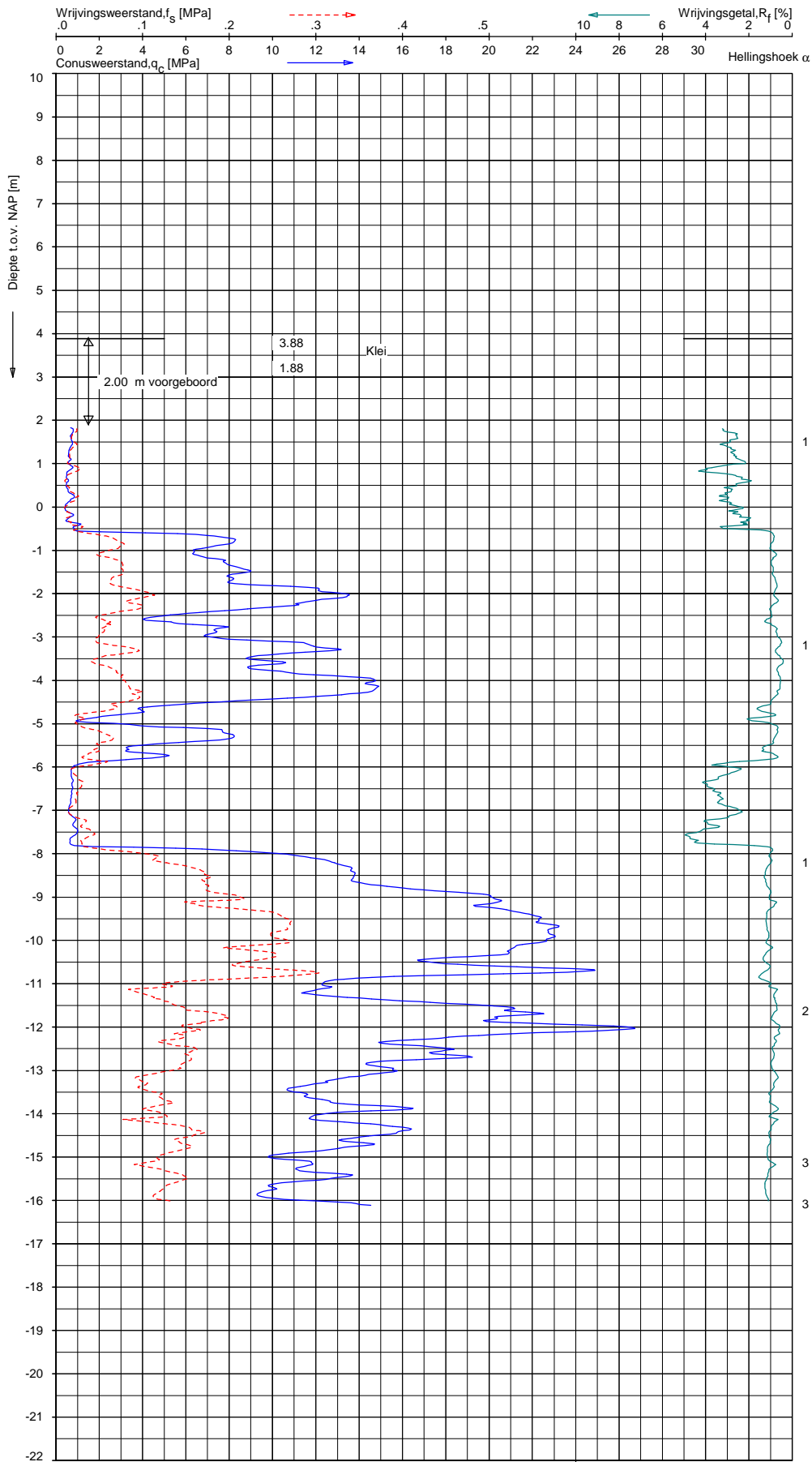


Opg.: JBK/HWR d.d. 28-jan-2020 Coord.: X= 135160.0 m Y= 445417.1 m Systeem: RD
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +7.85 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2563
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

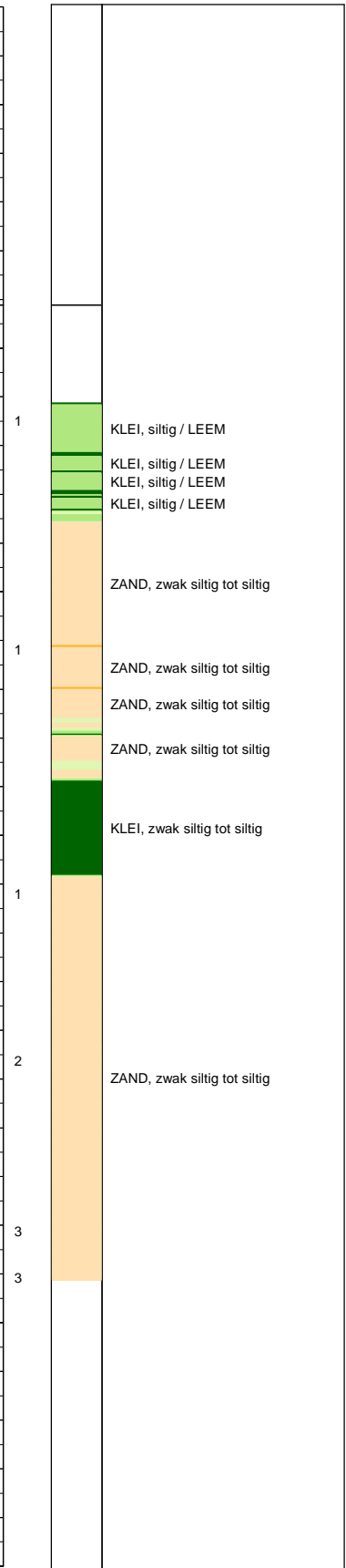
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM11



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

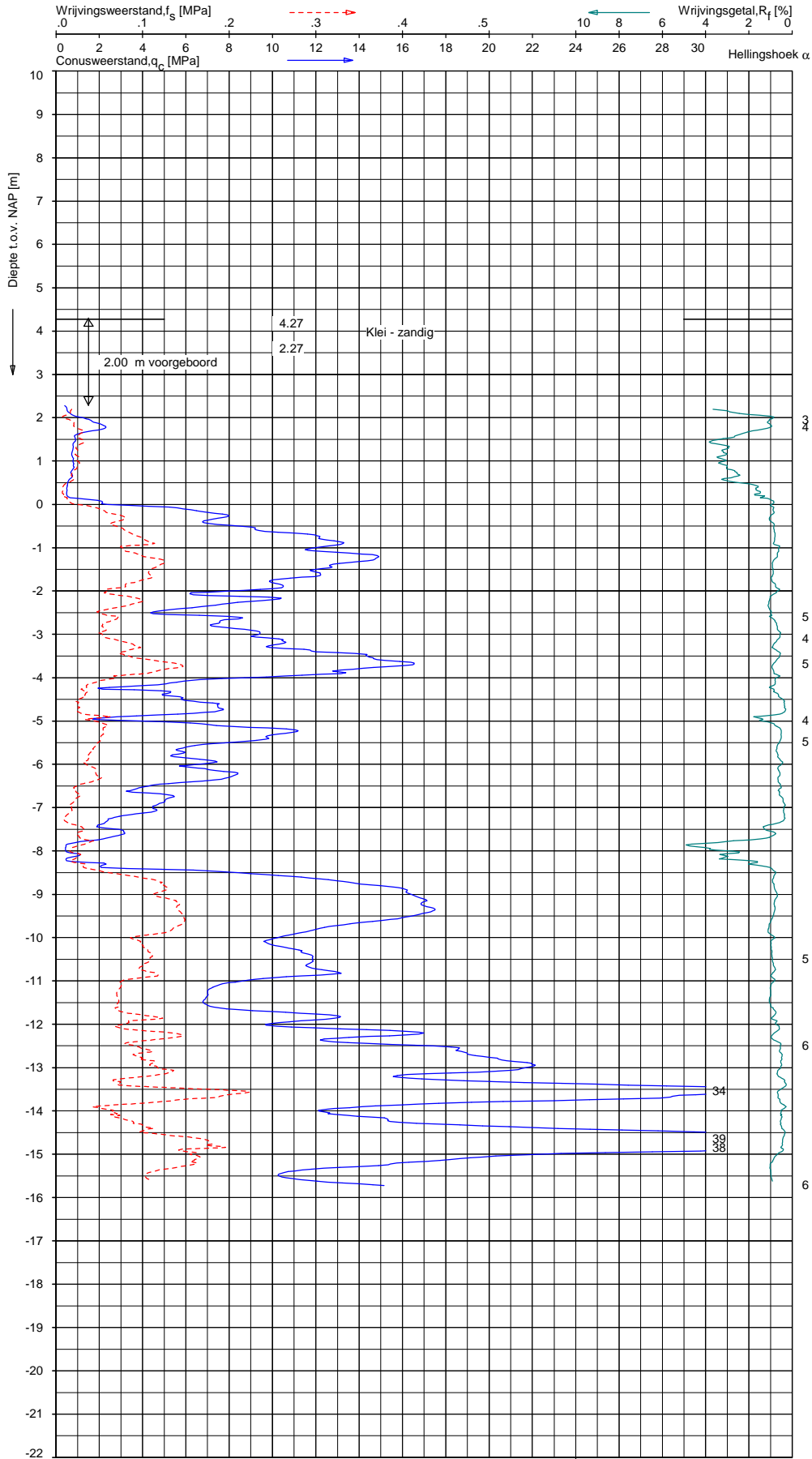


Opg.: JBK d.d. 27-jan-2020 Coord.: X=135176.0 m Y=445394.0 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: L.Murenaite d.d. 07-feb-2020 MV = NAP +3.88 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2674 Toepassingsklasse 2, Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

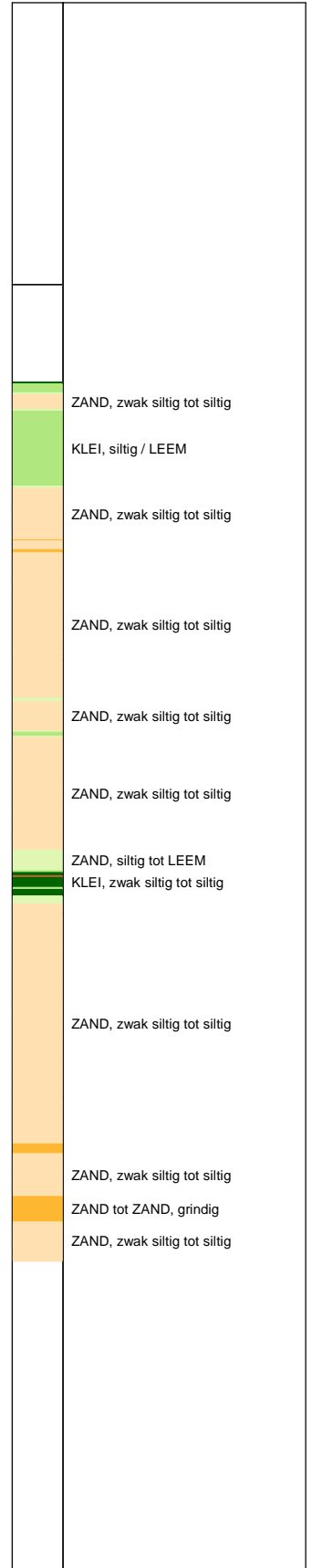
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM12



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



Opg.: JSL d.d. 29-jan-2020 Coord.: X= 135207.9m Y= 445407.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: P.Gommer-Remiers d.d. 12-feb-2020 MV = NAP +4.27m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3073 Toepassingsklasse 2, Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19935 \text{ mm}^2$

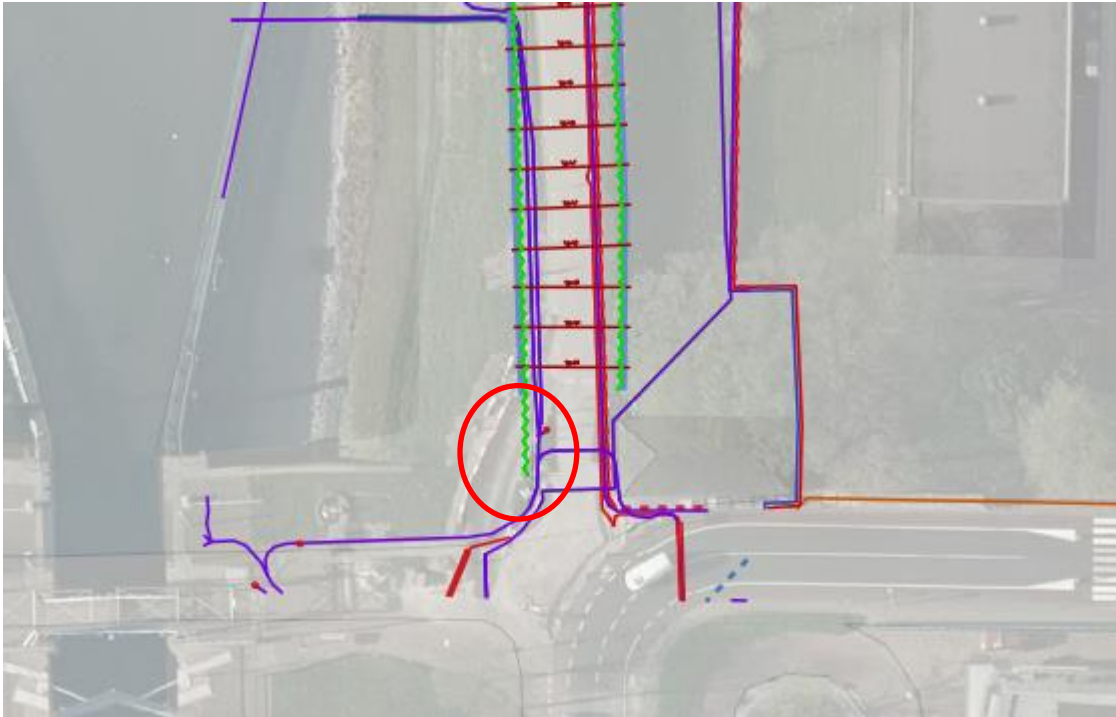
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN

Opdr. 1319-158274
 Sond. DKM13



Bijlage 2 Overzicht kabels en leidingen proeflocatie



De kabels t.h.v. het rood omcirkelde deel zullen worden geplaatst naar de rivierzijde van de damwand. Hierdoor komen deze kabels te liggen t.h.v. de proeflocatie van de voor en na sonderingen. De nieuwe locatie van de kabels zal worden ingemeten na verplaatsing zodat de locaties inzichtelijk zijn en de voor en na sonderingen hier niet mee zullen interfereren.

Bijlage 3 Sonderingen Voor en Na aanbrengen damwand rapportage Fugro



Dijkversterking Vianen Fase 2

Rapportage geotechnisch onderzoek | Vianen

1320-182625 | 8 maart 2021

Definitief

GMB Civiel B.V.

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Dijkversterking Vianen Fase 2
Documentnaam	Rapportage geotechnisch onderzoek
Fugro-projectnr.	1320-182625
Fugro-documentnr.	1320-182625-21-R01-v2.0-20210308
Versienummer	2.0
Versiestatus	Definitief
Fugro Entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Pop Dijkemaweg 72a Postbus 9440 9703 LP Groningen T 050 54 12432

Klantgegevens

Klant	GMB Civiel B.V.
Adres klant	Postbus 2 , 4043 ZG OPHEUSDEN
Contactpersoon klant	H.M.H. Kasbergen

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	26-01-2021	Definitief	Initiële versie	PJG	PVW	RBA
2.0	08-03-2021	Definitief	DKMP10 t/m DKMP18	LM	PVW	RBA

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
RBA	Ing. R. Barth	Project Manager

Inhoudsopgave

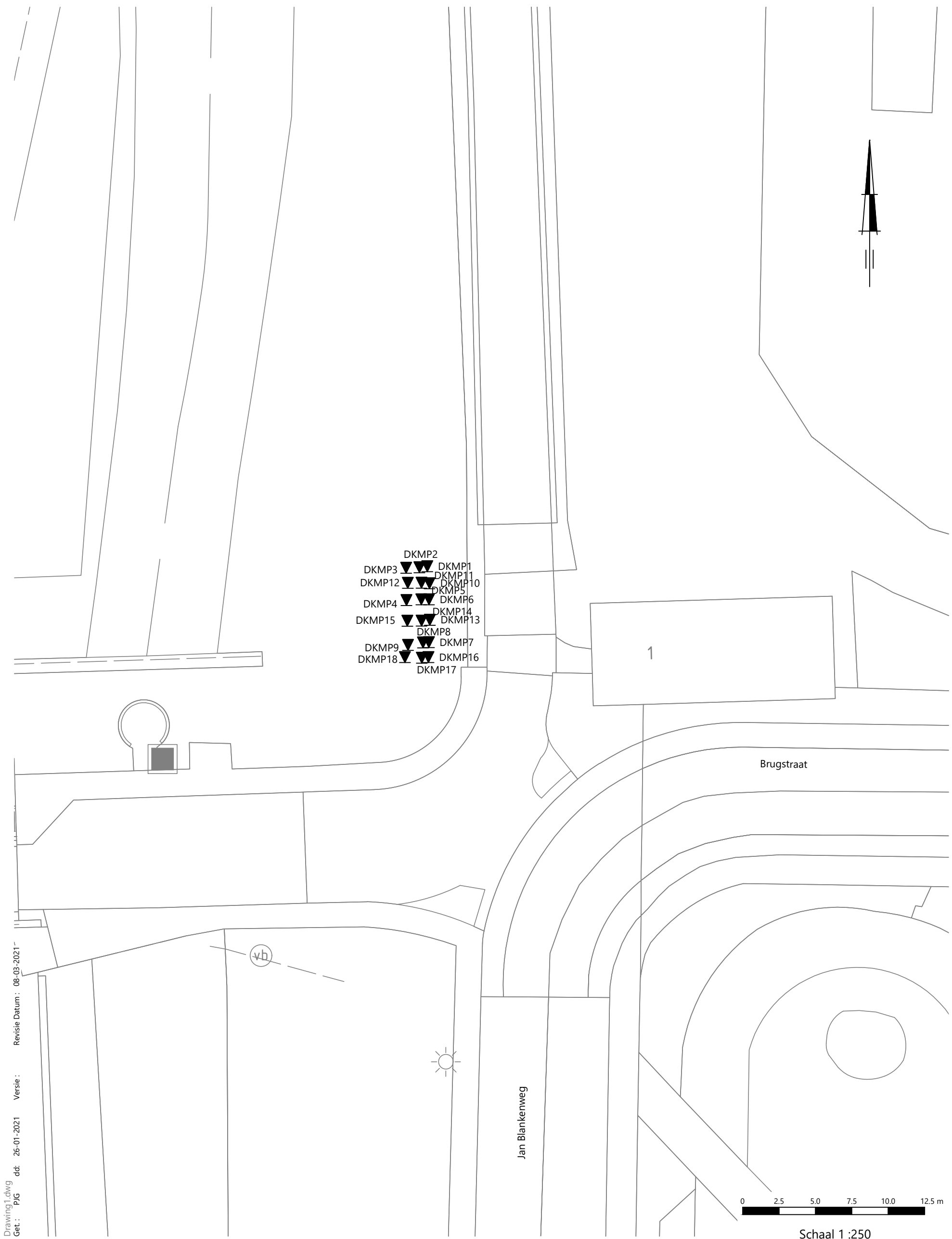
1. Rapportageoverzicht
2. Situatietekening(en)
3. Onderzoeksdata
4. Toelichting geotechnisch onderzoek
5. Continu elektrisch sonderen
6. Legenda terreinproeven

Rapportageoverzicht

Projectnaam: Dijkversterking Vianen Fase 2
Fugro-projectnr.: 1320-182625

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v. NAP	Grondwaterstand (m) t.o.v. NAP	Opmerking
	X	Y			
DKMP1	135143.1	445277.4	+7.34		
DKMP2	135142.6	445277.4	+7.37		
DKMP3	135141.7	445277.3	+7.35		
DKMP4	135141.7	445275.1	+7.37		
DKMP5	135142.7	445275.2	+7.39		
DKMP6	135143.2	445275.2	+7.36		
DKMP7	135143.2	445272.2	+7.37		
DKMP8	135142.8	445272.2	+7.37		
DKMP9	135141.8	445272.0	+7.37		
DKMP10	135143.3	445276.3	+7.31		
DKMP11	135142.7	445276.3	+7.31		
DKMP12	135141.8	445276.3	+7.31		
DKMP13	135143.3	445273.8	+7.34		
DKMP14	135142.7	445273.7	+7.38		
DKMP15	135141.8	445273.7	+7.35		
DKMP16	135143.2	445271.2	+7.28		
DKMP17	135142.7	445271.2	+7.29		
DKMP18	135141.6	445271.2	+7.30		

Geen grondwater tot ca. 0.75 m
-mv



- DKMP2
- DKMP3 ▼ DKMP1
- DKMP12 ▼ DKMP11
- DKMP4 ▼ DKMP5
- DKMP15 ▼ DKMP6
- DKMP9 ▼ DKMP14
- DKMP18 ▼ DKMP13
- DKMP17

Drawing1.dwg
 Get.: PJG
 dd: 26-01-2021
 Versie:
 Revisie Datum: 08-03-2021

(vb)

Jan Blankenweg

Brugstraat

1



Schaal 1 :250

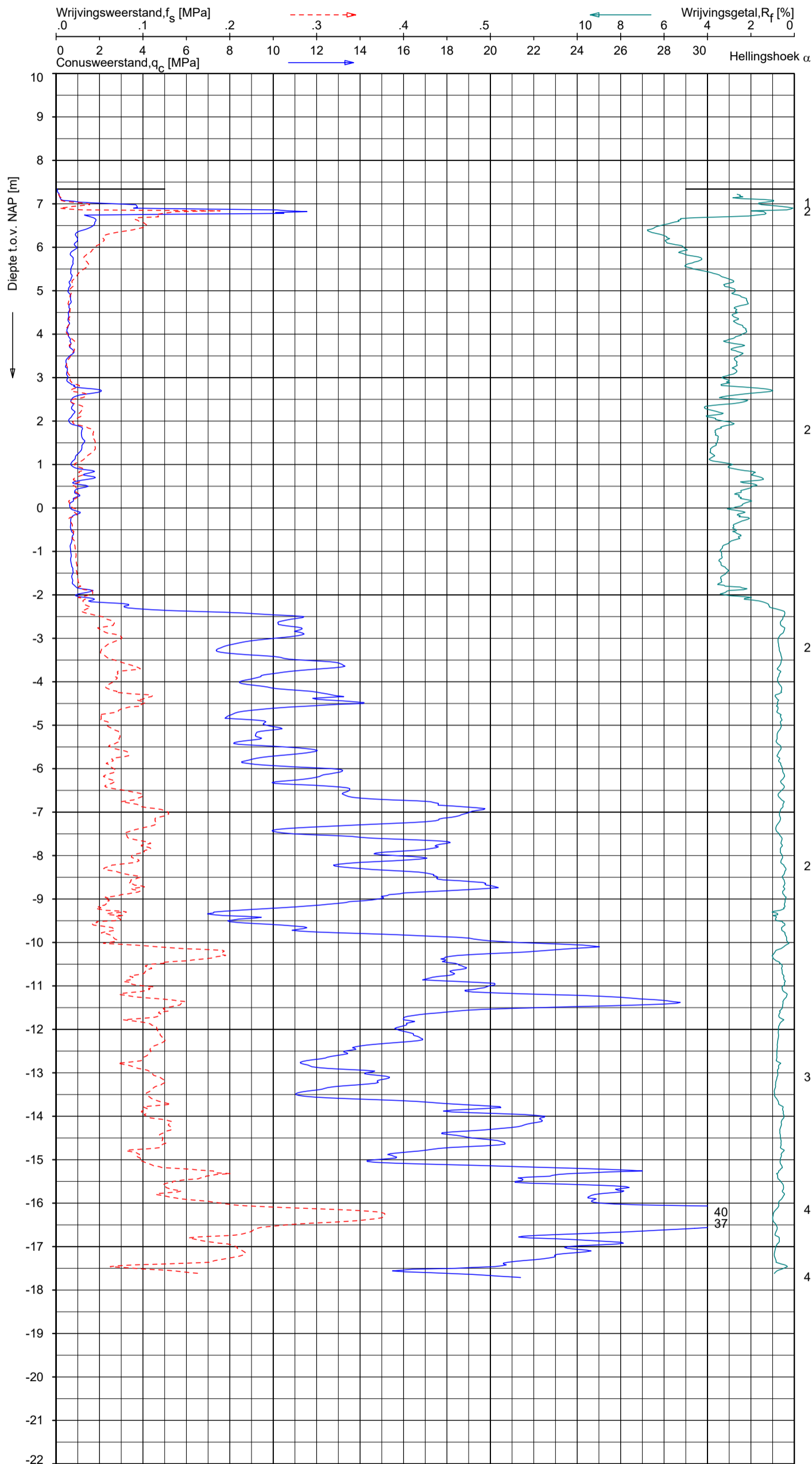
Wijziging A	08-03-2021	DKMP10 t/m DKMP18	LM
-------------	------------	-------------------	----

SITUATIE

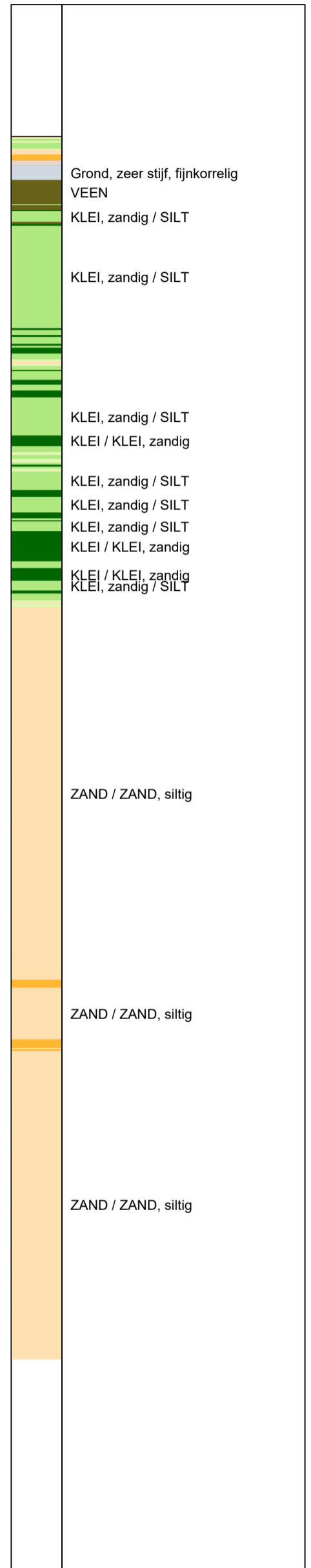
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr.: 1320-182625
 Bijl. : 1A





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

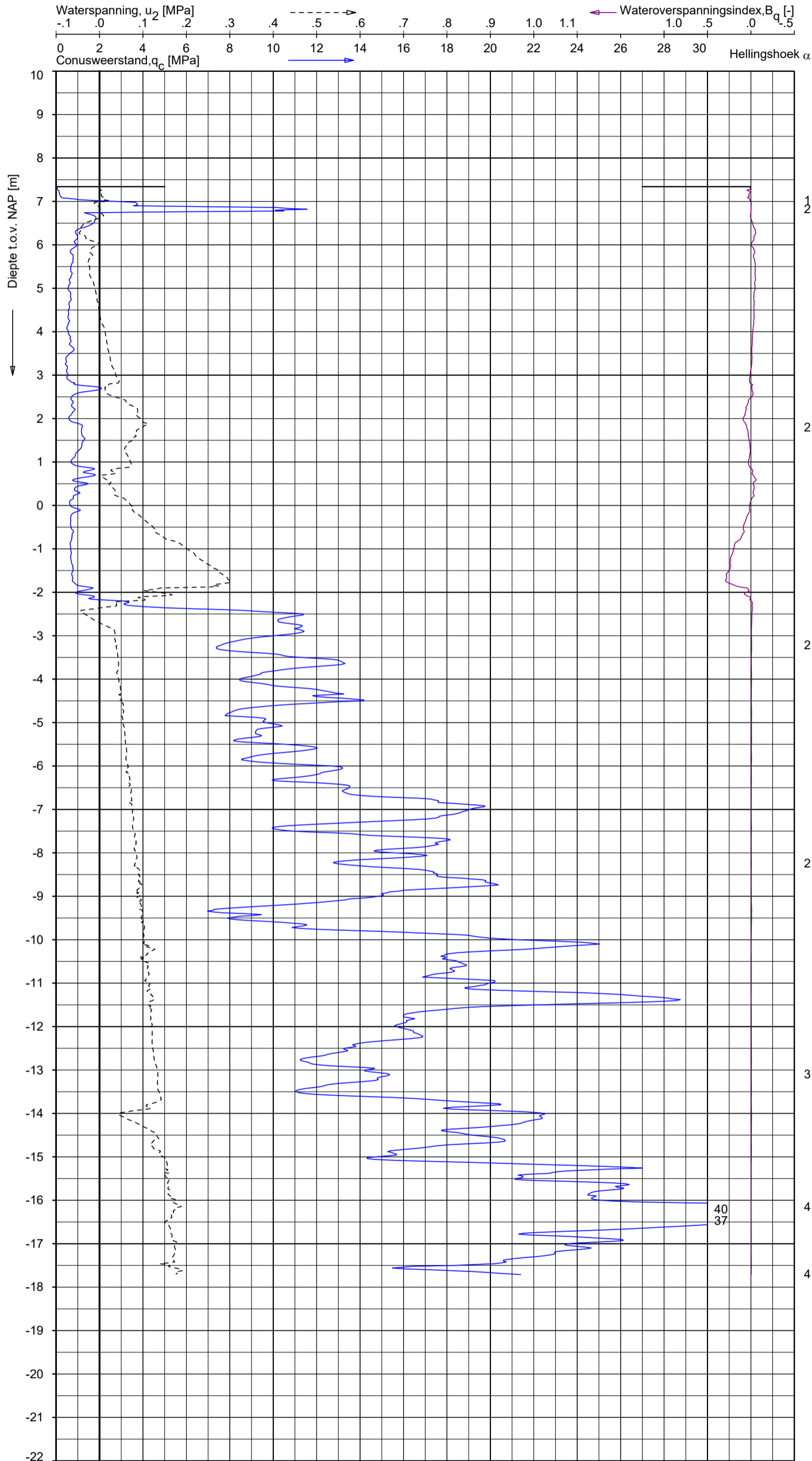


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135143.1 m Y= 445277.4 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.34 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

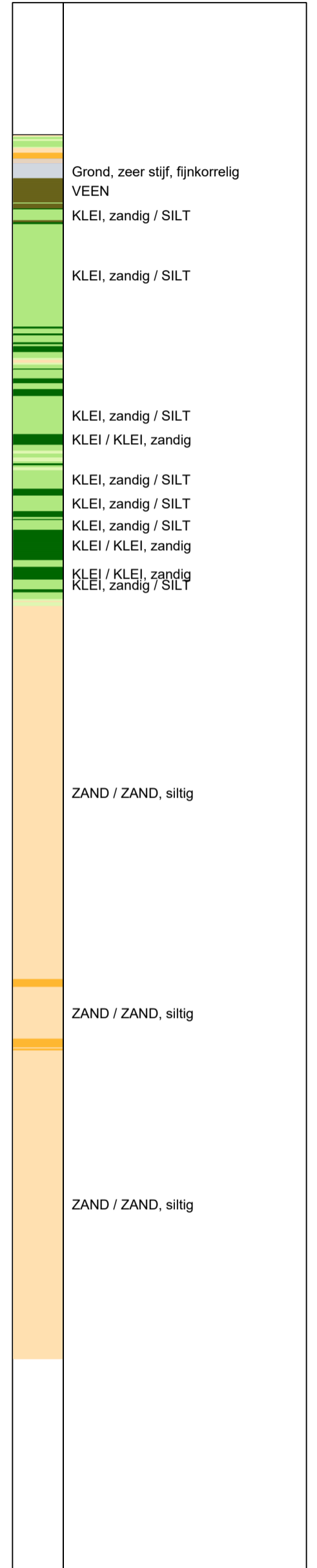
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP1



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

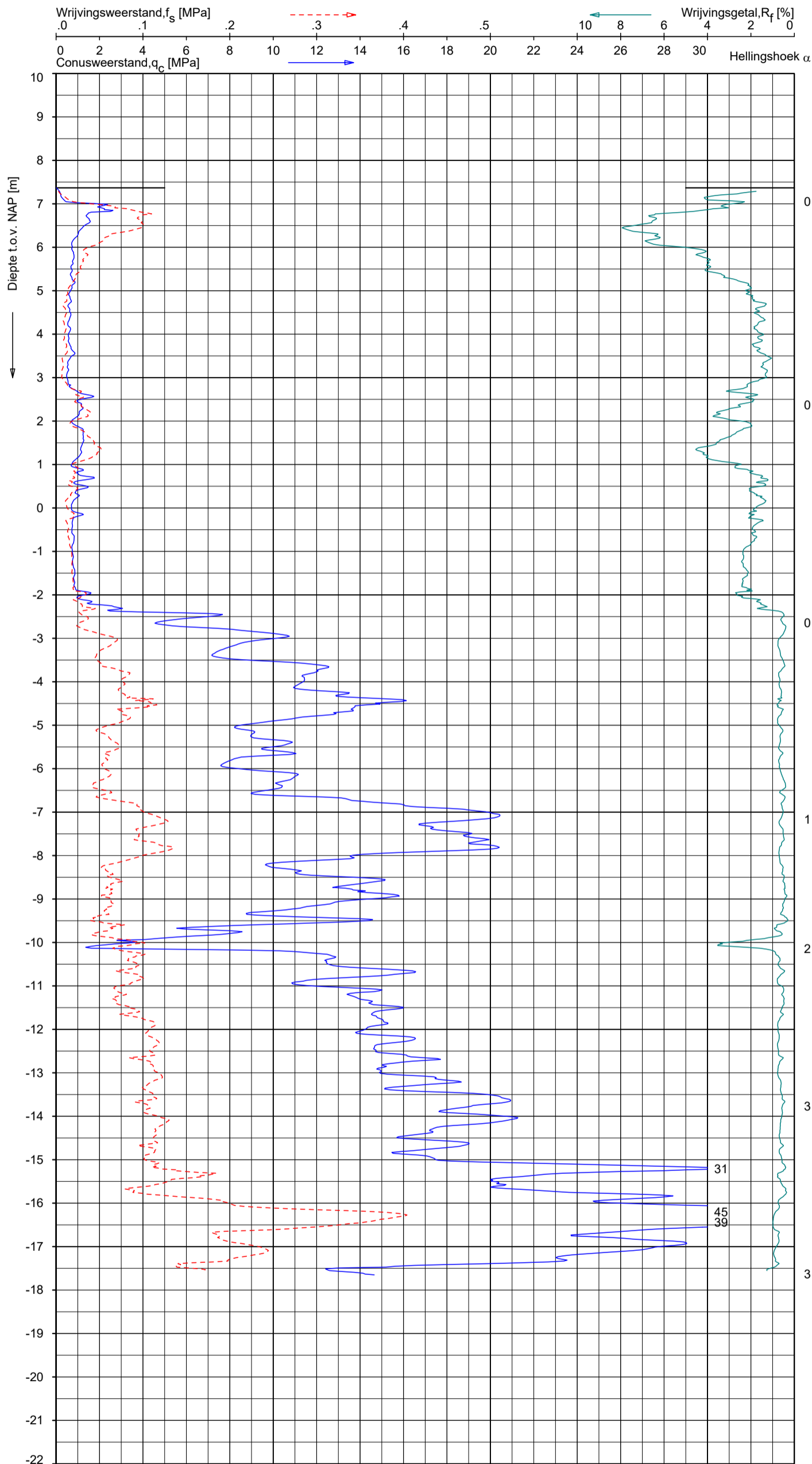


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135143.1 m Y= 445277.4 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.34 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

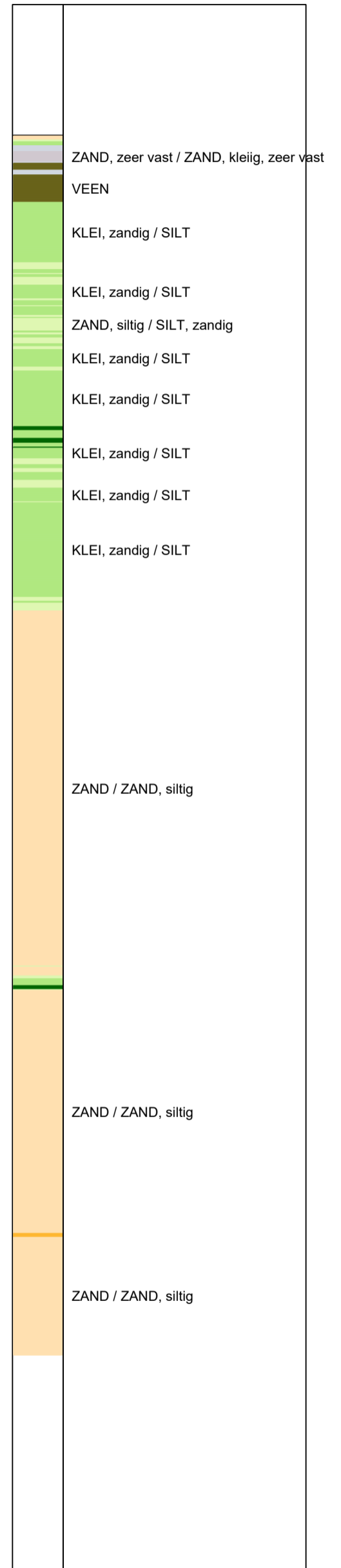
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP1



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

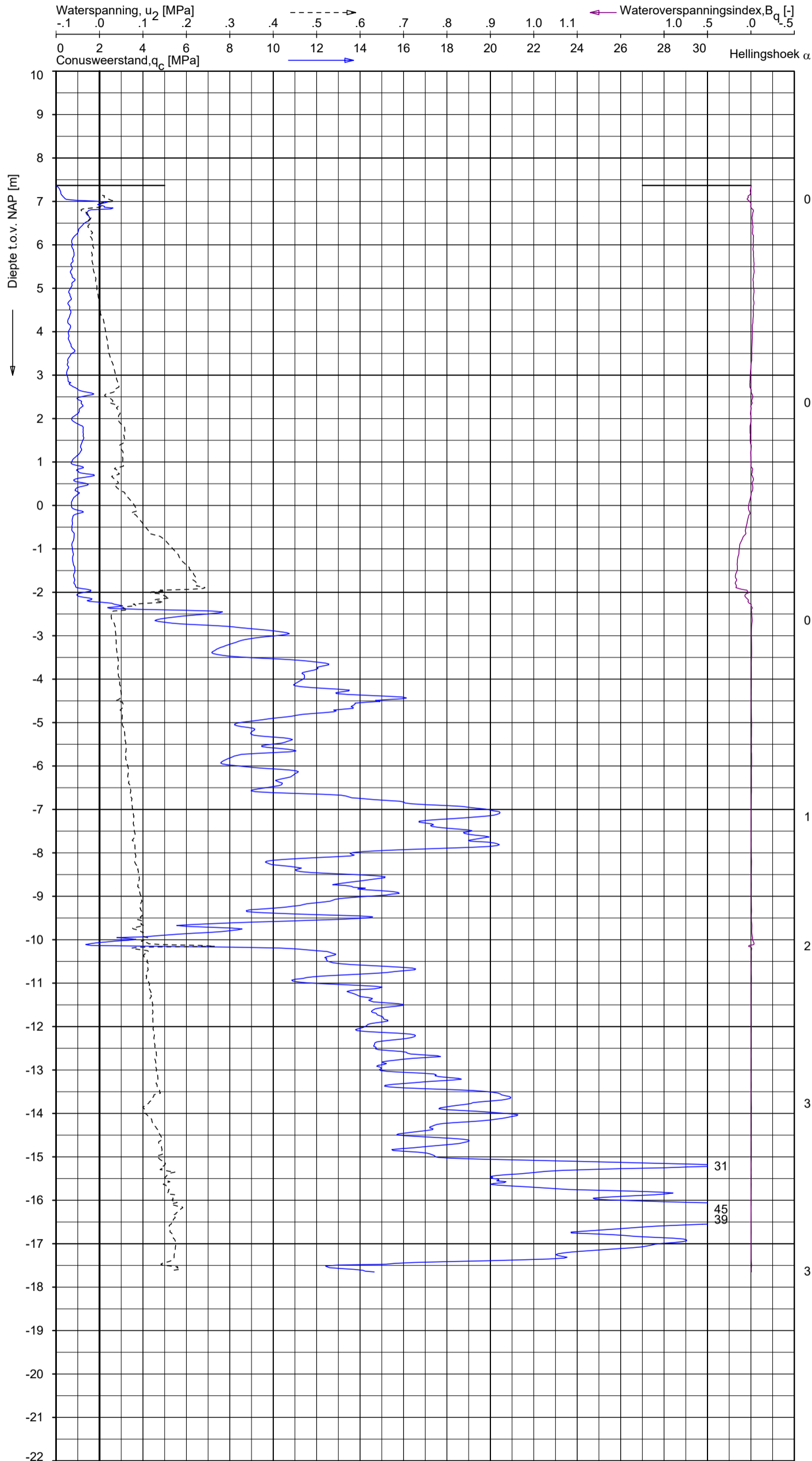


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135142.6 m Y= 445277.4 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

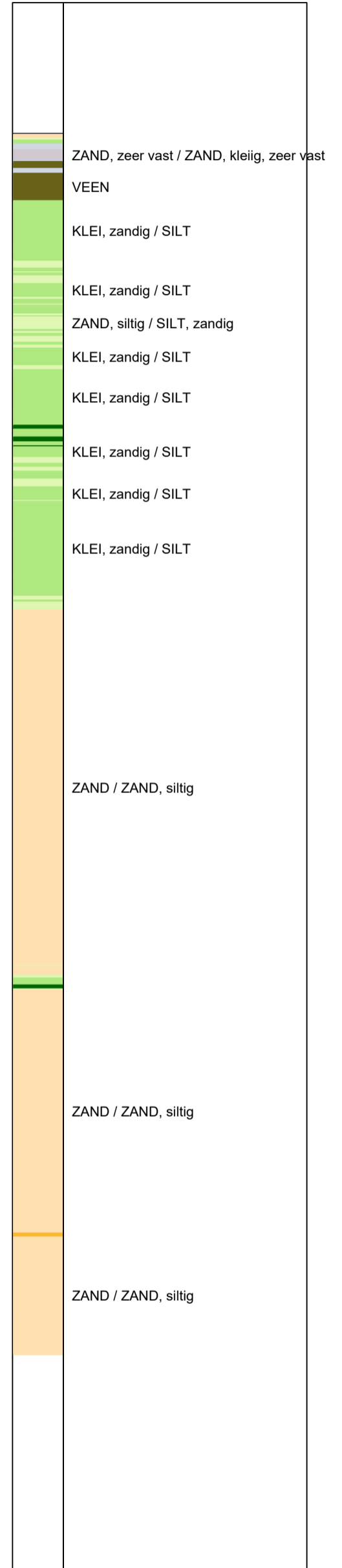
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP2



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

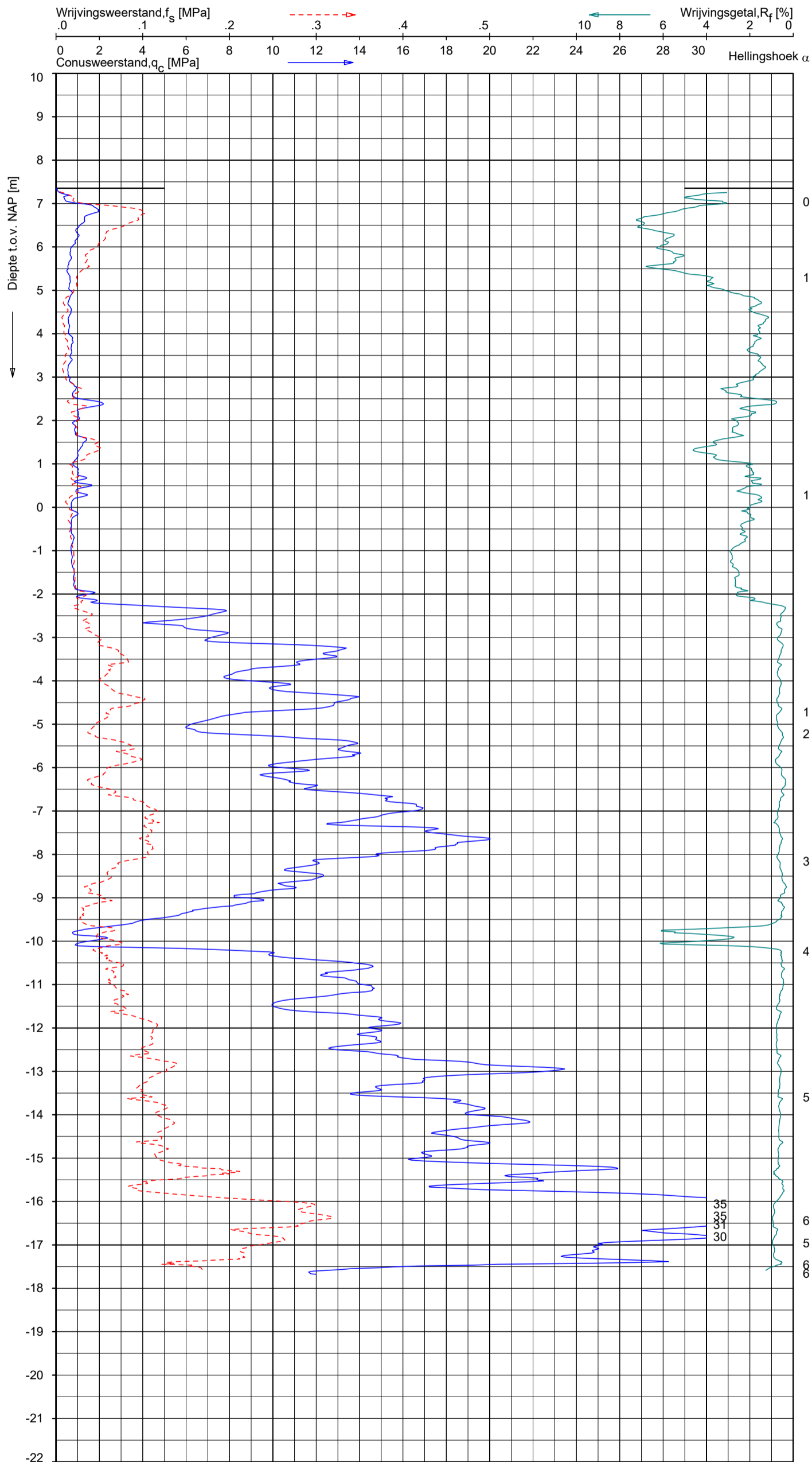


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135142.6 m Y= 445277.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

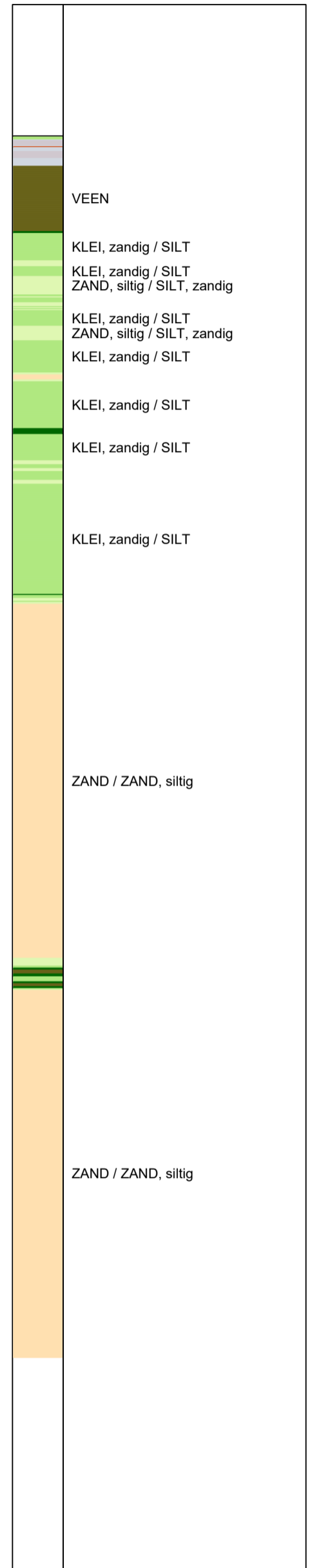
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP2



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

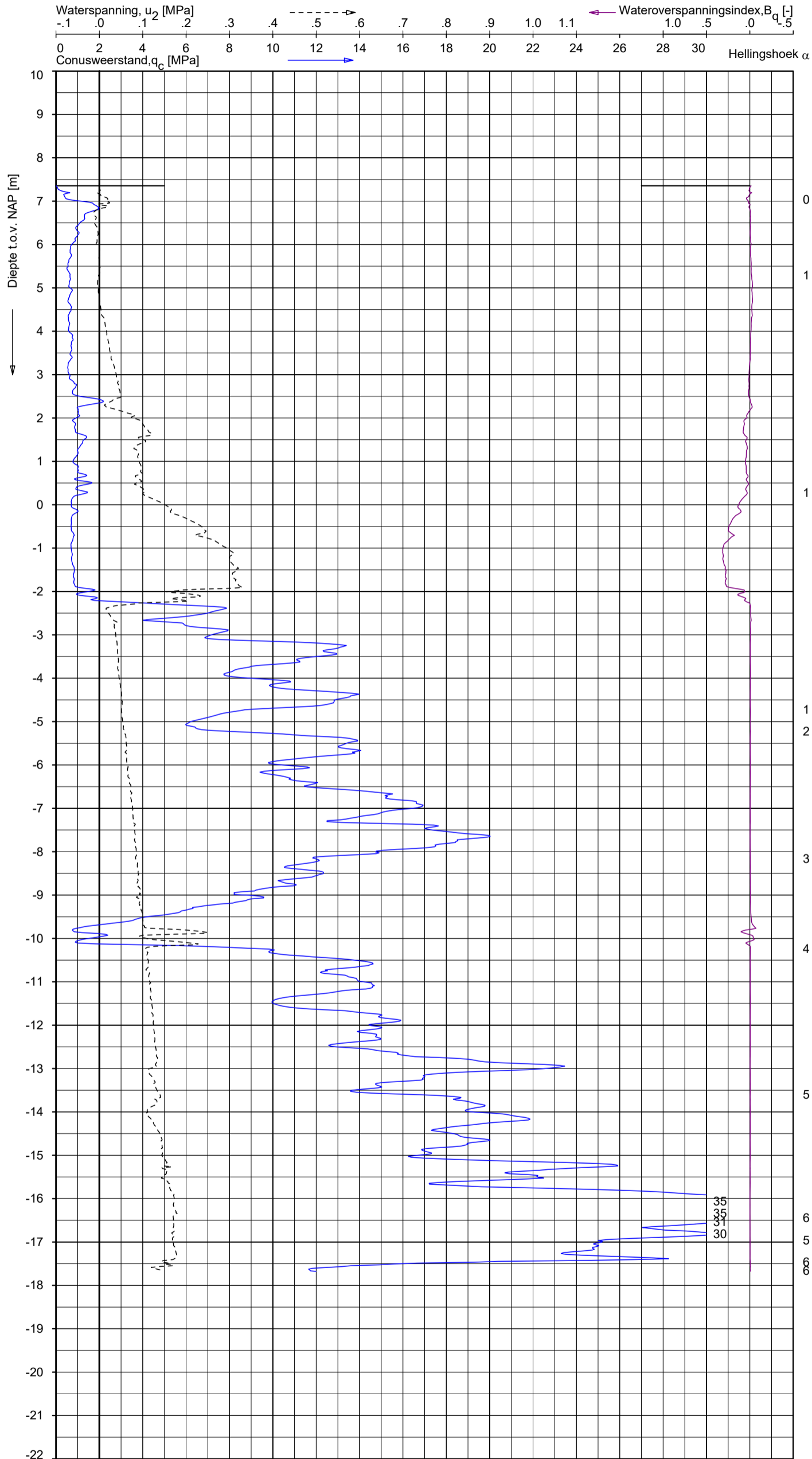


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135141.7 m Y= 445277.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.35 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

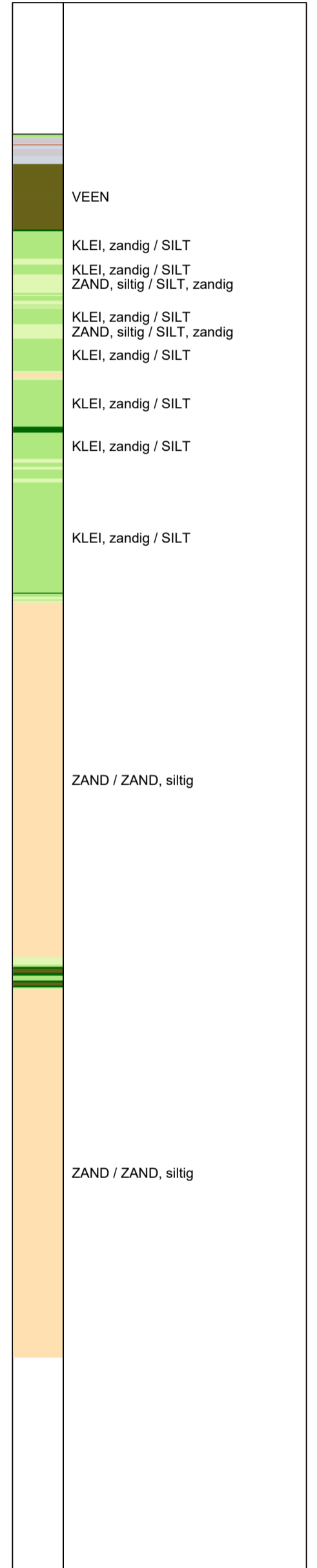
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP3



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

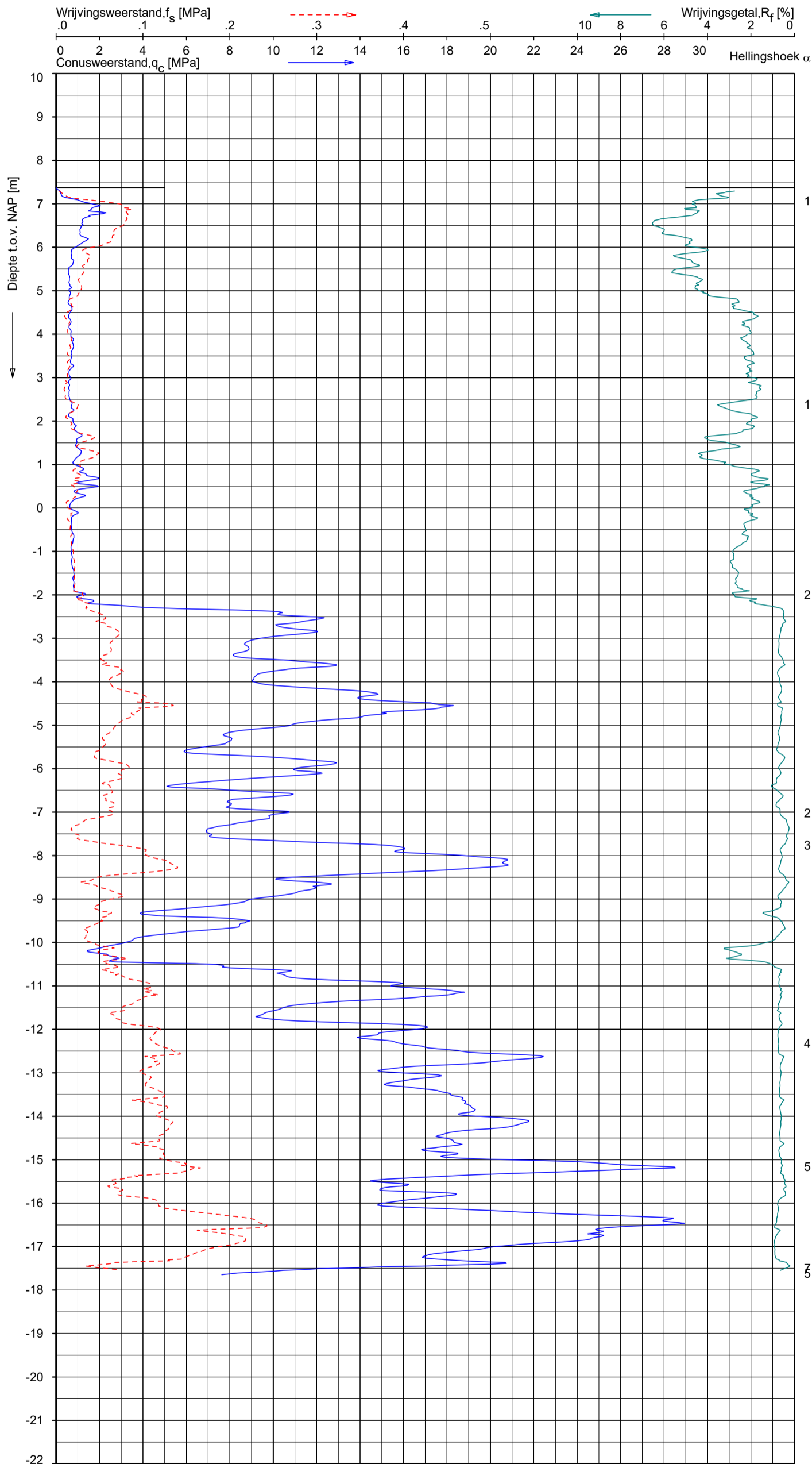


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135141.7 m Y= 445277.3 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.35 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

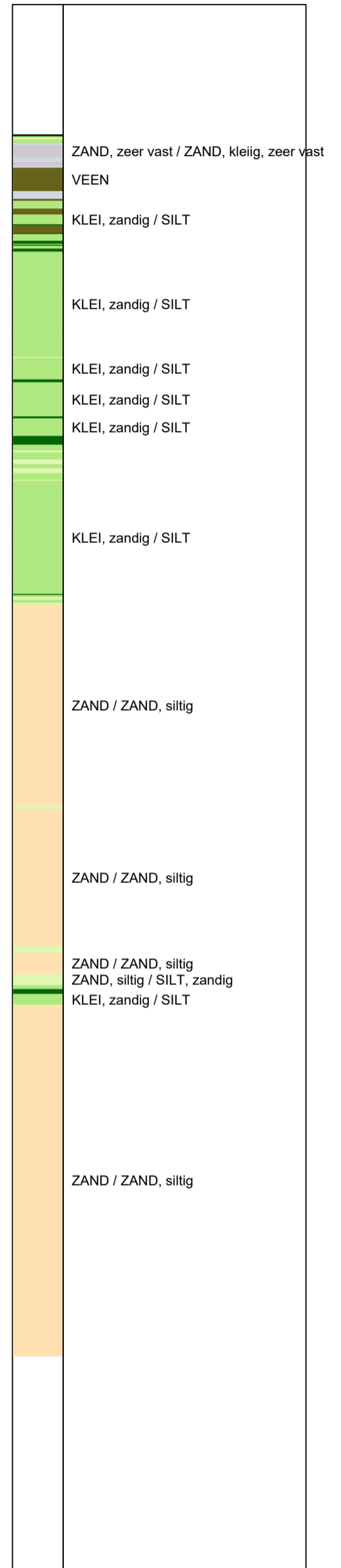
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP3



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

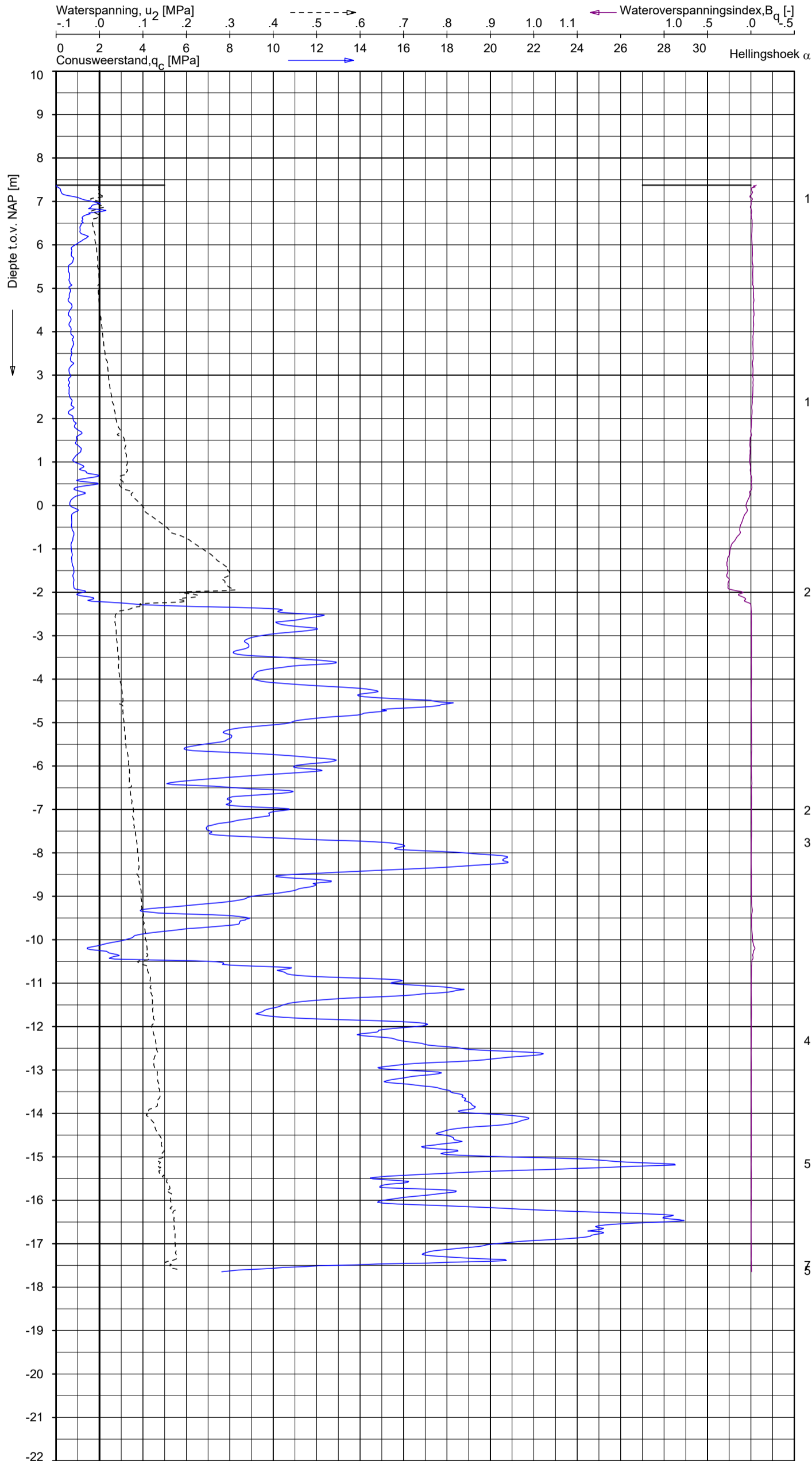


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X=135141.7 m Y=445275.1 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

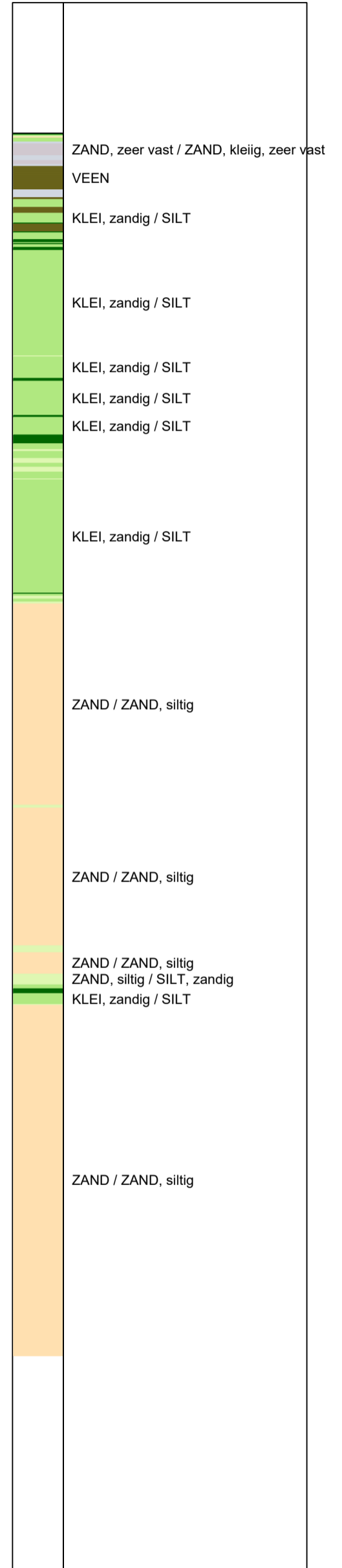
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP4



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

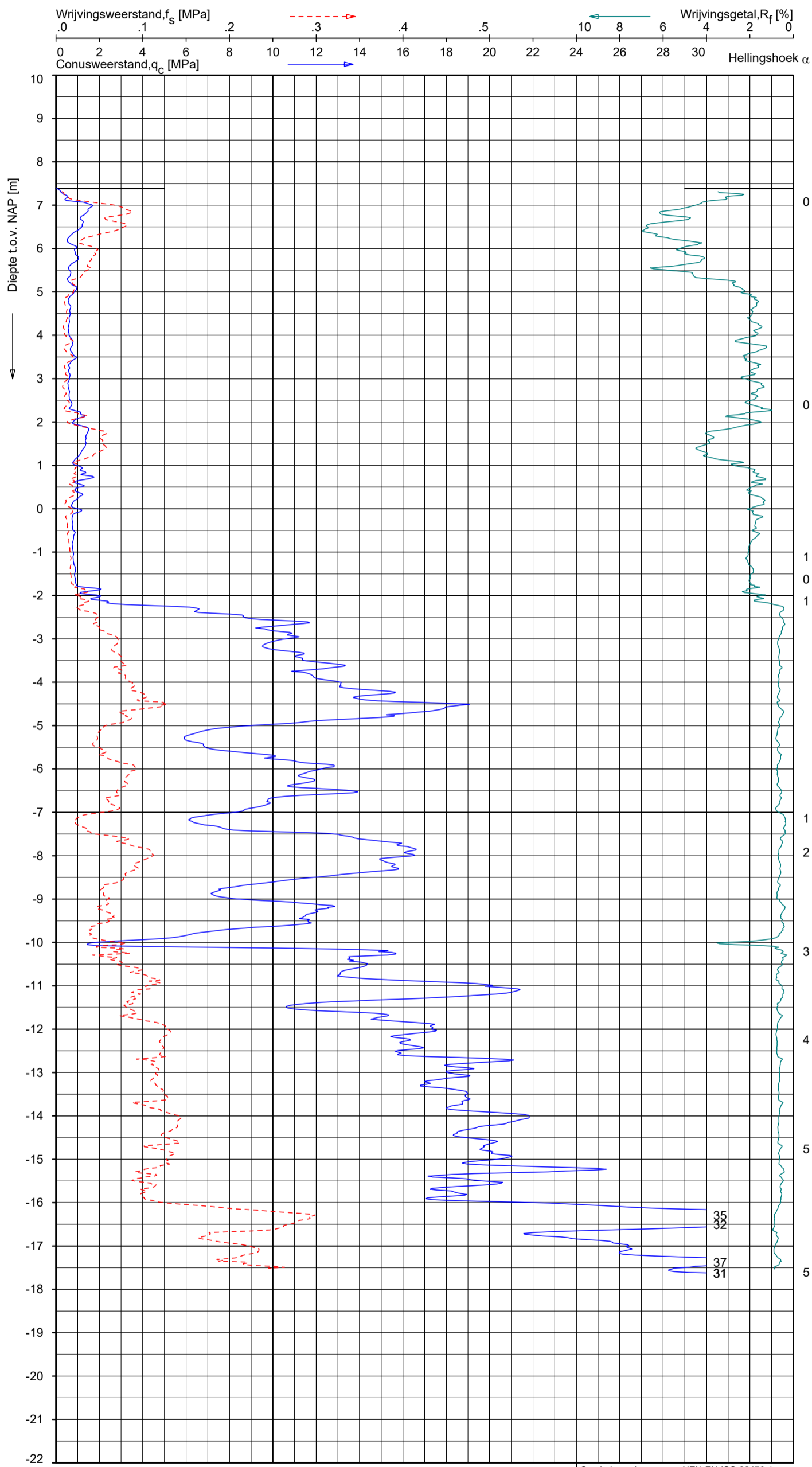


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135141.7 m Y= 445275.1 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

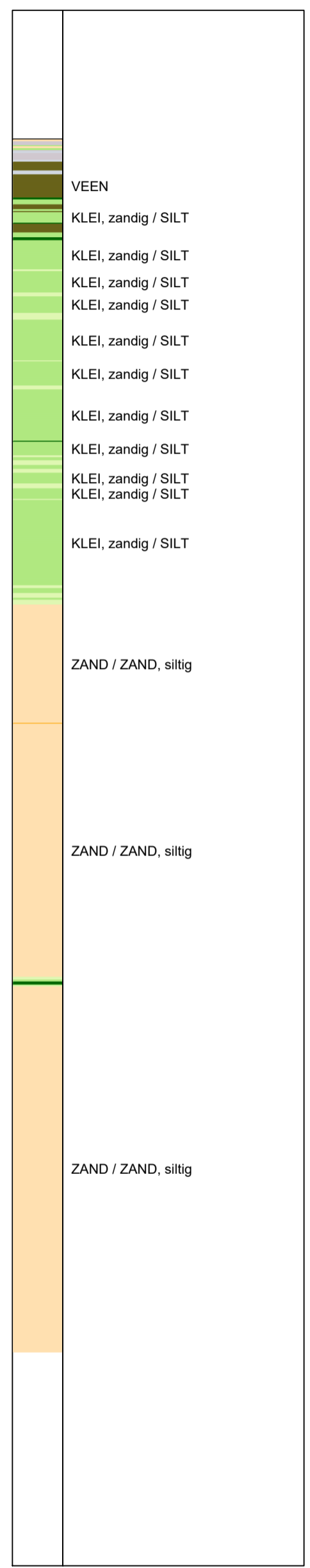
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP4



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



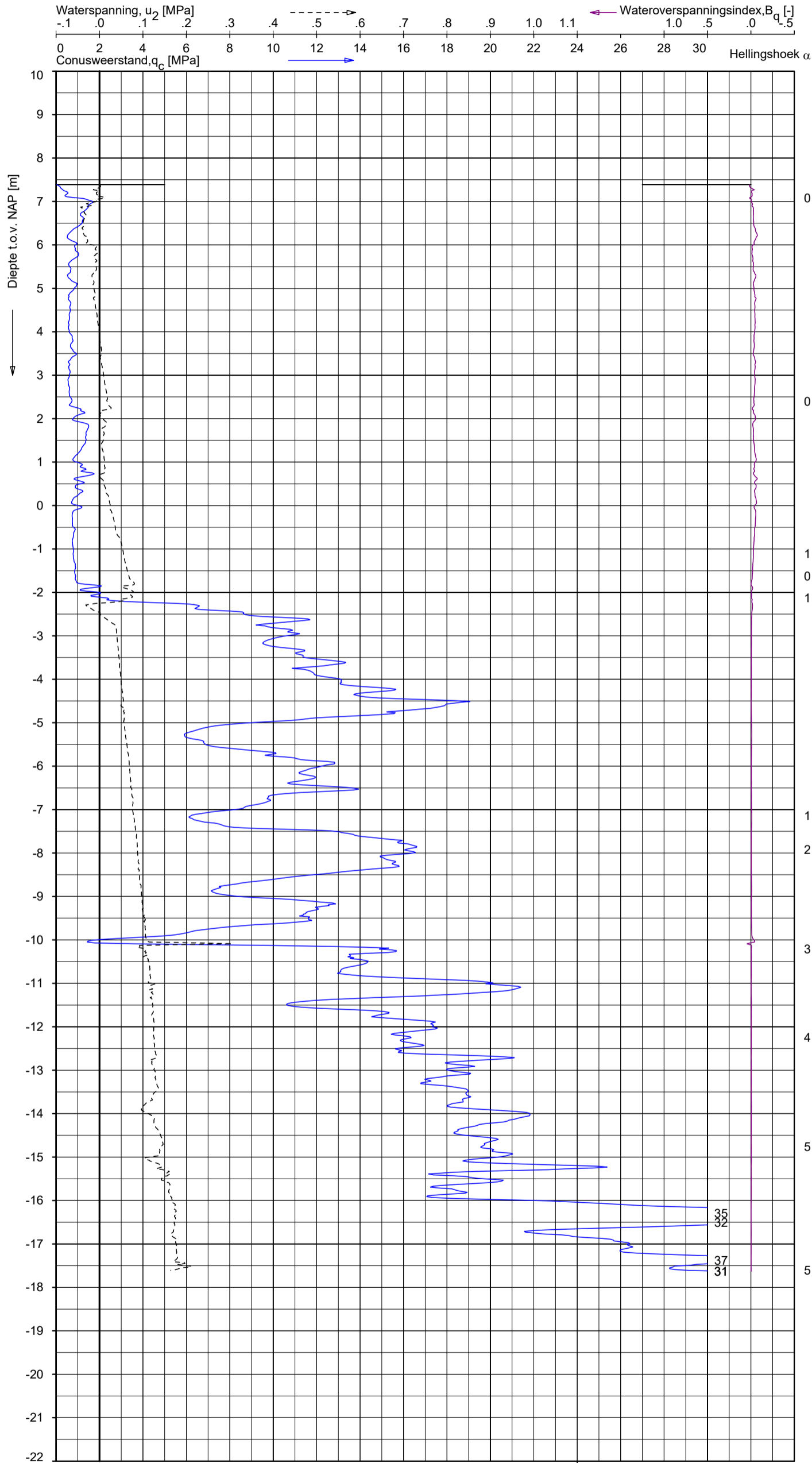
Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445275.2 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.39m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

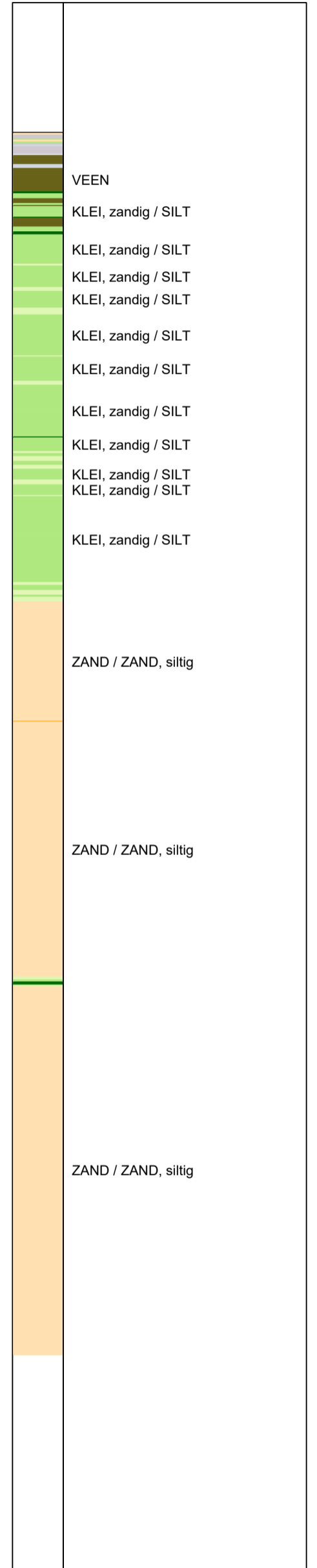
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP5





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

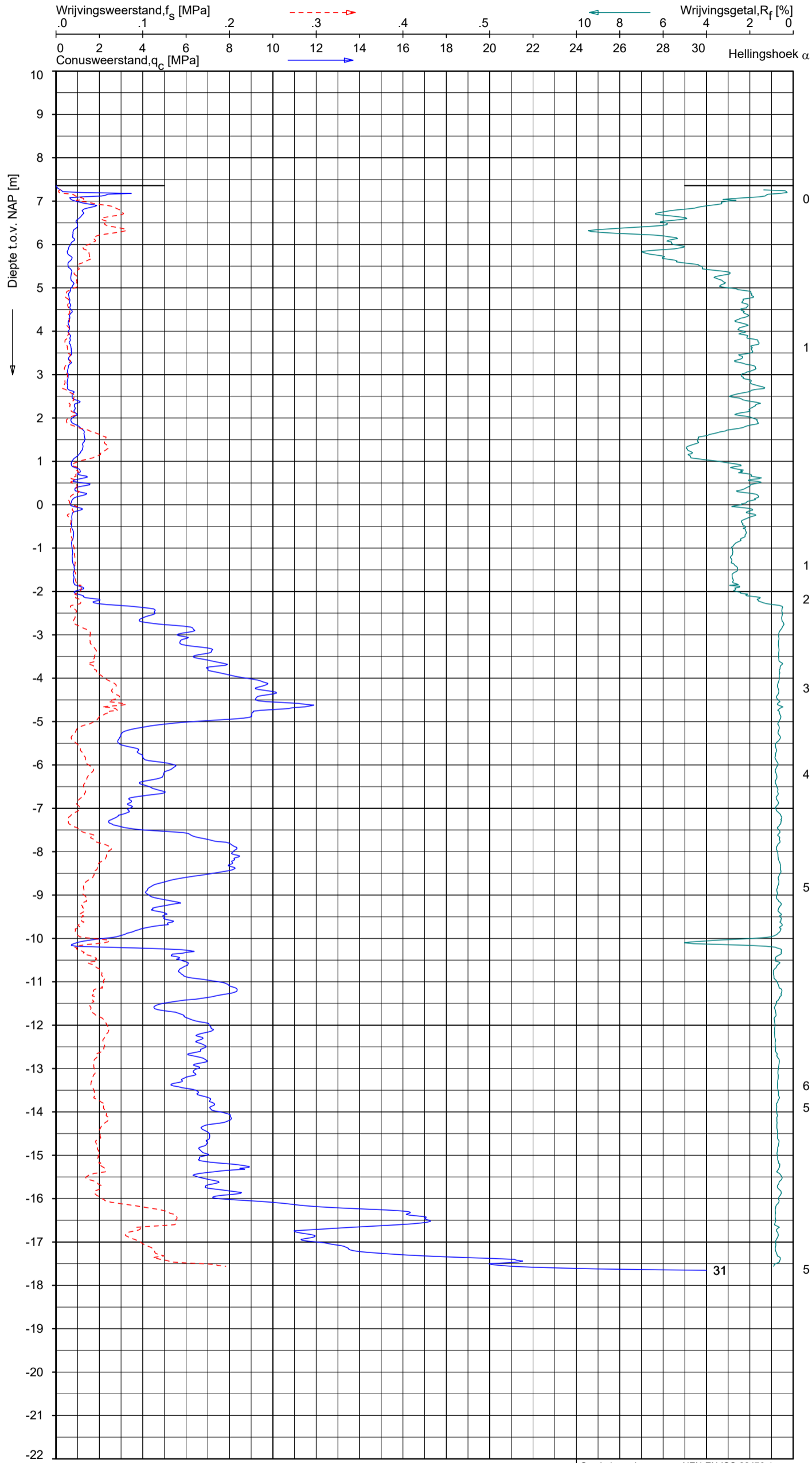


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445275.2 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.39m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

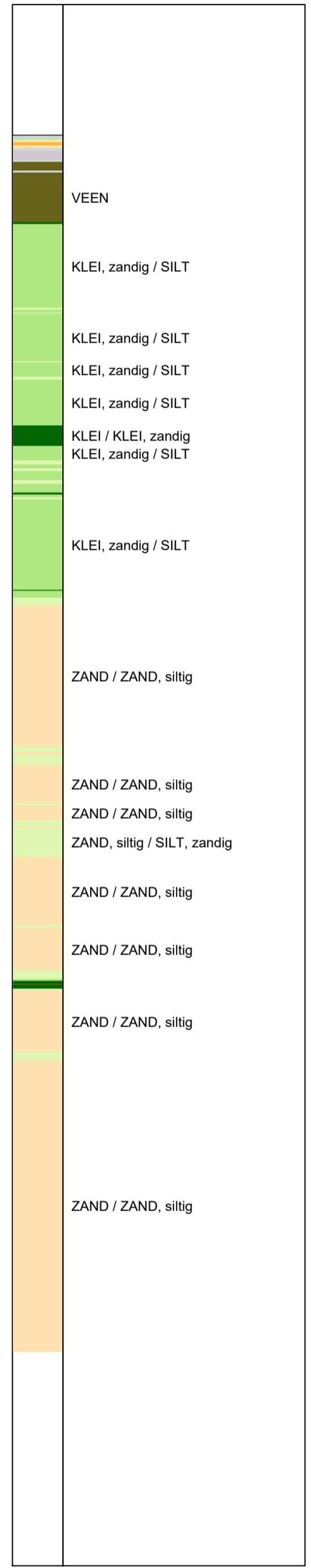
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP5



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



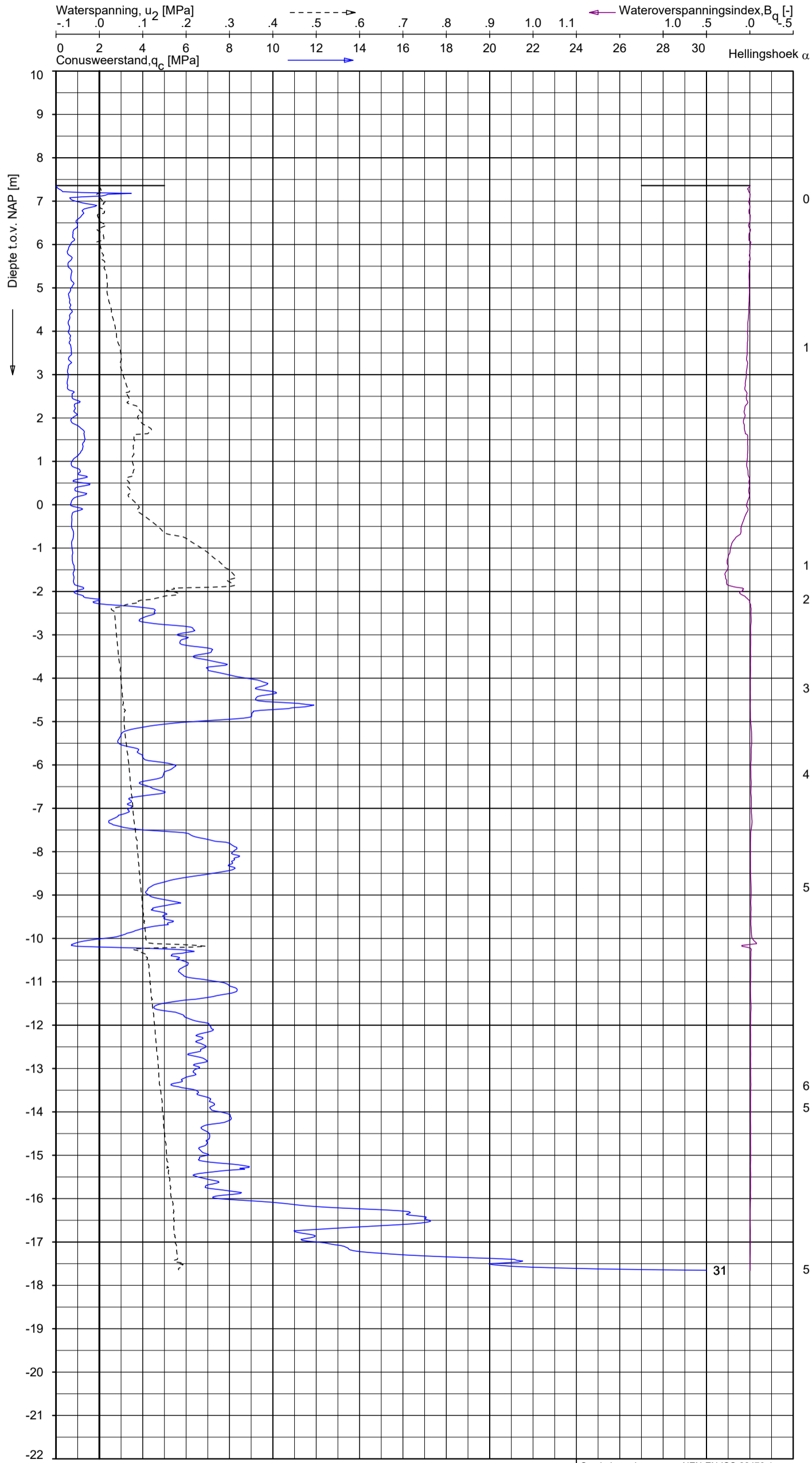
Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135143.2 m Y= 445275.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.36 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

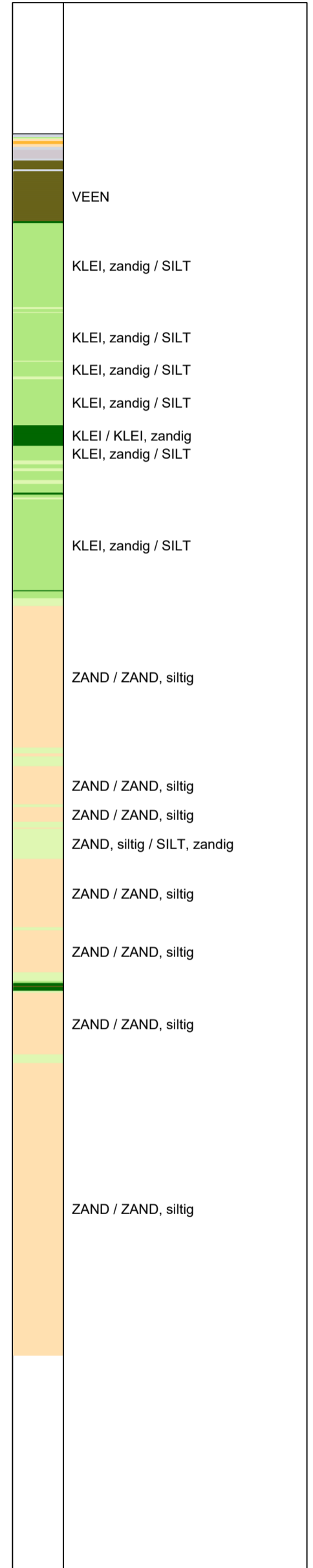
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP6





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



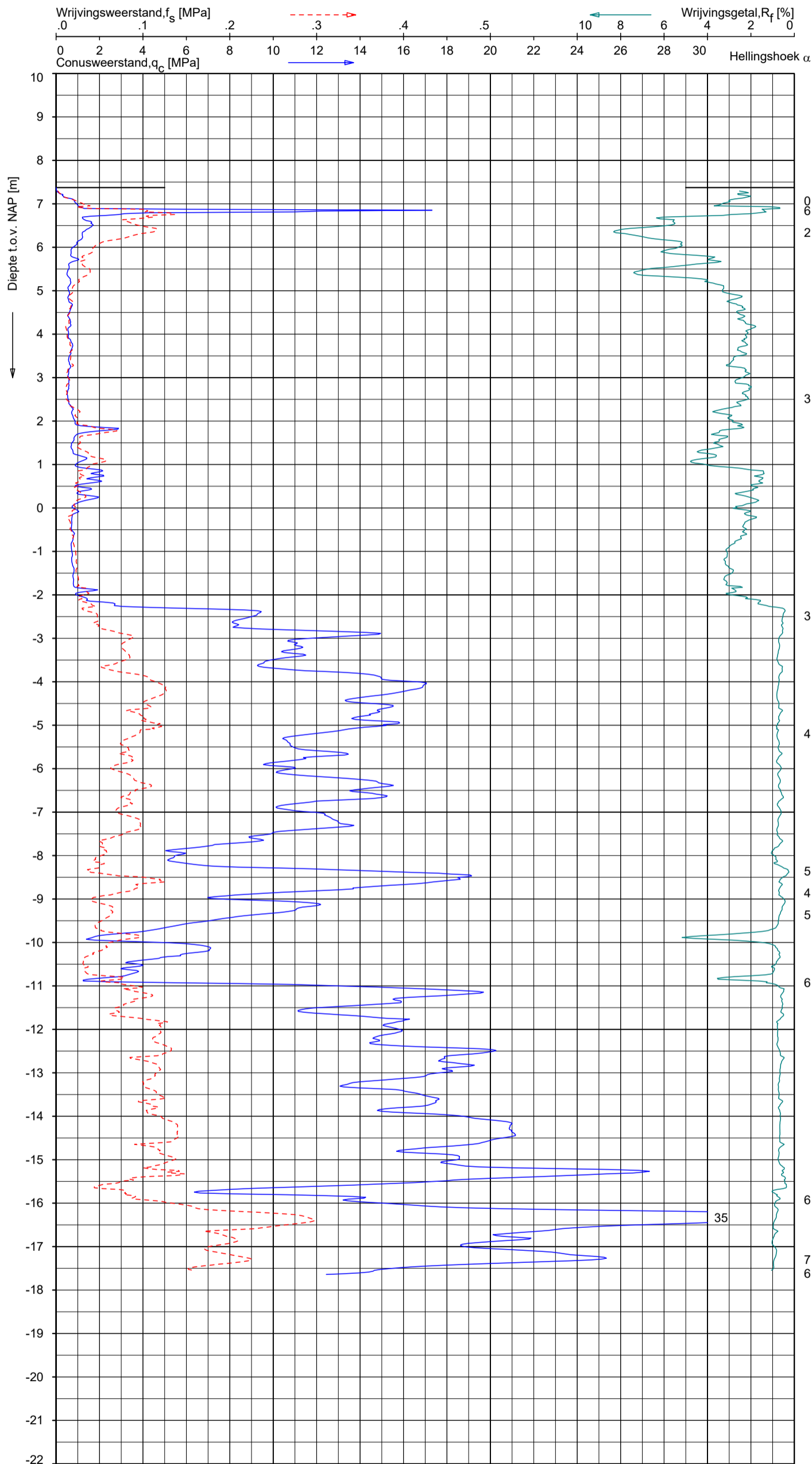
Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135143.2 m Y= 445275.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.36 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

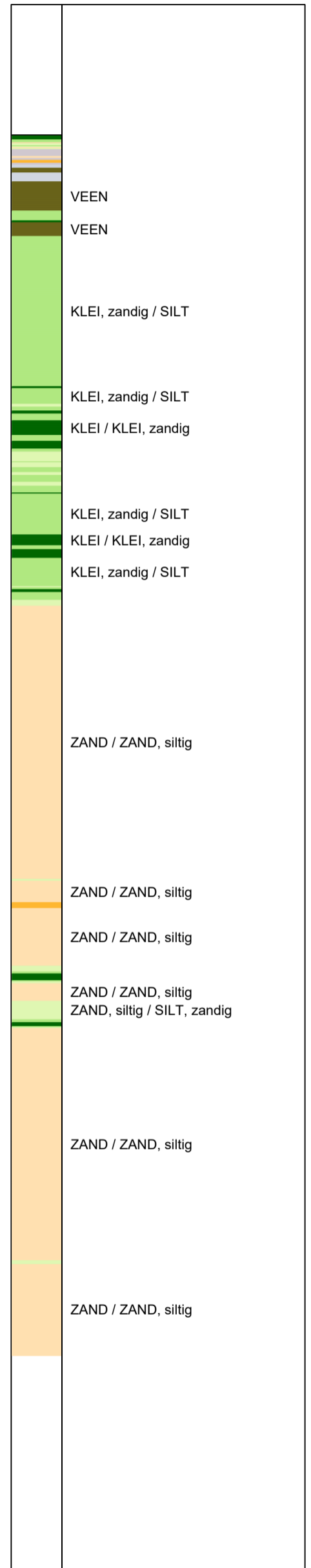
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP6





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

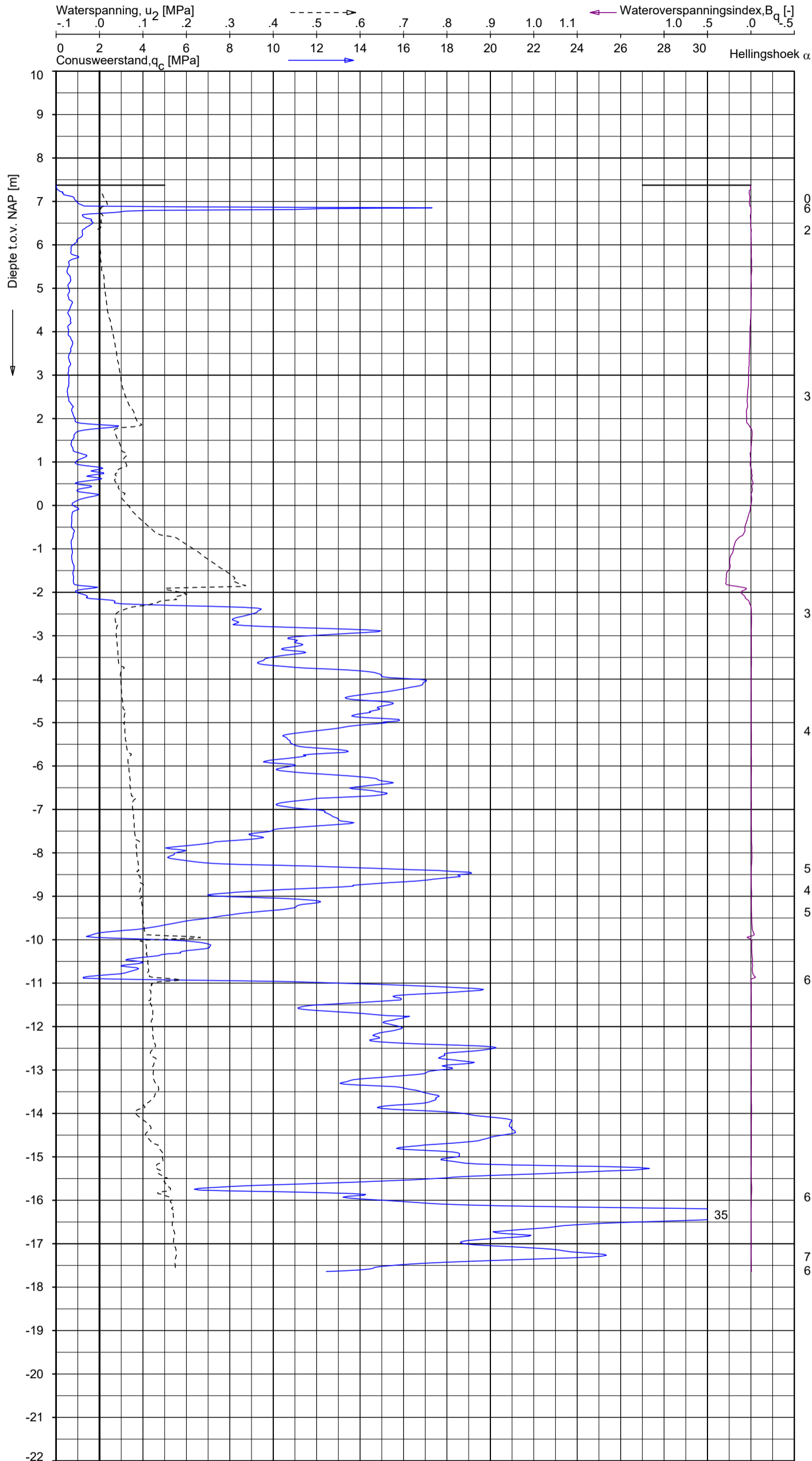


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135143.2 m Y= 445272.2 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

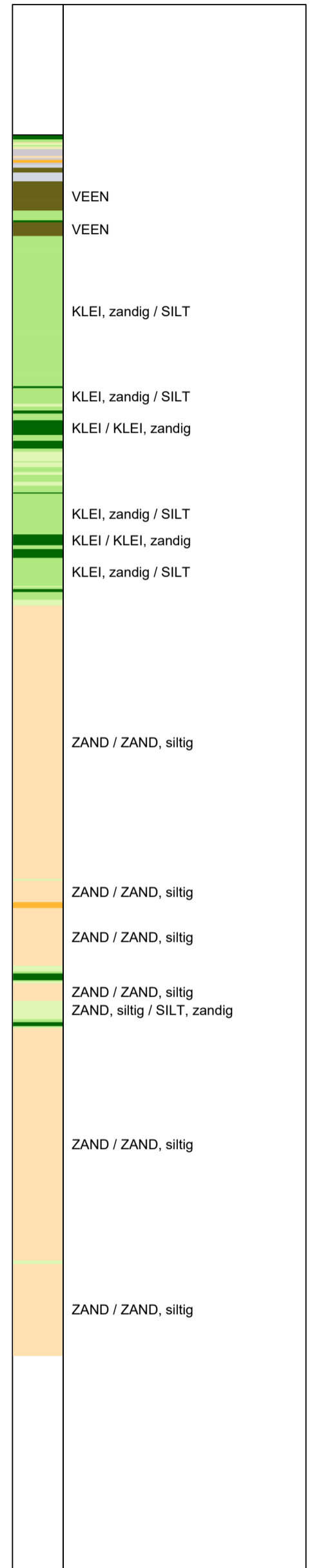
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP7



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

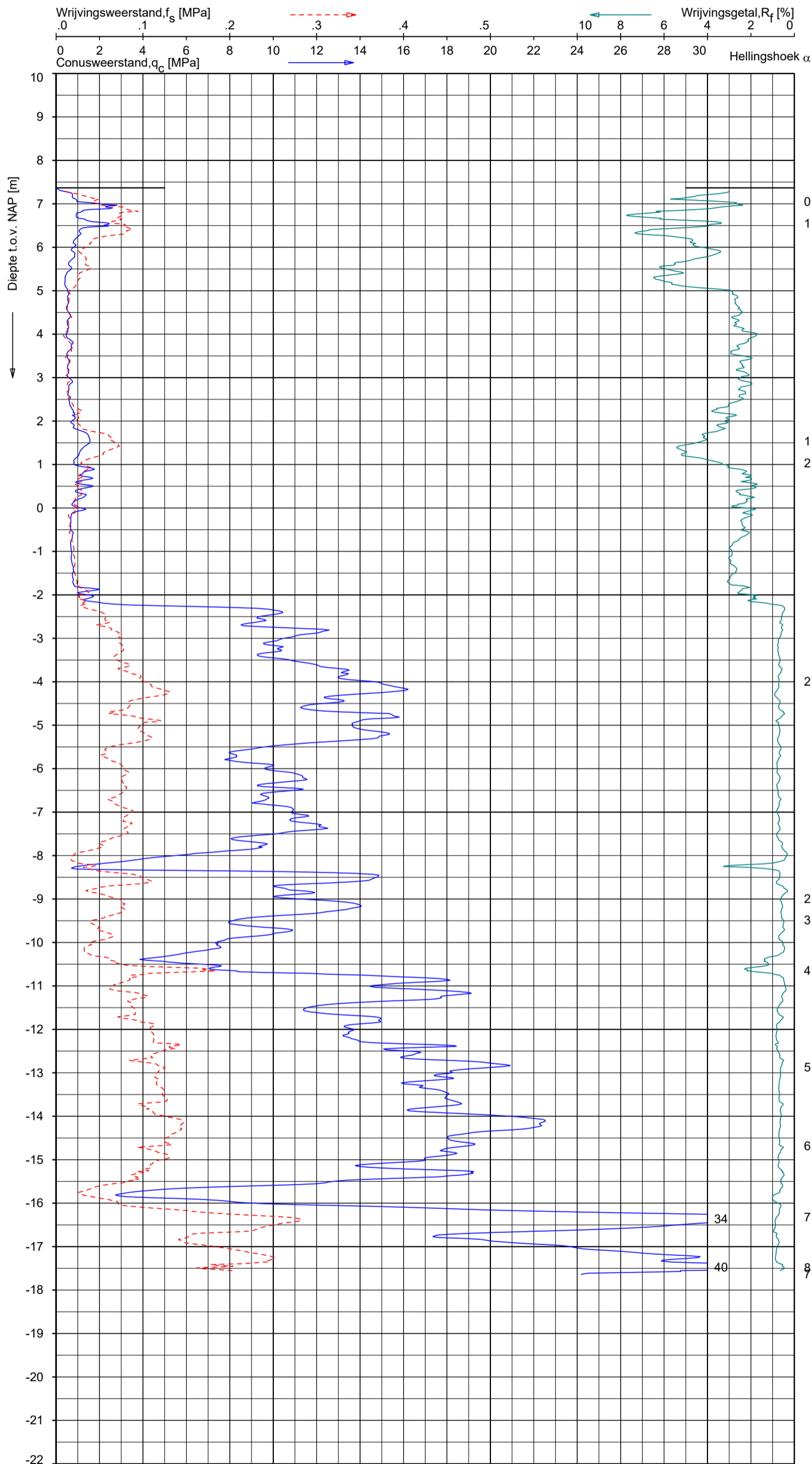


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X=135143.2m Y=445272.2m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

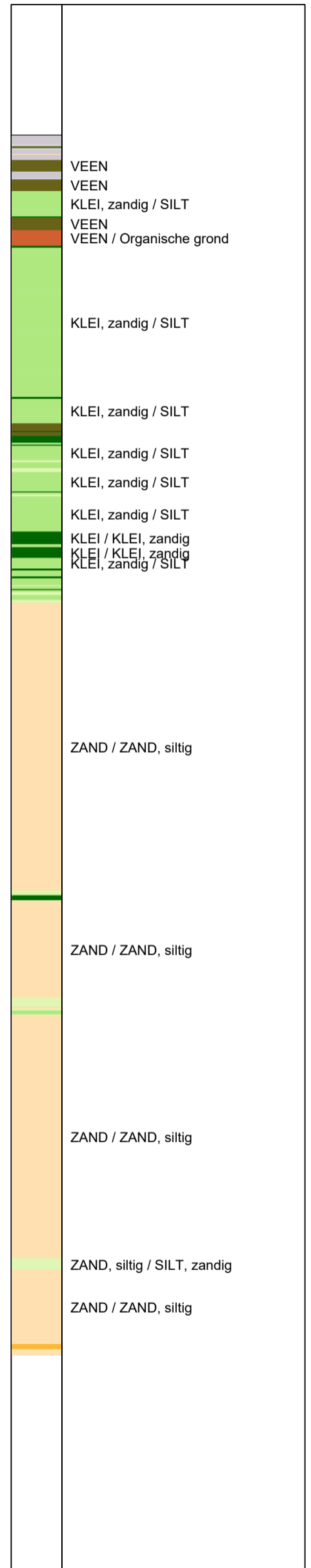
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP7



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

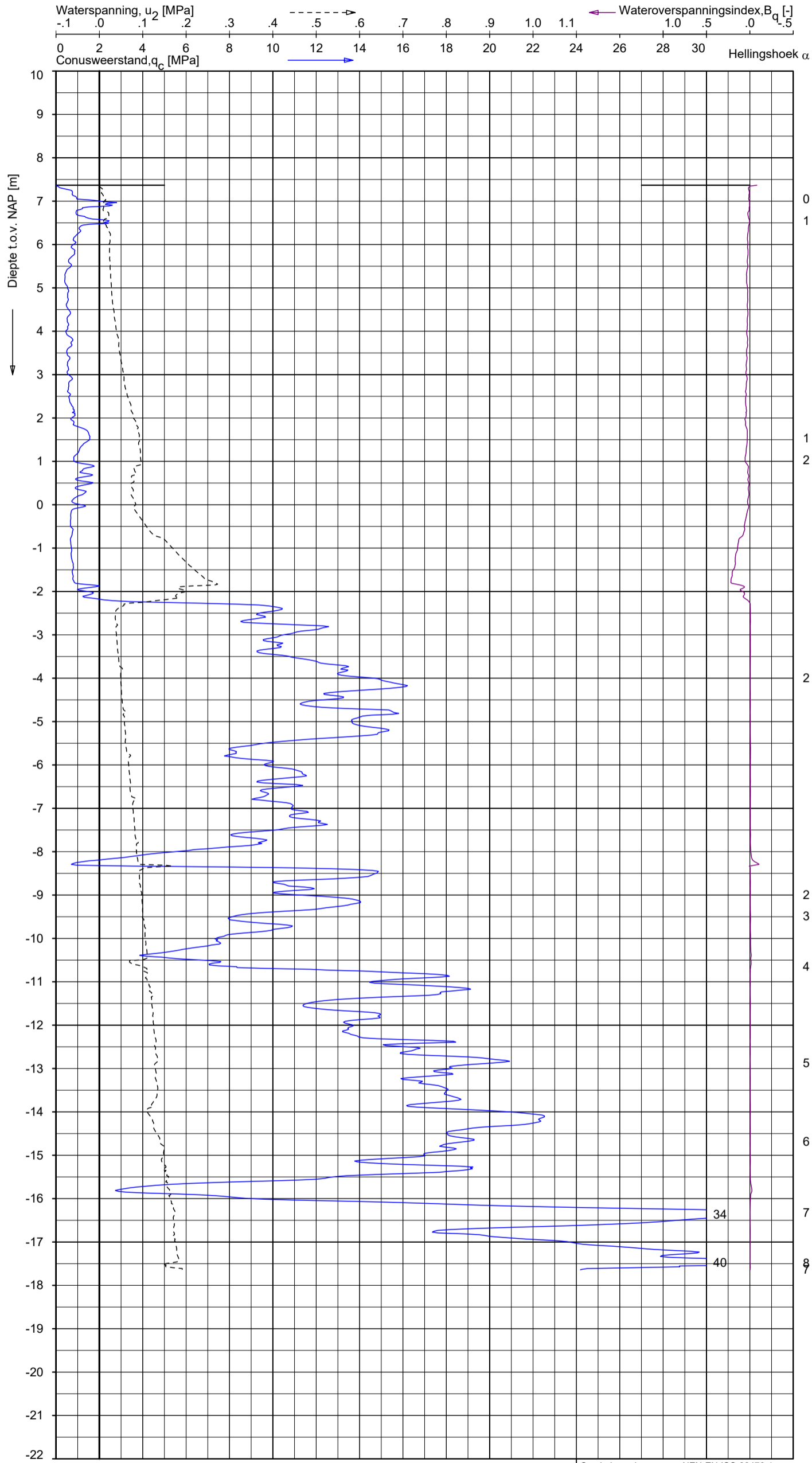


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135142.8 m Y= 445272.2 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

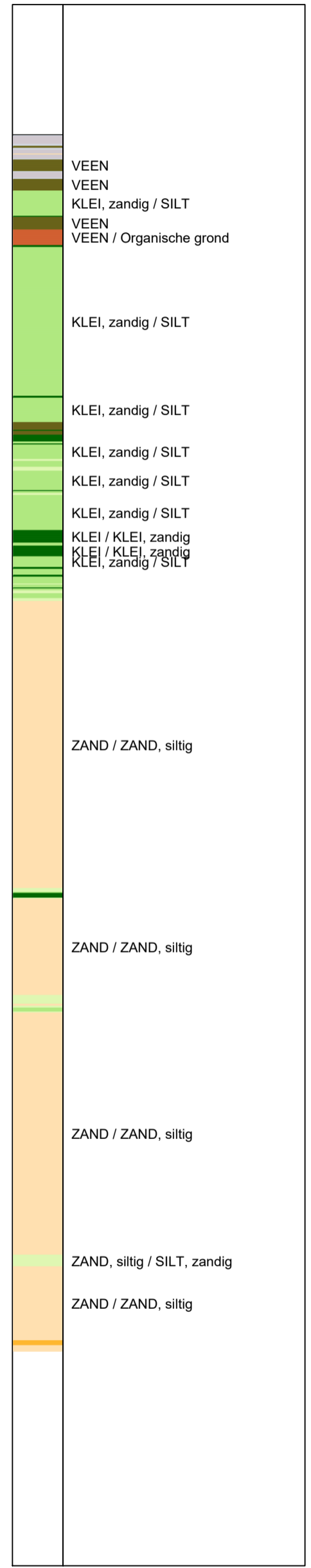
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP8



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



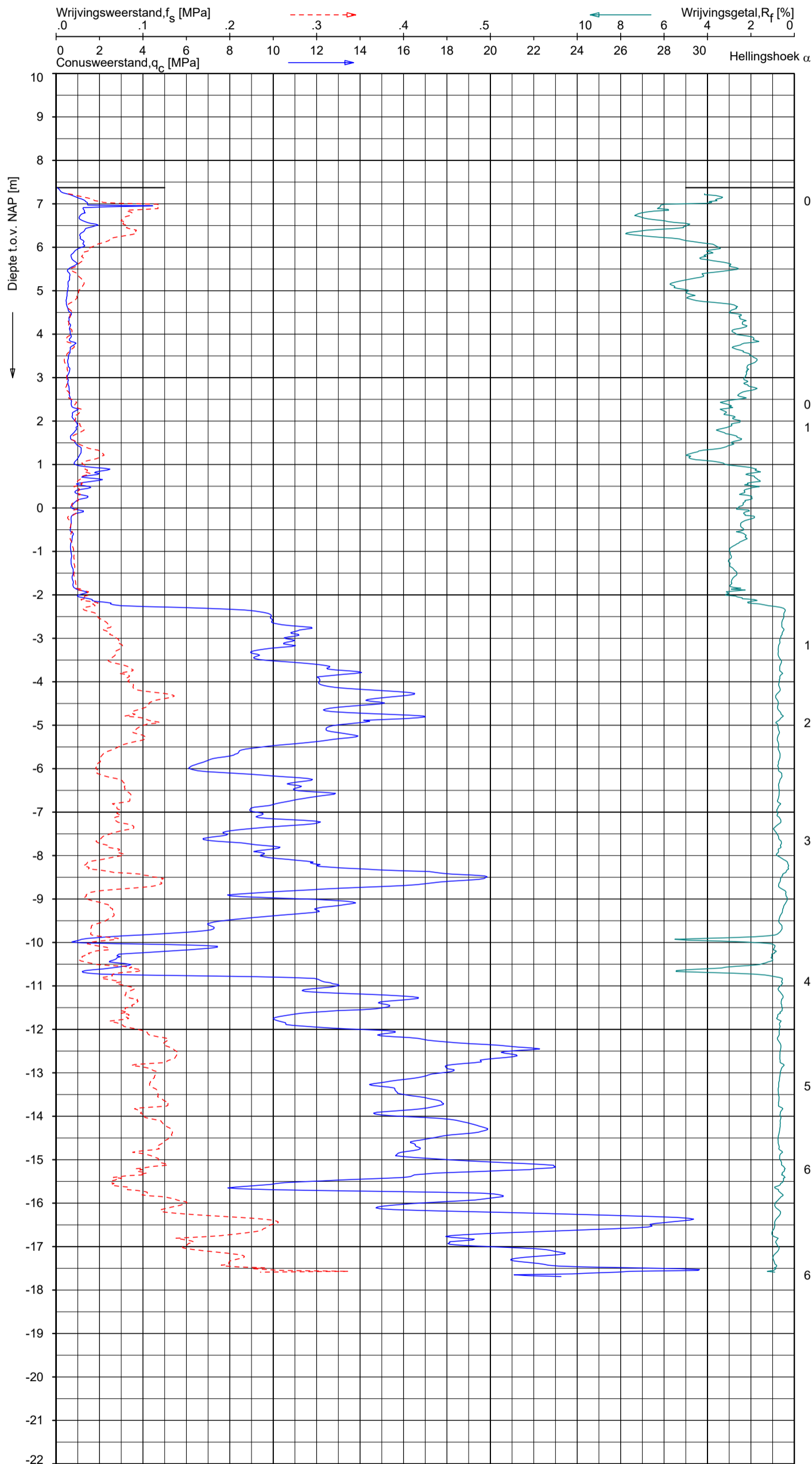
Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135142.8 m Y= 445272.2 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

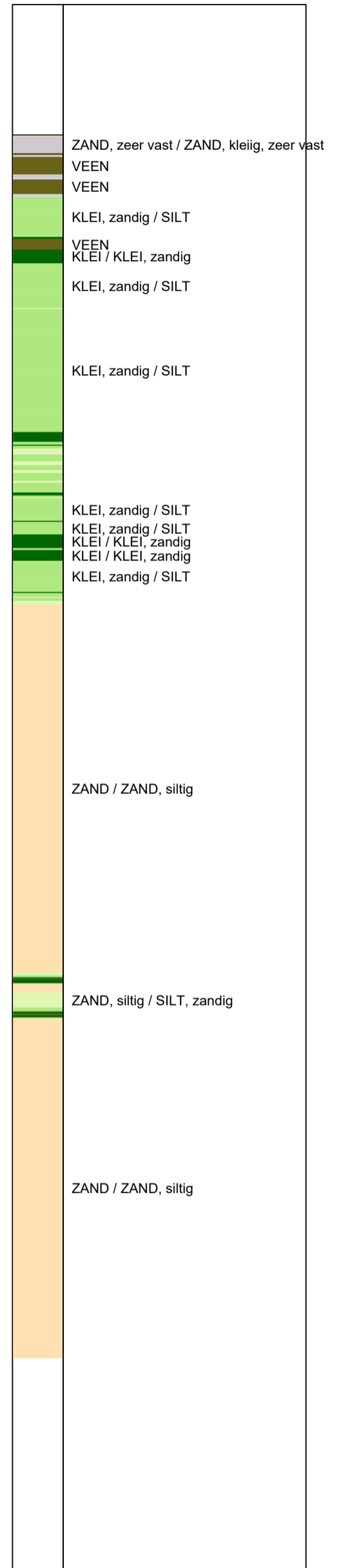
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP8





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

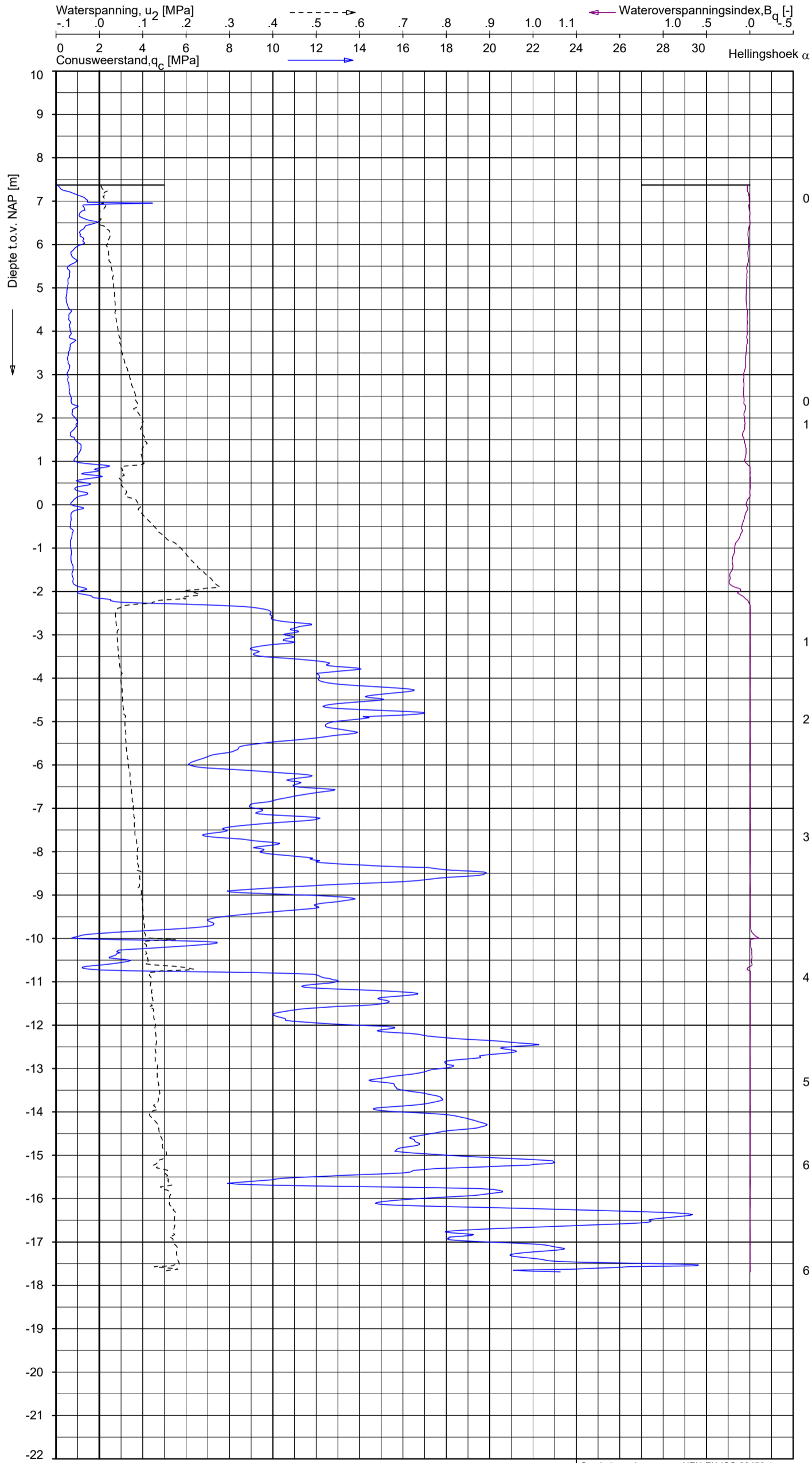


Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135141.8m Y= 445272.0m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

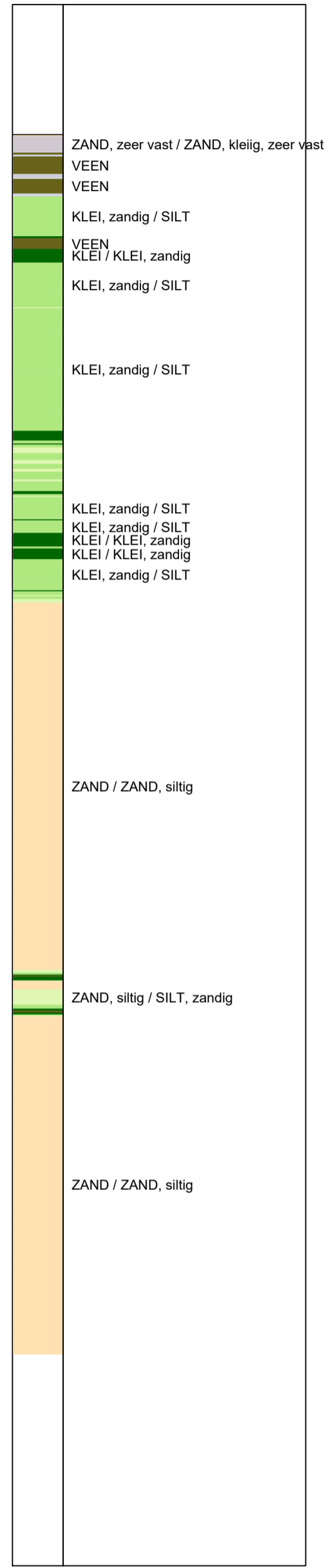
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP9



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



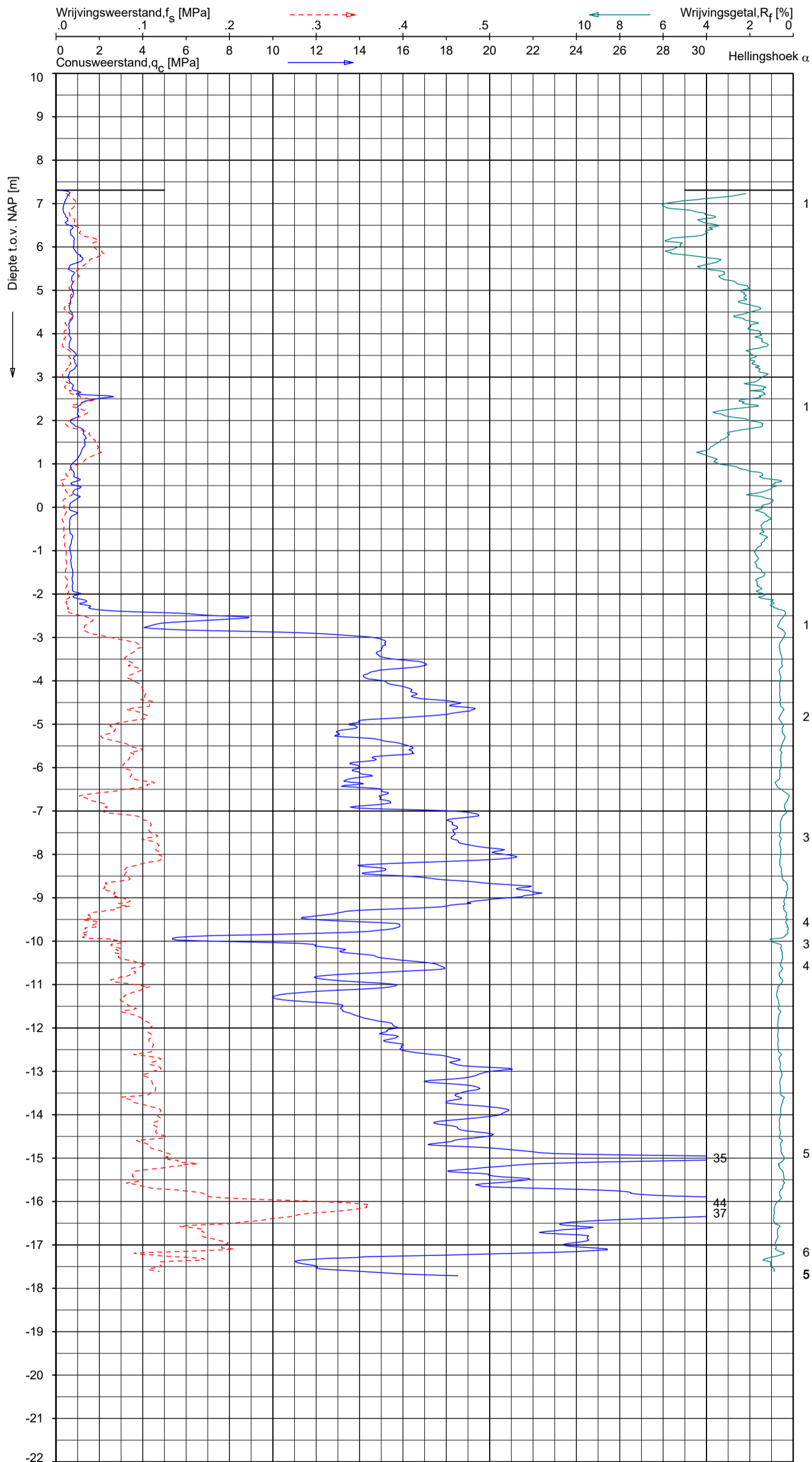
Opg.: AVS d.d. 22-jan-2021 Coord.: X= 135141.8 m Y= 445272.0 m Systeem: RD
 Get.: PJG d.d. 26-jan-2021 MV = NAP +7.37 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3029
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

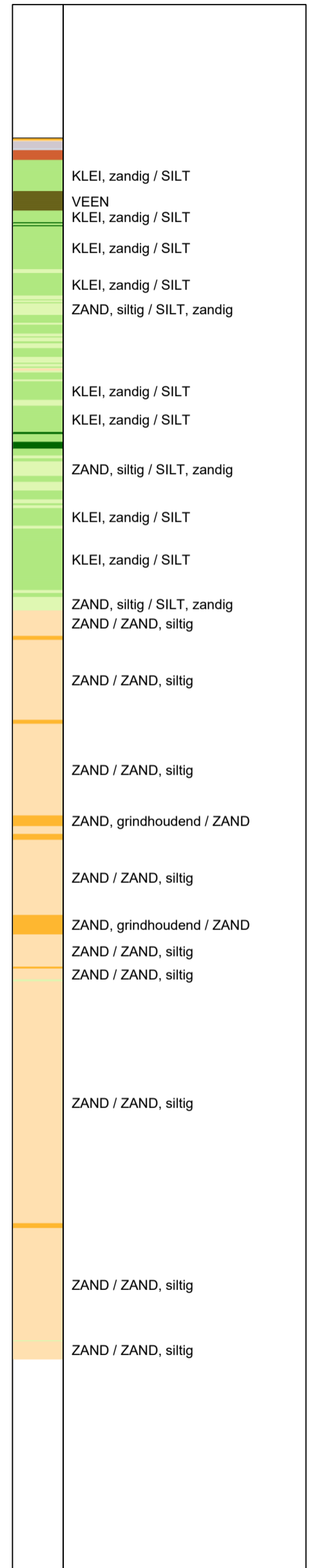
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP9





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

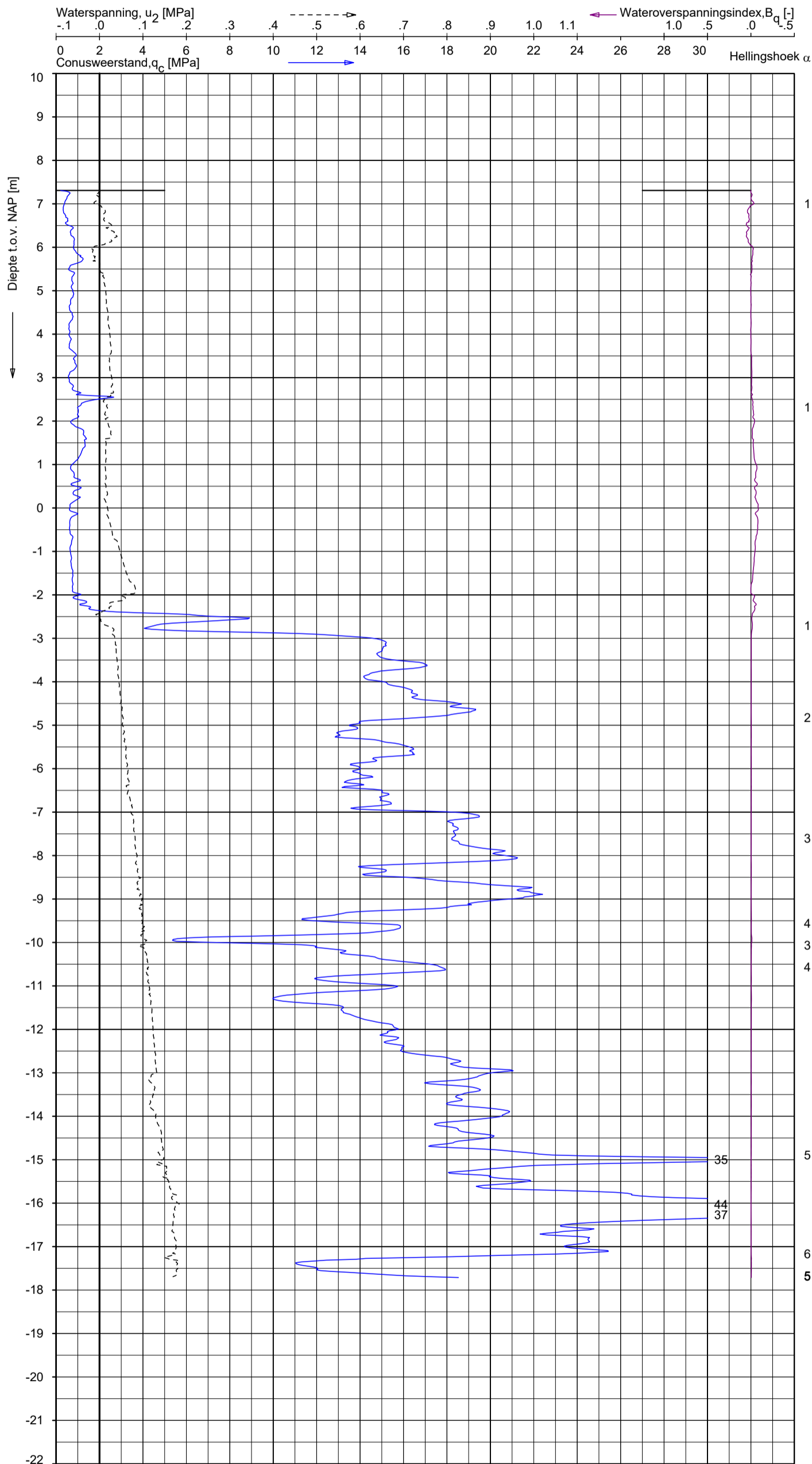


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135143.3 m Y= 445276.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.31 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

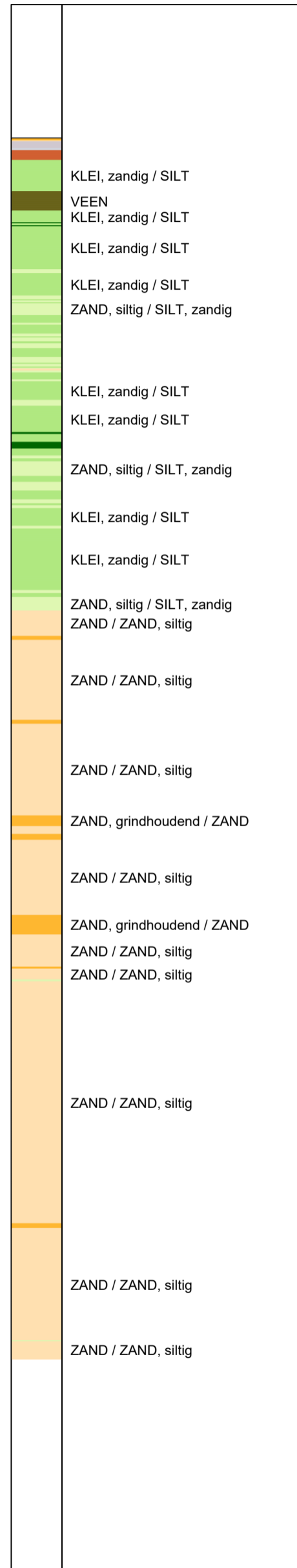
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP10



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



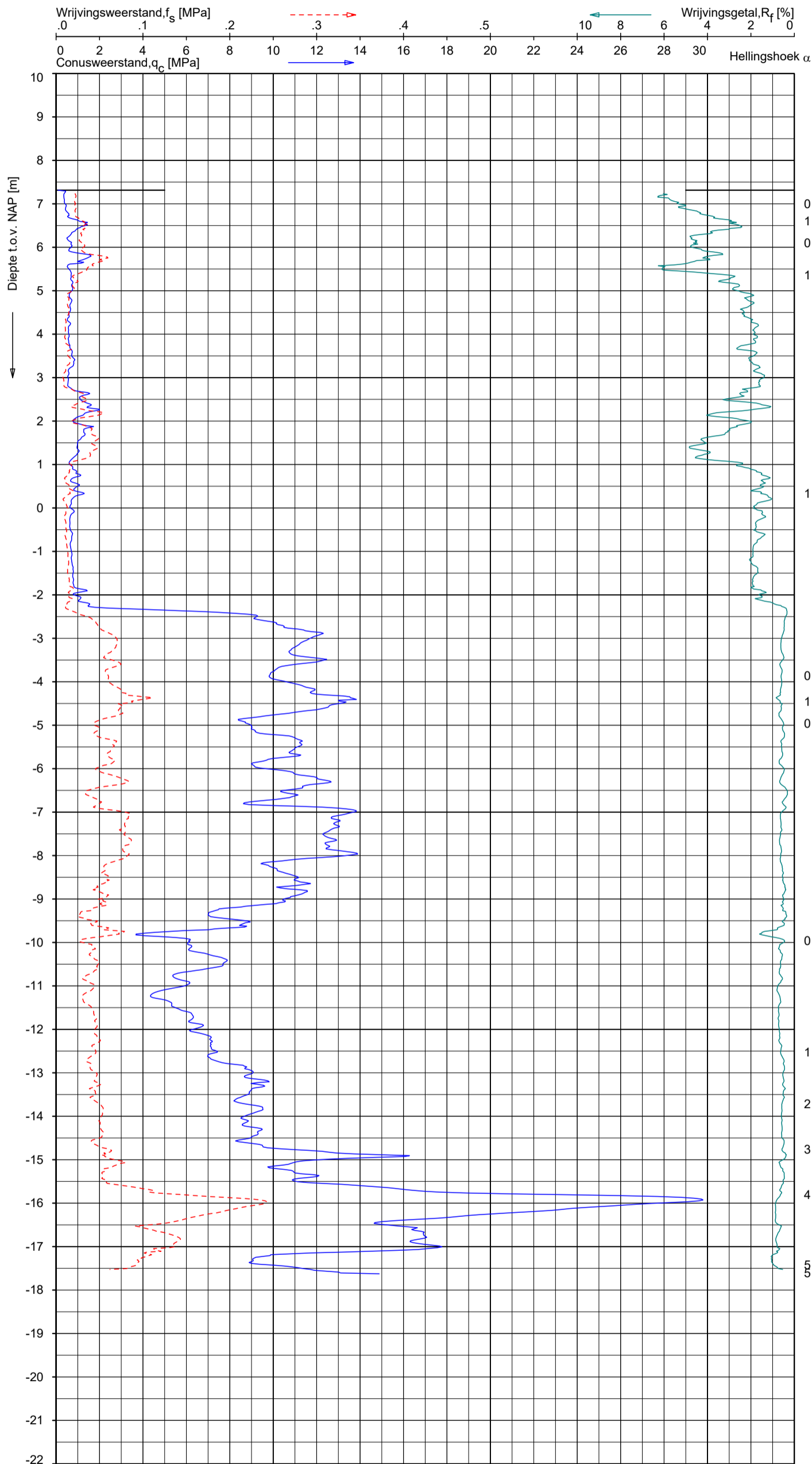
Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135143.3 m Y= 445276.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.31 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

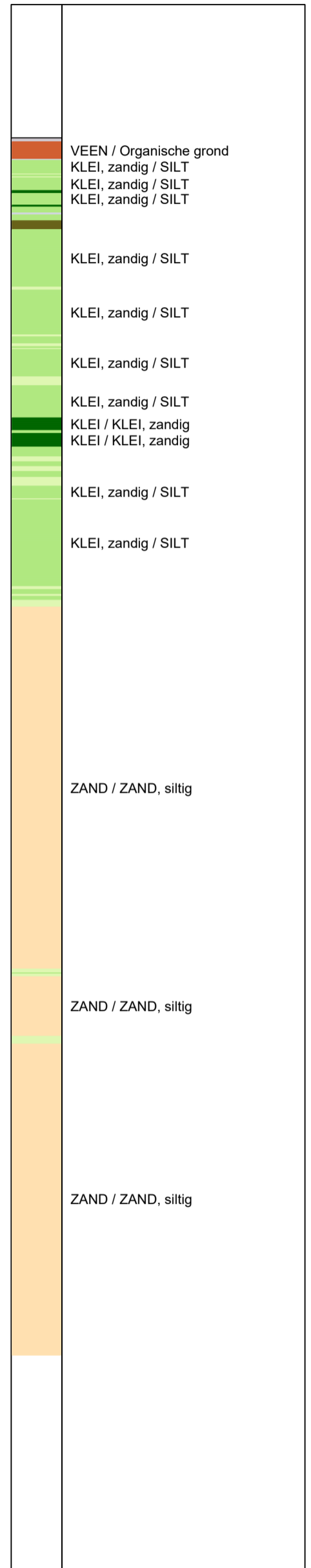
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP10





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

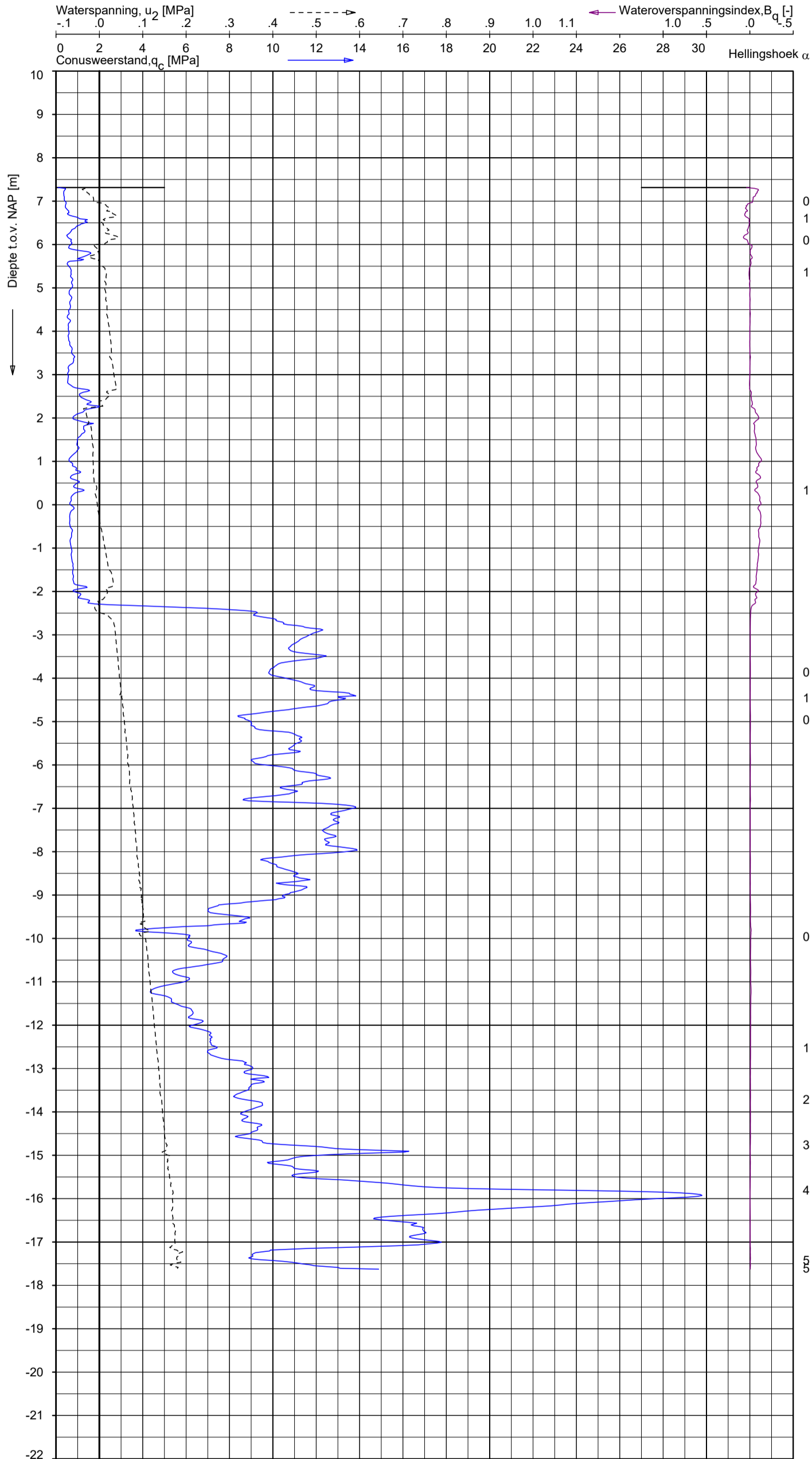


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445276.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: GBO d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.31 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

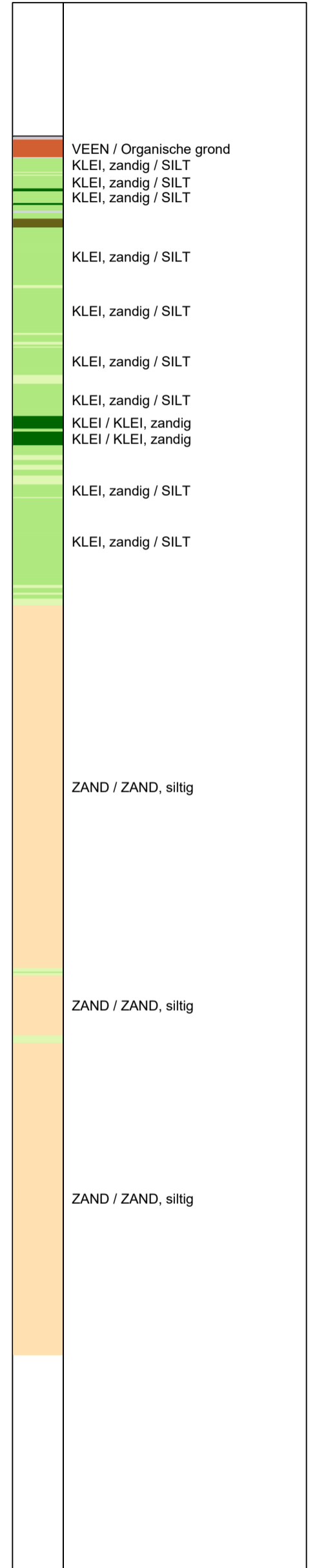
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP11



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

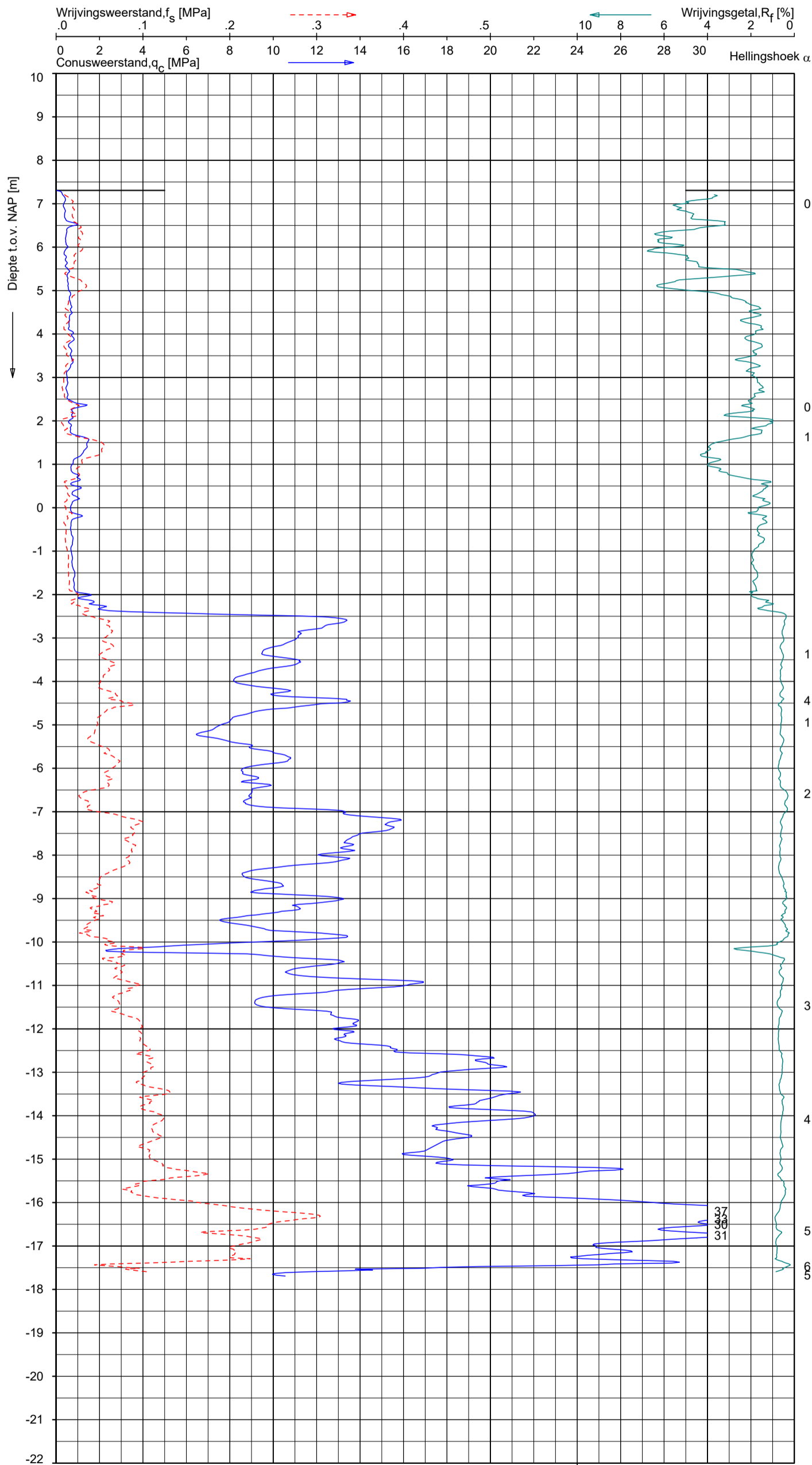


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445276.3 m Systeem: RD
 Get.: GBO d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.31 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

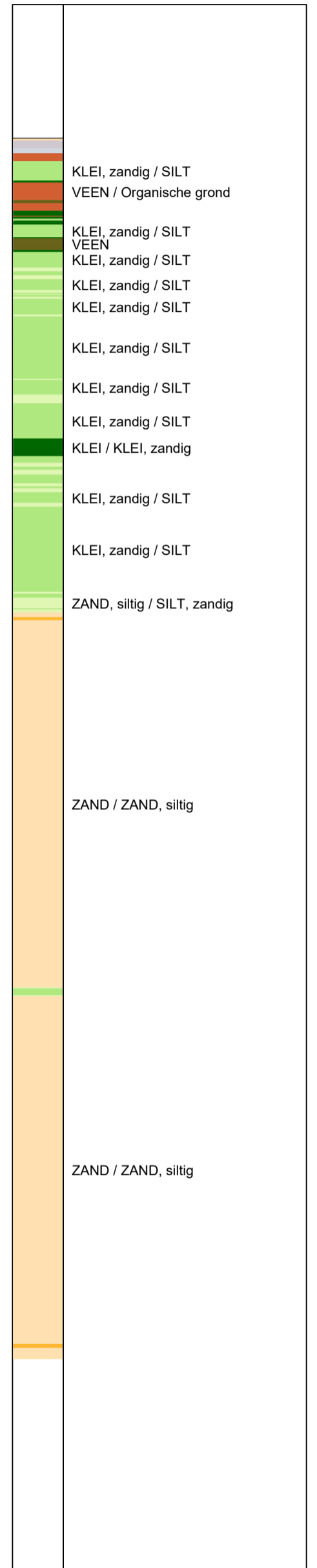
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP11



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

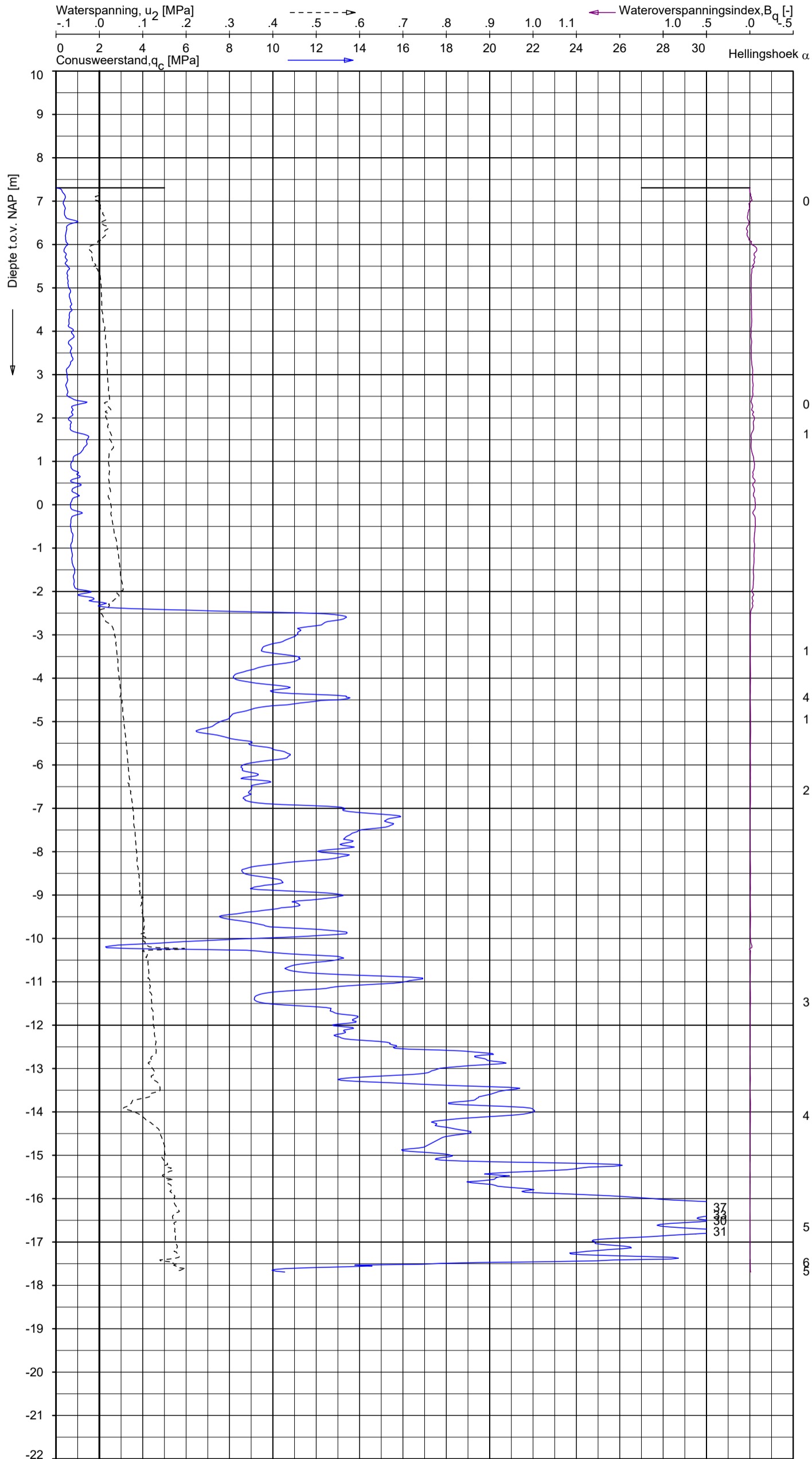


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135141.8 m Y= 445276.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.31 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

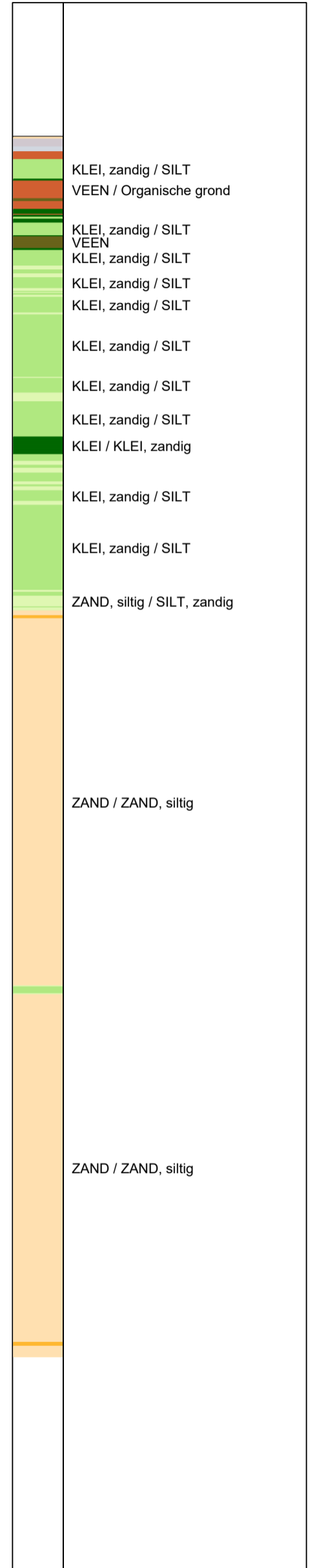
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP12



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

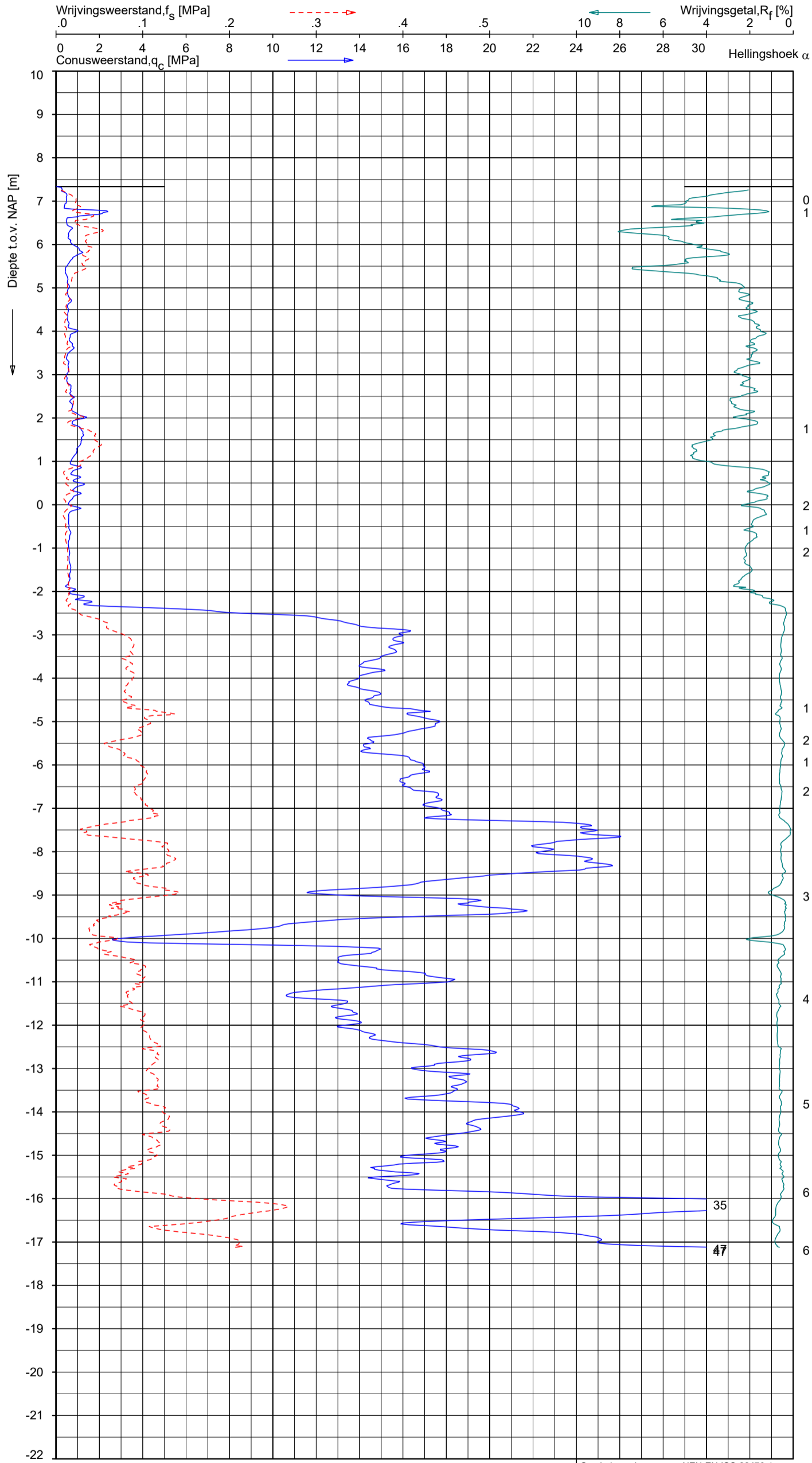


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X=135141.8m Y=445276.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.31m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

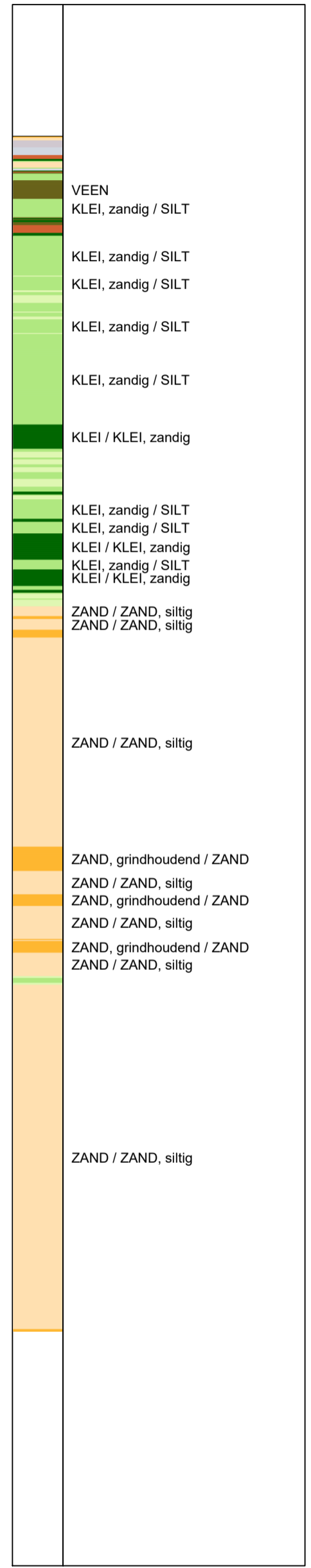
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP12



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

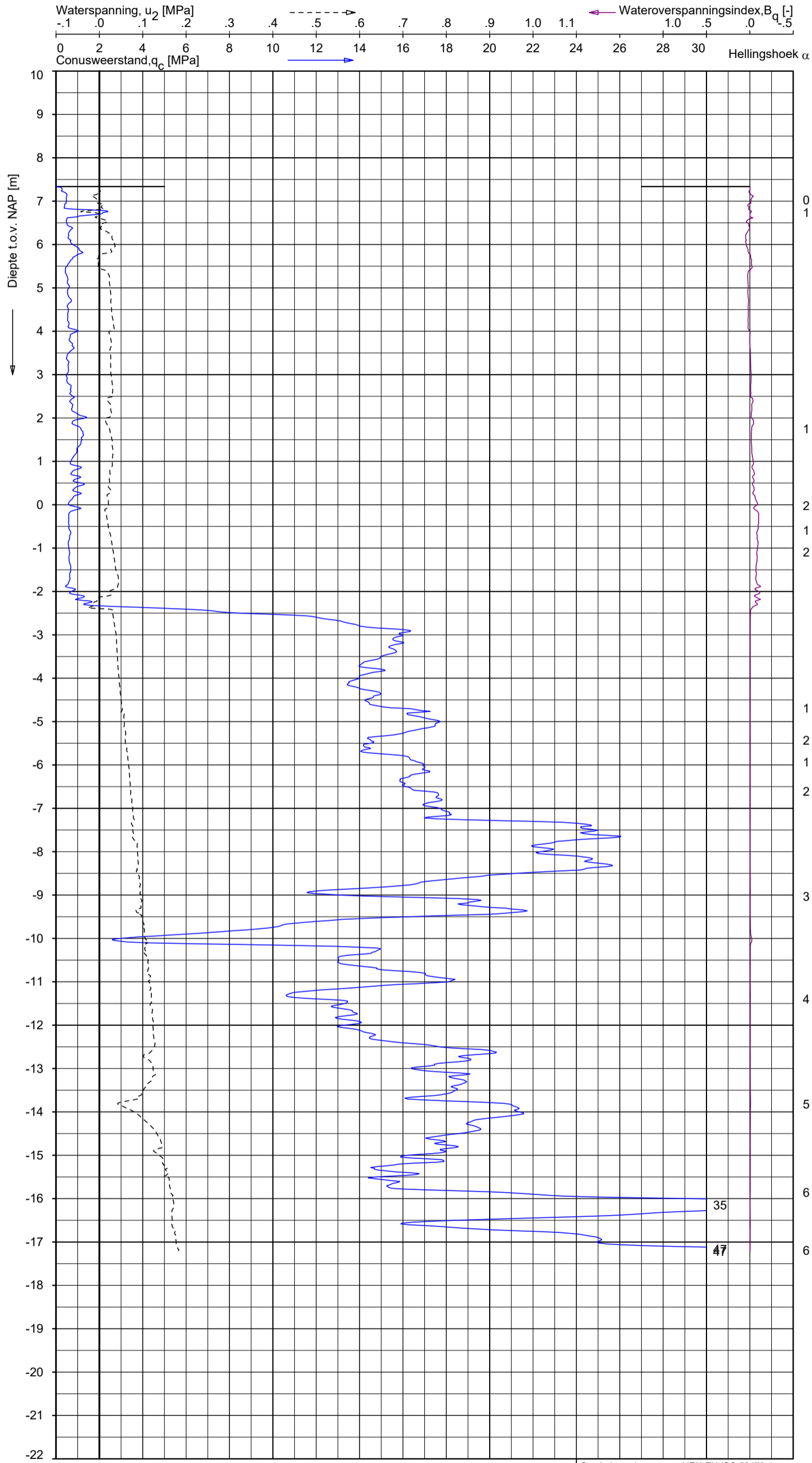


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135143.3m Y= 445273.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.34m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

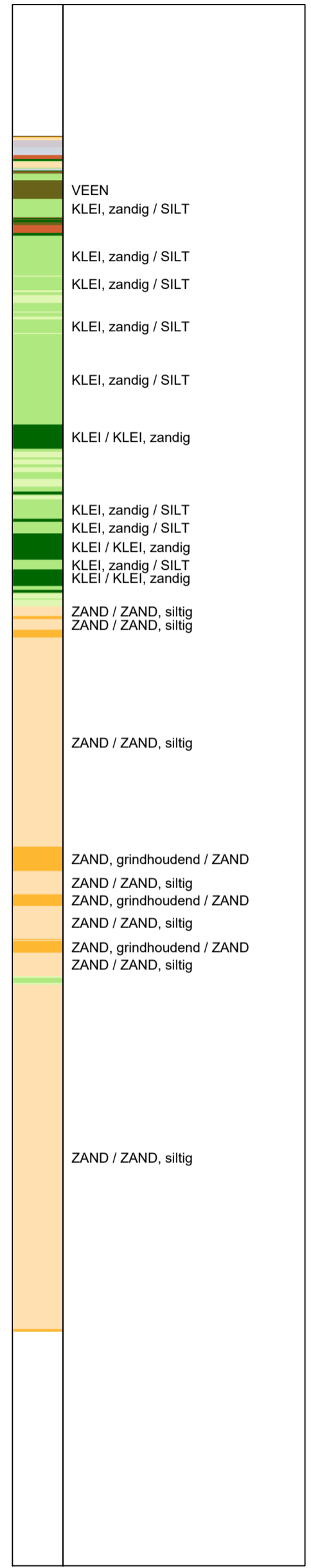
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP13





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



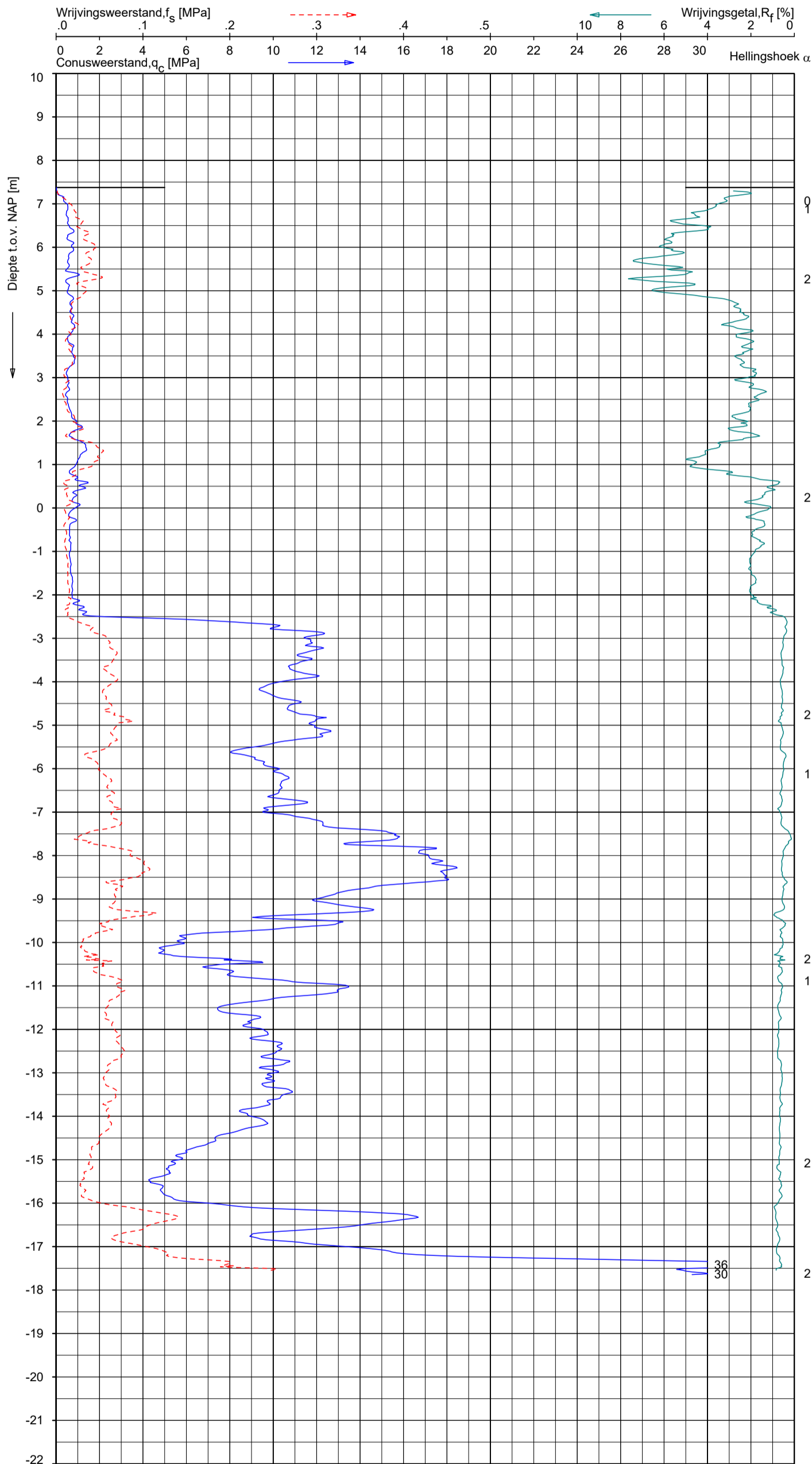
Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135143.3 m Y= 445273.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.34 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

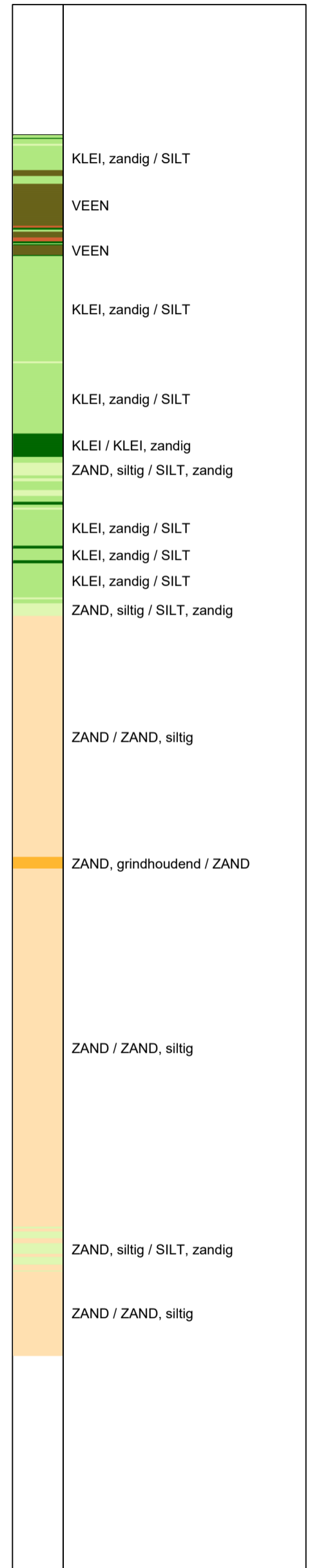
DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP13





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

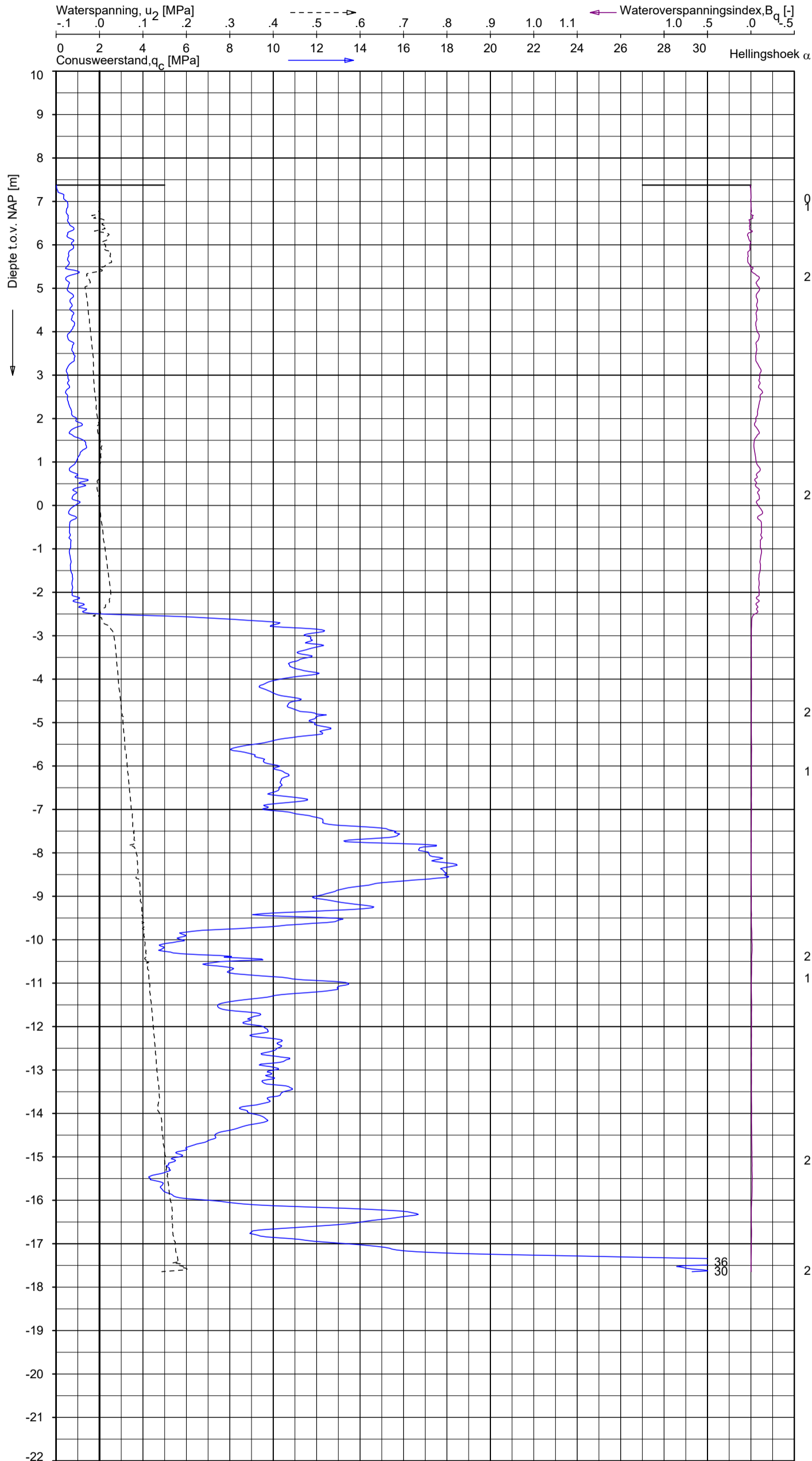


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445273.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.38 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

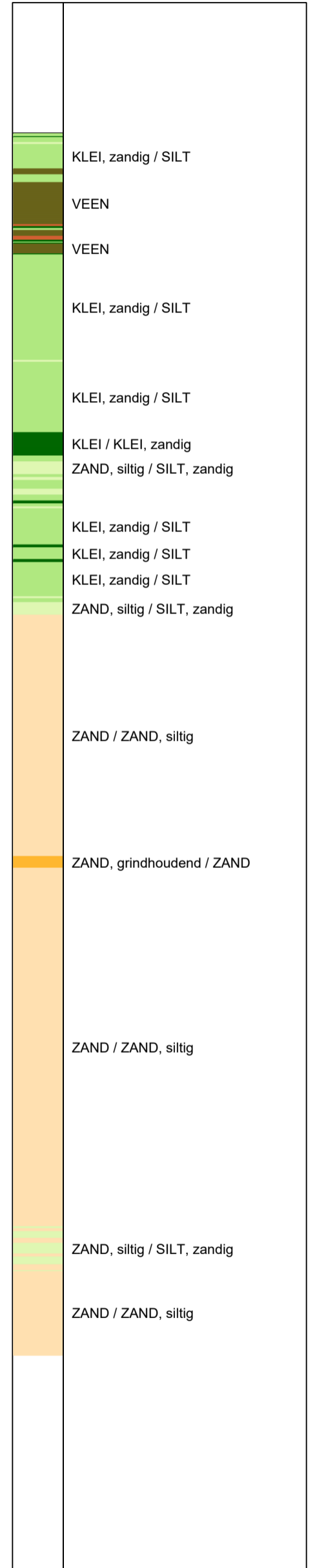
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP14



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

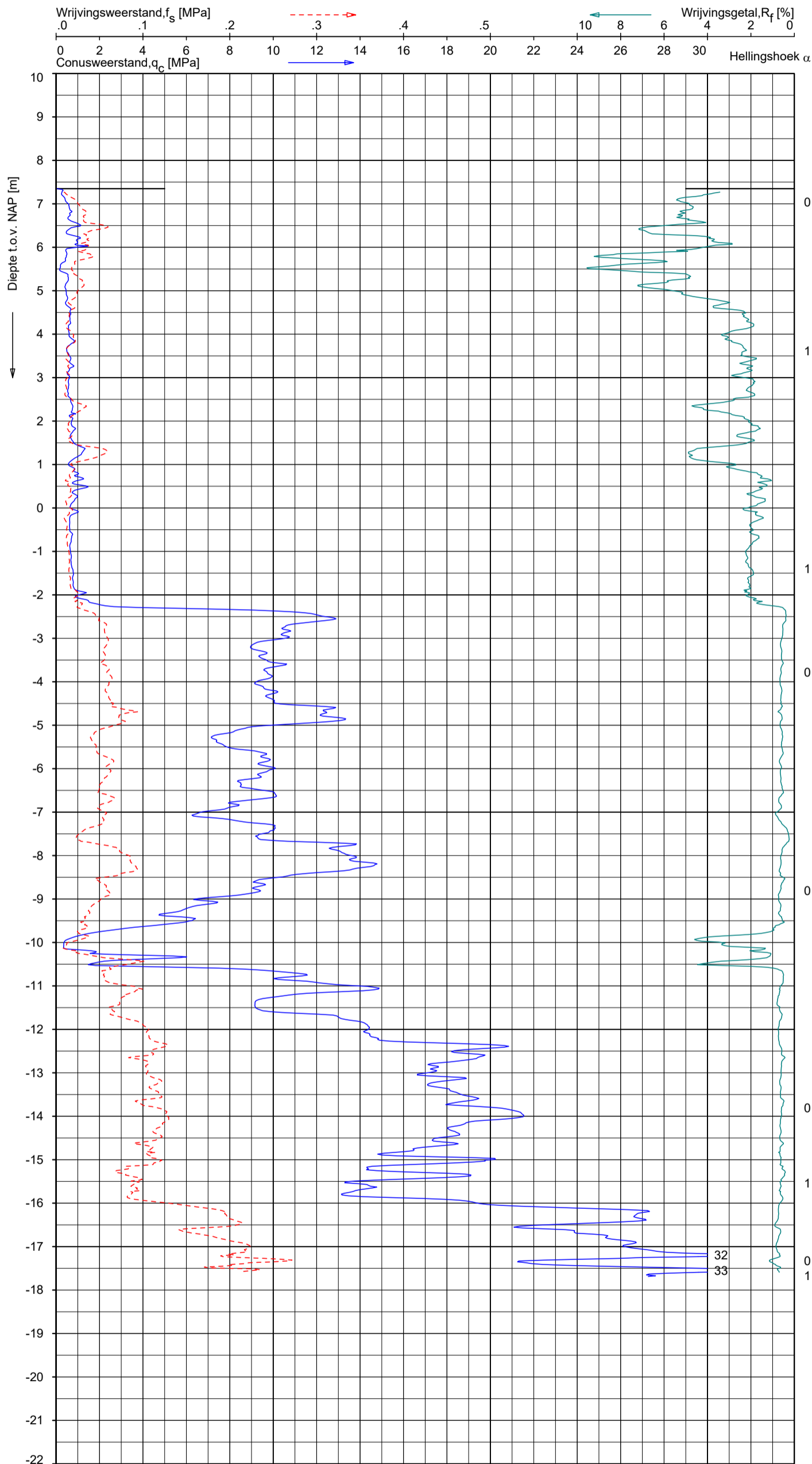


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445273.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.38 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

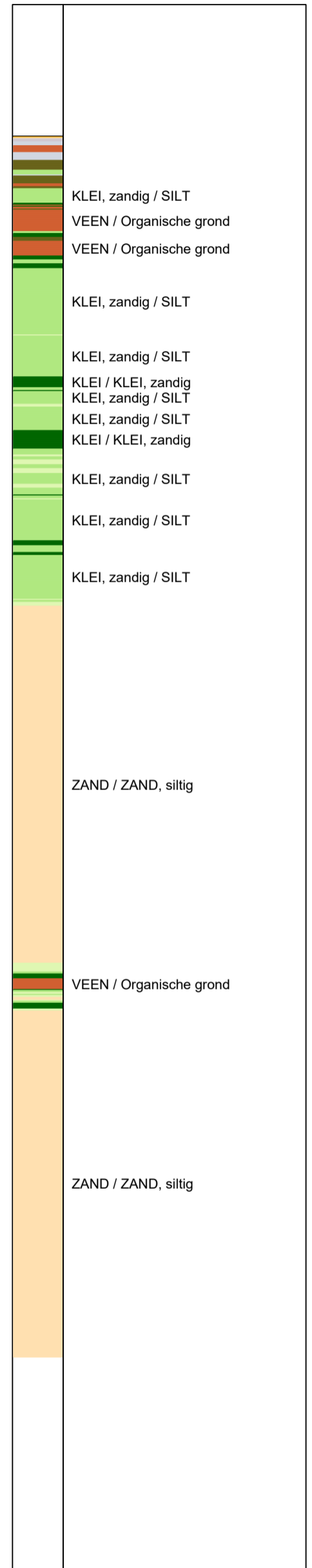
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP14



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

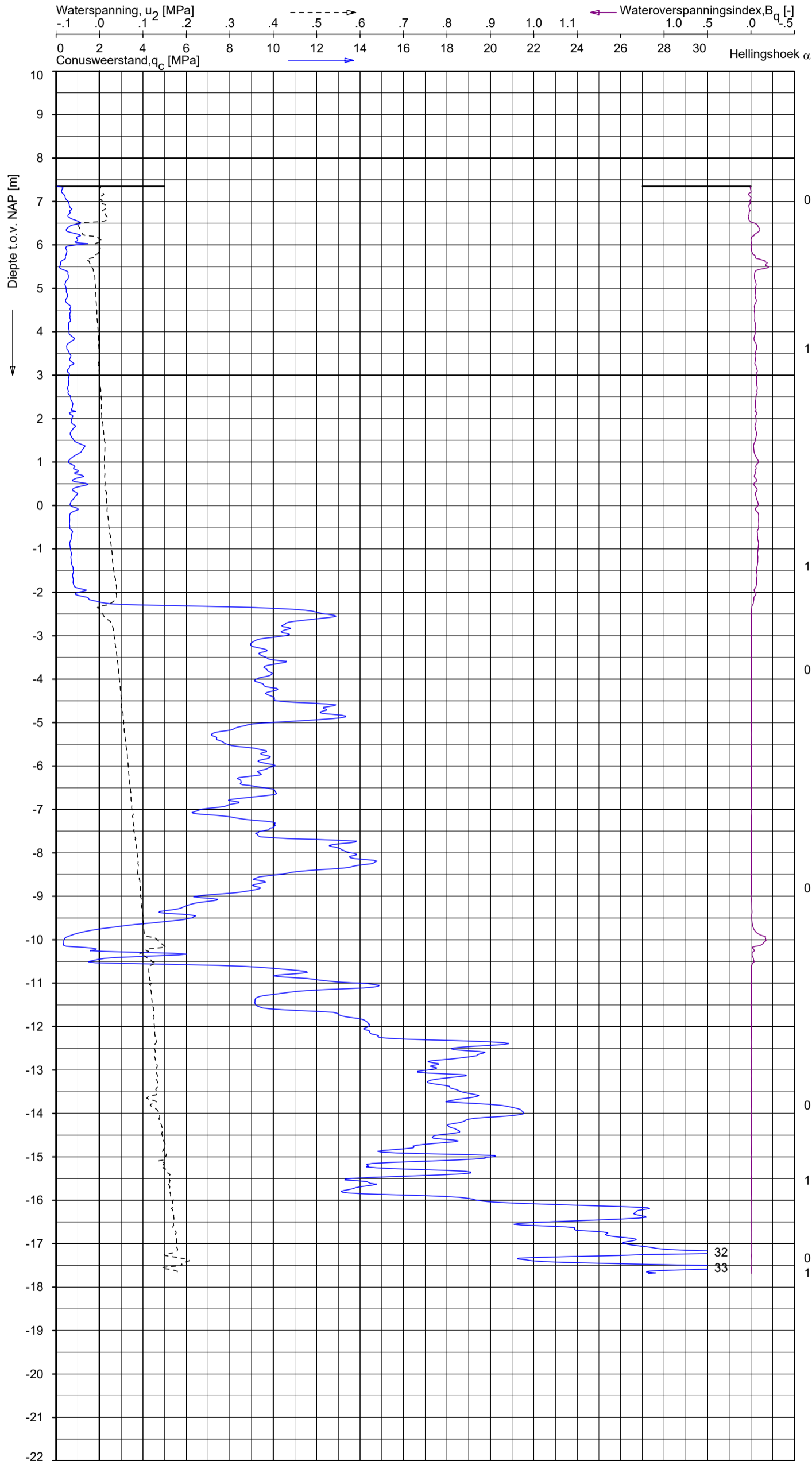


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135141.8 m Y= 445273.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.35m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510\text{mm}^2$; $A_s = 19895\text{mm}^2$

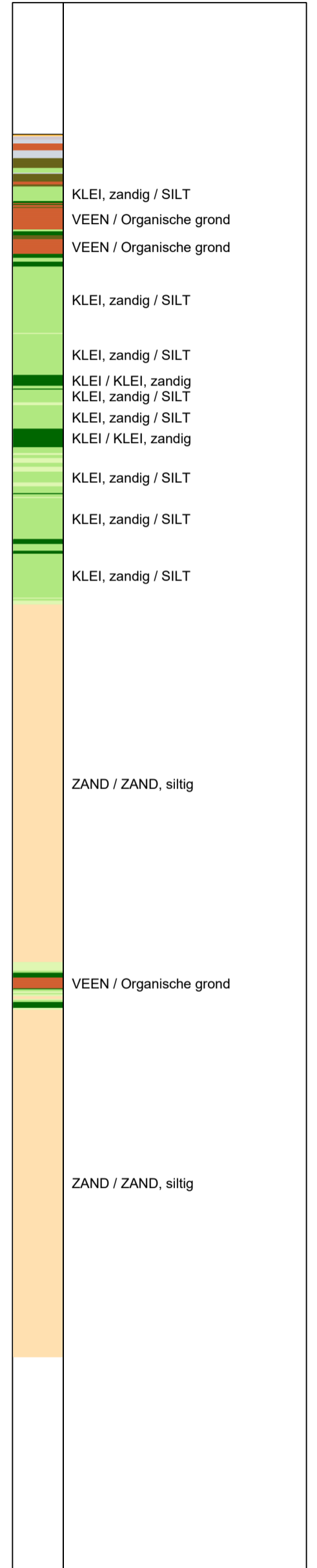
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP15



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

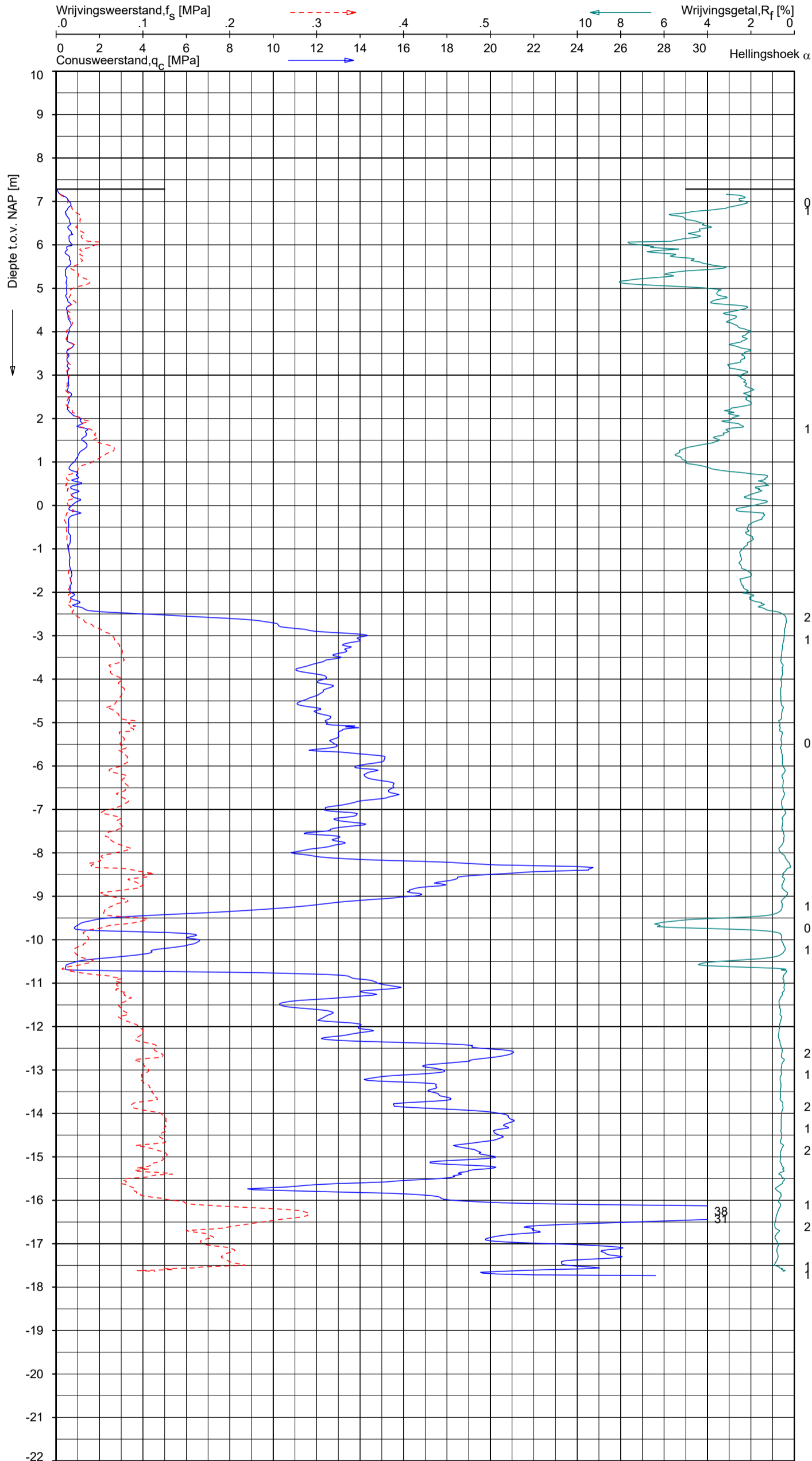


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135141.8 m Y= 445273.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.35 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

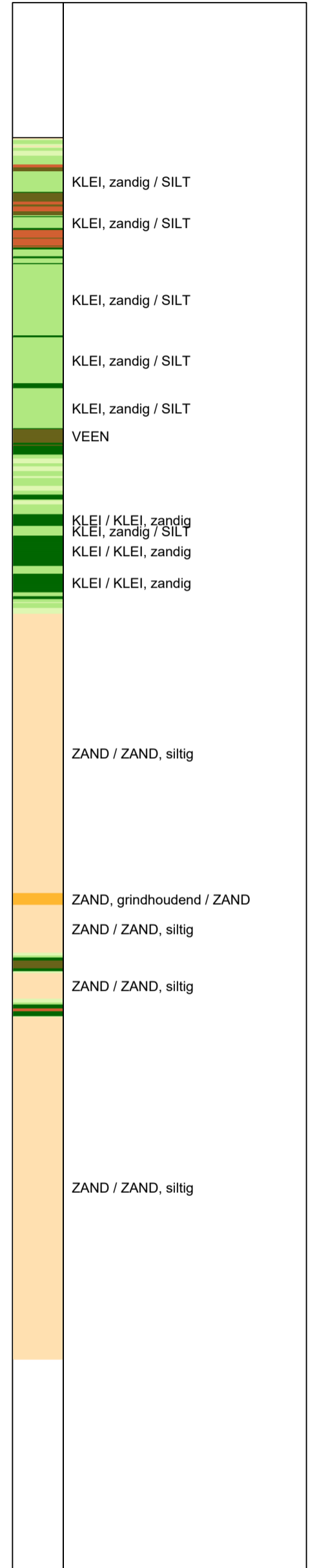
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP15



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

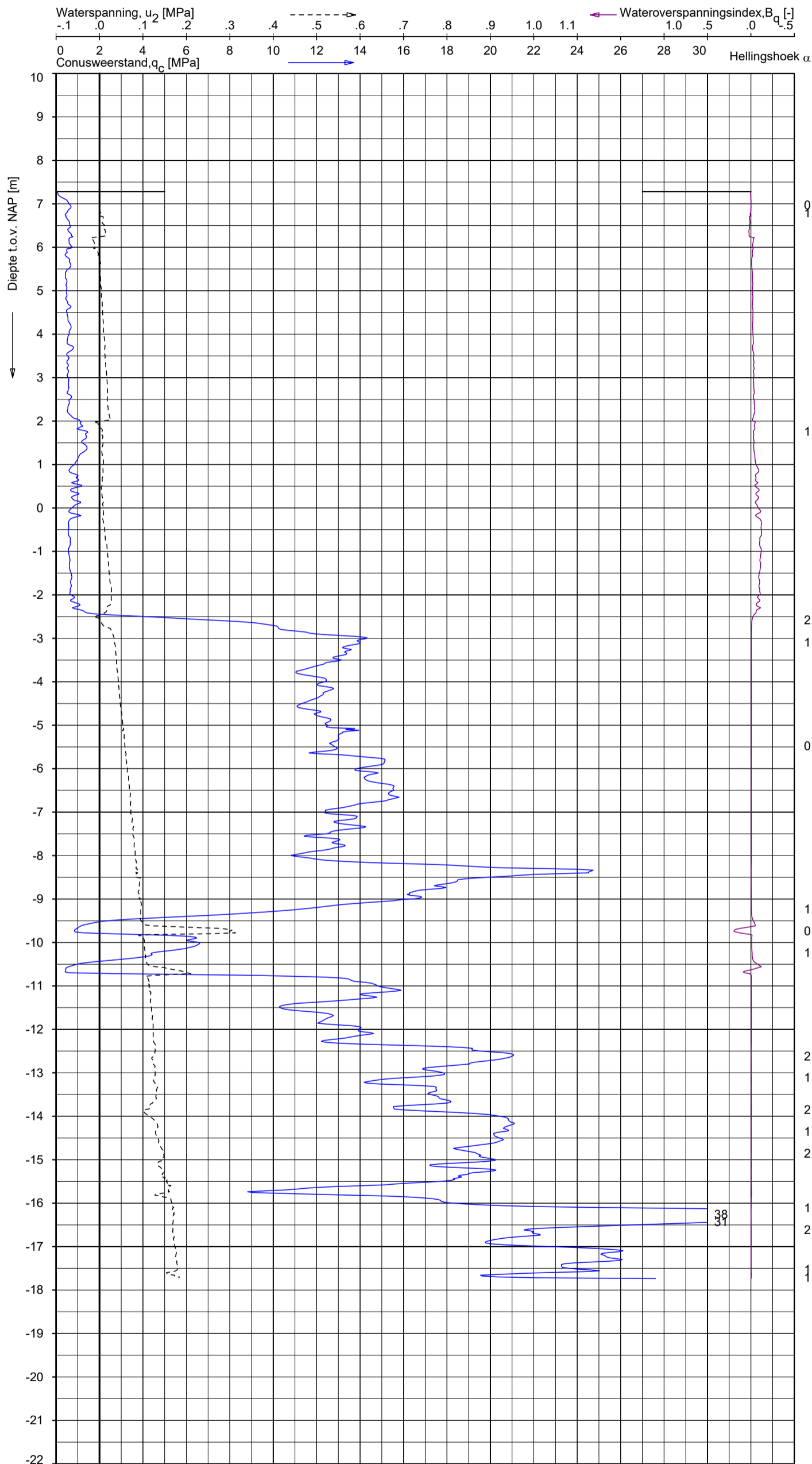


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X=135143.2m Y=445271.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.28m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

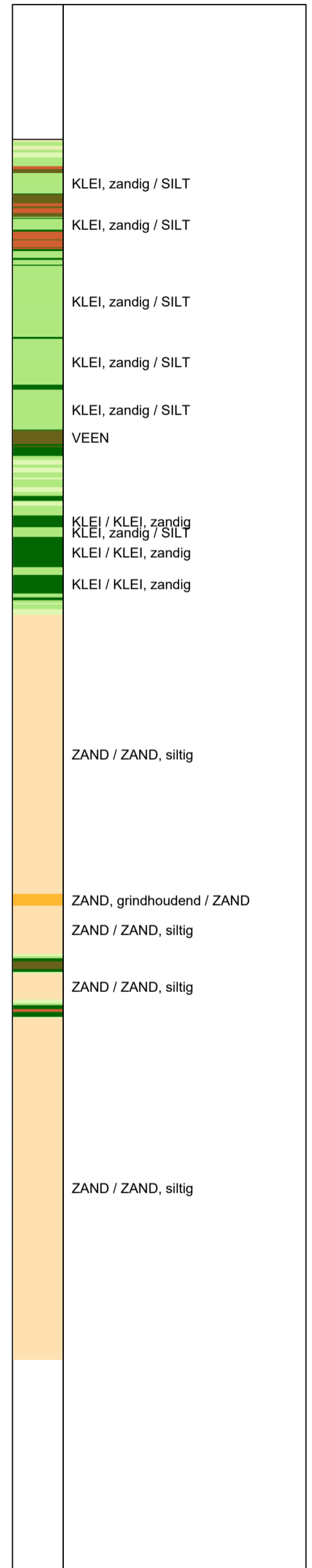
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP16



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

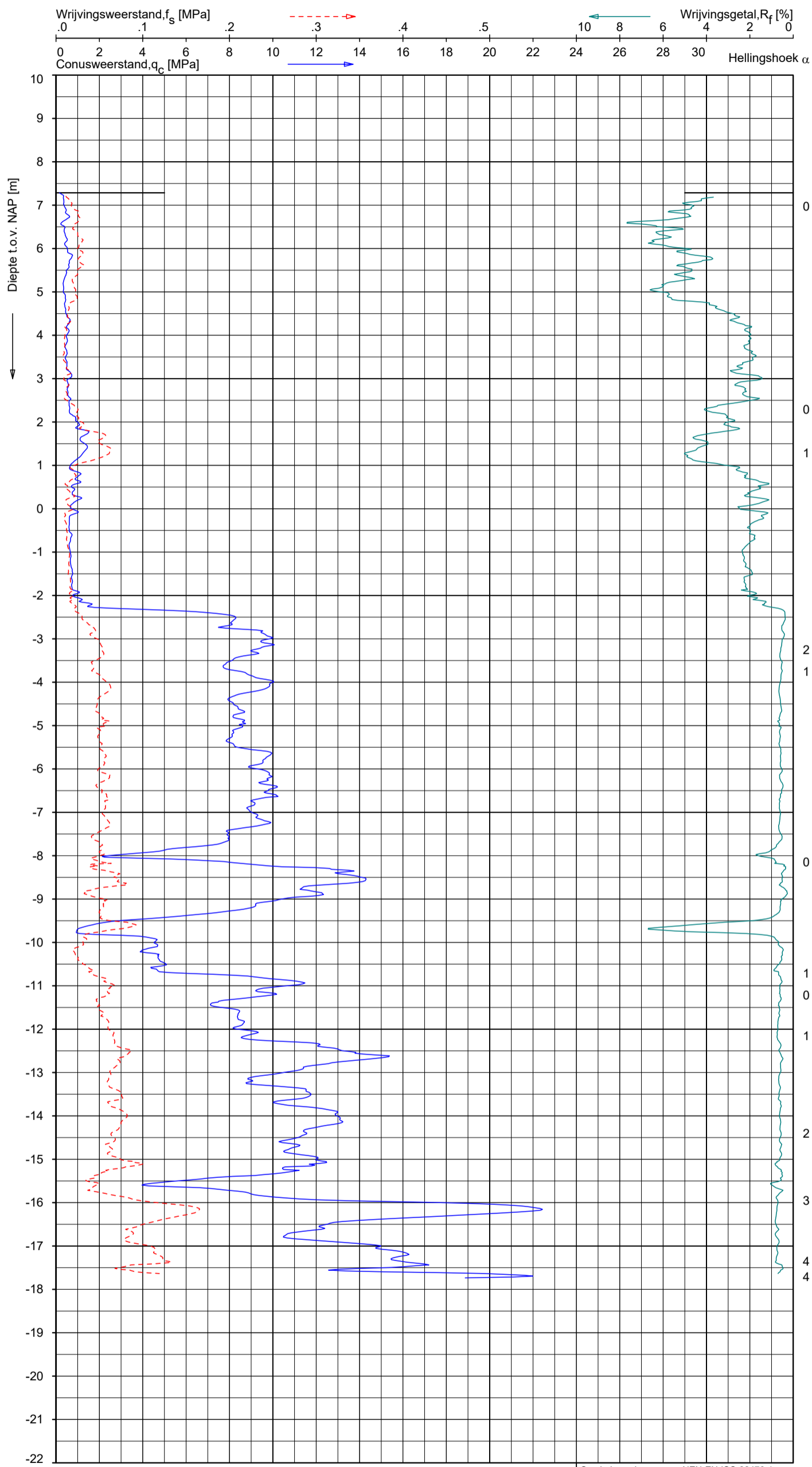


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135143.2 m Y= 445271.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.28 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

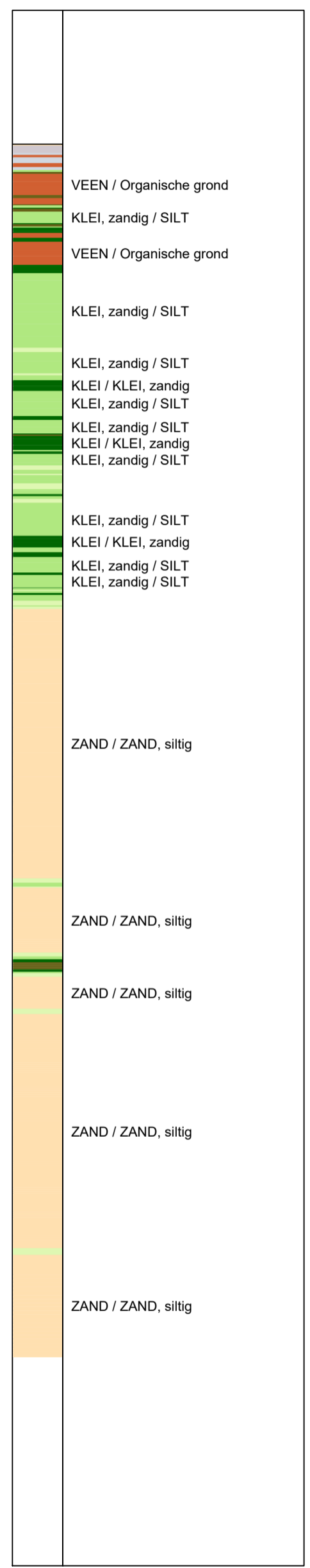
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP16



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

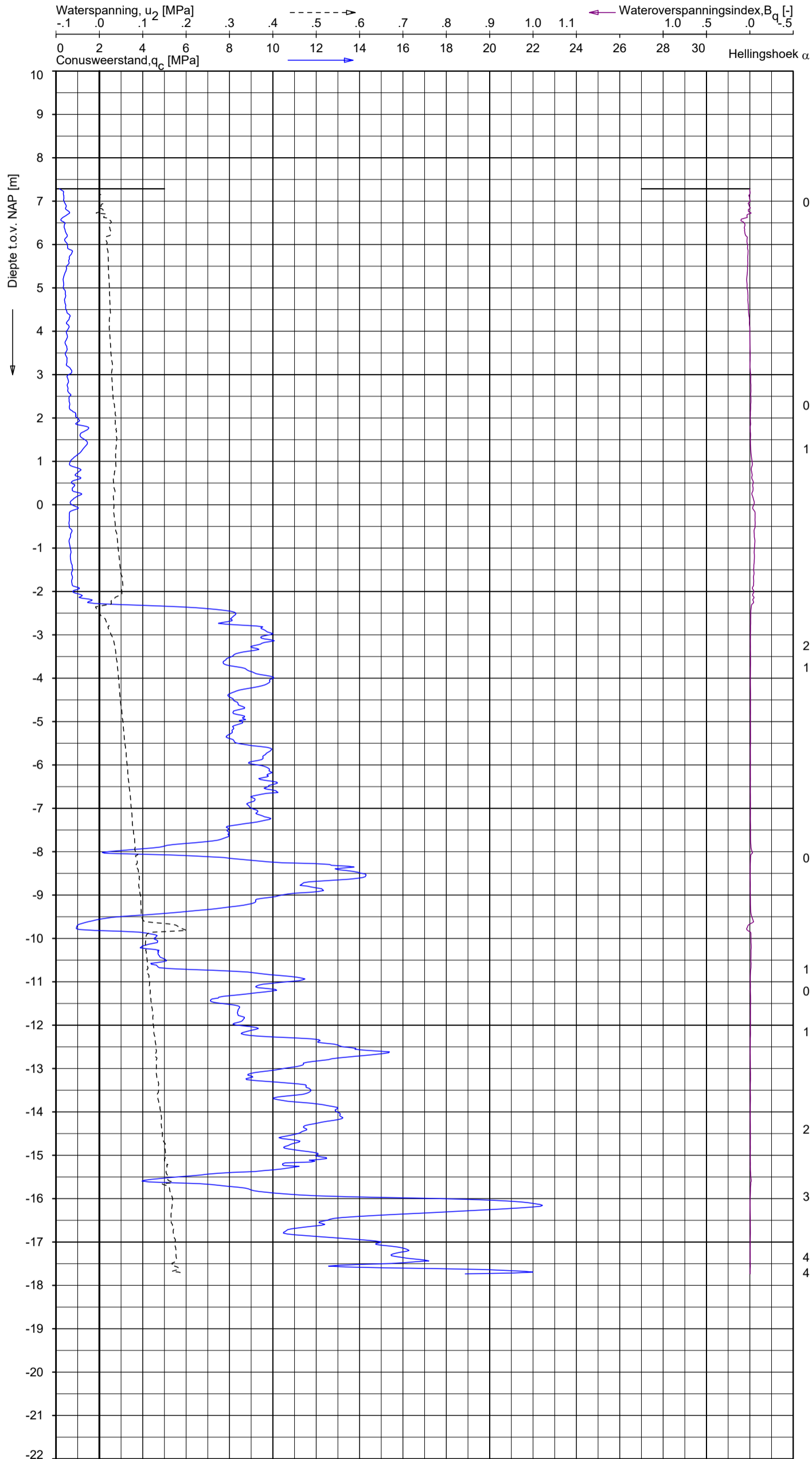


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445271.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.29m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

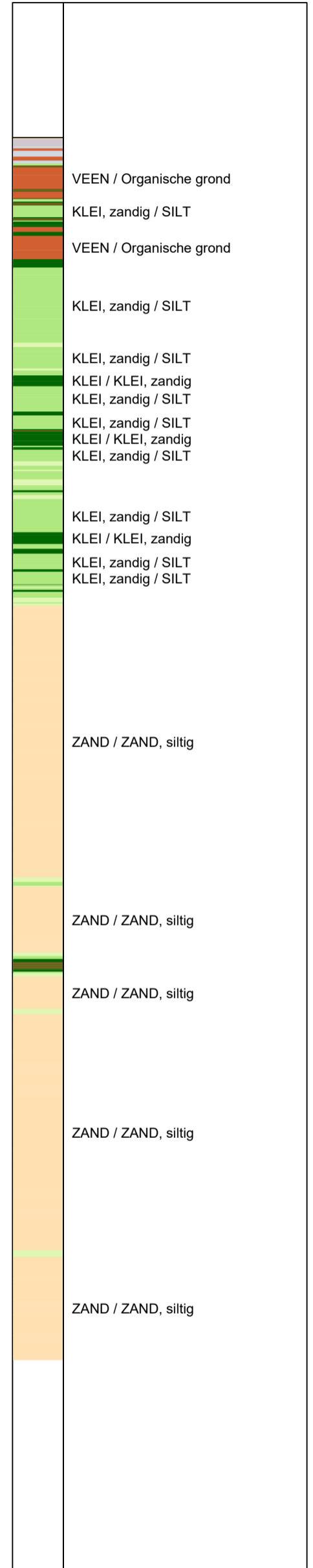
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP17





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

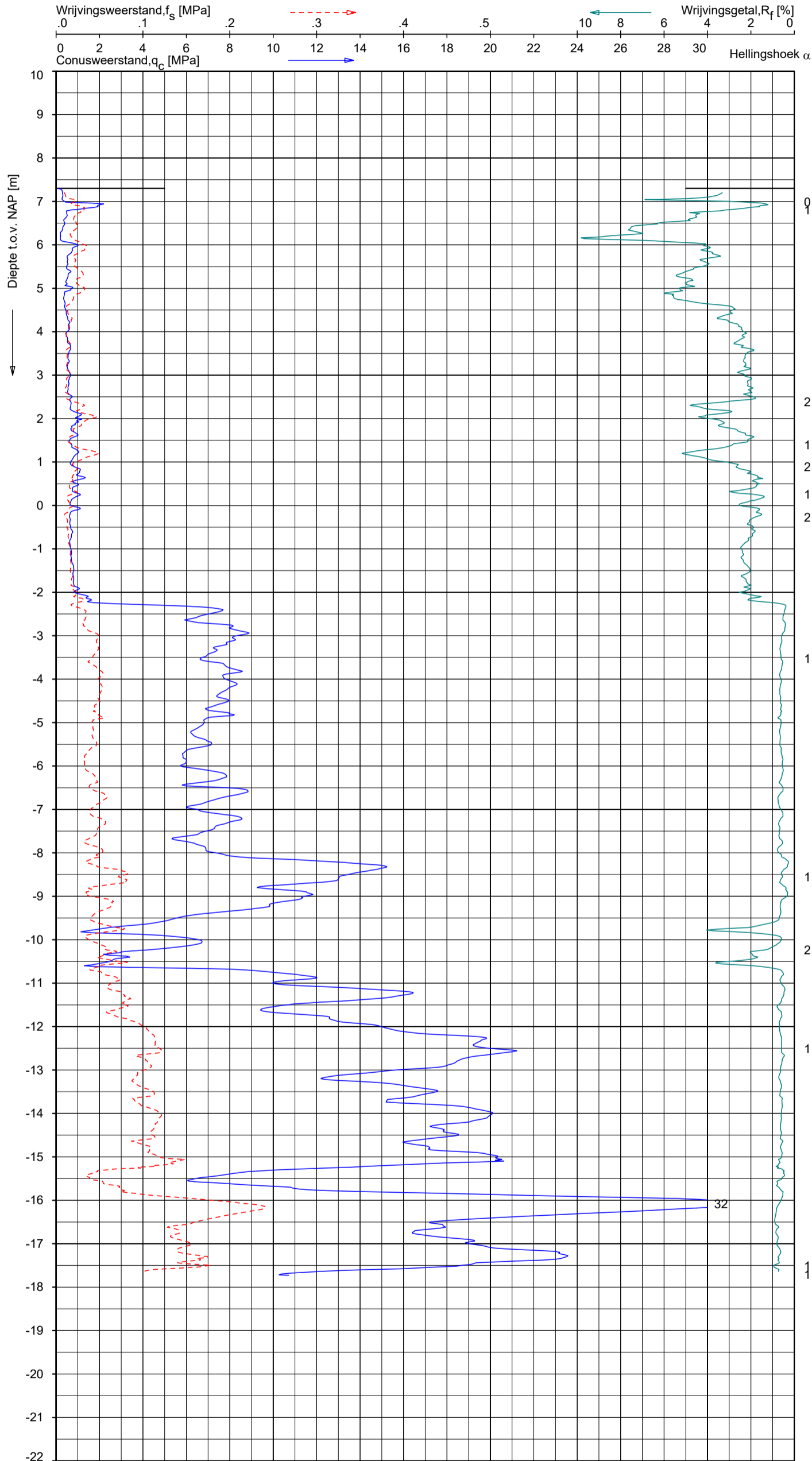


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135142.7 m Y= 445271.2 m Systeem: RD
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.29m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

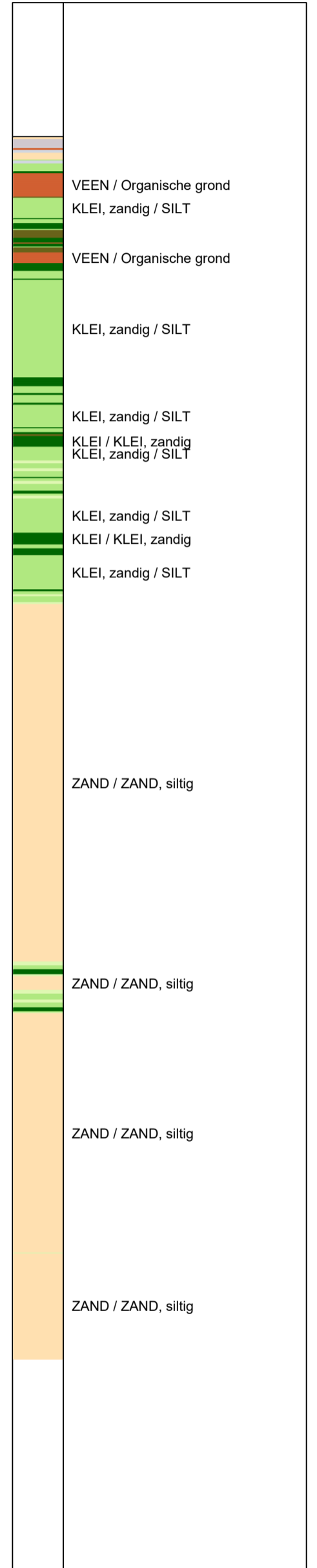
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP17



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

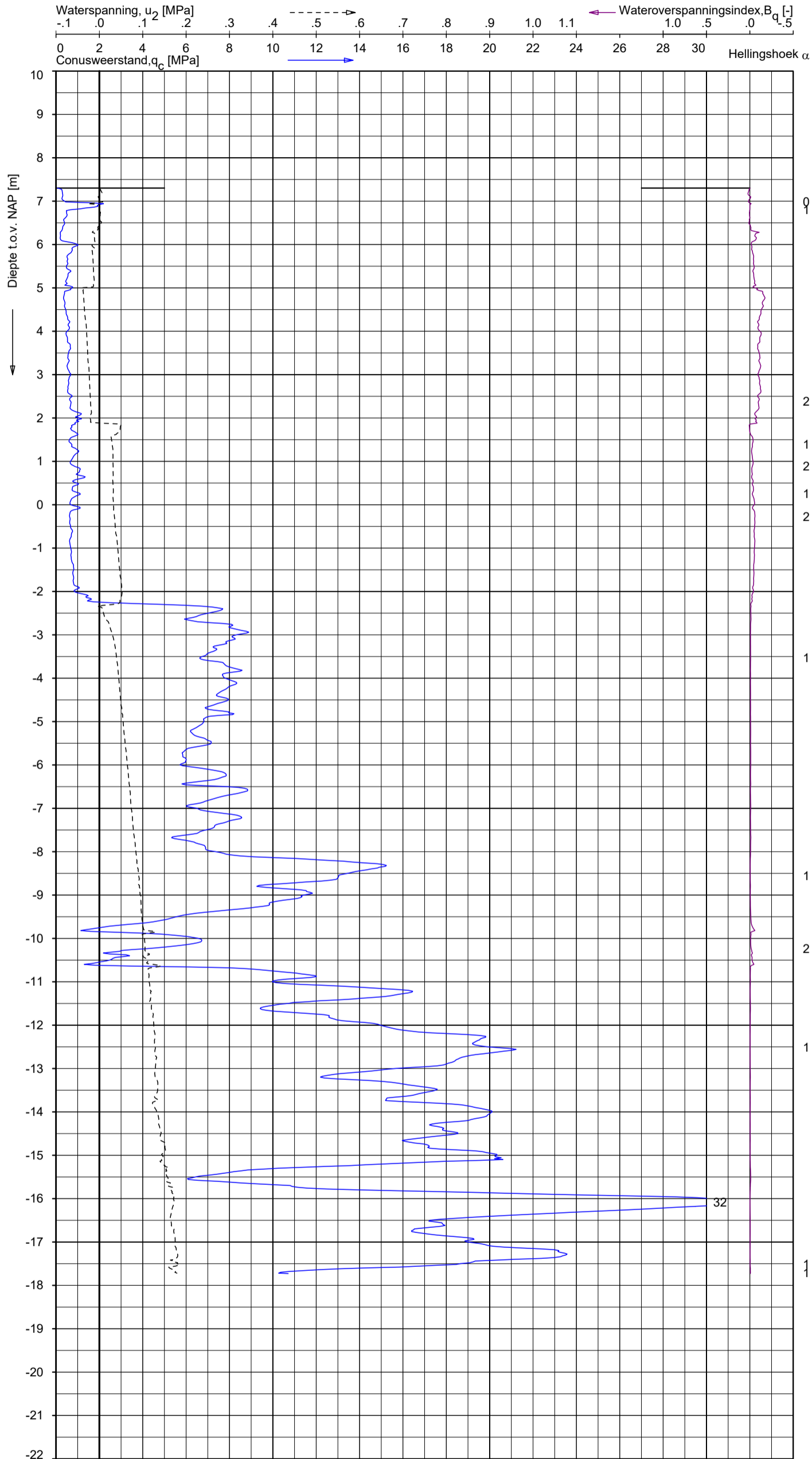


Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135141.6 m Y= 445271.2 m Systeem: RD
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.30 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

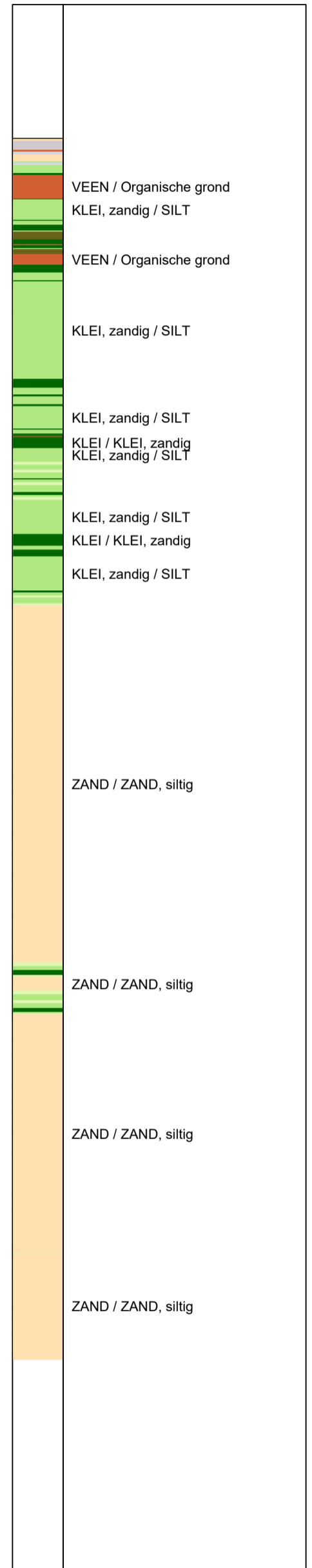
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP18



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



Opg.: AVL d.d. 05-mrt-2021 Coord.: X= 135141.6 m Y= 445271.2 m Systeem: RD
 Get.: LM d.d. 08-mrt-2021 MV = NAP +7.30 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2752
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

DIJKVERSTERKING VIANEN FASE 2

Opdr. 1320-182625
 Sond. DKMP18



Toelichting geotechnisch onderzoek

Coördinaten en hoogte van de onderzoekspunten

Indien de hoogte en coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD bedragen de maximale afwijking van de meting van de coördinaten ca. 10 cm en de maximale afwijking van de meting van de hoogte ca. 5 cm. Bij projecten waarbij de sonderingen zijn gerefereerd aan een lokaal vast punt bedraagt de maximale afwijking in de hoogte ca 5 cm. De maximale afwijking in de maatvoering door middel van traditioneel uitzetten met een meetband bedraagt ca. 25 cm.

Indien de onderzoekslocaties niet zijn gerefereerd aan een vaste referentiehoogte wijkt het onderzoek af van de gestelde eisen in de NEN-EN-ISO 22476-1.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Sonderen

Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage 'Continu Elektrisch Sonderen'.

Boren

Mechanisch boorwerk wordt verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis wordt verwijderd met behulp van een puls (niet-cohesieve gronden) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden).

Bij handboren wordt gebruik gemaakt van een edelmanboor (cohesieve gronden) en een handpuls (niet-cohesieve gronden).

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

Peilbuizen worden gepresenteerd op de betreffende boorstaten. De boringen met peilbuis zijn met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

Ongeroerde monsternamen bij het mechanisch boren kan plaatsvinden door:

- Een Ackermann steekbus te slaan of te drukken;
- Een Pistonbus te drukken;
- Een Gelpush monster te drukken.

Bij handboren worden ongeroerde monsters genomen met een Van der Horst-steekapparaat.

De tijdens het boren genomen geroerde monsters worden in het veld globaal geïdentificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters gedetailleerd geclassificeerd en/of geïdentificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratoriumidentificatie is de laboratoriumidentificatie bepalend.

Op het beschrijven van grond is de NEN-EN-ISO 14688-1 of NEN 5104 van toepassing. Op de boorstaat staat aangegeven welke NEN Norm gehanteerd is.

(Grond)waterstand

De gemeten (grond)waterstand(en) betreffen een eenmalige opname en zijn bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

Kwaliteitsborging

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro NL Land B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2015 en VCA ** 2008/5.1.

De kalibratiesheet(s) van de gebruikte conus(sen) kunnen op verzoek worden toegestuurd.

Continu elektrisch sonderen

Meettechniek

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

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm² 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 mm² boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag tussen 500 en 2000 mm² variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een manteloppervlak van 20000 mm².

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* 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

* Lunne and Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

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.*

Tabel 1: Wrijvingsgetal per grondsoort

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, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

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

Presentatie sondeergegevens

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

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand f_s en conusweerstand q_c , indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

Genormaliseerde conusweerstand:

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

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal

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

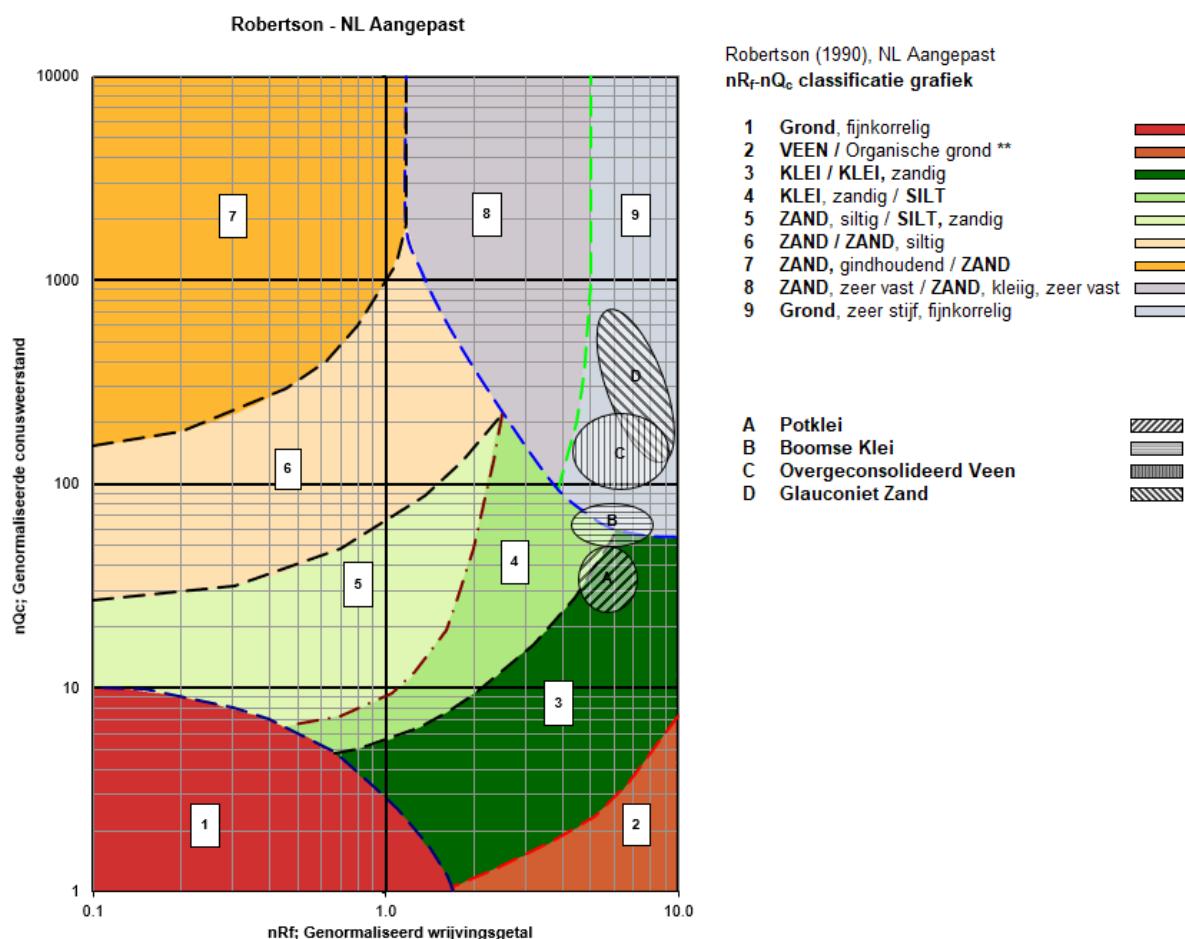
Vergelijking 2

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

[†] Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-158

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;
- er 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 geïnterpreteerd.



** In Nederland is dit meestal VEEN. Op basis van boorgegevens en/of geologische gegevens kan nader onderscheid worden gemaakt in het type organische grond

Figuur 1: Classificatiegrafiek Robertson (1990), aangepast voor Nederlandse grondsoorten

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

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

Andere conustypen

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

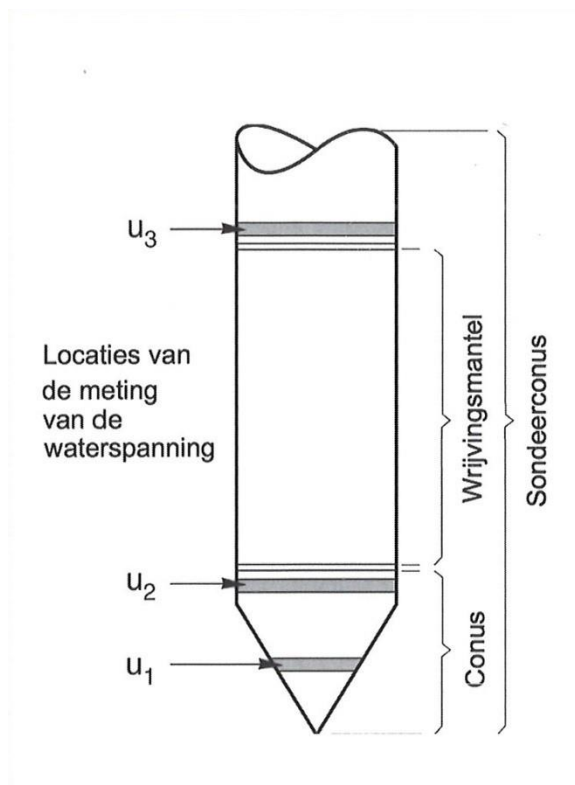
Tabel 2: Overzicht andere conustypen met toepassingsmogelijkheden

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	<ul style="list-style-type: none"> ■ registreren waterremmende lagen; ■ indicatie stijghoogte grondwater; ■ classificatie / gelaagdheid bodem.
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	<ul style="list-style-type: none"> ■ blindgangeronderzoek; ■ onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers); ■ onderzoek paalpuntniveau / schoorstand funderingspalen; ■ onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	<ul style="list-style-type: none"> ■ indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens; ■ onderzoek verspreiding verontreiniging.
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ warmteoverdracht in de bodem; ■ bepaling temperatuurgradiënt.
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ machinefunderingen; ■ windturbinefunderingen.
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ heitrillingen; ■ verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
HPT (Hydraulic Profiling Tool)	Doorlatendheid	<ul style="list-style-type: none"> ■ niet-stationaire grondwatermodellen ■ ontwerp bemalingen; ■ onderzoek infiltratiecapaciteit (DSI); ■ beoordeling pipinggevoeligheid dijken.

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 ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1: Schematische weergave sondeerconus met meting van waterspanning

Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontvlucht 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 wateroverspanningsindex B_q .

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

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

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

Wateroverspanningsindex B_q

Met de wateroverspanningsindex 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, rekening houdend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningsindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \frac{\beta \cdot (u_1 - u_0)}{q_{net}}$$

Vergelijking 3

$$B_q = \frac{(u_2 - u_0)}{q_{net}}$$

Vergelijking 4

Waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 . Standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand
- q_t = $q_c + (1 - a) \cdot \{\beta(u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt
- $= q_c + (1 - a) \cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m³ 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 tabel 3 gegeven.

Tabel 3: β -factor per grondsoort

Grondgedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 – 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 – 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0,0* – 0,3
Silt, samendrukbaar	0,5 – 0,6
Silt, vast en dilatant gedrag	0,0* – 0,2
Zand, siltig, los gepakt	0,2 – 0,4
Opmerking: * = Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.	

Dissipatietest

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

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

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

Klassenindeling EN-ISO 22476-1

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

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm *EN-ISO 22476-1 'Electrical cone and piezocone testing'* ontwikkeld. In de norm *EN-ISO 22476-1* is de nauwkeurigheid van de meetresultaten gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd. In de Europese tabel van sondeerclassen worden de sondeerclassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie tabel 4.

Tabel 4: Overzicht toepassingsklassen *EN-ISO 22476-1*

Toepassing-klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort	Interpretatie
1	TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte 	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A	G, H*
					B	G, H
					C	G, H
					D	G, H
3	TE1 TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ 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	G
					B	G, H*
					C	G, H
					D	G, H
4	TE1	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Sondeerlengte 	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A	G*
					B	G*
					C	G*
					D	G*

Opmerking:

Uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

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

b Volgens ISO 14688-2:

A homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) (typische gronden met $q_c < 3$ MPa);

B gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand 5 MPa • $q_c < 10$ MPa);

C gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand 1,5 MPa • $q_c < 3$ 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 uit *NEN 9997-1* worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand niet realistisch om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde meetstelsel voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en kalibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen.

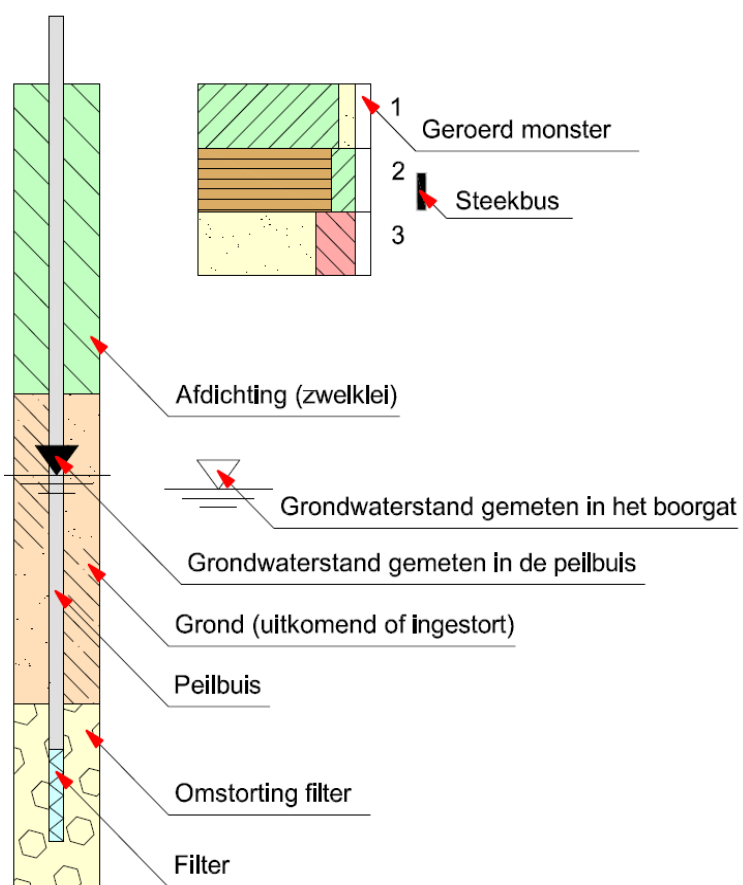
Voor sondering in toepassingsklasse 1 worden speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik toegepast. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van recente kalibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

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

Legenda terreinproeven

Boringen / Peilbuizen	Sonderingen
 Handboring nog niet uitgevoerd	 Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
 Handboring uitgevoerd	 Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
 Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis	 Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
 Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen	 Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
 Mechanische boring nog niet uitgevoerd	 Slagsondering uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd	 Handsondering uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis	 Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen	 Multigrondwatersondering uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen	 Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
 Boring uitgevoerd door derden	 Sondering met bolconus uitgevoerd
 Boring uitgevoerd met peilbuis door derden	 Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
 Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd	 Waterspanningsmeter uitgevoerd
 Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd	 Sondering uitgevoerd door derden
	 Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
	 Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
	 Hellingmeterbuis uitgevoerd
	 Valsondering
Overige symbolen	Toegevoegde metingen
 Meetpunt	KM Meting van de plaatselijke kleef
 Hoogtemaat	P Meting van de waterspanning
	M Meting van de magnetische veldsterkte
	G Meting van de geleidbaarheid
	S Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
	T Meting van de temperatuur

Peilbuis



Bijlage 4 Registratie druk en debiet tijdens realisatie door aannemer.

Bezoekadres De Blomboogerd 1, 4003 BX Tiel

Postadres Postbus 599, 4000 AN Tiel

T (0344) 64 90 90

F (0344) 64 90 99

E info@wsrl.nl

I www.waterschaprivierenland.nl

Bank IBAN NL93 NWAB 0636 7572 69

BIC NWABNL2G



Memo

Drukken: (tot ±11,50 N.a.p.)				Trillen: (tot ±7,46 N.a.p.)				Trillen: (van ±7,46- naar 6,00 N.a.p.)			
Pakket 1:				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.			
Minuut:	Pakket 1 Bar gem.	Pakket 1 Liter/minuut		Pakket 1:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 1:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
1	40	80		Plank 1:	1,05	90	65	Plank 1:	1,07	50	15
3	50	80		Totaal:			68,25	Totaal:			16,05
5	67	75									
7	67	62		Pakket 1:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 1:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
10	67	75		Plank 2:	1	60	75	Plank 2:	1,2	50	15
15	70	72		Totaal:			75	Totaal:			18
20	65	80									
Gemiddeld:	60,86	74,86		Totaal: (liter)			143,25	Totaal: (liter)			34,05
Totaal:	20,5	1534,57									
Drukken: (tot ±11,50 N.a.p.)				Trillen: (tot ±7,46 N.a.p.)				Trillen: (van ±7,46- naar 6,00 N.a.p.)			
Pakket 2:				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.			
Minuut:	Bar:	Liter/minuut		Pakket 2:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 2:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
1	40	80		Plank 1:	0,8	60	35	Plank 1:	0,49	50	25
3	40	80		Totaal:			28	Totaal:			12,25
5	40	75									
7	40	70		Pakket 2:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 2:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
10	39	75		Plank 2:	1,1	60	30	Plank 2:	1,1	50	50
15	40	65		Totaal:			33	Totaal:			55
Gemiddeld:	39,83	74,17									
Totaal:	20,5	1520,42		Totaal: (liter)			61	Totaal: (liter)			67,25
Drukken: (tot ±11,50 N.a.p.)				Trillen: (tot ±7,46 N.a.p.)				Trillen: (van ±7,46- naar 6,00 N.a.p.)			
Pakket 3:				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.			
Minuut:	Bar:	Liter/minuut		Pakket 3:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 3:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
1	40	70		Plank 1:	0,6	!	!	Plank 1:	1	50	14
3	37,5	80		Totaal:			#WAARDE!	Totaal:			14
5	37,5	80									
7	40	78		Fout met de slangen							
10	40	70		Pakket 3:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 3:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
15	40	75		Plank 2:	0,95	50	80	Plank 2:	0,5	50	20
Gemiddeld:	39,17	75,50		Totaal:			76	Totaal:			10
Totaal:	16,4	1238,20									
Drukken: (tot ±11,50 N.a.p.)				Trillen: (tot ±7,46 N.a.p.)				Trillen: (van ±7,46- naar 6,00 N.a.p.)			
Pakket 4:				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.				Trillen per hele plank, per pakket dus 2 momenten.			
Minuut:	Bar:	Liter/minuut		Pakket 4:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 4:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
1	15	35		Plank 1:	0,5	80	70	Plank 1:	1,1	50	19
3	15	35		Totaal:			35	Totaal:			20,9
5	15	40									
7	60	70		Pakket 4:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut	Pakket 4:	Minuut:	Bar:	Liter/minuut
10	60	80		Plank 2:	0,6	80	70	Plank 2:	0,5	60	24
15	60	80		Totaal:			42	Totaal:			12
Gemiddeld:	37,50	56,67									
Totaal:	14,9	844,33		Totaal: (liter)			77	Totaal: (liter)			32,9
Totaal aantal liters:											
Pakket 1:	1711,87										
Pakket 2:	1648,67										
Pakket 3:	1338,20										
Pakket 4:	954,23										

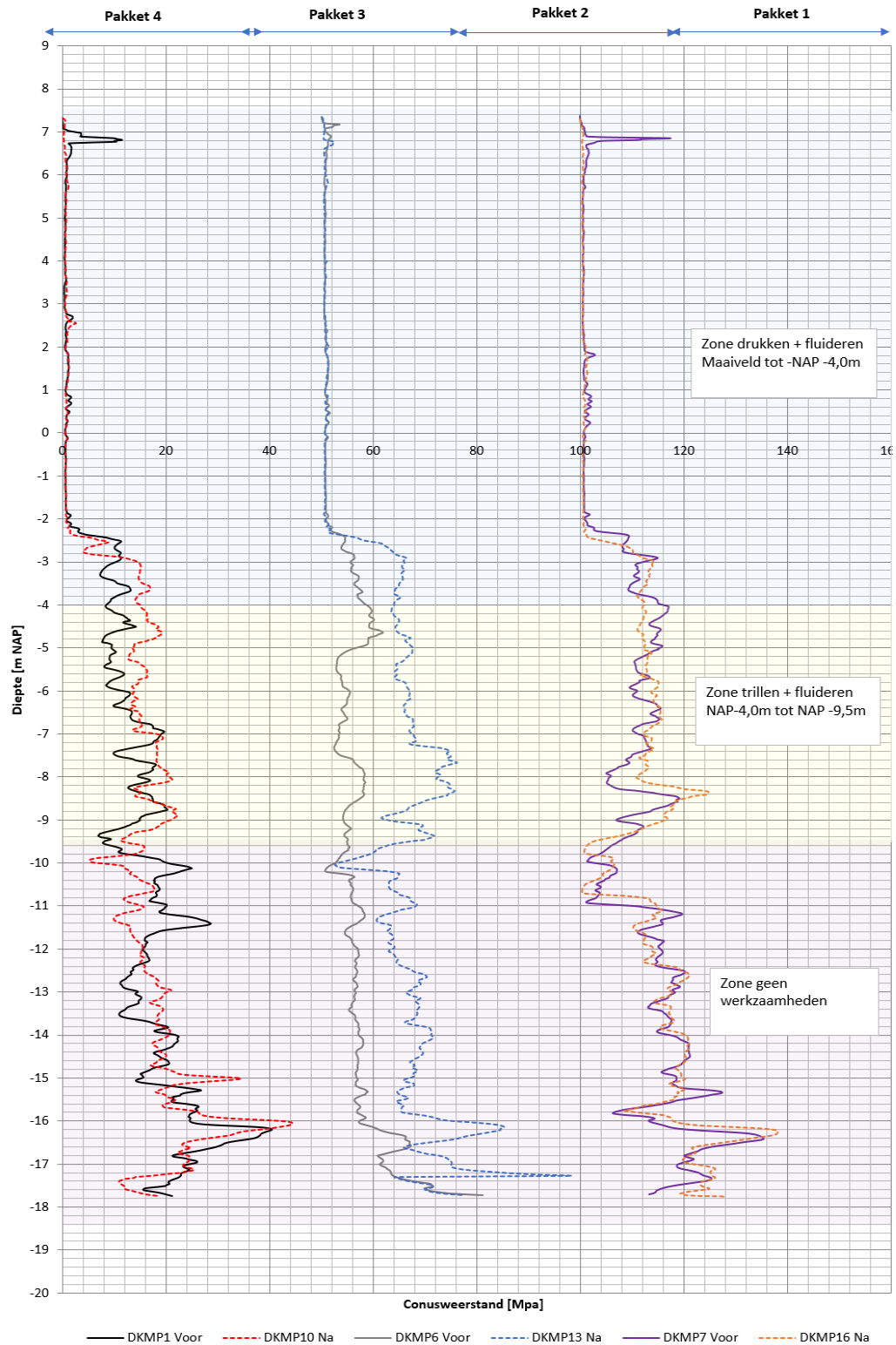
Bezoekadres De Blomboogerd 1, 4003 BX Tiel
Postadres Postbus 599, 4000 AN Tiel
T (0344) 64 90 90 F (0344) 64 90 99
E info@wsrl.nl I www.waterschaprivierenland.nl
Bank IBAN NL93 NWAB 0636 7572 69
BIC NWABNL2G



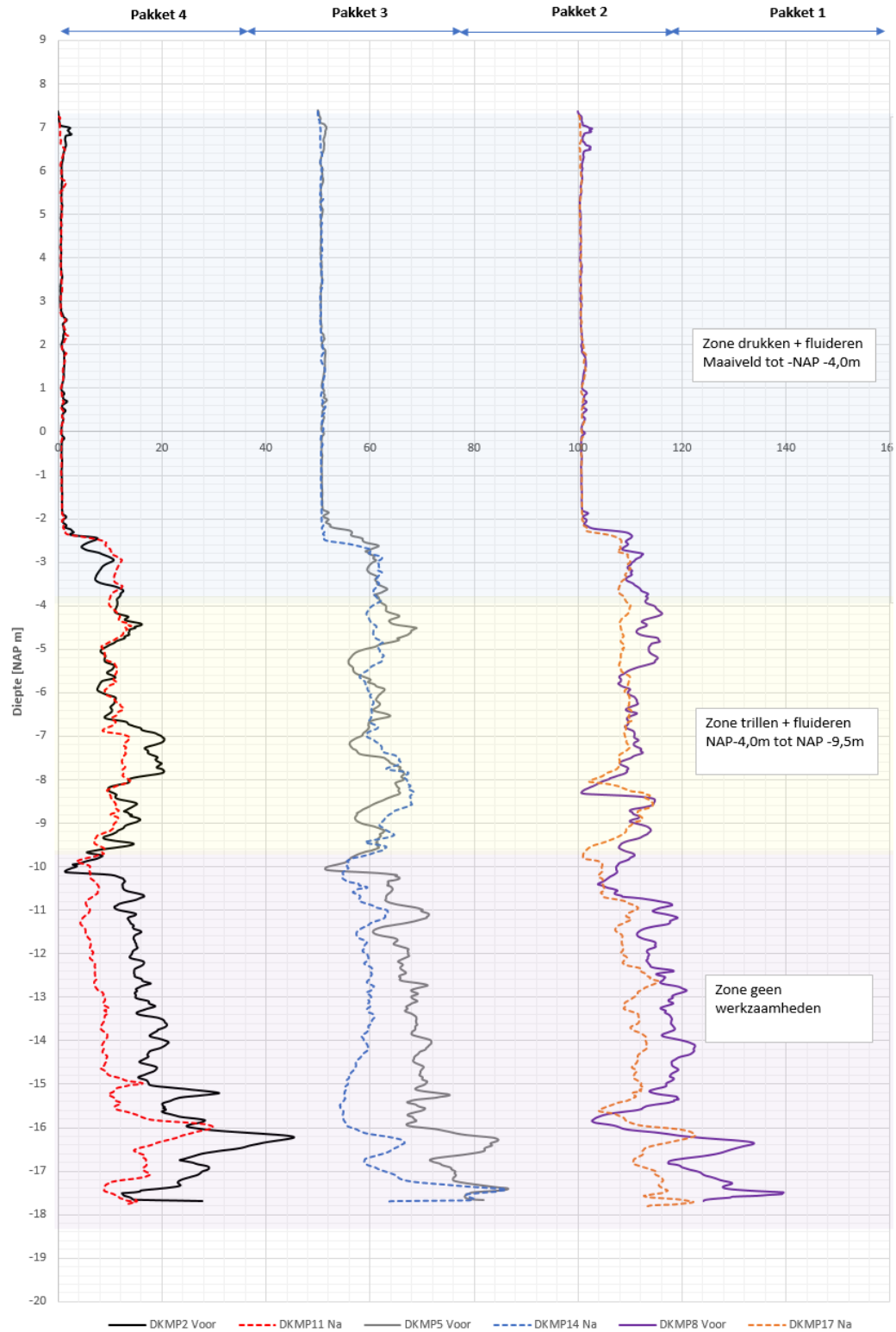
Memo

Bijlage 5 Overzicht voor en na sonderingen per raai op afstand x

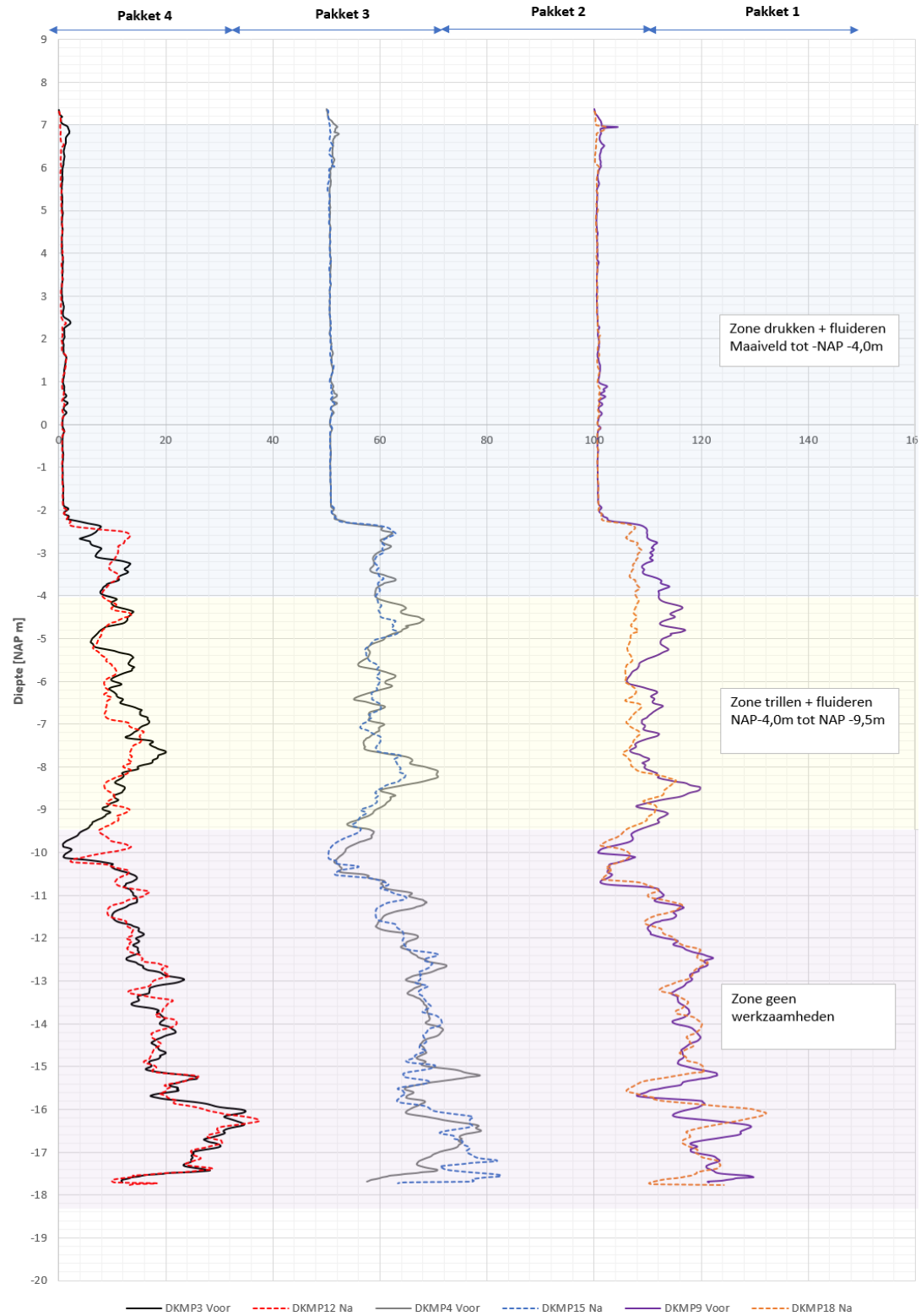
Afstand X = 0,5m van damwand



Afstand X = 1,0m van damwand

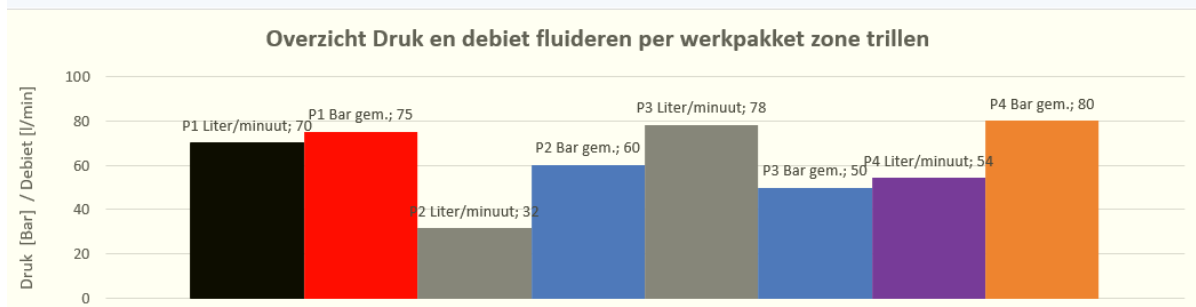
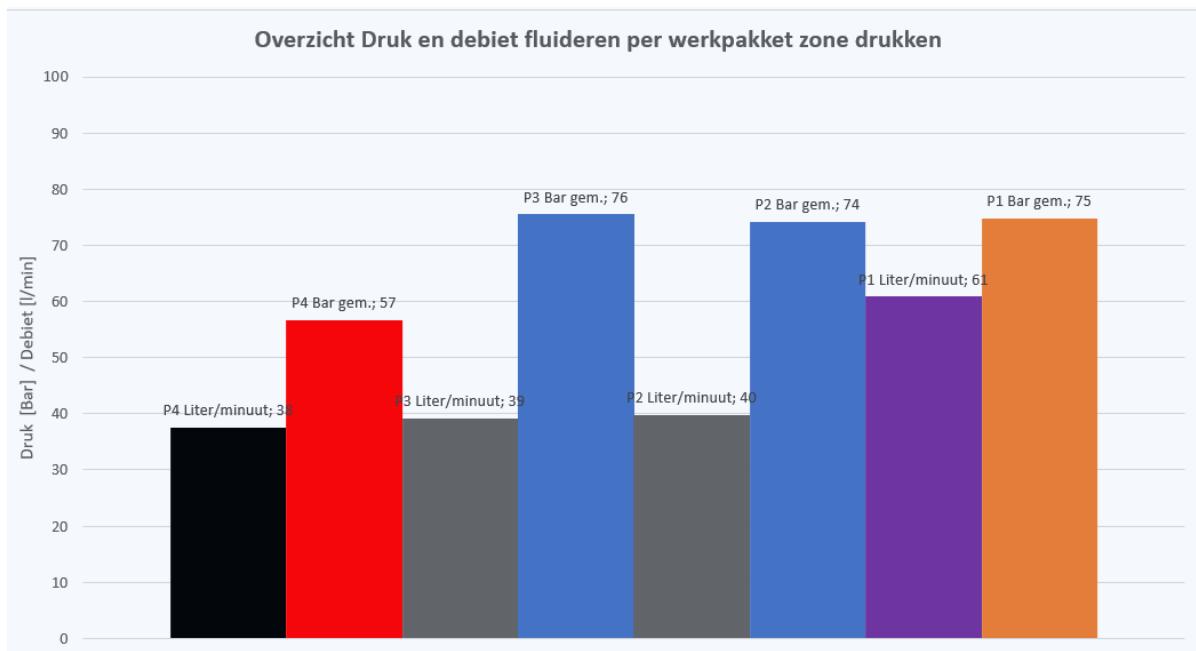


Afstand X = 2,0m van damwand

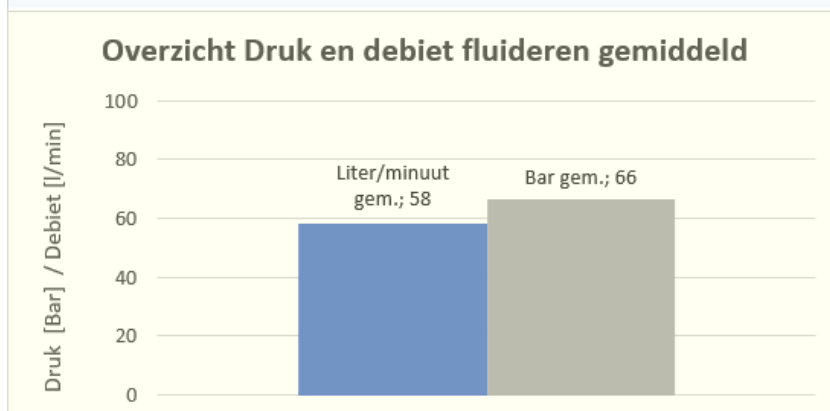
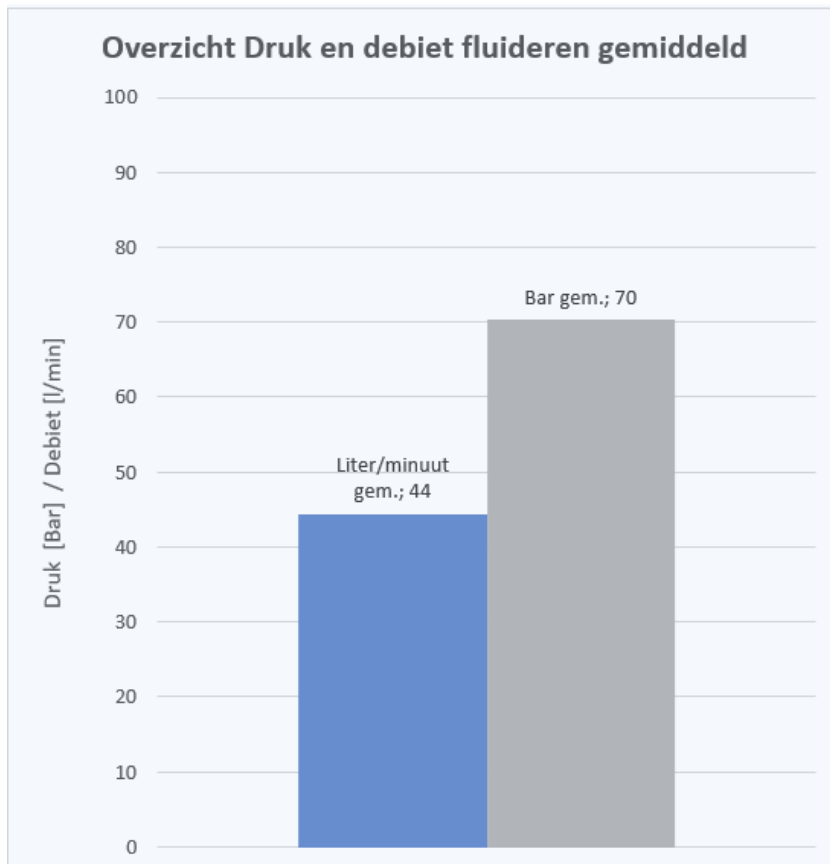


Bijlage 6 Overzicht van druk en debiet per werkpakket

Overzicht debiet en druk per werkpakket (P1 tot en met P4) per zone, blauwe zone betreft data zone drukken en fluïderen en gele zone betreft data trillen en fluïderen.



Overzicht gemiddelde debiet en druk totaal per zone, blauwe zone betreft zone drukken en fluïderen en gele zone betreft trillen en fluïderen.



Bijlage 7 Totaaloverzicht sonderingen voor en na werkzaamheden inclusief debiet en drukmeting

Deze bijlage is een apart excel bestand.

