



Gezien door de constructeurs
van de gemeente Leiden



d.d. 05/02/2021

Behoort bij beschikking van
Burgemeester en Wethouders
van Leiden



Wabo Z/20/3201797

Rapportage barrièrewerking Bloemistenlaan Leiden

Nieuwbouw woningen en appartementencomplex | Leiden

1019-0192-000.R03| 30-11-2020

Definitieve versie

AW Groep



AANDACHT ■ AMBITIE ■ ANDERS

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Rapportage barrièrewerking
Documentnaam	Rapportage barrièrewerking
Fugro-projectnr.	1019-0192-000
Fugro-documentnr.	1019-0192-000/WWI
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitieve versie
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Blaeulaan 60A Postbus 63 3528 AD Utrecht T 030 60 28175

Klantgegevens

Klant	AW Groep
Adres klant	Postbus 109, 2160 AC Lisse
Contactpersoon klant	R. Jongeleen
Documentnr. klant	V19165

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1	09-11-2020	Definitief	Definitieve rapportage	WWI	MWK	MWK

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
MWK	Ing. M. de Kwaadsteniet	Senior consultant Hydrologie
WWI	W. Wilbrink MSc.	Consultant Hydrologie

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	i
1. Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Gebruikte gegevens	1
2. Projectomschrijving	2
3. Geohydrologische inventarisatie	4
3.1 Bodemopbouw en geohydrologische schematisering	4
3.2 Riolering, drainage en oppervlaktewater	5
3.3 Grondwaterstand/stijghoogte	6
3.3.1 Peilbuizen omgeving	6
3.3.2 Uitgangsgroundwaterstand/-stijghoogte	7
3.3.3 Conclusies:	8
4. Analyse barrièrewerking	9
4.1 Barrièrewerking 1 ^e zandlaag	9
4.2 Conclusie	10

Bijlagen

Bijlage A: Geotechnisch grondonderzoek Fugro Bloemistenlaan Leiden

Bijlage B: Theoretische onderbouwing barrièrewerking

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Op 3 augustus 2020 ontving Fugro van AW Groep te Lisse de opdracht voor het opstellen van adviezen omtrent de fundering en de bouwput van de nieuwbouwwontwikkeling aan de Bloemistenlaan te Leiden. Een onderdeel van de opdracht is het uitvoeren van een geohydrologisch onderzoek naar mogelijke barrièrewerking (opstuwing van grondwater). Mogelijk treedt barrièrewerking op als gevolg van de aanleg van een kelder onder het pand aan de Bloemistenlaan te Leiden.

Dit advies is gebaseerd op het eerder uitgevoerde geotechnisch onderzoek uit februari 2020 en de oorspronkelijke offerte 1019-0192-000.O01 d.d. 31-10-2019. Daarnaast is het eerder opgestelde bouwputadvies (1019-0192-000.R02), waarin adviezen omtrent de fundering en de bouwput zijn uitgewerkt, gebruikt voor verschillende uitgangspunten voor de analyse barrièrewerking.

In de voorliggende rapportage zijn de volgende onderdelen beschreven:

- Een korte projectomschrijving;
- De bodemgesteldheid en grondwaterstanden;
- Kwalitatieve analyse barrièrewerking. Beschouwing of door de kelder nadelige effecten door barrièrewerking kunnen worden verwacht (hoofdstuk 4).

1.2 Gebruikte gegevens

Door de opdrachtgever is de volgende informatie beschikbaar gesteld:

- Tekeningenset VO AW Groep
- Locaties kabel- en leidingwerk

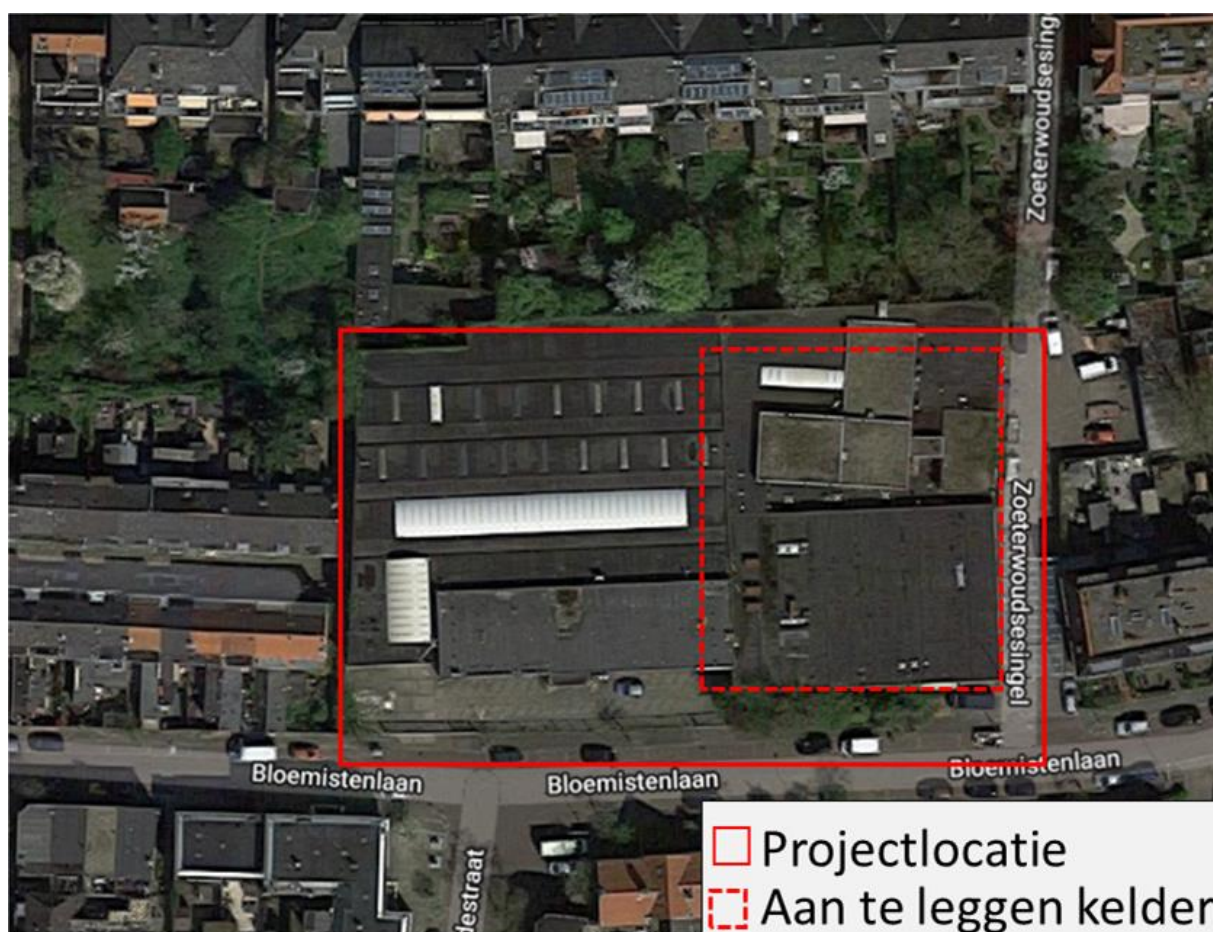
Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

Voor de analyse barrièrewerking is voor de uitgangspunten gebruikt gemaakt van het opgestelde bouwputadvies (1019-0192-000.R02), waarin adviezen omtrent de fundering en de bouwput zijn uitgewerkt.

2. Projectomschrijving

De projectlocatie is het oude terrein van een tegelhandel aan de Bloemistenlaan te Leiden, op de hoek met de Zoeterwoudesingel, (Figuur 2-1). Binnen het Rijksdriehoeknet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten $X = 93.742$ m en $Y = 463.083$ m.

Het bestaande gebouw zal gesloopt worden. Op het perceel zullen woningen en appartementen gerealiseerd worden met een parkeerkelder, zie Figuur 2-2. De nieuwbouw zal 3 tot 4 bouwlagen bedragen. De gehele projectlocatie betreft een gebied van ca. 80×50 m. Onder het appartementencomplex is een kelder voorzien. De parkeerkelder ligt aan de oostzijde van het perceel en heeft een afmeting van 45×50 m, zie Figuur 2-1 en Figuur 2-2.

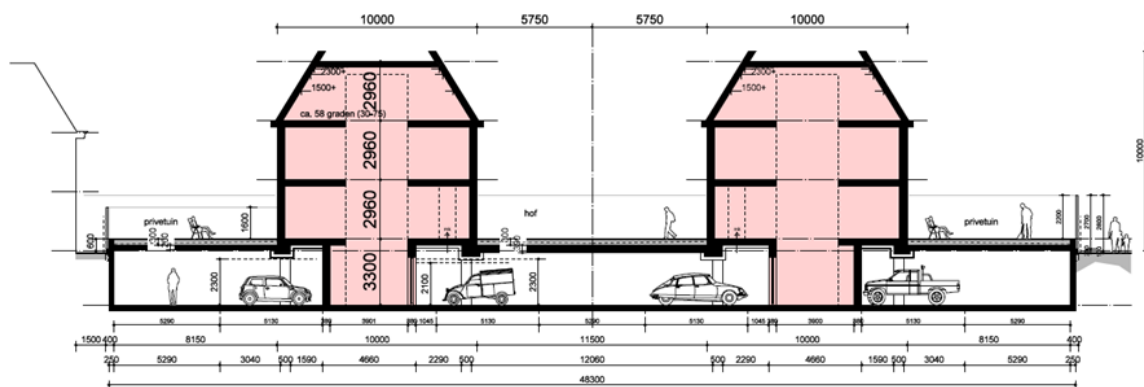


Figuur 2-1: Projectlocatie met de locatie van het huidige pand en de locatie van de aan te leggen parkeerkelder.



Figuur 2-2: Plattegrond met bestaand en nieuwbouw, met contour parkeerkelder en doorsnede Figuur 2-3.

Op basis van de bouwtekeningen uit het VO is het bouwniveau en kelderniveau bepaald. Op basis van peil 0 = NAP +0,5 m ligt het vloerpeil van de begane grond op NAP +1,1 m en bovenkant keldervloer op ca. NAP -2,2 m., Met de vloerdikte van 0,3 m komt de onderkant van de keldervloer (=aanlegniveau) op circa NAP -2,5 m; (Figuur 2-3).



Figuur 2-3: Doorsnede met parkeerkelder, Peil 0 aangenomen op NAP +0,5 m.

Op basis van de geleverde tekeningen is een inschatting gemaakt van de afmetingen en aanleg- en ontgravingsniveaus voor de kelder waar in dit advies verder mee is gewerkt. Deze afmetingen zijn weergegeven in Tabel 2-1.

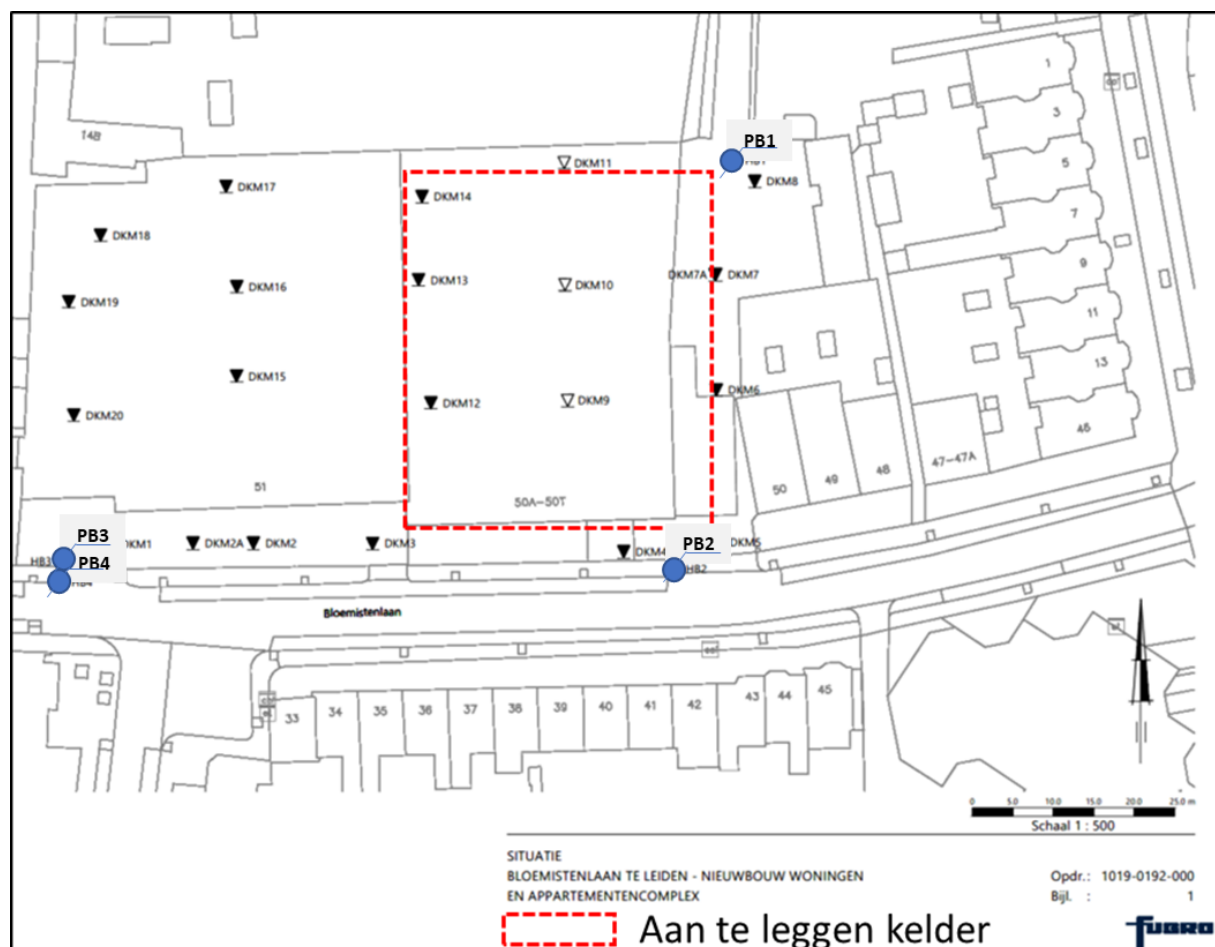
Tabel 2-1: Afmetingen en ontgravingsniveau

Onderdeel	Afmetingen bodem: l x b [m x m]	Aanlegniveau ¹⁾		Ontgravingsniveau ²⁾
		[peil m]	[NAP m]	[NAP m]
Keldervloer	52,0 x 48,5	ca. -3,3	ca. -2,2	ca. -2,5
1) Vloerpeil van begane grond ca. NAP +1,1 m 2) Uitgaande van een keldervloerdikte van ca. 0,3 m				

3. Geohydrologische inventarisatie

3.1 Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Op basis van gegevens van het uitgevoerde veldonderzoek (zie Figuur 3-1 en Appendix A), is de bodemopbouw geschematiseerd. Het maaiveldniveau is bepaald op basis van de sonderingen. De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP +0,25 m tot NAP +0,50 m.



Figuur 3-1: Locatie sonderingen en peilbuizen van het grondonderzoek 1019-0192-000. (zwart: uitgevoerde sonderingen; wit: nog uit te voeren sonderingen). Aan te leggen kelder is rood omlijnd.

Op basis van het beschikbare grondonderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd, zoals weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Globale bodemgesteldheid

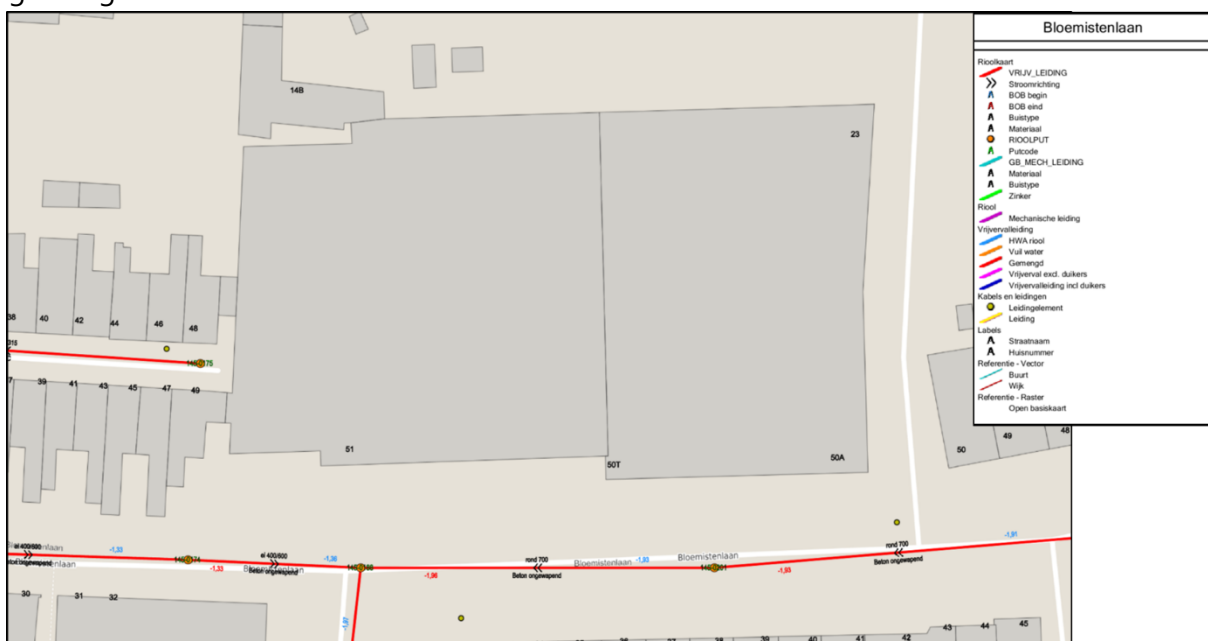
Laag nr.	Bovenkant laag [m NAP]			Laagdikte [m]	Bodembeschrijving*
1	+0,5	à	+0,25	1	ZAND / puin (toplaag)
2	-0,5	à	-1,0	2	KLEI
3	-2,0	à	-3,0	2	ZAND
4	-4,0	à	-4,5	2	KLEI, siltig
5	-6,5	à	-7,5	5	ZAND
6**	-10,0	à	-12,0	2	KLEI
7	-13,0	à	-14,0	12	ZAND
	Ca. -25,0				Maximaal verkende diepte

* Vanwege de bereikbaarheid zijn sonderingen DKM 9, 10 en 11 niet uitgevoerd.

**Laagnummer 6, kleilaag is op de meest oostelijke sonderingen (DKM 6, 7 en 8) niet aanwezig.

3.2 Riolering, drainage en oppervlaktewater

Bij de gemeente Leiden zijn de gegevens over riolering en drainage voor het projectgebied opgevraagd. In de Bloemistenlaan is een gemengd riool aanwezig en er ligt geen drainage. Een kaart van de aanwezige riolering is weergegeven in Figuur 3-2. De donkerrode lijn is het gemengde rioolstelsel.



Figuur 3-2: Riolering en leidingen rond het projectgebied. Donkerrode lijn is het gemengde rioolstelsel.

Ten noordenkant van de aan te leggen kelder is een watergang aanwezig: op ca. 75 m ten noorden van het nieuwbouwlocatie ligt de Zoeterwoudse Singel. Het Hoogheemraadschap van Rijnland beheerst het peil in deze boezemwatergang op ca. NAP -0,6 m. Ruim 1 km ten zuiden van de projectlocatie bevindt zich het Rijn Schiekanaal (vast peil NAP -2,17 m).

3.3 Grondwaterstand/stijghoogte

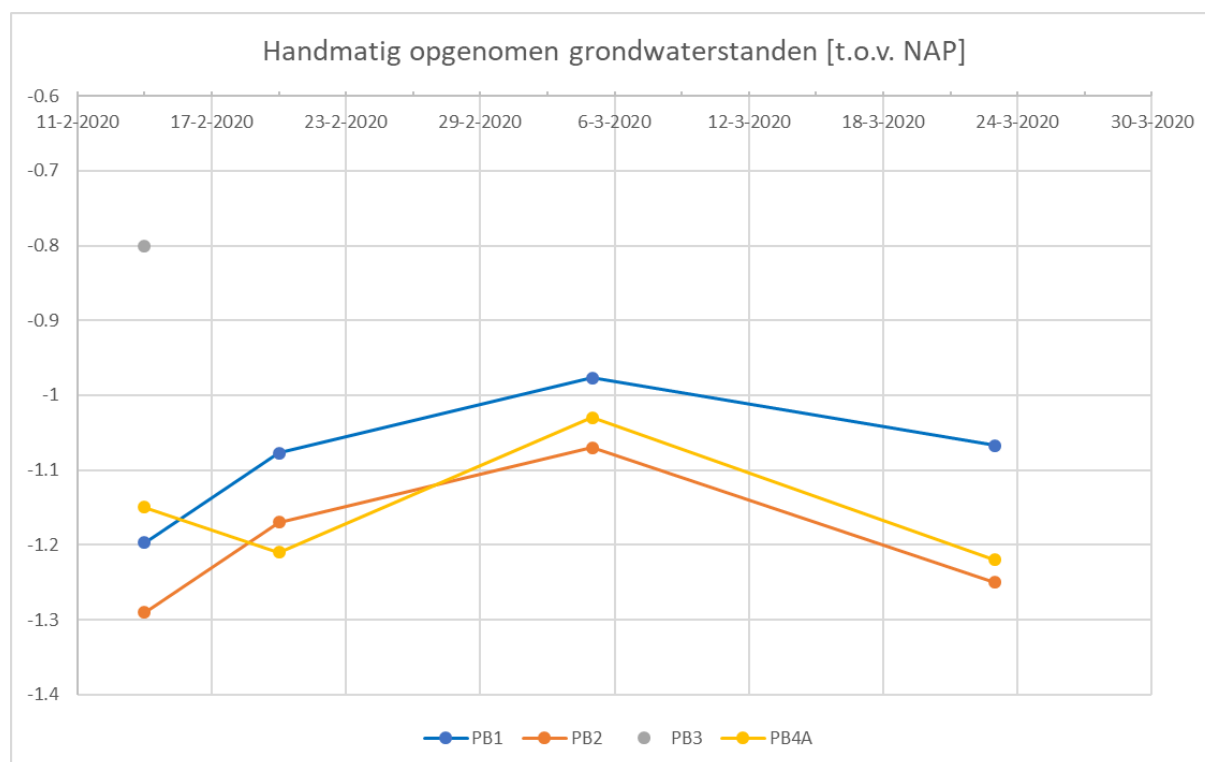
3.3.1 Peilbuizen omgeving

Er zijn door Fugro 2 peilbuizen in de omgeving van de projectlocatie geplaatst (HB3-PB1 en HB4-PB1, zie Figuur 3.1). Daarnaast zijn er al twee peilbuizen op de projectlocatie aanwezig, die geplaatst zijn door derden (HB1-PB1 en HB2-PB1). De filters in alle peilbuizen zijn afgesteld in de 1^e zandlaag (1^e WVP; laag 3, Tabel 3-1) en geven zodoende een indicatie van de stijghoogte in dit pakket. Er zijn geen filters aanwezig in andere (zand)lagen. Ook zijn er geen peilbuizengegevens in het DINOloket in de nabije omgeving beschikbaar.

Boven de 1^e zandlaag is een afsluitende kleilaag aanwezig (laag 2, Tabel 3-1) en daarboven een dunne verharde zand/puinlaag (laag 1, Tabel 3-1). Bij (intensieve) neerslag kan er (plaatselijk) een schijnwaterstand ontstaan op deze kleilaag, omdat water beperkt kan wegstromen naar onder gelegen (zand)lagen. Er zijn op de projectlocatie en in de omgeving geen peilbuizen waar deze eventuele schijngrondwaterstand gemeten is.

Gemeten stijghoogte projectlocatie

Begin 2020 (februari en maart) zijn door Fugro de stijghoogten viermaal handmatig gemeten. In Figuur 3-3 is de grafiek weergegeven van de gemeten stijghoogten.

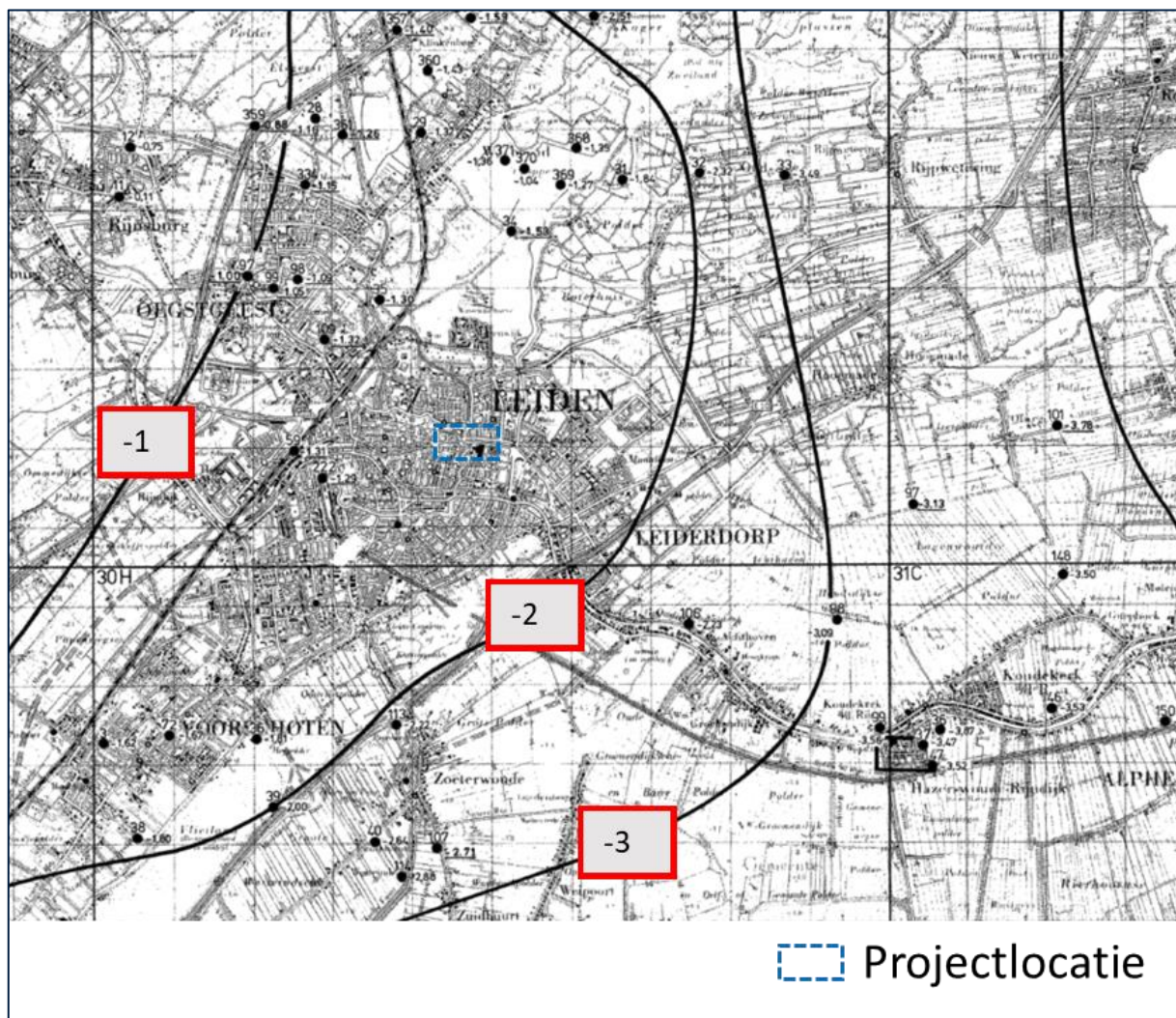


Figuur 3-3: Grondwaterstandsmetingen Fugro peilbuizen (PB3 en PB4) en van derde partij (PB1 en PB2) opgenomen op 14-02-2020, 20-02-2020, 05-03-2020 en 23-03-2020.

Op basis van de gegevens in de Fugro-peilbuizen binnen het project gebied (in 2020) kan het volgende worden gesteld: *stijghoogten 1^e zandlaag: ca. NAP -1,3 à -1,0 m tot ca. NAP -1,1 à -0,8 m.*

Stijghoogtekaart 1^e Watervoerend pakket

Doordat er met de peilbuizen op de projectlocatie de gegevens van de stijghoogtes in het 1^e Watervoerend pakket en er ook geen stijghoogtegegevens uit het DINOloket beschikbaar zijn voor de projectlocatie, is de (variatie in) stijghoogte geverifieerd op basis van een stijghoogtekaart van de gemeente Leiden, zie Figuur 3-4. Opgemerkt wordt dat deze stijghoogtekaart gedateerd is (1979).



Figuur 3-4: Isohyphenkaart van de stijghoogte in het 1^e Watervoerend Pakket [TNO, 1979].

Op basis van de isohypsenkaart van de stijghoogtes in het 1^e Watervoerend pakket kan het volgende worden gesteld: *stijghoogte 1^e Watervoerend pakket projectlocatie : ca. NAP -1,5 m (max. NAP -1,0 m; min NAP -2,0 m).*

3.3.2 Uitgangsgrondwaterstand/-stijghoogte

Op basis van de beschikbare informatie zijn de voor de barrièrewerking maatgevende stijghoogten in het 1^e Watervoerend pakket afgeleid zoals zijn weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2: Raming grondwaterstand en stijghoogte op projectlocatie

Laag	Hoog [ca. NAP m]	Gemiddeld [ca. NAP m]	Laag [ca. NAP m]
1,2 (freatisch)	-0,8*	-1,1*	-2,0**
* Waarde op basis van maximale/gemiddelde waarde van de gemeten stijghoogte in het 1e watervoerende pakket. ** Waarde op basis van een conservatieve schatting van de minimale stijghoogte in het 1e watervoerende pakket op basis van stijghoogtekaart van Leiden, zie Figuur 3-4.			

Opmerkingen:

Voor de meetgegevens op de betreffende peilbuislocaties is geen statistische analyse van de GHG en GLG uitgevoerd. Bij dit project wordt uitgegaan van de verwachte maatgevende hoge, lage en gemiddelde stijghoogte op basis van 4 handmetingen uitgevoerd in februari, maart 2020 en een stijghoogtekaart van de gemeente Leiden. Om een beeld te krijgen van het verhang is de data van de handmetingen gebruikt van de peilbuizen op de project locatie.

Het is mogelijk dat de (maatgevende) stijghoogten in de werkelijkheid enigszins afwijken. Geadviseerd wordt een peilbuis met een filter in het 1^e Watervoerend pakket te plaatsen om de stijghoogte langer te monitoren en de maatgevende waarde zodoende te verifiëren.

3.3.3 Conclusies:

Op basis van de beschikbare gegevens kan het volgende worden geconcludeerd:

- Op en in de directe omgeving van de projectlocatie zijn 2 peilbuizen van Fugro en 2 van een derde partij aanwezig. De grondwaterstanden zijn 4 maal handmatig opgenomen. Alle Fugro peilbuizen staan afgesteld in de eerste zandlaag (laagnr. 3, zie Tabel 3-1). In de omgeving zijn geen geschikte peilbuizen vanuit het DINOloket aanwezig. Verwacht wordt dat de stijghoogten op de projectlocatie kunnen stijgen tot ca. NAP -0,8 m en kunnen dalen tot minimaal ca. NAP -2,0 m. De grondwaterstanden bedragen gemiddeld ca. NAP -1,1 m.
- De data van de stijghoogten is beperkt doordat er slechts enkele grondwaterstanden handmatig zijn opgenomen en er geen andere peilbuizen in de nabije omgeving aanwezig zijn. Het is goed mogelijk dat de (maatgevende) grondwaterstanden in de werkelijkheid enigszins afwijken. Geadviseerd wordt om de stijghoogten langer te monitoren om een beter beeld te krijgen van de (maatgevende) stijghoogten.
- In de gemeten periode blijft het grondwaterpeil ruim onder het oppervlaktewaterpeil van de nabijgelegen Zoeterwoudse Singel. Op basis van de beschikbare gegevens wordt er een zuidelijk gerichte grondwaterstroming verwacht vanaf de Zoeterwoudse Singel (NAP -0,63 m) in de richting van het Rijn Schiekanaal (peil NAP -2,17 m);
- Op basis van de aangetroffen bodemopbouw wordt verwacht dat horizontale grondwaterstroming voornamelijk plaatsvindt in de 1^e zandlaag (laagnr. 3, zie Tabel 3-1). Op basis van de metingen van de stijghoogte op de projectlocatie wordt een verhang richting het zuiden (richting Rijn Schiekanaal) verwacht. Het verval in een natte periode is 10 cm over 50 meter. Het verhang is daarmee ca. 1:500.

4. Analyse barrièrewerking

In deze paragraaf wordt getoetst of en in welke mate barrièrewerking als gevolg van de aanleg van een kelder op de projectlocatie zal optreden.

Uit de toelichting van de theoretische achtergrond (Appendix B Barrièrewerking) volgt dat de kans op het optreden van barrièrewerking in de onderhavige situatie zal afhangen van:

- De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
- De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate, waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
- De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
- De mate van de horizontale grondwaterstroming.

Om de mate van barrièrewerking te kwantificeren is een kwalitatieve analyse van de barrièrewerking uitgevoerd.

4.1 Barrièrewerking 1^e zandlaag

De nieuwe kelder wordt onder een deel van het perceel aangelegd, met een afmeting van ca. 45 x 50 m met een diepte tot ca. NAP -2,5 m (uitgaande van een PEIL van -3,3 m). De stromingsrichting is haaks op de Bloemistenlaan, richting het zuiden. Door de opdrachtgever is aangegeven dat de damwanden na constructie weer getrokken zullen worden.

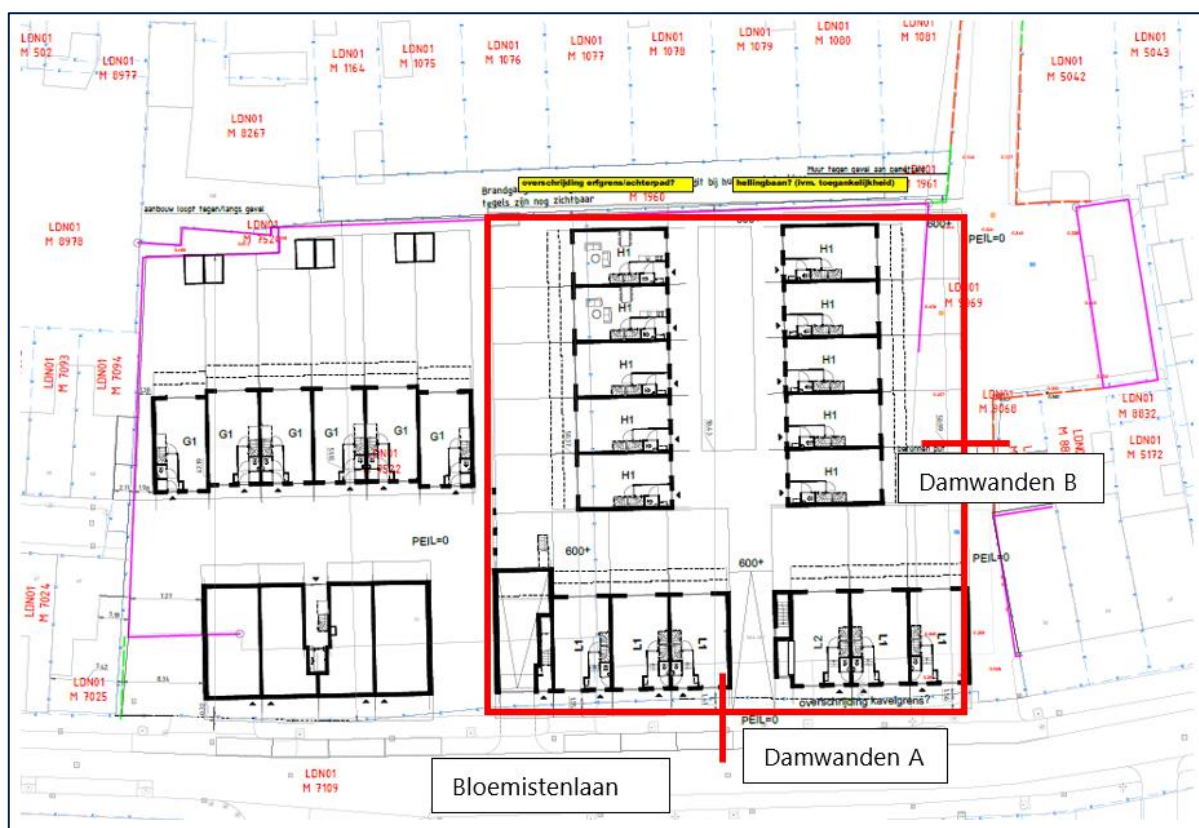
De 1e zandlaag (laagnr. 3 Tabel 3-1.) onder de kleilaag (laagnr. 2 Tabel 3-1.) begint op basis van de onderzochte sonderingen gemiddeld op NAP -2,6 m tot een diepte van gemiddeld NAP -4,5 m (dikte ca. 2 m. Voor sondering DKM 5, 6 en 14 (zie Figuur 3-1 en Appendix A) begint de zandlaag enigszins ondieper (NAP -2,0 tot -2,4 m). Hier wordt dus een klein gedeelte van de zandlaag afgesloten door de aanleg van de kelder (orde van grootte max. 25%).

Doordat de afsluiting van het zandpakket zo beperkt is, is geen locatie specifieke kwalitatieve analyse uitgevoerd. Uit de resultaten van de door Fugro uitgevoerde indicatieve modelberekeningen barrièrewerking blijkt dat er van meetbare opstuwing geen sprake zal zijn. Significante barrièrewerking treedt pas op bij meer dan 50% of 60% doorsnijding van de watervoerende laag. De aan te leggen kelder onder het pand aan de Bloemistenlaan is de barrière kleiner dan 25%, dus zodoende kan gesteld worden dat het effect op barrièrewerking te verwaarlozen is.

Daarnaast wordt op basis van de gemeten grondwaterstand en bodemopbouw een beperkt grondwaterverhang in de eerste zandlaag over de projectlocatie verwacht (1:500). Tussen de nieuwe kelder en de naastgelegen (buur) kelders is nog een open ruimte aanwezig. De ruimte tussen de naastgelegen panden/kelders is groot genoeg om grondwater langs de kelders te laten stromen. Daarom wordt geconcludeerd dat de naastgelegen kelders de eventuele barrièrewerking van de nieuwe kelder niet zullen versterken.

Verder is opgemerkt in paragraaf 3.3.1. dat er op de 1^e zandlaag een afsluitende kleilaag aanwezig (laag 2, Tabel 3-1) is met daarboven een dunne verharde zand/puinlaag (laag 1, Tabel 3-1). Bij (intensieve) neerslag kan er (plaatselijk) een schijnwaterstand ontstaan op deze kleilaag, omdat water beperkt kan wegstromen naar onder gelegen (zand)lagen. Dit zou plaatselijk kunnen leiden tot wateroverlast. Geadviseerd wordt om de damwanden, die getrokken worden langs de kelder, op te vullen met goed doorlatend zand, zodat het eventuele probleem van stagnerend regenwater zich niet voordoet langs de kelder.

Mochten de damwanden vanwege uitvoerkundige redenen toch niet getrokken kunnen worden, heeft dit gevolgen voor de barrièrewerking. De damwanden worden geplaatst tot een diepte van ca. NAP -9,5 m tot NAP -11,0 m. Indien deze permanent aanwezig zullen blijven, zal hierdoor de 1^e en 2^e zandlaag (laag 3 en 5, Tabel 3-1) ter plaatse volledig afgesloten worden. Uit de analyse blijkt dat de grondwaterstroming in de zandlaag van noord naar zuid gericht is. Zodoende zullen damwanden die niet getrokken worden die parallel lopen aan de Bloemistenlaan zorgen voor barrièrewerking, waarvoor een aanvullende modelanalyse wordt geadviseerd. Damwanden die haaks op de Bloemistenlaan aanwezig zullen blijven zullen weinig tot geen gevolgen hebben voor barrièrewerking en kunnen zonder aanvullende modelberekeningen achtergelaten worden op locatie.



Figuur 4-1: Locatie damwanden (rode omlijning) ten opzichte van de Bloemistenlaan.

4.2 Conclusie

Gezien de relatief geringe aanlegdiepte van de kelder, het feit dat de damwanden getrokken zullen worden, het grondwater in de 1^e zandlaag om de nieuwe kelder heen kan stromen en het beperkte grondwaterverhang wordt geen significant effect van de nieuwe kelder op de grondwaterstanden verwacht. Er zal dus geen barrièrewerking optreden. Indien de damwanden, die parallel aan de Bloemistenlaan geplaatst zullen worden, vanwege uitvoerkundige redenen toch niet getrokken kunnen worden, is een aanvullende modelanalyse barrièrewerking vereist.

Bijlage A

Veldwerkrapportage



Bloemistenlaan te Leiden - Nieuwbouw woningen en appartementencomplex

Rapportage geotechnisch onderzoek | Leiden

1019-0192-000 | 24-02-2020

Definitief

AW Groep

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Bloemistenlaan te Leiden - Nieuwbouw woningen en appartementencomplex
Documentnaam	Rapportage geotechnisch onderzoek
Fugro-projectnr.	1019-0192-000
Fugro-documentnr.	1019-0192-000-21-R01
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitief
Fugro Entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Zekeringstraat 41a Postbus 20655 1001 NR Amsterdam T 020 65 10800

Klantgegevens

Klant	AW Groep
Adres klant	Postbus 109, 2160 AC Lisse
Contactpersoon klant	R. Jongeleen

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	24-02-2020	Definitief	Initiële versie	LM	SC	MMU

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
MMU	ir. M.C. Muller	Geotechnical Consultant

Inhoudsopgave

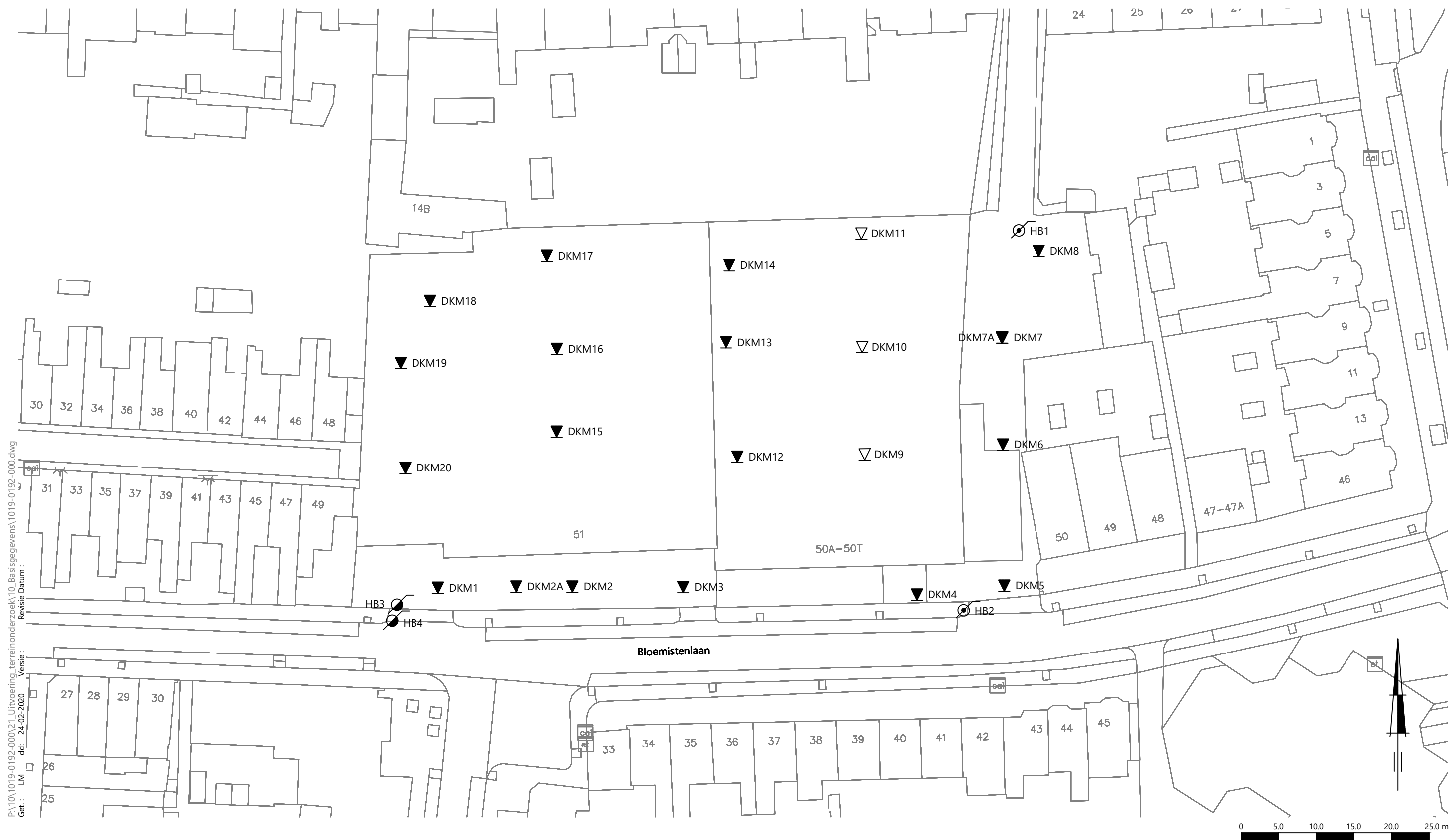
1. Rapportageoverzicht
2. Situatiekening(en)
3. Onderzoeksdata
4. Toelichting geotechnisch onderzoek
5. Continu elektrisch sonderen
6. Legenda terreinproeven

Rapportageoverzicht

Projectomschrijving: Bloemistenlaan te Leiden - Nieuwbouw woningen en appartementencomplex
Projectnummer: 1019-0192-000

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v. NAP	Grondwater- stand (m) t.o.v. NAP	Opmerking
	X	Y			
DKM1	93726.8	463071.4	+0.31	-0.99	
DKM2	93744.7	463071.5	+0.25		Gestaakt, max. toelaatbare helling
DKM2A	93744.6	463071.5	+0.30		
DKM3	93759.4	463071.5	+0.27		
DKM4	93790.5	463070.5	+0.30		
DKM5	93802.1	463071.7	+0.26		
DKM6	93801.9	463090.4	+0.39		
DKM7	93801.9	463104.7	+0.45		Gestaakt, obstakel(s)
DKM7A	93801.8	463104.7	+0.45		
DKM8	93806.7	463116.2	+0.34	-0.76	
DKM9					Niet uitgevoerd i.v.m. bereikbaarheid
DKM10					Niet uitgevoerd i.v.m. bereikbaarheid
DKM11					Niet uitgevoerd i.v.m. bereikbaarheid
DKM12	93766.6	463088.8	+0.43	-0.07	
DKM13	93765.1	463104.0	+0.43		
DKM14	93765.5	463114.3	+0.47	-0.13	
DKM15	93742.6	463092.2	+0.41		
DKM16	93742.6	463103.2	+0.43		
DKM17	93741.3	463115.5	+0.44		
DKM18	93725.8	463109.5	+0.40		
DKM19	93721.9	463101.3	+0.39		
DKM20	93722.5	463087.3	+0.37	-0.28	

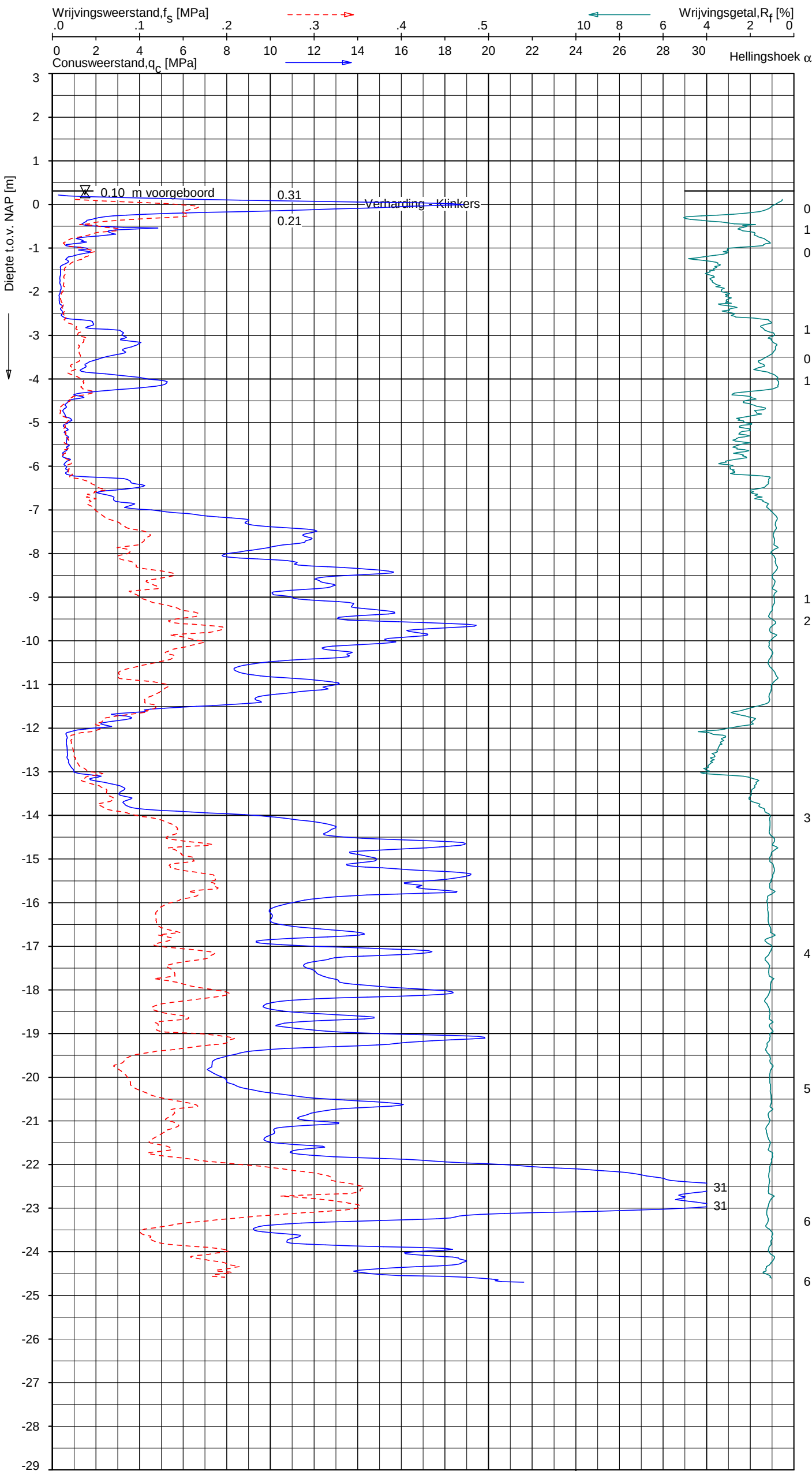
HB1	93804.0	463118.8	+0.49		Maaiveld t.p.v. peilbuis
HB1_PB1	93804.0	463118.8	+0.38		Bovenkant bestaande peilbuis geplaatst door derden
HB2	93796.7	463068.3	+0.25	-1.28	Maaiveld t.p.v. peilbuis
HB2_PB1	93796.7	463068.2	+0.23		Bovenkant bestaande peilbuis geplaatst door derden
HB3	93721.3	463069.0	+0.26		
HB3_PB1	93721.3	463069.0	+0.23		
HB4	93720.7	463066.9	+0.21	-1.10	
HB4_PB1	93720.8	463067.0	+0.16	-1.19	



SITUATIE
BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN
EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr.: 1019-0192-000
Bijl. : 1





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

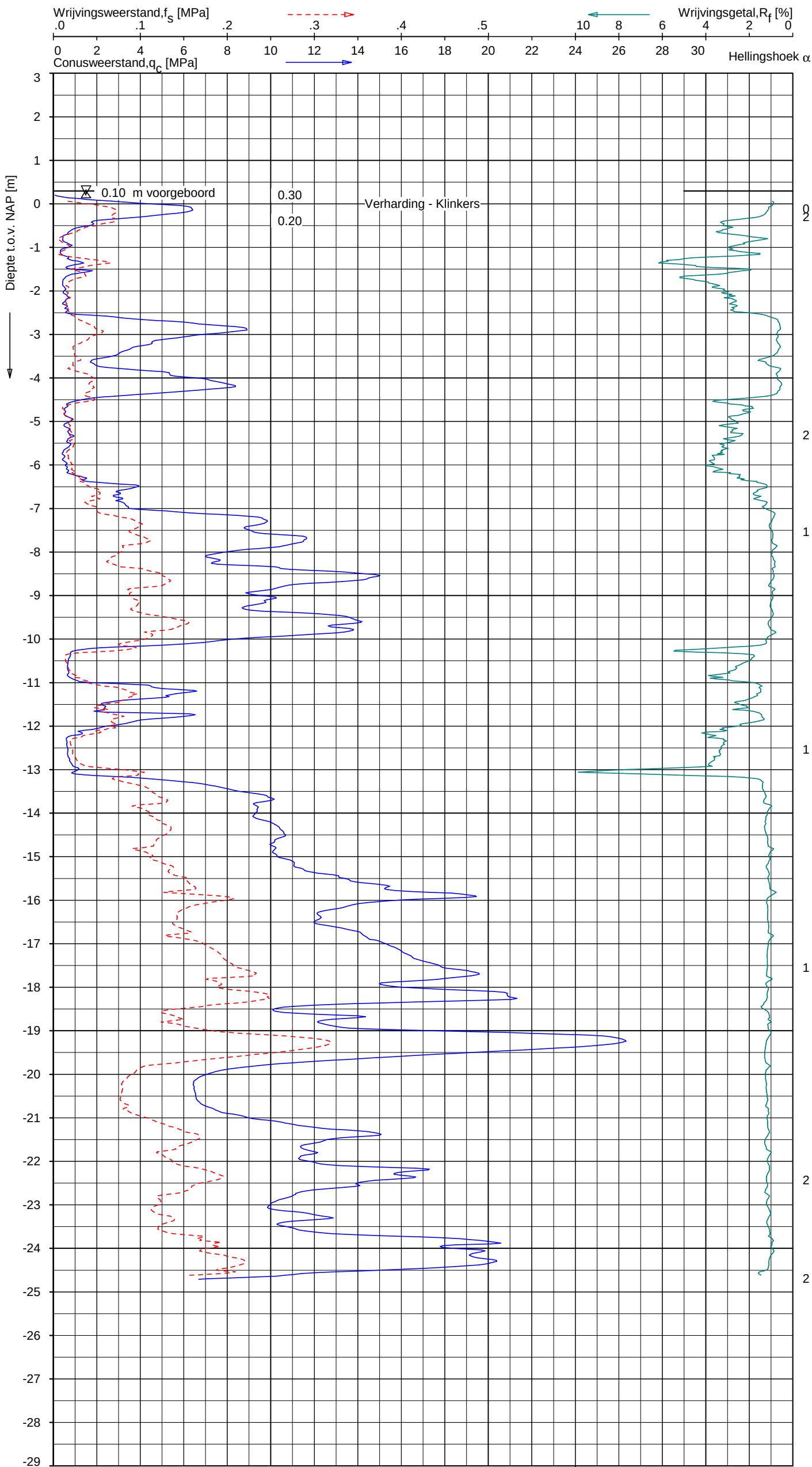


Opg.: AVL d.d. 17-feb-2020 Coord.: X= 93726.8 m Y= 463071.4 m Systeem: RD
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.31 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM1



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



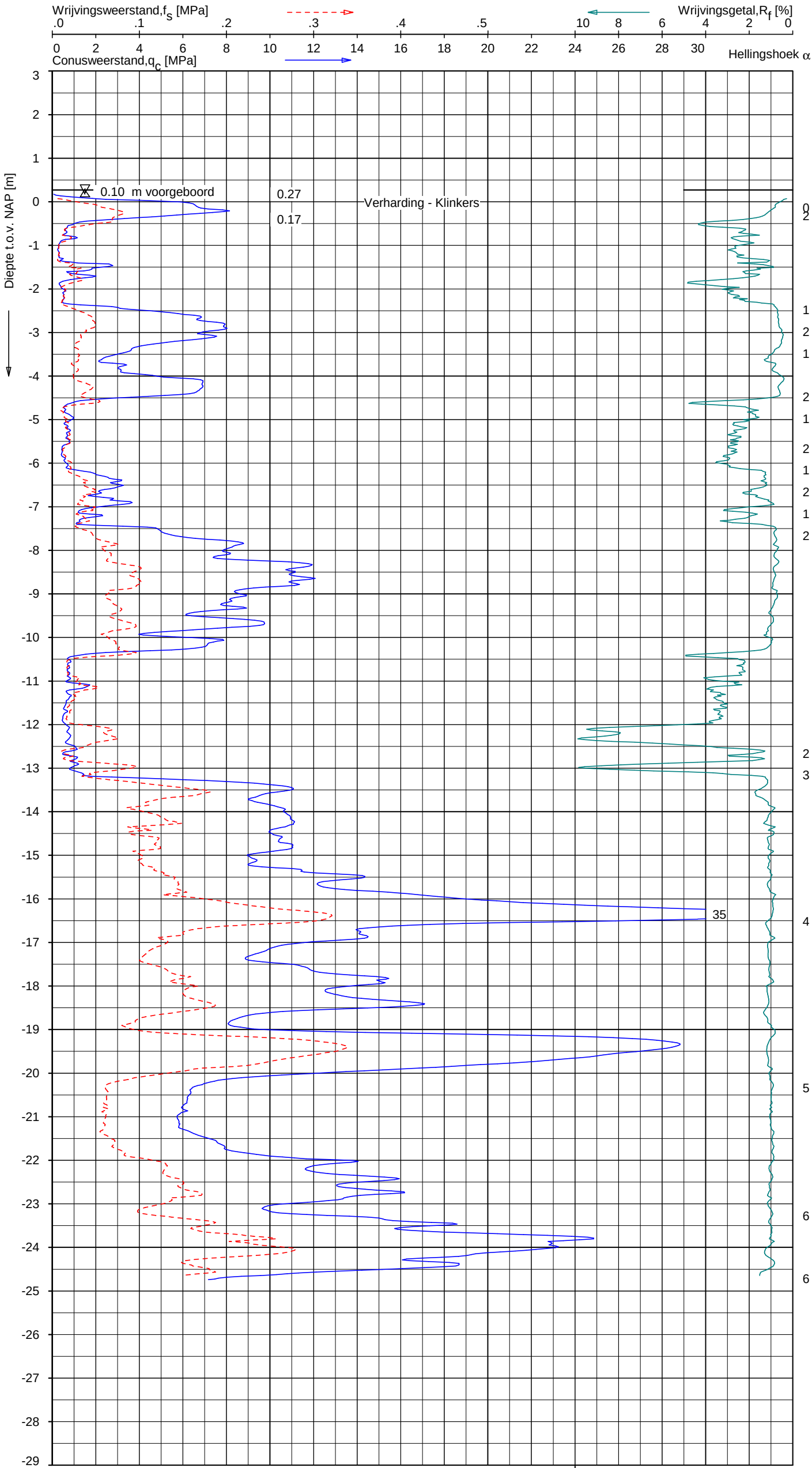
Opg.: AVL d.d. 17-feb-2020 Coord.: X= 93744.6 m Y= 463071.5 m Systeem: RD
Get.: G.Bosch d.d. 26-feb-2020 MV = NAP +0.30 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM2A

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

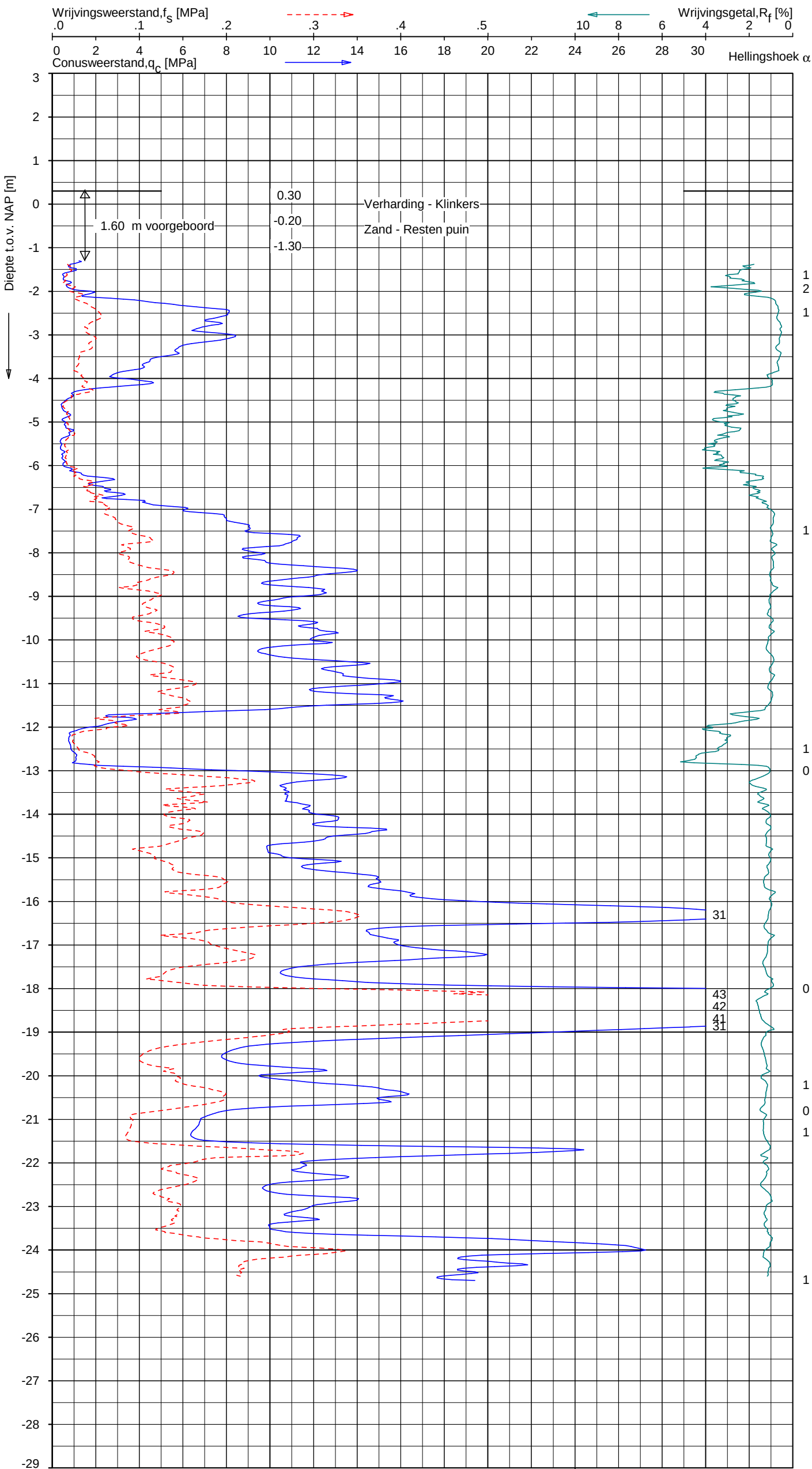


Opg.: AVL d.d. 17-feb-2020 Coord.: X= 93759.4 m Y= 463071.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.27 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM3



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



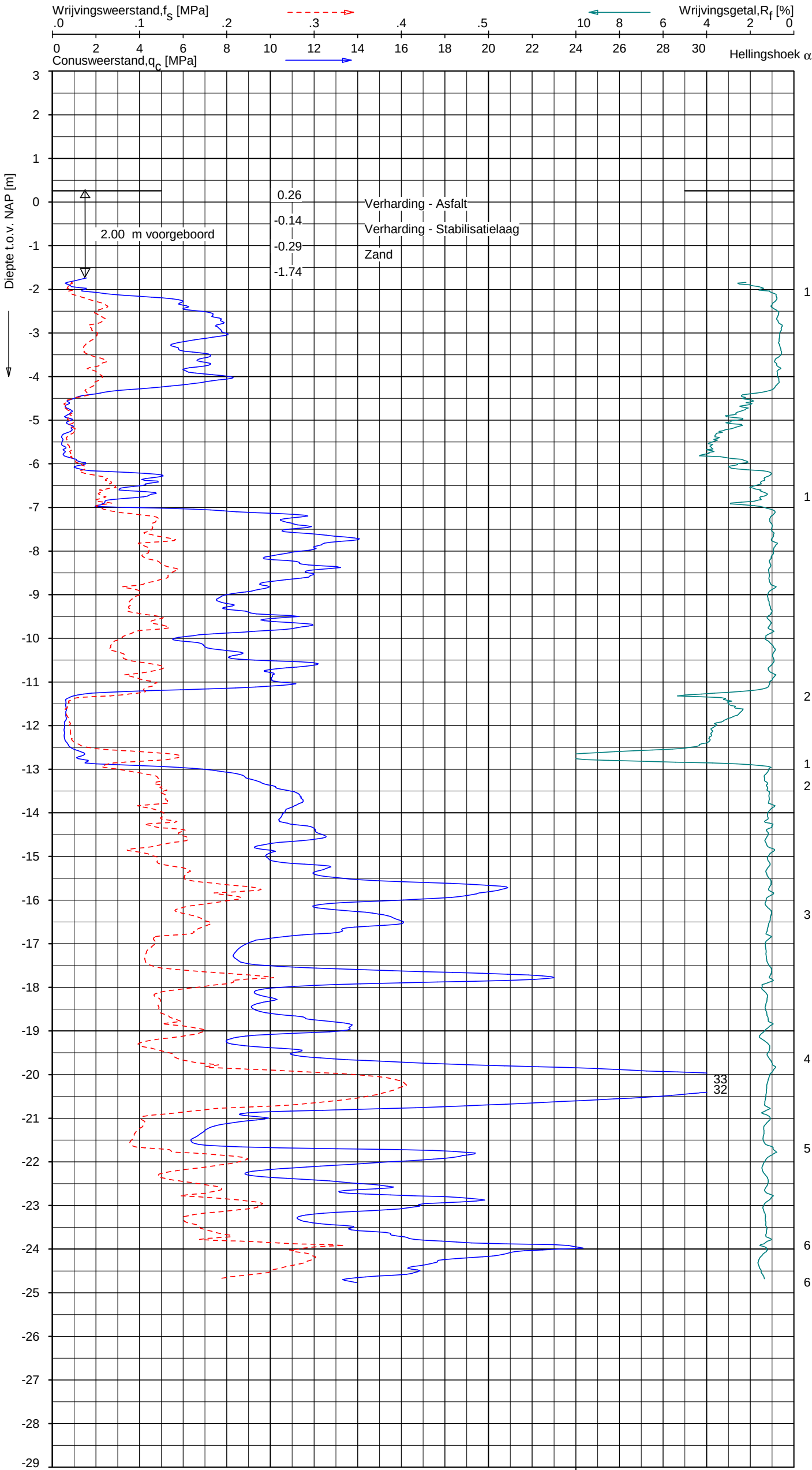
Opg.: AVL d.d. 13-feb-2020 Coord.: X= 93790.5 m Y= 463070.5 m Systeem: RD
Get.: G.Bosch d.d. 26-feb-2020 MV = NAP +0.30 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus type: A_C = 1510 mm²; A_S = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM4

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

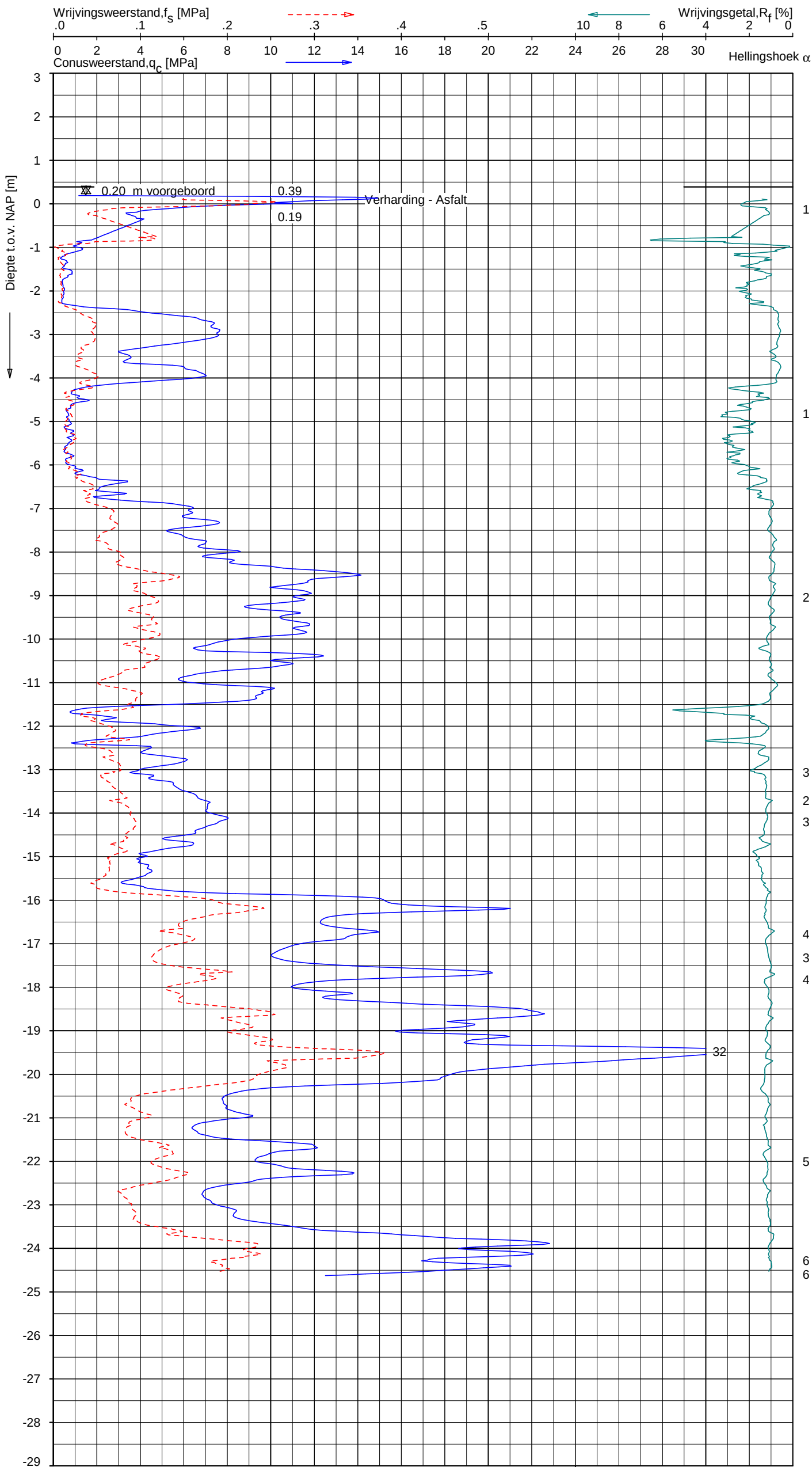


Opg.: AVL d.d. 13-feb-2020 Coord.: X= 93802.1 m Y= 463071.7 m Systeem: RD
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.26 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

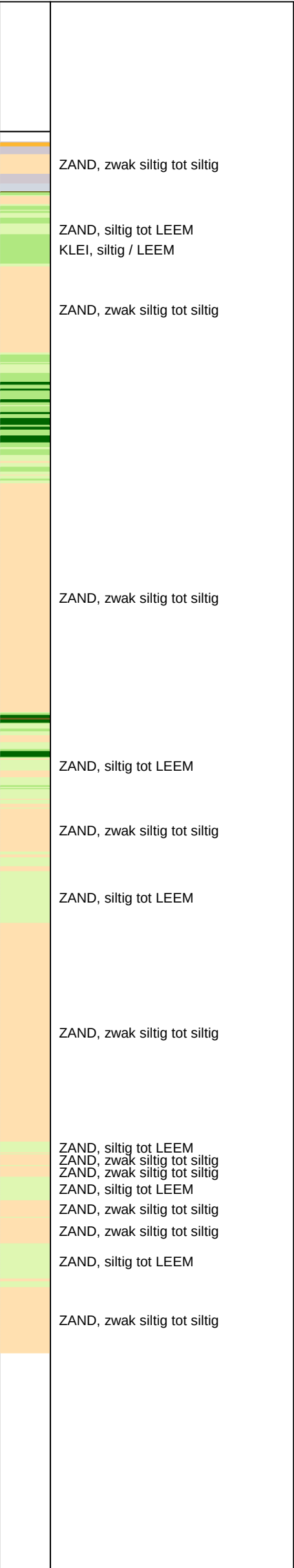
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM5



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

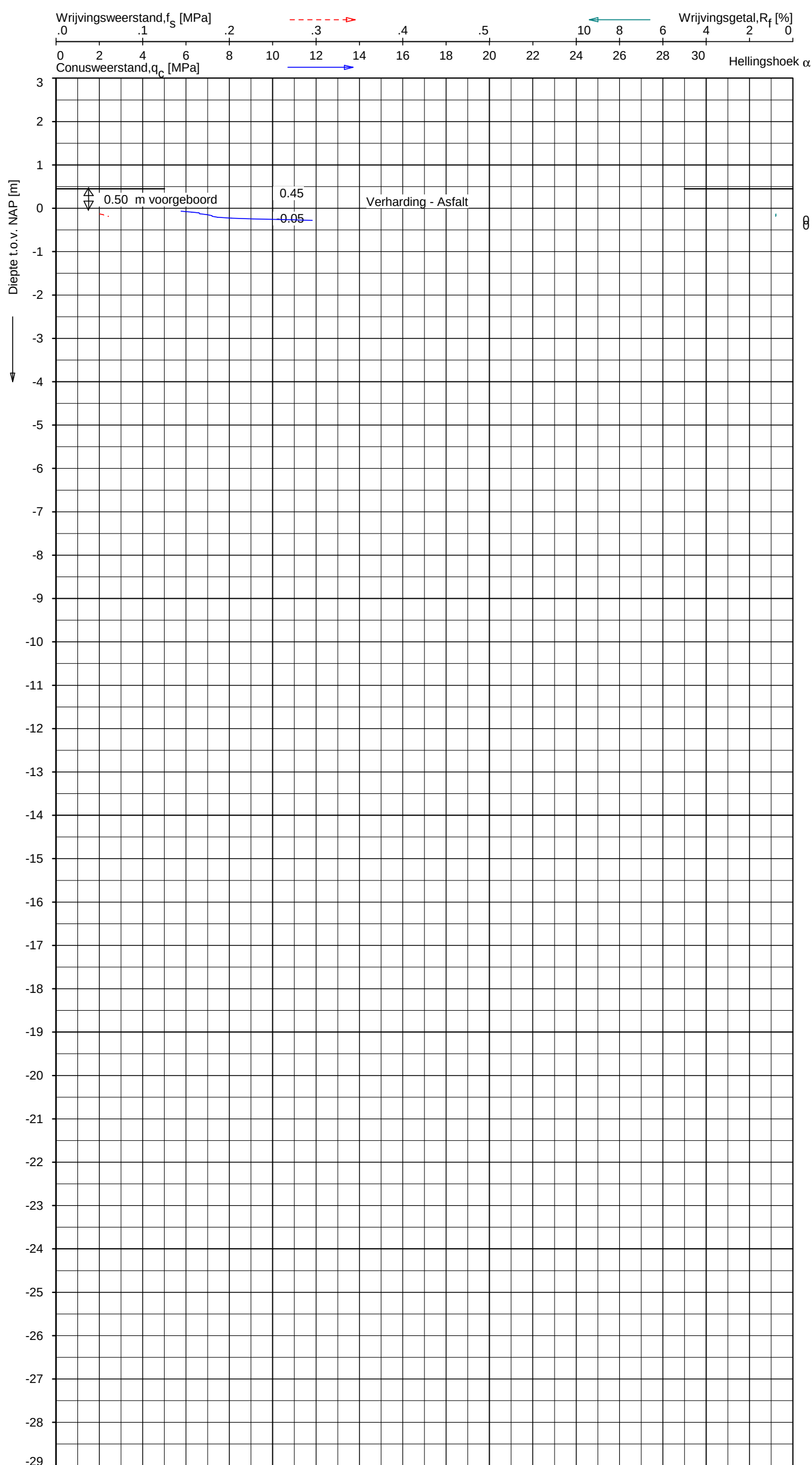


Opg.: AVL d.d. 13-feb-2020 Coord.: X= 93801.9m Y= 463090.4m Systeem: RD
Get.: G.Bosch d.d. 26-feb-2020 MV = NAP +0.39m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

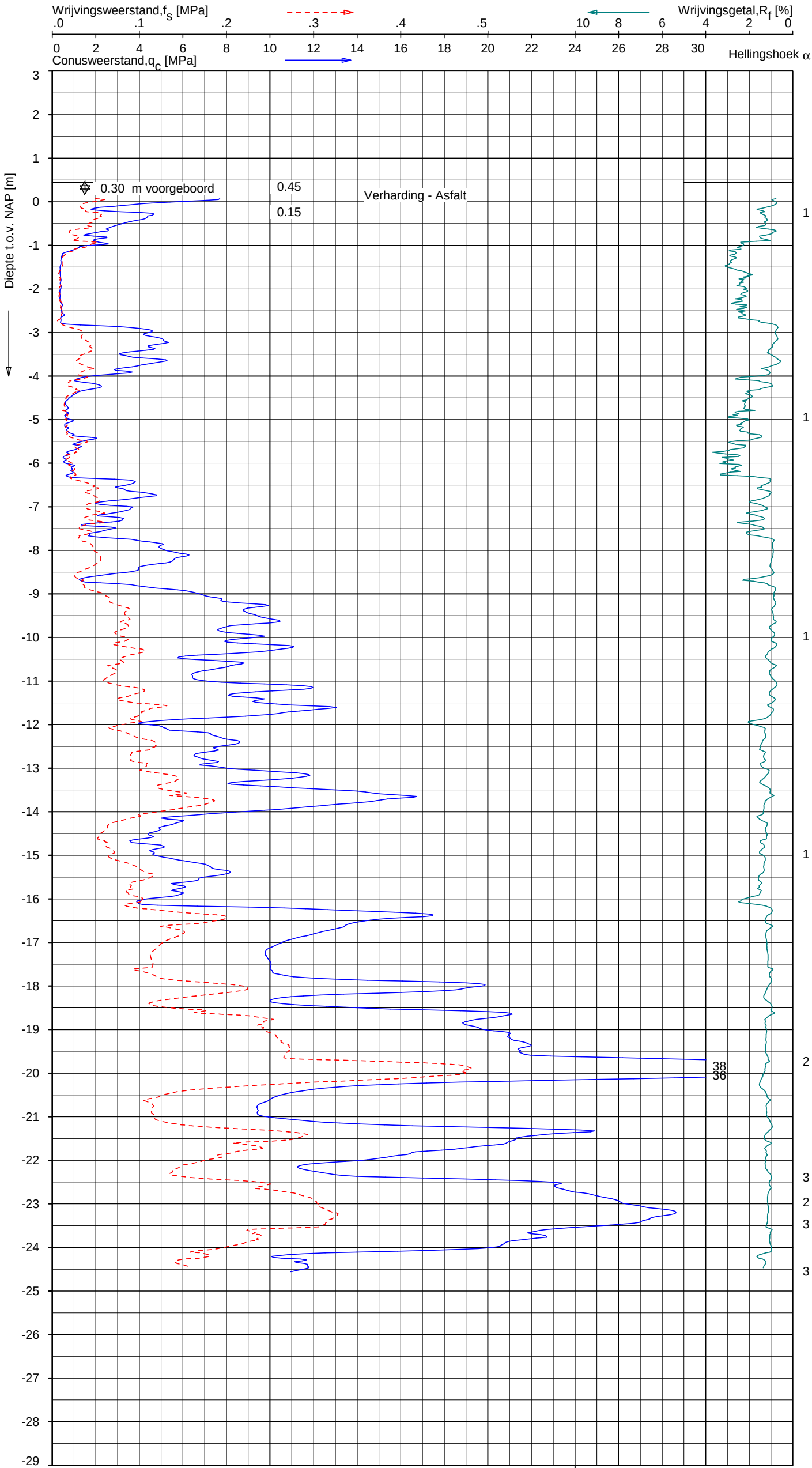
Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM6



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

ZAND tot ZAND, grindig

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

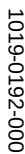


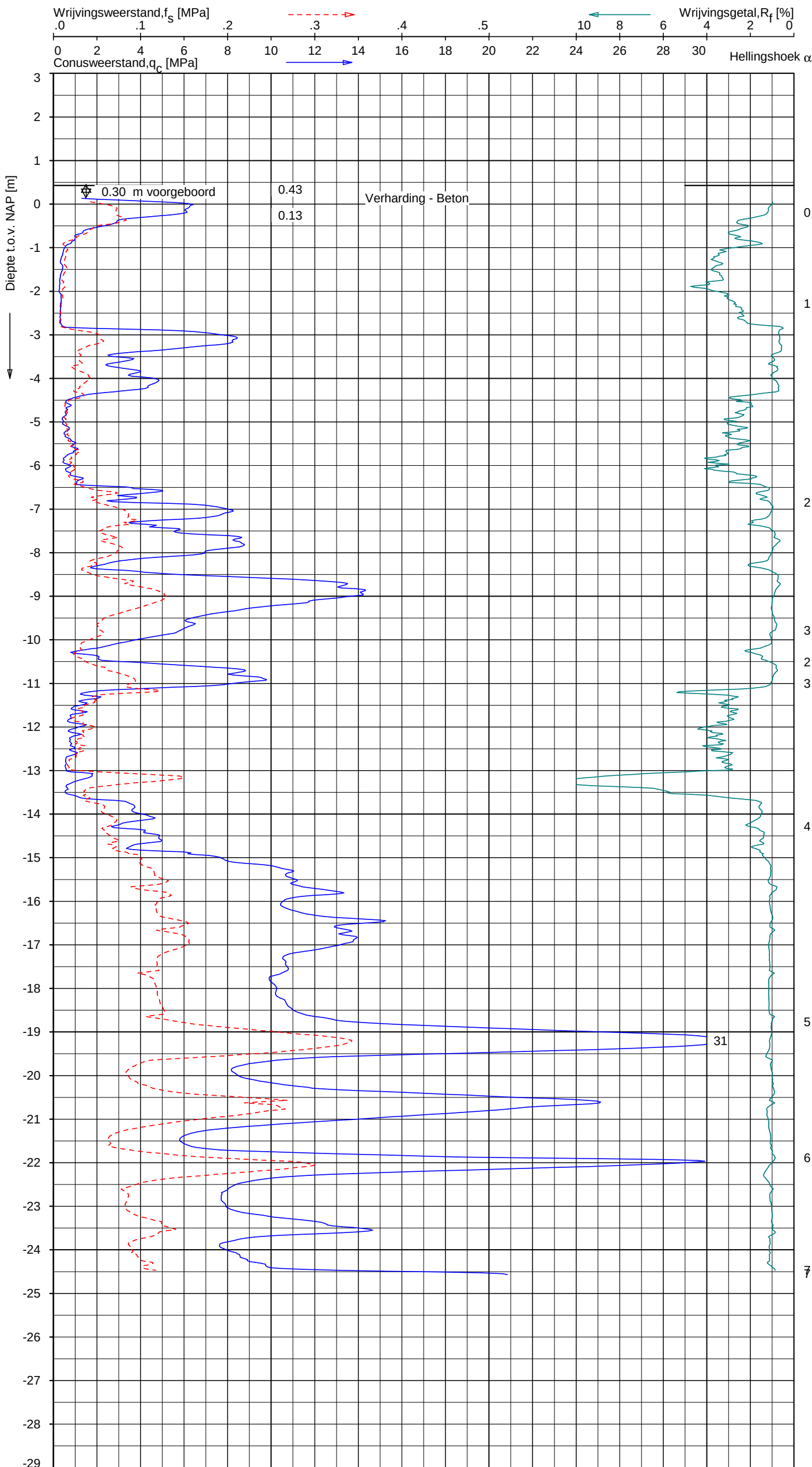
Opg.: AVL d.d. 13-feb-2020 Coord.: X= 93801.8m Y= 463104.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: G.Bosch d.d. 26-feb-2020 MV = NAP +0.45 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM7A

[illegible]



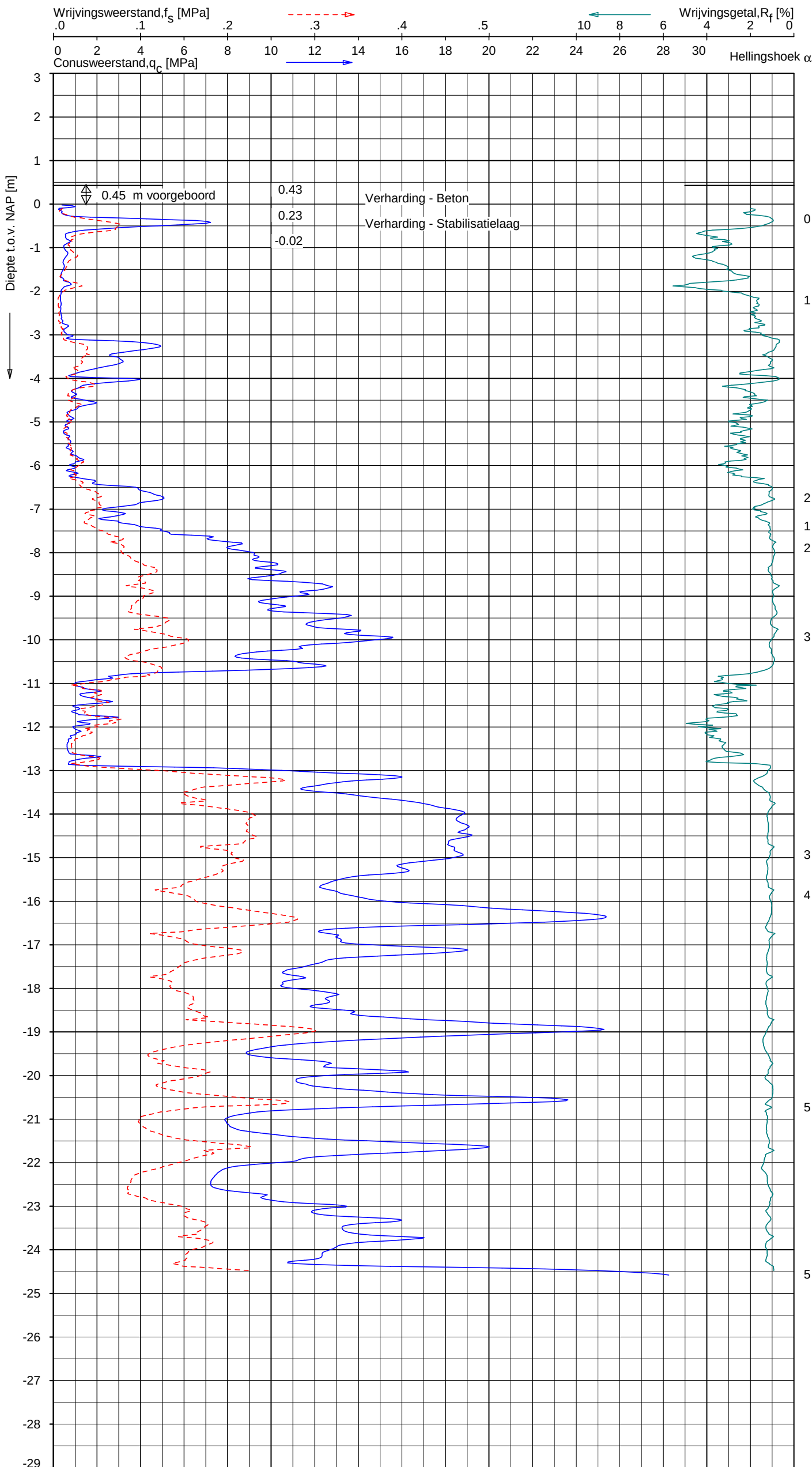
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

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

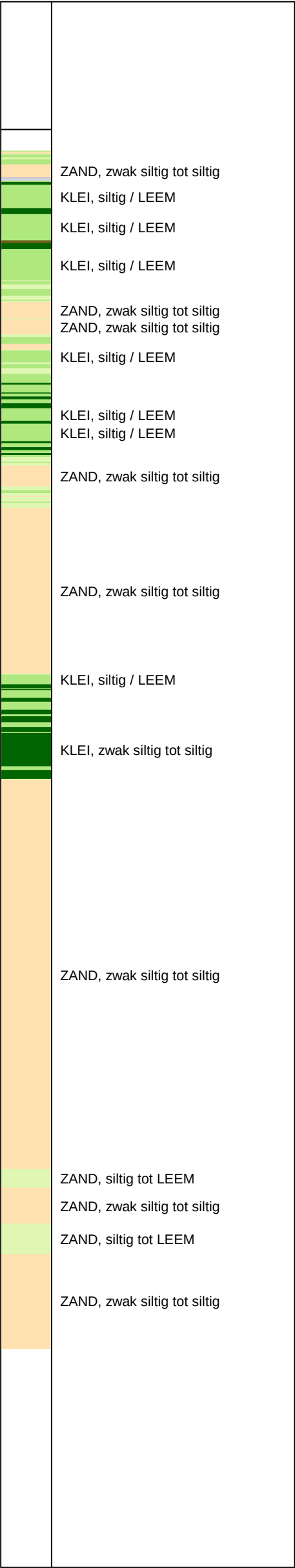
Opg.: AVL d.d. 17-feb-2020 Coord.: X= 93766.6 m Y= 463088.8 m Systeem: RD
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.43 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM12



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

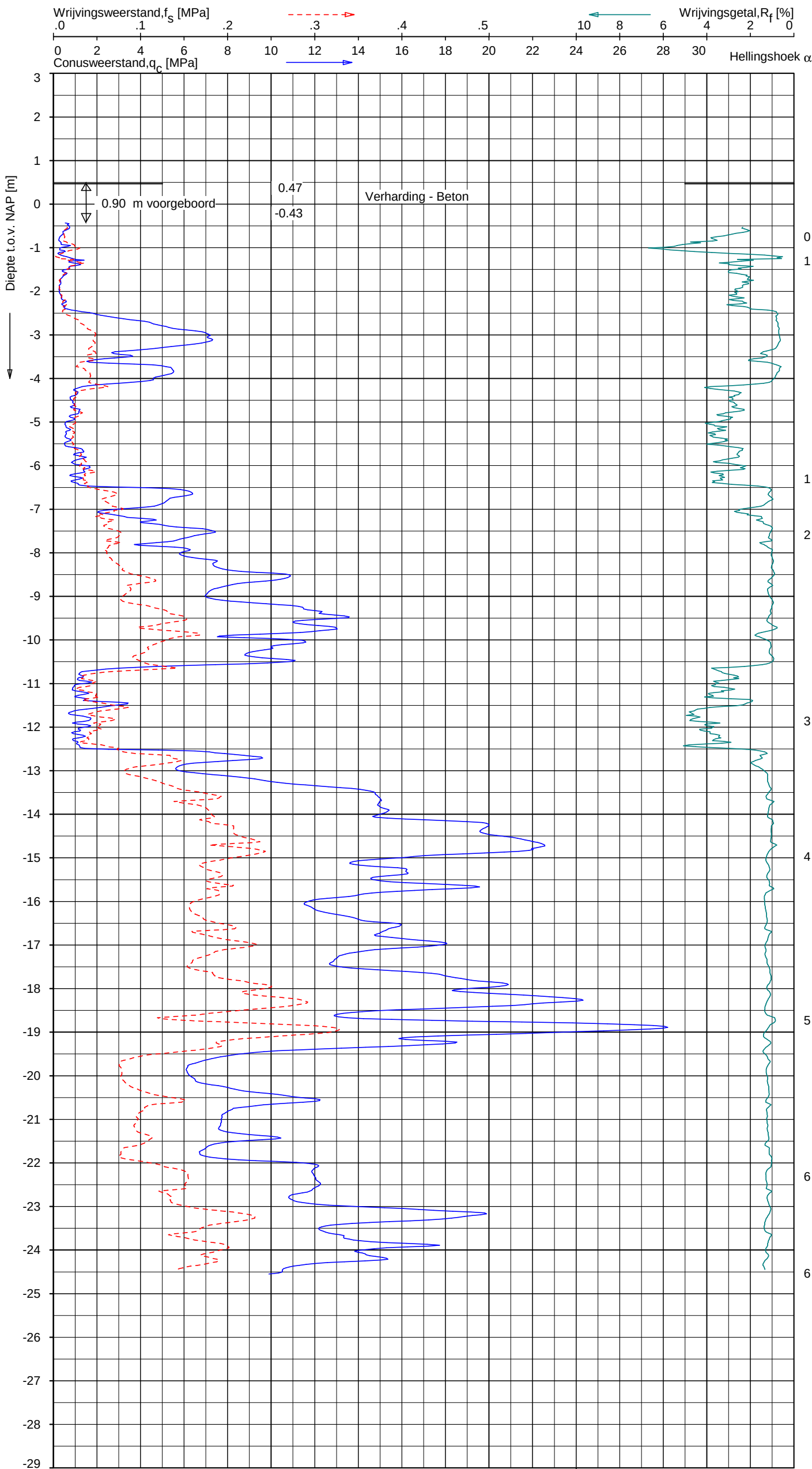


Opg.: AVL d.d. 13-feb-2020 Coord.: X= 93765.1 m Y= 463104.0 m Systeem: RD
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.43 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus type: A_C = 1510 mm²; A_S = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM13



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

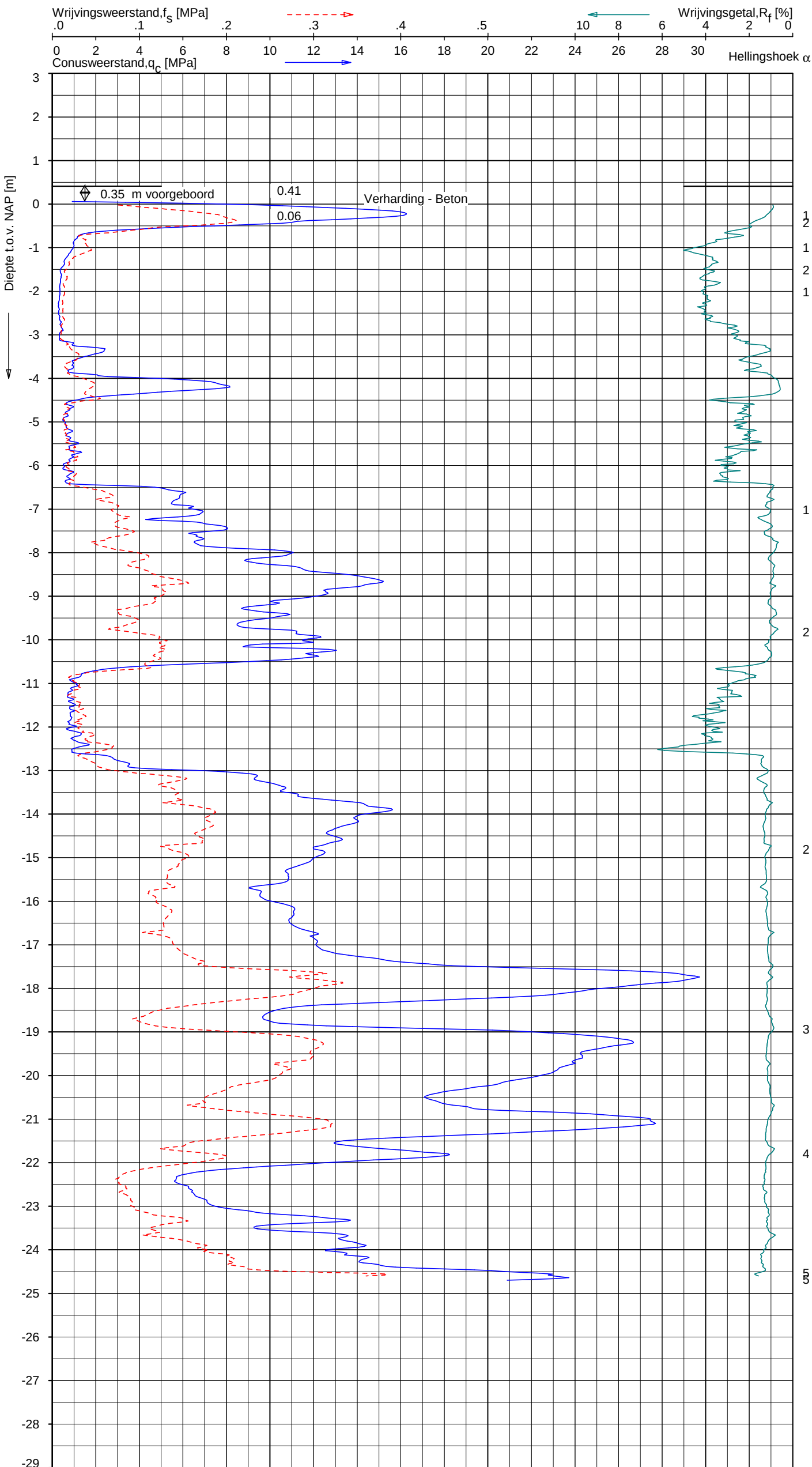


Opg.: AVL d.d. 13-feb-2020 Coord.: X= 93765.5 m Y= 463114.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: G.Bosch d.d. 26-feb-2020 MV = NAP +0.47 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM14



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

	ZAND tot ZAND, grindig
	ZAND, vast / ZAND, kleiig
1	KLEI, siltig / LEEM
2	KLEI, siltig / LEEM
1	KLEI, zwak siltig tot siltig
	KLEI, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, siltig / LEEM
1	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig
2	
	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, zwak siltig tot siltig
	ZAND, siltig tot LEEM
2	
	ZAND, zwak siltig tot siltig
3	
4	
	ZAND, siltig tot LEEM
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig
5	

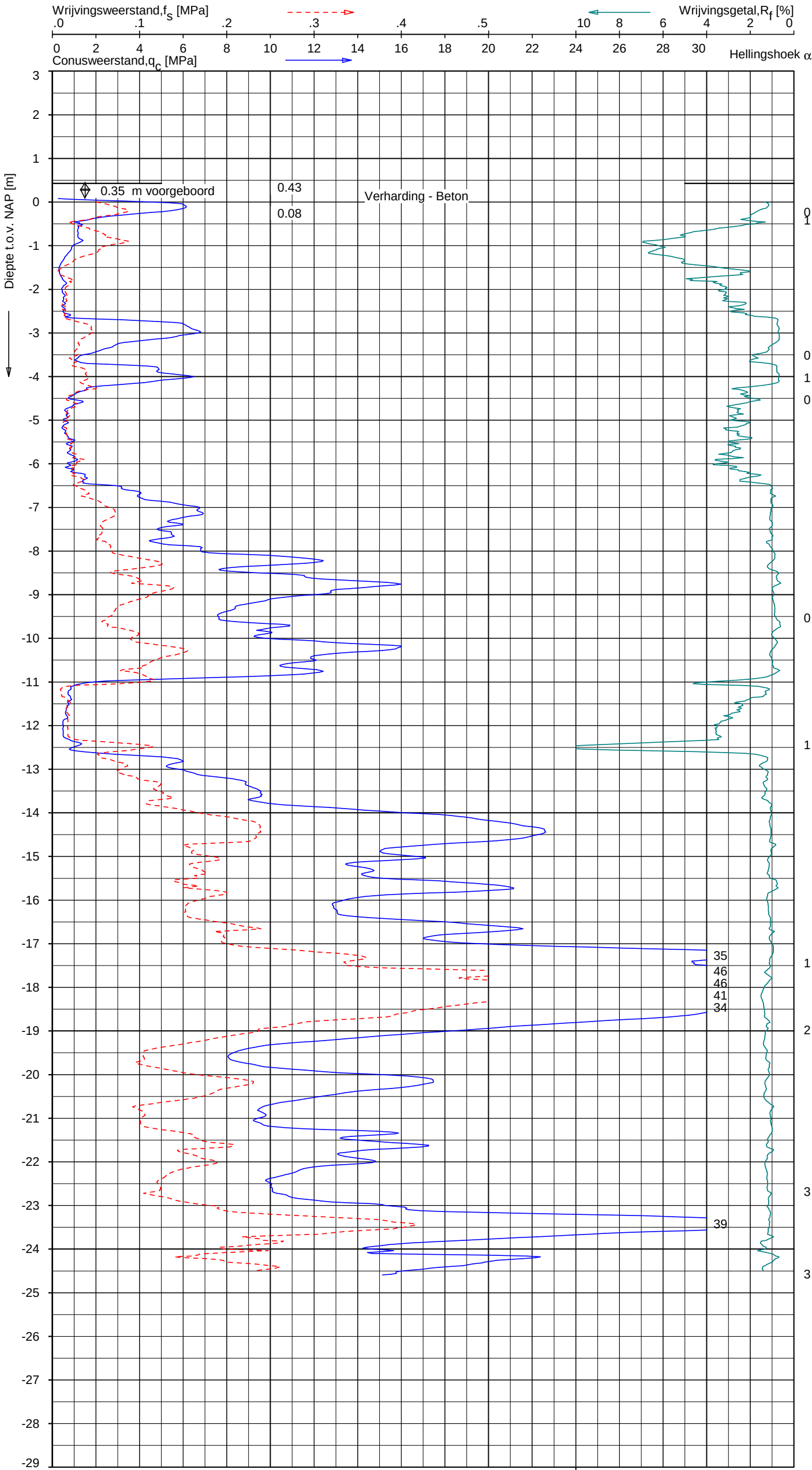
Opg.: AVL d.d. 14-feb-2020 Coord.: X= 93742.6 m Y= 463092.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.41 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM15

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



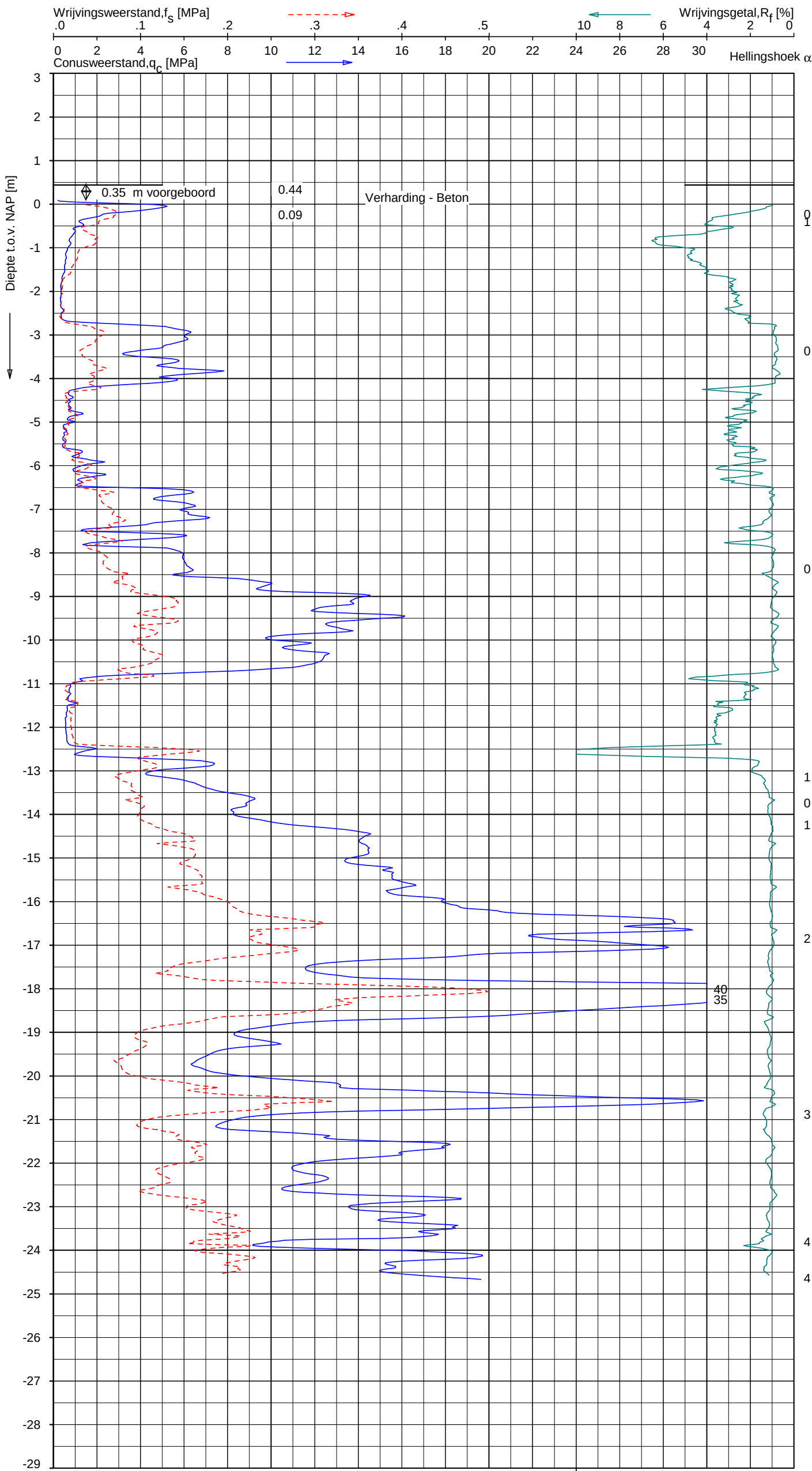
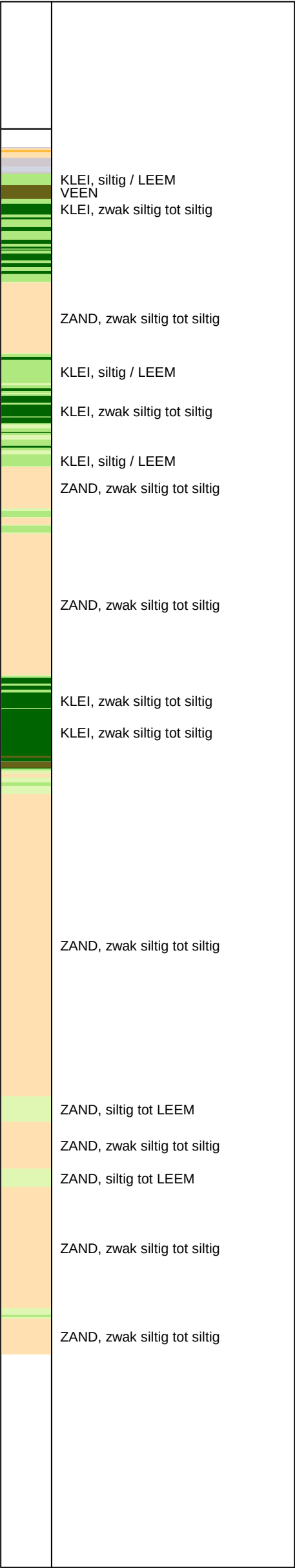
Opg.: AVL d.d. 14-feb-2020 Coord.: X= 93742.6 m Y= 463103.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.43 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM16

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

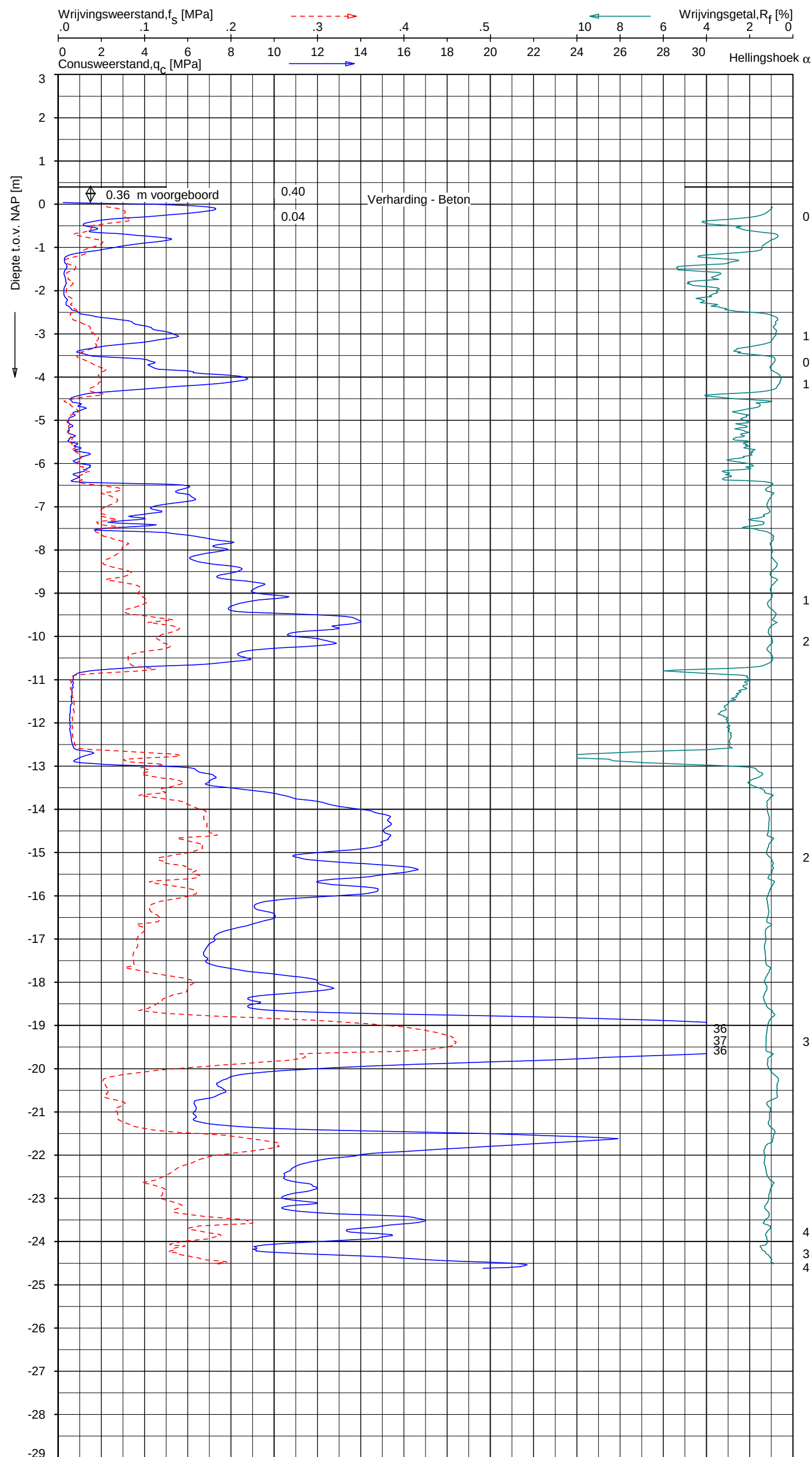


Opg.: AVL d.d. 14-feb-2020 Coord.: X= 93741.3 m Y= 463115.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.44 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM17



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

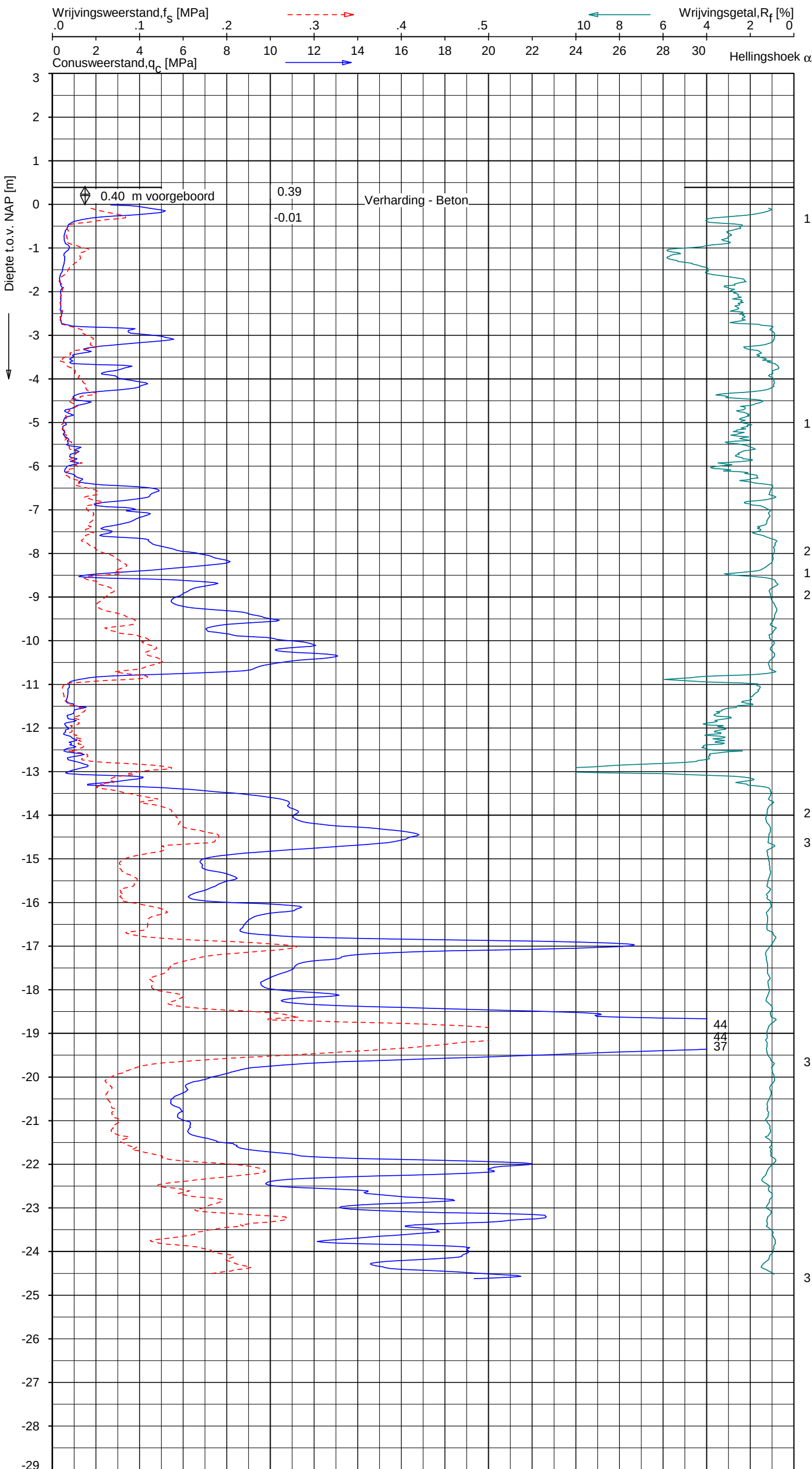


Opg.: AVL d.d. 14-feb-2020 Coord.: X= 93725.8 m Y= 463109.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.40 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM18



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



Opg.: AVL d.d. 14-feb-2020 Coord.: X= 93721.9m Y= 463101.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: L.Murenaite d.d. 24-feb-2020 MV = NAP +0.39m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

BLOEMISTENLAAN TE LEIDEN - NIEUWBOUW WONINGEN EN APPARTEMENTENCOMPLEX

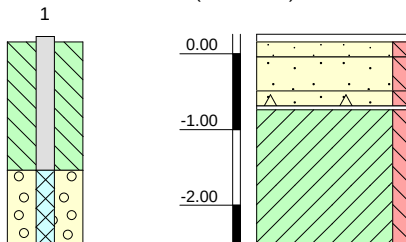
Opdr. 1019-0192-000
Sond. DKM19



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

Boring: HB3

Peilbuis 1 Referentie (m tov NAP)



Veldidentificatie

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 (1989), C1(1990)

-0.26 tot 0.16	Verharding, klinker
0.16 tot -0.04	Zand, matig fijn, zwak siltig zwart
-0.04 tot -0.49	Zand, matig fijn, zwak siltig grijs
-0.49 tot -0.69	Zand, matig fijn, zwak siltig, sporen puin grijs
-0.69 tot -0.74	, volledig puin
-0.74 tot -2.54	Klei, zwak siltig, slap, donker grijs

Versie 2020-01-30

Algemene opmerking:

X: 93721.3

Y: 463069.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.26

bk PB1 (m tov NAP): 0.23

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 14-02-2020

Boormeester: AVL

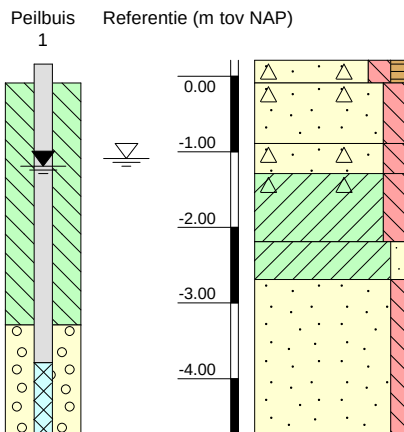
Geïdentificeerd door: AVL

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

1019-0192-000

Bloemistenlaan te Leiden - Nieuwbouw woningen en appartementencomplex

Boring: HB4



Veldidentificatie

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104 (1989), C1(1990)

0.21 tot -0.09	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, resten puin bruin-grijs
-0.09 tot -0.89	Zand, matig fijn, matig siltig, resten puin, resten klei, donker grijs
-0.89 tot -1.29	Zand, matig fijn, matig siltig, resten puin grijs
-1.29 tot -2.19	Klei, matig siltig, slap, resten puin grijs
-2.19 tot -2.69	Klei, zwak zandig, slap grijs
-2.69 tot -4.79	Zand, matig grof, zwak siltig grijs

Versie 2020-01-30

Algemene opmerking:

X: 93720.7

Y: 463066.9

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -1.09

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.21

bk PB1 (m tov NAP): 0.16

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP): -1.19

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 20-02-2020

Boormeester: JLS

Geïdentificeerd door: JLS

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

1019-0192-000

Bloemistenlaan te Leiden - Nieuwbouw woningen en appartementencomplex

FUGRO

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 laboratorium-identificatie is de laboratoriumidentificatie bepalend.

Op het beschrijven van grond is de NEN-EN-ISO 14688-1 of NEN 5104 van toepassing.

(Grond)waterstand

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

Kwaliteitsborging

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro NL Land B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2015 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 terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 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 *benen* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

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, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

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

Presentatie sondeergegevens

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

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

Genormaliseerde conusweerstand:

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

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal

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

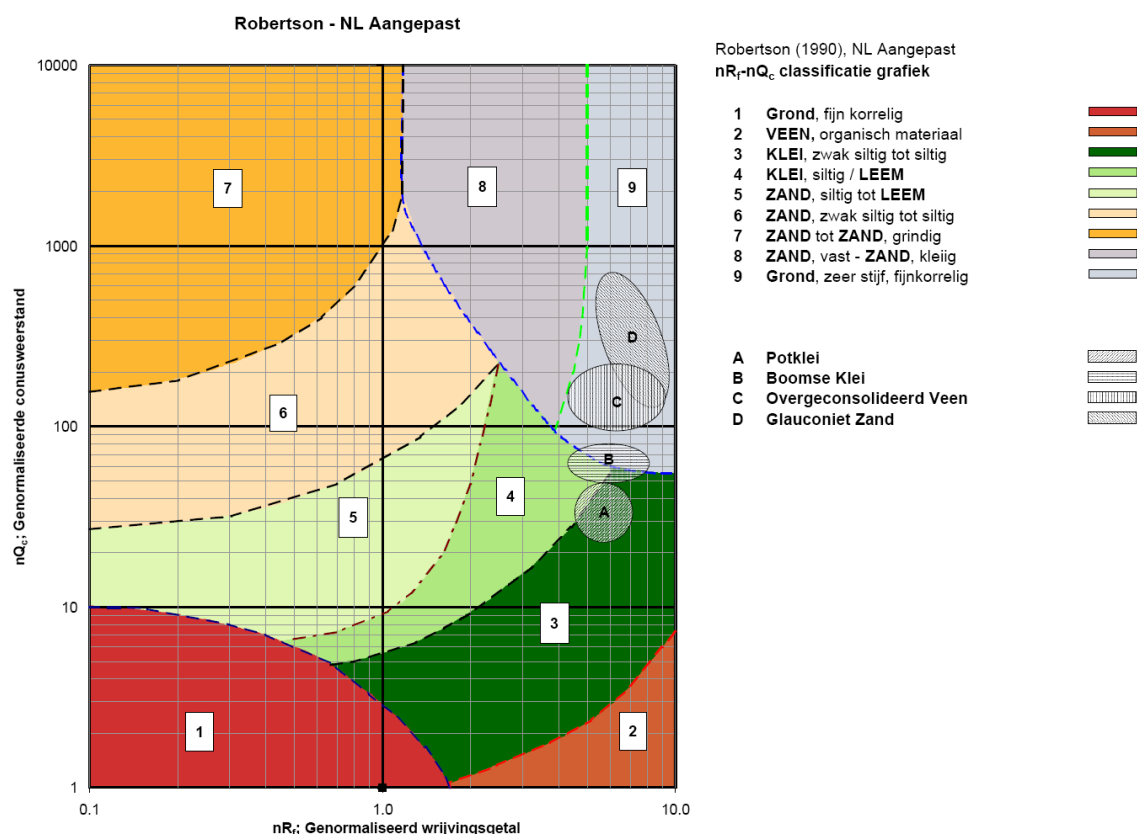
Vergelijking 2

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

[†] 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 $q_c < 1,5 \text{ MPa}$ en $R_f > 5 \%$ wordt de grond als veen geassocieerd.



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.

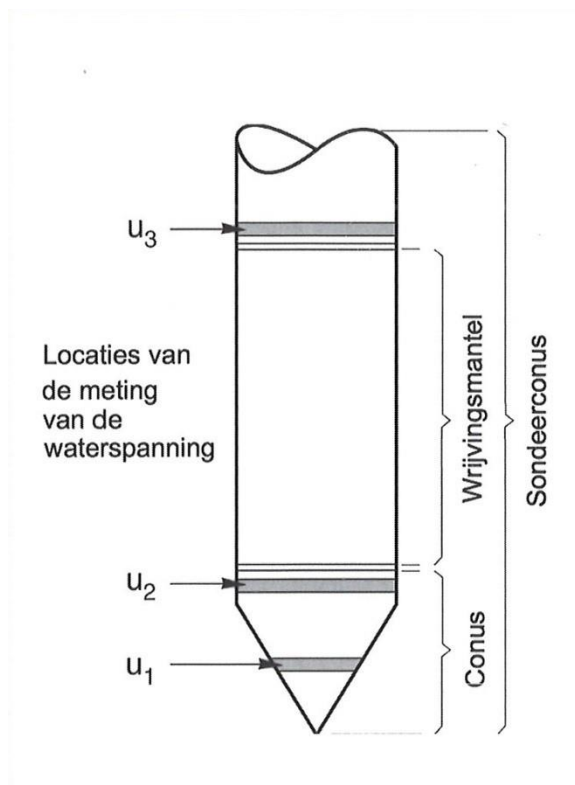
Tabel 2: Overzicht andere conustypen met toepassingsmogelijkheden

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	■ registreren waterremmende lagen; ■ indicatie stijghoogte grondwater; ■ classificatie / gelaagdheid bodem.
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	■ blindgangeronderzoek; ■ onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers); ■ onderzoek paalpuntniveau / schoorstand funderingspalen; ■ onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	■ indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens; ■ onderzoek verspreiding verontreiniging.
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	■ warmteoverdracht in de bodem; ■ bepaling temperatuurgradiënt.
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	■ machinefunderingen; ■ windturbinefunderingen.
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	■ heittrillingen; ■ verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
HPT (Hydraulic Profiling Tool)	Doorlatendheid	■ 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 2). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 2: 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. Aangetoond 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:

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

Vergelijking 3

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

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 = $q_c + (1 - a) \cdot \{\beta(u_1 - u_o) + u_o\}$ 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_o = 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
Leem, samendrukbaar	0,5 – 0,6
Leem, 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	■ 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	■ 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 B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	■ 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 B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* 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 $\cdot$ $q_c < 10$ MPa);
 - C gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand 1,5 MPa $\cdot$ $q_c < 3$ 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 meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen.

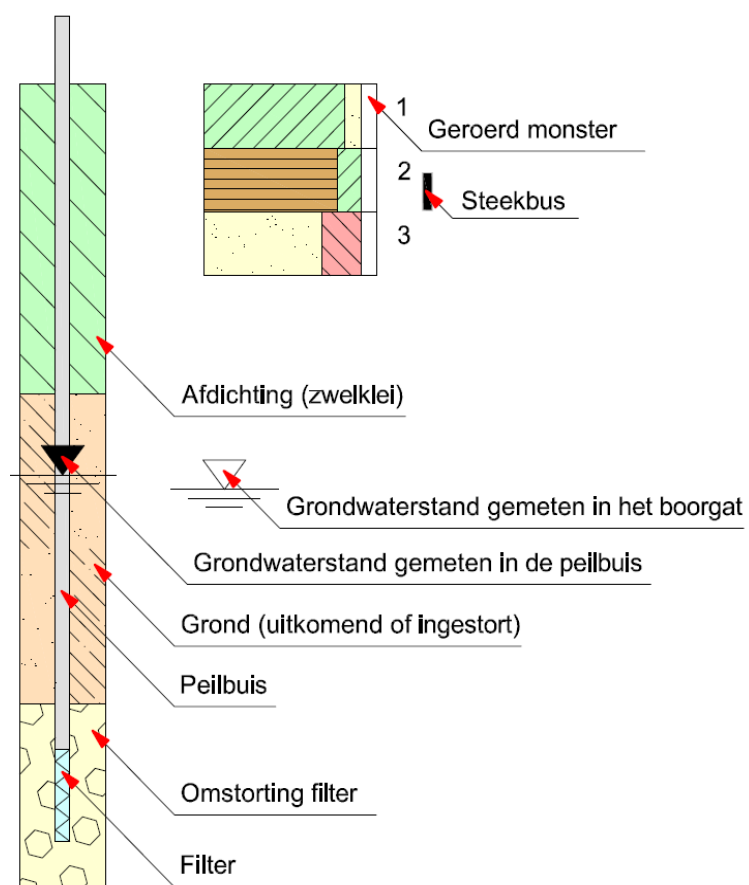
Voor sondering in toepassingklasse 1 worden speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik toegepast. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van recente kalibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

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
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
Type sonderingen	
D Diepsondering	
HS Handsondering	
S Slagsondering	

Peilbuis



Bijlage B

Theoretische onderbouwing
barrièrewerking

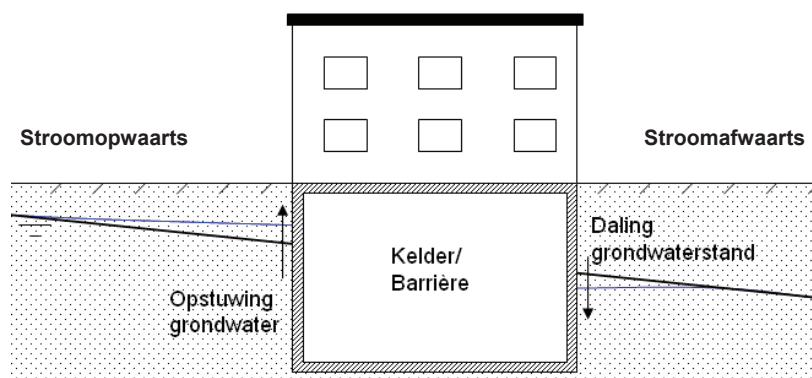
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Deze bijlage geeft een uitleg van het begrip barrièrewerking en van de omstandigheden die nodig zijn om barrièrewerking te laten optreden.

Definitie barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand (of stijghoogte) wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand.

Grondwater stroomt. Dit kan zijn op locale schaal, waarbij regenwater in de grond zakt en afstroomt richting de omliggende watergangen, of op grotere schaal, waarbij regenwater na infiltratie in diepere grondlagen tientallen kilometers stroomt richting de zee. Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan die stroming in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde (linkerzijde figuur 1) en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde (rechterzijde figuur 1).



Figuur 1: Principe barrièrewerking

De mate waarin barrièrewerking optreedt, is afhankelijk van een viertal factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

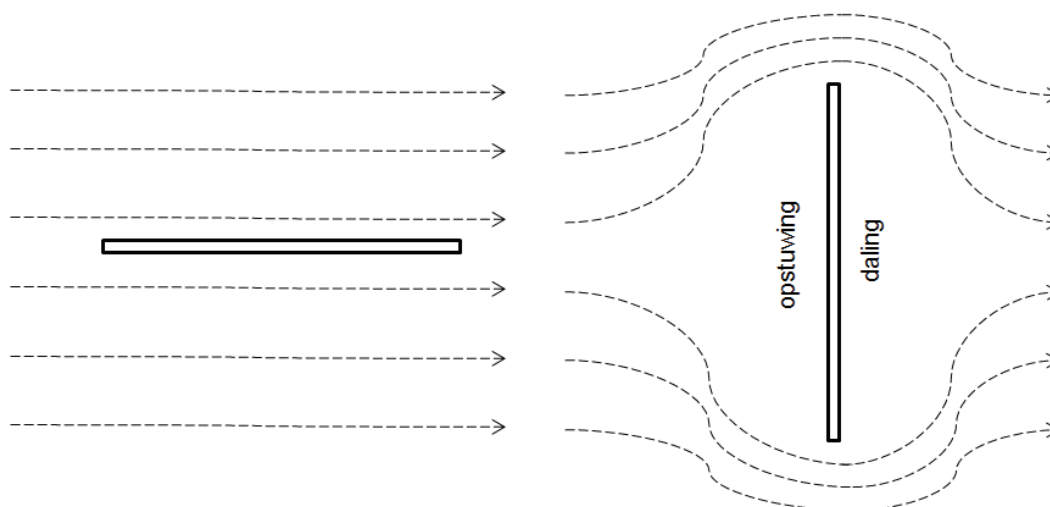
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwing en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

1. Omvang en oriëntatie barrière

De grootte van de constructie (grondoppervlak) bepaalt de mate waarin het grondwater wordt gehinderd.

Kleine kelders (bijvoorbeeld onder een normale rijtjeswoning van ca. 5 x 10 m) hebben op zichzelf geen significante invloed op de grondwaterstroming. Het water kan namelijk makkelijk om de barrière heen stromen. Grote kelders, of dicht naast elkaar gelegen kleine kelders, kunnen wel barrièrewerking tot gevolg hebben.

Naast de omvang van de kelder is ook de oriëntatie van de kelder in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater van belang (zie figuur 2). Lange en smalle kelders of tunnels die parallel aan de grondwaterstromingsrichting liggen hebben slechts een beperkte invloed. De rede is dat het grondwater niet om de constructie heen hoeft te stromen, maar langs de constructie zijn weg kan vervolgen en zodoende minimaal gehinderd wordt. Bij constructies die grotere afmetingen hebben dwars op de stromingsrichting, moet het grondwater een veel langere weg afleggen na het plaatsen van de barrière, waardoor opstuwing en daling van de grondwaterstand kan optreden.

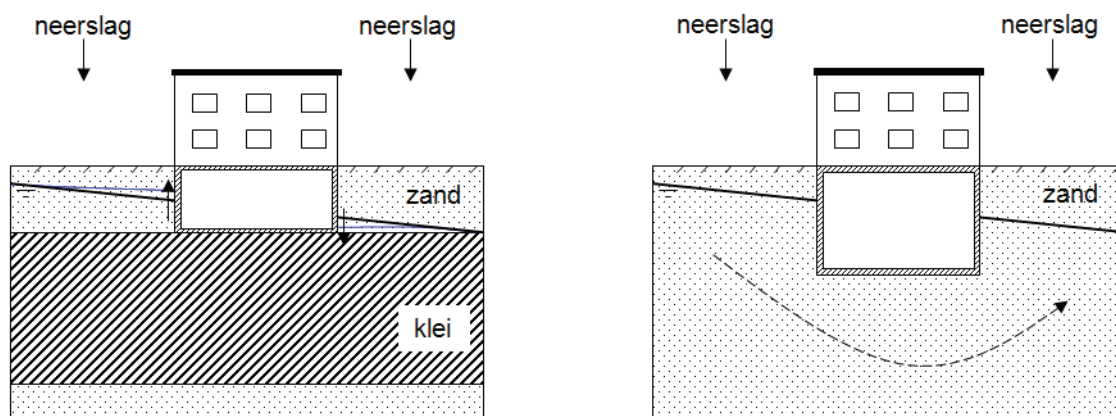


Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

2. Diepte barrière

De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw. Uit door Fugro gemaakte berekeningen volgt, dat een ondergrondse constructie de grondwaterstroming pas echt hindert, wanneer een groot deel (ongeveer 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten.

Figuur 3 geeft hiervoor 2 voorbeelden. Aan de linkerkant sluit een 1-laags kelder een zandlaag volledig af, waardoor het grondwater niet meer onder de kelder door kan stromen. De rechterzijde toont een diepere 3-laags kelder, welke slechts een deel van de zandlaag afsluit. In de laatste situatie kan het grondwater via een relatief korte omweg onder de kelder doorstromen en ontstaat geen overlast.

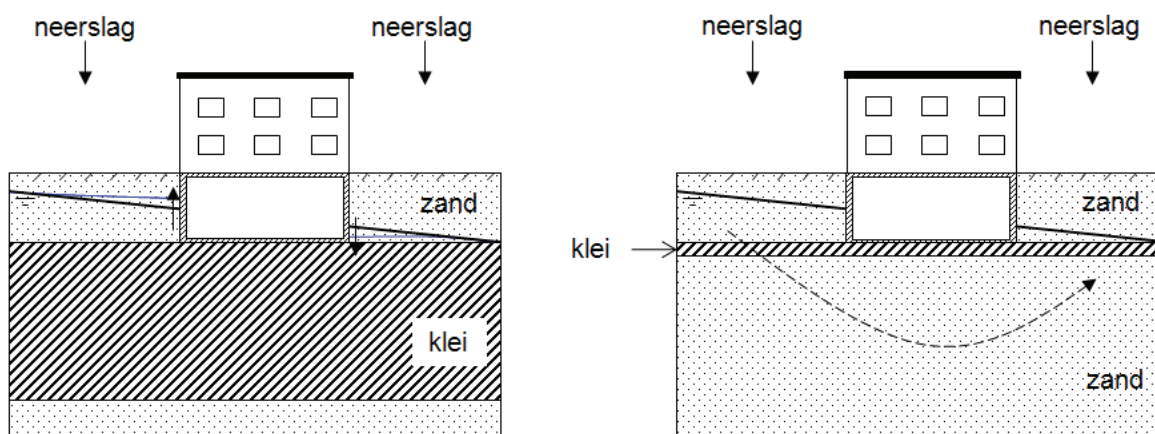


Figuur 3: Merkbare opstuwing kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

3. Dikte van ondiepe klei-/veenlagen

Wanneer een kelder een groot deel van een watervoerende zandlaag afsluit, is de mate van barrièrewerking gerelateerd aan de dikte (weerstand) van de onderliggende waterremmende bodemlagen.

Klei- en veenlagen belemmeren verticale stroming, waardoor grondwater moeilijker onder de constructie door kan stromen. Dikkere klei-/veenlagen (met een hogere weerstand) zorgen voor een grotere belemmering van de verticale stroming en daarmee voor meer risico op barrièrewerking (zie figuur 4).

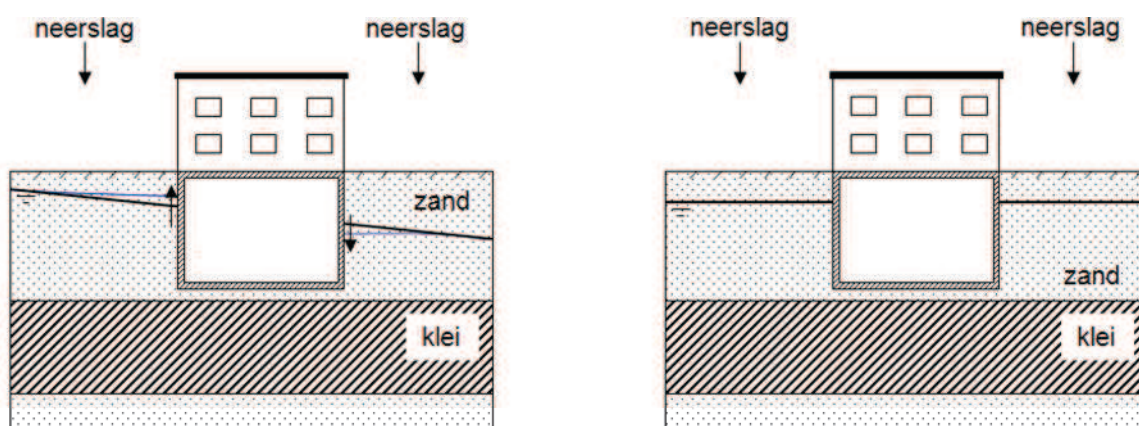


Figuur 4: De mate van barrière werking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

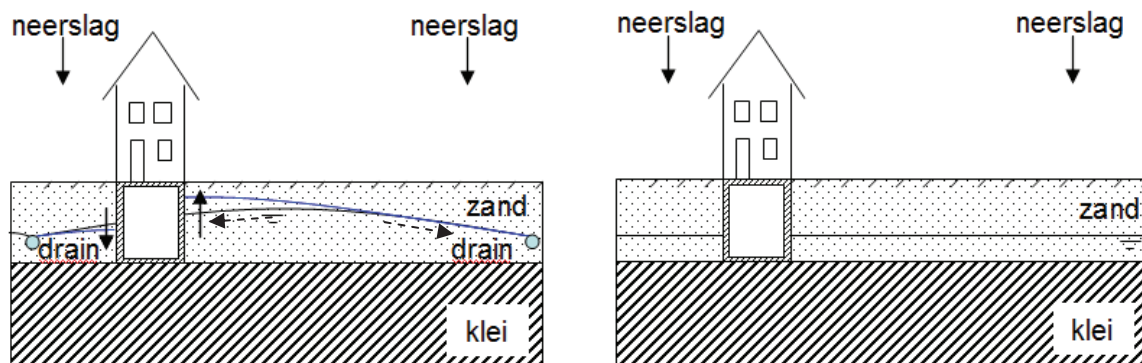
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

Horizontale grondwaterstroming ontstaat door verschillen in de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie. Water stroomt van een hoge grondwaterstand (of stijghoogte) naar een lagere grondwaterstand (of stijghoogte). Wanneer de grondwaterstandsverschillen in de omgeving minimaal zijn, ontstaat geen opstuwing en daling van de grondwaterstand.



Figuur 5: Opstuwing is afhankelijk van de horizontale grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen.

In veel bebouwde gebieden bestaat de grondwaterstroming hoofdzakelijk uit neerslag die afstroomt richting nabij gelegen ontwateringsmiddelen (zoals drainage of watergangen). Tussen de ontwateringsmiddelen ligt de grondwaterstand hoger, dit wordt opbolling genoemd. Wanneer de opbolling significant is kan door het plaatsen van een kelder eveneens opstuwing ontstaan (figuur 6 links). Bij beperkte opbolling is de grondwaterstroming minimaal en heeft het plaatsen van een kelder weinig effect op de grondwaterstand (figuur 6 rechts).



Figuur 6: Opstuwing is afhankelijk van de grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen, welke wordt beïnvloed door drainage en sloten.