Notitie

Onderwerp: Stabiliteitsbepaling zandwinplas Erlecom Ooijse Graaf en Erlecomse Waard
Projectnummer: 51001857
Referentienummer: SWNL0274811
Datum: 19-11-2021

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Sweco Nederland B.V. is door K3 Delta B.V. gevraagd om een stabiliteitsonderzoek te verrichten naar de plas(sen) die ontstaan door zandwinning in Erlecom.

Dit onderzoek kan worden gebruikt bij de vergunningsaanvragen en het opstellen van een Milieu Effect Rapportage (MER). Hierbij is ook gekeken naar de verschillende varianten zoals opgenomen in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau [12].

Door middel van dit onderzoek wordt bepaald welke taludhelling stabiel en veilig is. Voor de plas binnendijks is dit onderzoek uitgevoerd op basis van sonderingen en boringen in het veld. Voor de plas buitendijks is op basis van beschikbare data een beschouwing gemaakt die leidt tot een veilige taludhelling.

1.2 Locatie en werkzaamheden

De locatie van de toekomstige binnendijkse plas is gesitueerd tussen de Erlecomseweg en de N840, zoals te zien is in Figuur 1-1. Deze plas wordt verder benoemd als de Ooijse Graaf. Bij de variant 'Rivierdynamiek' ontstaat ook buitendijks een geul die grenst aan de bestaande plas Kaliwaal. Deze plas wordt verder benoemd als de Erlecomse Waard. In de huidige situatie ligt het maaiveld rond de Ooijse Graaf op circa NAP +10 m en in de Erlecomse Waard op NAP +10,5 m.

1.3 Voorgenomen werkzaamheden

Het winnen van zand onder een helling van 1:3 vanaf circa NAP +8 m tot NAP -20 m in de Ooijsche Graaf en de Erlecomse Waard.

In Figuur 1-1 is schematisch weergegeven wat de nieuwe situatie na het winnen van het zand wordt.

1.4 Doel

Doel van deze notitie is om met ontwerpberekeningen te bepalen onder welke taludhelling de omschreven winningen Ooijse Graaf en de Erlecomse Waard veilig kunnen worden ontgraven en of dit voldoet aan het huidige ontwerp (met taludhelling 1:3).

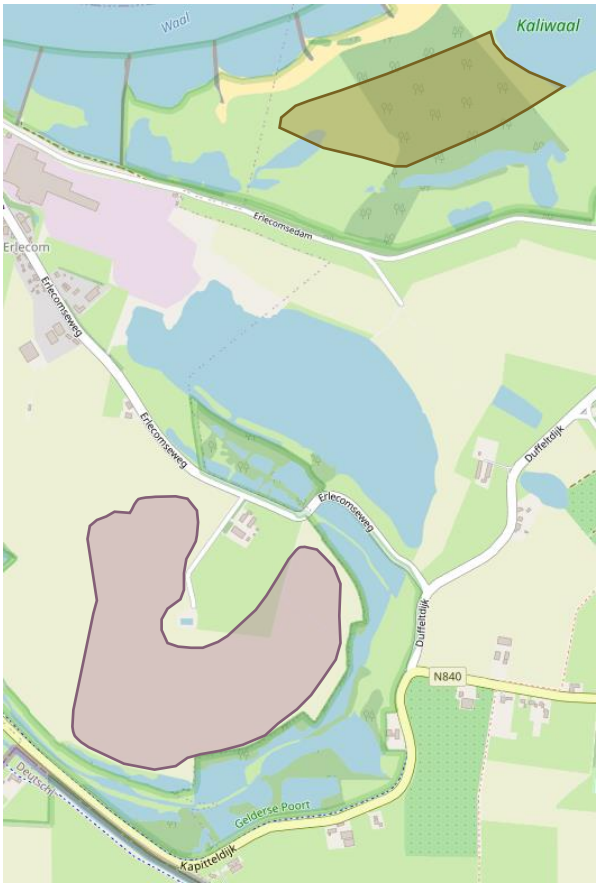
Sweco
De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt

T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Sweco Nederland B.V.
Business Developer Protecting Deltas
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te De Bilt

Jana Steenbergen-Kajabová
Senior Adviseur Kust & Rivieren

M +31 6 51 08 80 05



Figuur 1-1: Locatie zandwinplas Ooijsche Graaf en mogelijke winning in de Erlecomse Waard

2 Uitgangspunten

2.1 Normen en richtlijnen

Als onderbouwing van de stabiliteit van de voorgenomen verdieping is CUR 113 gevolgd [1].

2.2 Grondonderzoek

2.2.1 Grondonderzoek Ooijse Graaf

In 2008 zijn acht sonderingen uitgevoerd tot een diepte van circa NAP -21 m en negen boringen tot een diepte van NAP -16 m tot -32 m [3]. In het noordwesten van het projectgebied ontbraken nog sonderingen, gezien de eis uit de CUR 113 dat er iedere 300 tot 500 m een sondering benodigd is voor het bepalen van de stabiliteit van een ontgraving. Ten tweede waren de sonderingen uit 2008 niet tot de benodigde diepte gekomen om zettingsvloeiing uit te sluiten (zie paragraaf 3.2). Voor de beoordeling op stabiliteit zijn daarom zes additionele sonderingen uitgevoerd tot de maximale reactiekracht [4]. De locaties van het oude en aanvullende grondonderzoek zijn zichtbaar in Figuur 2-1.

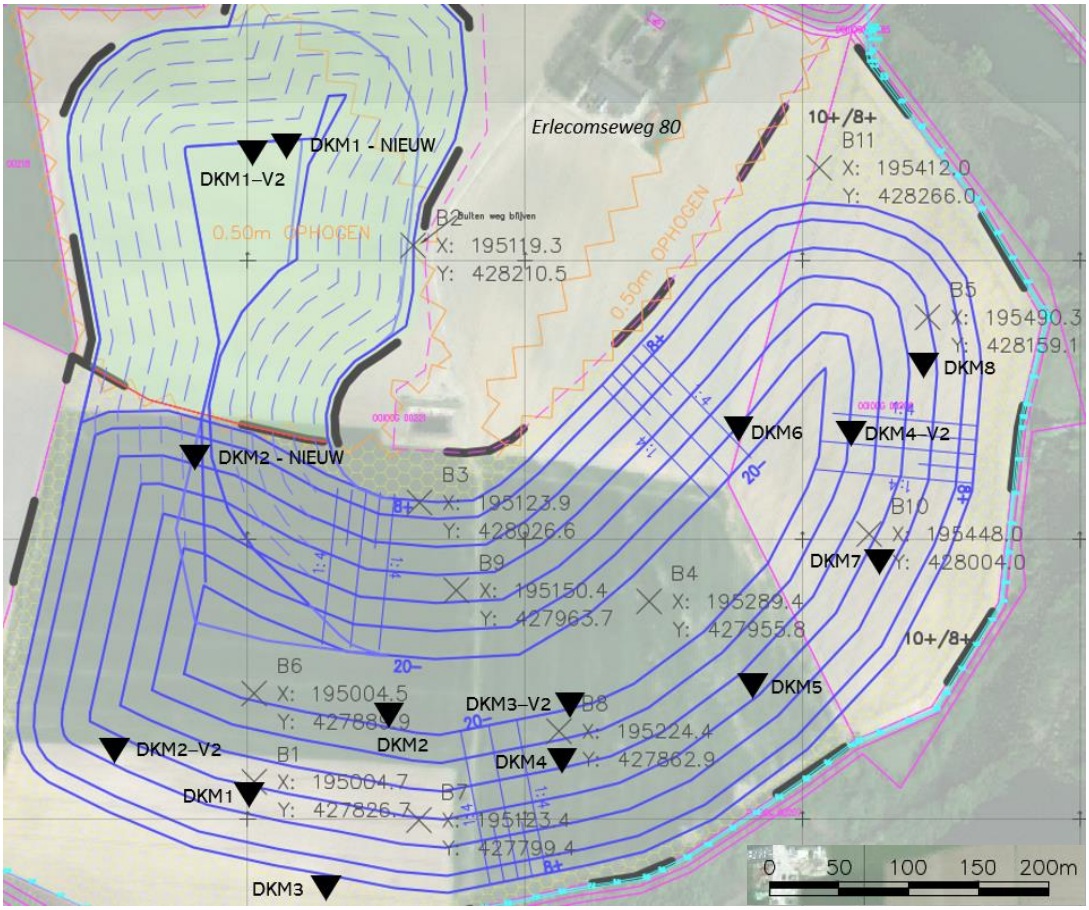
Bij sondering DKM1-NIEUW was de maximale reactiekracht bereikt op een diepte van NAP -10,0 m. Bij sondering DKM2-NIEUW was dit bij een diepte van NAP -23,5 m. Sonderingen DKM1-V2 en DKM3-V2 zijn tot een diepte van NAP -27 m gekomen. DKM2-V2 en DKM4-V2 zijn tot NAP -35 m gekomen. De sondeergrafieken van de sonderingen zijn weergegeven in Bijlage 2.

2.2.2 Grondonderzoek Erlecomse Waard

Van de Erlecomse Waard is geen grondonderzoek beschikbaar. De bodemopbouw is op deze locatie onbekend.

2.3 Bodemopbouw Ooijse Graaf

De boringen en sonderingen (uit 2008) tonen een eenduidig beeld van fijne, matig fijne/grove en grove zandlagen, met vanaf een diepte van NAP -10 m enkele dunne leemlagen. Sonderingen DKM1-NIEUW en DKM1-V2, in de noordoostelijke punt van het projectgebied, tonen tussen NAP -6 m en NAP -8 m en tussen NAP -15 m en NAP -20 m een aantal dunne kleilagen. Sondering DKM3-V2 toont kleilagen tussen NAP -18 m en NAP -24 m.



Figuur 2-1 Locatie van de oude boringen en sonderingen (B1 t/m B9 en DKM1 t/m DKM8) en de nieuwe sonderingen DKM1-NIEUW, DKM2-NIEUW en DKM1-V2 t/m DKM4-V2

2.4 (Grond)waterstanden

2.4.1 (Grond)waterstand projectgebied Ooijse Graaf

Het voornemen is om de hydrologische situatie in het gebied aan te passen. Het nieuwe peil zal komen te liggen tussen NAP +9,0 m en NAP +10,0 m. Het streefpeil moet nog blijken uit de geohydrologische modelstudie, maar zal waarschijnlijk gelijk of lager worden dan NAP +9,15 m omdat er anders een extra peilgebied zal moeten worden gecreeërd [7]. De minimale grondwaterstand in het huidige peilgebied is NAP +8,70 m [8].
Hierin is de minimale waterstand van NAP +8,70 m maatgevend voor de stabiliteitsberekeningen.

2.4.2 Waterstand Erlecomse Waard

De winput in de Erlecomse Waard is verbonden met de Kaliwaal, en daarmee ook rivier de Waal. De waterstand die gebruikt wordt voor de zettingsvloeiing berekeningen is de mediane waterstand. Deze waterstand is geïnterpoleerd tussen Spijk (NAP +9,37 m) en Nijmegen Haven (NAP +7,70 m) [11]. Hierbij is uitgekomen op een waterstand van NAP +8,54 m voor de geometrische berekeningen.

2.5 Materiaalparameters

Het volumieke gewicht en de hoek van inwendige wrijving ten behoeve van de macrostabiliteitsberekening is overgenomen uit NEN9997-1, voor zand (los, matig en vast gepakt). Voor de rekenwaarde is een materiaalfactor van 1,2 (uit NEN9997-1) voor de hoek van inwendige wrijving toegepast.

Tabel 2-1: Eigenschappen zand (NEN9997-1)

	γ_n (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	φ' (°)	γ_ϕ (-)	φ'_{reken} (°)
Zand matig	18	20	32,5	1,2	28,0
Zand vast	19	21	35,0	1,2	30,3

Hierin is:

γ_n	*aardvochtig volumiek gewicht*
γ_{sat}	*verzadigd volumiek gewicht*
φ'	*representatieve waarde effectieve hoek van inwendige wrijving*
γ_φ	*modelfactor voor hoek van inwendige wrijving*
φ'_{reken}	*rekenwaarde waarde effectieve hoek van inwendige wrijving*

2.6 Verkeersbelasting

Er is een verkeersbelasting van 15 kN/m^2 over een lengte van 2,5 m toegepast in de macrostabiliteitsberekening. Dit is de maximale verwachtte belasting en komt overeen met ≥4 maximaal beladen zandauto's met 1 m onderlinge afstand [6]. Deze belasting is gezet op de scheiding van het maaiveld met de minimale waterstand van NAP +8,70 m (zie Bijlage 3 voor figuren). Deze belasting geldt enkel tijdens de uitvoering. In de toekomstige situatie zal er alleen aan de noordzijde landbouwkundig gebruik plaats vinden aansluitend aan de landbouwgrond, omdat aan de overige zijden tussen NAP +8 m en NAP +10 m rietmoeras wordt aangelegd. Om deze reden is dit een voldoende worstcase aannamen.

2.7 Programmatuur

De plas Ooijse Graaf is beoordeeld op macrostabiliteit met de software D-Stability v20.2.1. De methode Bishop is gebruikt, aangezien een cirkelvormig glijvlak wordt verwacht en er geen sprake is van opdrukken. Als uitgangspunt voor de stabiliteitsberekening is een maatgevend profiel genomen, gepresenteerd in Bijlage 1. Dit profiel is maatgevend vanwege de dieptste ontgraving (tot NAP -20 m).

Het risico op zettingsvloeiing is in Excel bepaald door de conusweerstand te plotten tegen de relatieve dichtheid bepaald met Baldi [5].

3 Resultaat beoordeling

Om te beoordelen bij welke taludhelling er veilig zand kan worden gewonnen, is er voor de zandwinplas Ooijse Graaf een beoordeling uitgevoerd op macrostabiliteit en zettingsvloeiing.
Van de Erlecomse Waard is geen grondonderzoek beschikbaar waardoor de stabiliteit en de dichtheid van de zandlagen niet kan worden bepaald. Daarom is voor het bepalen van de veilige taludhelling van de mogelijke zandwinplas daar enkel een geometrische benadering (paragraaf 3.2.3) uitgevoerd.

3.1 Macrostabiliteit

De geometrie (taludhelling 1:3) en de bodemopbouw zijn overgenomen uit de tekeningen van de nieuwe situatie (Bijlage 1) en de sonderingen (Bijlage 2). De berekende veiligheidsfactor met het model Bishop is 1,48. De glijcirkel is gepresenteerd in Bijlage 3. Dit is ruim meer dan de vereiste factor in de risicobeschouwing voor dit model van 1,30 [1], waardoor de zandwinput met een talud van 1:3 als stabiel is beoordeeld voor de gebruikersfase.

3.2 Zettingsvloeiing

Voor het beoordelen van de gevoeligheid voor bres- en verwekingsvloeiing (ofwel zettingsvloeiing) tijdens de ontgraving wordt gebruik gemaakt van de werkwijze van CUR 113, deel O, paragraaf 6.2.2.1 [1]. Voor het optreden van zettingsvloeiing moet volgens CUR 113 aan alle drie de criteria worden voldaan:
1. Er moet sprake zijn van een inleidend mechanisme.
2. Het zand moet verwekingsgevoelig zijn, dus voldoende losgepakt;
3. De taludgeometrie moet ongunstig zijn.

Om risico op het optreden van zettingsvloeiing uit te sluiten wordt geanalyseerd of minimaal aan één van de criteria niet wordt voldaan.

3.2.1 Inleidend mechanisme

Aangezien de ontgraving van de zandwinplas een inleidend mechanisme voor zettingsvloeiing kan zijn, wordt aan dit criteria voldaan.

3.2.2 Dichtheid zandlagen

Het gebied tussen 0,7 en 1,5 maal de putdiepte is het meest gevoelig voor verweking [1]. Uitgaande van een maaiveld op NAP +8 m (het punt waar de flauwe oevers overgaan in een 1:3 talud) en een bodemdiepte van NAP -20 m ligt dit verwekingsgevoelige gebied van NAP -11,6 m tot NAP -34 m. Indien de maximale reactiekracht van de sondeerinstallatie wordt bereikt op minstens 1,2 maal de putdiepte (NAP -25,6 m) kan geconcludeerd worden dat er geen zettingsvloeiing mogelijk is [10].

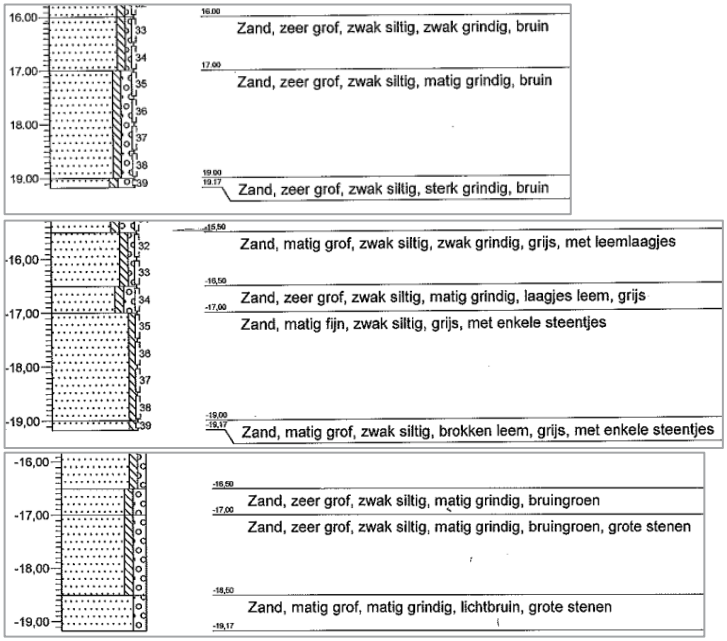
De conusweerstand van alle sonderingen en de lijn van de conusweerstand horend bij een relatieve dichtheid volgens Baldi [5] van 50% zijn zichtbaar in Bijlage 4. Vanuit de sonderingen blijkt dat het grootste gedeelte duidelijk uit vast zand bestaat. Bij een aantal sonderingen zijn los tot matig gepakte lagen van minder dan 1 meter aanwezig. Dit geeft geen risico voor vloeiing. Een samenvatting van de analyse van de sonderingen is opgenomen in Tabel 3-1. De risicovolle locaties worden hieronder behandeld. Losgepakte lagen minder dan 20 cm zijn niet in de tabel meegenomen.

Tabel 3-1 Risico op zettingsvloeiing door losgepakte laag per sondering

Sondering (naam)	Gesondeerde diepte (NAP+m)	Los gepakte lagen (NAP + m)	Laagdikte losgepakte laag (m)	Risico tot gesondeerde diepte (ja/nee)	Risico tot ontwerpdiepte NAP -20 m (ja/nee/mogelijk)
DKM1	-24	Tussen -17 en -18	<1	Nee	Mogelijk
DKM2	-20	Tussen -12,5 en -13,5 Tussen -16,5 en -18	<1 >1	Ja	Ja
DKM3	-22	Nee	-	Nee	Mogelijk
DKM4	0	-	-	Mogelijk	Mogelijk
DKM5	-20	Tussen -12,3 en -12,8	<1	Nee	Mogelijk
DKM6	-23	Tussen -17,5 en -17,7 Tussen -18,9 en -19,3 Tussen -19,7 en -20,3 Tussen -20,7 en -21,5	<1 <1 <1 <1	Nee	Mogelijk
DKM7	-21	Tussen -12,4 en -13,0 Tussen -16,3 en -16,6	<1 <1	Nee	Mogelijk
DKM8	-24	Nee	-	Nee	Mogelijk
DKM1-NIEUW	-10	Tussen -5,5 en -6,0 Tussen -7,0 en -7,3 Tussen -7,6 en -8,5 Tussen -8,7 en -8,9	<1 <1 <1 <1	Nee	Mogelijk
DKM2-NIEUW	-24	Tussen -18,7 en -19,0 Tussen -19,3 en -19,6 Tussen -20,0 en -20,3 Tussen -21,1 en -22,4 Tussen -22,5 en -22,7	<1 <1 <1 >1 <1	Ja	Ja
DKM1-V2	-26	Tussen 1,5 en 0,5 Tussen -5,8 en -6,4 Tussen -6,5 en -7,9 Tussen -8,8 en -9,7 Tussen -10,8 en -11,1 Tussen -14,9 en -15,9 Tussen -16,1 en -16,8 Tussen -18,7 en -19,5	<1 <1 >1 <1 <1 <1 <1 <1	Ja	Ja
DKM2-V2	-35	Tussen 4,0 en 3,6 Tussen -0,1 en -1,0 Tussen -8,2 en -8,5	<1 <1 <1	Nee	Nee
DKM3-V2	-27	Tussen 3,3 en 2,4 Tussen -0,5 en -0,9 Tussen -5,2 en -5,9 Tussen -7,0 en -7,5 Tussen -17,7 en -18,4 Tussen -18,5 en -19,1 Tussen -19,5 en -20,5 Tussen -20,7 en -21,2 Tussen -22,8 en -23,3 Tussen -23,3 en -23,6	<1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1	Nee	Nee
DKM4-V2	-35	Tussen 3,0 en 2,4 Tussen -0,1 en -0,5 Tussen -20,0 en -20,2	<1 <1 <1	Nee	Nee

3.2.2.1 DKM2

Bij sondering DKM2 is volgens de relatieve dichtheid-bepaling van Baldi een los/matig gepakte laag van 1,5 m aanwezig. De drie boringen (B6, B7 en B8) rondom deze sondering geven allen zeer/matig grof of matig fijn zand (zwak siltig) aan op deze diepte zonder kleiige of humeuze lagen (zie Figuur 3-1 en voor locaties Figuur 2-1). Op deze diepte, van NAP -16,5 m tot -18,0 m, is dus rond sondering DKM2 zettingsvloeiing niet uit te sluiten.



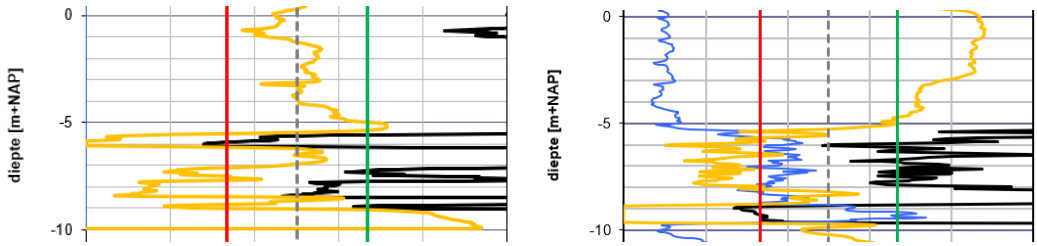
Figuur 3-1 Boringen B6, B7 en B8 (van boven naar beneden)

3.2.2.2 DKM2-NIEUW

Sondering DKM2-NIEUW is tot een diepte van NAP -23,5 m gekomen. Een risicovolle laag (dikte 1,3 m >1 m) is hier van NAP -21,1 m tot NAP -22,4 m aanwezig. Dit is nét onder de te graven diepte van NAP -20,0 m. Door trillingen van het materieel kan vloeiing alsnog geïnitieerd worden, waardoor dit een risico vormt.

3.2.2.3 DKM1-V2

Sondering DKM1-V2 is op ongeveer dezelfde locatie gezet als sondering DKM1-NIEUW. Beide sondeergrafieken tonen een matig tot losgepakte laag tussen NAP -5,3 m en NAP -8,5 m. Bij DKM1-NIEUW (linker figuur) is de relatieve dichtheid (gele lijn) echter rond de NAP -7 m hoger dan 50% (rode lijn) waardoor de losgepakte lagen onderbroken worden. Bij DKM1-V2 (rechter figuur) is dit niet het geval en zit er een losgepakte laag van 1,4 m dik tussen NAP -6,5 m en NAP -7,9 m. Dit is risicovol voor verweking.



Figuur 3-2 Sondering DKM1-NIEUW (links) en DKM1-V2 (rechts) uitgezet tegen relatieve dichtheid waarin links van rode lijn losgepakt zand is

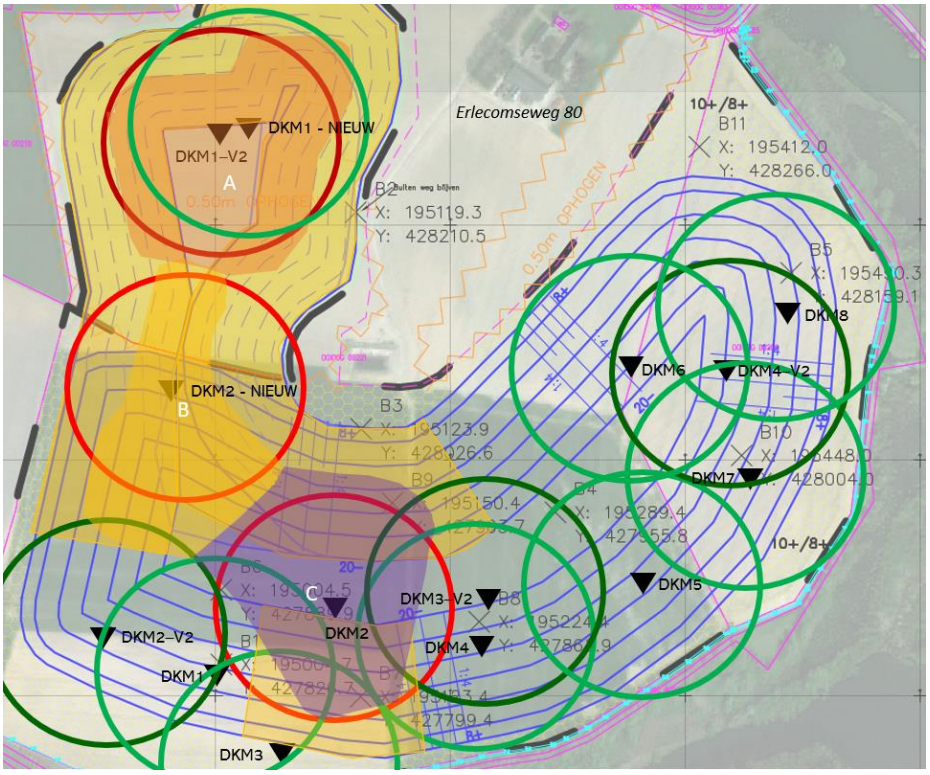
3.2.2.4 Sonderingen met mogelijk risico

Voor acht sonderingen is geconcludeerd dat hier een ‘mogelijk’ risico is voor verwekingsvloeiing. Dit houdt verband met de diepte die is bereikt met de sonderingen. Aangezien verwekingsvloeiing op grotere diepten niet zijn uit te sluiten wordt de bodemopbouw overgenomen van de dichtsbijzijnste diepe sondering (V2). In de sonderingen is te zien dat de vier diepe sonderingen onder de NAP -20 m ongeveer dezelfde bodemopbouw tonen met enkel vaste lagen. Geconcludeerd kan worden is dat op een grote diepte de ondergrond vast genoeg is voor zettingsvloeiing.

Sondering	Bodemopbouw grote diepte; van sondering
DKM1	DKM2-V2
DKM2	DKM3-V2
DKM3	DKM2-V2
DKM4	DKM3-V2
DKM5	DKM4-V2
DKM6	DKM4-V2
DKM7	DKM4-V2
DKM8	DKM4-V2
DKM1-NIEUW	DKM1-V2
DKM2-NIEUW	DKM1-V2 en DKM2-V2

3.2.2.5 Gebieden met risico op zettingsvloeiing, o.b.v. pakkingsdichtheid

De begrenzingen van de gebieden met een risico op zettingsvloeiing en de bijbehorende taluddelen (geel gearceerd) zijn aangeduid in Figuur 3-3.



Figuur 3-3 Verwekingsgevoelige locaties (A, B en C) op basis van geanalyseerde sonderingen. De groene cirkels geven aan dat er geen risicovolle losgepakte zandlagen in een sondering aanwezig waren, rode cirkels geven aan dat er wel losgepakte lagen aanwezig waren

In gebied A is er risico op zettingsvloeiing tussen NAP -6,5 m en NAP -7,9 m.
In gebied B is het gebied op een diepte tussen ongeveer NAP -21 m en NAP -22,5 m risicovol. In het zuidoosten van B loopt deze zettingsgevoelige laag op naar een hoogte tussen de NAP -16,5 m en NAP -18,0 m. Op deze hoogte bevindt zich in gebied C de laag met licht verhoogd risico op zettingsvloeiing.
De verwekingsgevoelige lagen zijn nader beschouwd op basis van een geometrische toets, om een veilige ontgravingshelling te bepalen.

3.2.3 Geometrische benadering

3.2.3.1 Ooijse Graaf Erlecom

Met de geometrische toets wordt de minimale taludhelling bepaald waarbij er geen zettingsvloeiing kan optreden. Als het talud van de ontgraving gelijk of flauwer is dan de berekende taludhelling zullen verwekingsgevoelige lagen van maximaal 3 m geen risico zijn. Dit wordt berekend volgens CUR113 [1] met onderstaande formules.

$$\alpha_r = 1{:}4 * \left(\frac{H_r}{30}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$H_r = H_{onder\ water} + H_{boven\ water} * \frac{\gamma_{dry}}{\gamma_{sat} - \gamma_{water}}$$

Met

α_r:	Taludhelling [-]
H_r:	Fictieve kruinhoogte [m NAP]
$H_{onder\ water}$:	Hoogte taluddeel onder water [m]
$H_{boven\ water}$:	Hoogte taluddeel boven water [m]
γ_{dry}:	Dichtheid droog zand [kN/m^3]
γ_{nat}:	Dichtheid nat zand [kN/m^3]

De berekening van de geometrische toets leidt tot veilige helling van 1:4 (zie Figuur 3-4). De berekende minimale taludhelling is flauwer dan de taludhelling van 1:3 in het ontwerp van de toekomstige zandwinput. De zandwinput met een helling van 1:3 is dus volgens de geometrische toets gevoelig voor zettingsvloeiing.

Projectnummer:	51005718
Project	Zandwinning Erlecom stabiliteitsberekeningen
Betreft:	Rekenputdiepte en rekentaludhelling

SWECO

bodem_put	-20,00	*m+NAP*
maaiveld	10,00	*m+NAP*
waterstand	8,70	*m+NAP*
H_ow	28,70	*m*
H_bw	1,30	*m*
y_bov	18,00	*kN/m³*
y_nat	20,00	*kN/m³*
y_water	9,81	*kN/m³*
Hr	31,00	*m*
fictief maaiveld	11,00	*m+NAP*
α_r	0,247	*rad*
α_r 1 op	4,044	*m*

$$H_R = H_{onder\ water} + H_{boven\ water} \cdot \frac{\gamma_{boven\ water}}{\gamma_{verzadigde\ grond} - \gamma_{water}}$$

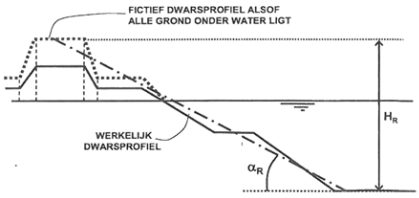


Fig. 6.2 Fictief onderwater dwarsprofiel; definitie van rekenputdiepte H_R en rekentaludhelling α_R

3. Er wordt een combinatie van het *verwekingsgevoeligheid-criterium* en het *geometrie-criterium* beschouwd. De maximaal toelaatbare dikte van de lagen met een relatieve dichtheid kleiner dan 50%, is vergroot tot 3 m en het geometriecriterium is verruimd tot de eis dat de rekentaludhelling α_R flauwer moet zijn dan $1 : 4 \cdot (H_R/30m)^{1/3}$.

Figuur 3-4 Geometrische toets zettingsvloeiing zandwinput Ooijse Graaf

3.2.3.2 Erlecomse Waard

Aangezien zonder grondonderzoek de kans op verweking door losgepakte zandlagen niet kan worden bepaald wordt enkel het geometrie-criterium beschouwd. Volgens de CUR 113 is de kans op zettingsvloeiing verwaarloosbaar als de rekentaludhelling α_r flauwer is dan:

$$\alpha_r = 1{:}7 * \left(\frac{H_r}{30}\right)^{\frac{1}{3}}$$

De veilige helling is afhankelijk van de toekomstige diepte van de zandwinplas. Onderstaande tabel toont de helling waarvoor geen zettingsvloeiing zal optreden voor verschillende diepten. Hierbij is uitgegaan van een maaiveldhoogte van NAP +10,5 m).

Tabel 3-2 Veilige taludhelling voor zettingsvloeiing op basis van het geometrie-criterium voor verschillende diepten van de zandwinplas in de Erlecomse Waard

Diepte put (m)	**Bodem put (NAP + m)**	**Veilige helling**
25	-14,5	1:6,8
20	-9,5	1:6,3
15	-4,5	1:5,8
10	0,5	1:5,1

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Resultaat berekeningen

4.1.1 Erlecom Ooijse Graaf

In de uitvoeringsfase kan het risico op zettingsvloeiing niet volledig worden uitgesloten. Op basis van de analyse is op enkele locaties een risico op het optreden van zettingsvloeiing geconstateerd wanneer het ontwerp wordt aangehouden met een gehele winbak met een taludhelling van 1:3. Door de resultaten van alle sonderingen te combineren zijn de verwekingsgevoelige locaties begrensd (zie Figuur 3-3). Er is een verhoogd risico op verwekingsvloeiing op de volgende locaties:

- Sondering DKM2 met de verwekingsgevoelige laag tussen NAP -16,5 m en NAP -18,0 m;
- Sondering DKM2-NIEUW met de verwekingsgevoelige laag tussen NAP -21,0 m en NAP -22,5 m;
- Sondering DKM1-V2 met een verwekingsgevoelige laag tussen NAP -6,5 m en NAP -7,9 m.

De geometrische toets toont aan dat de zandwinput niet gevoelig is voor verwekingsvloeiing bij het hanteren van een helling van 1:4 of flauwer. Het risico op het optreden van zettingsvloeiing voor zettingsgevoelige lagen tot een dikte van 3 m wordt dan verwaarloosbaar. De sonderingen tonen enkel zettingsgevoelige lagen tot 1,5 m dik.

4.1.2 Erlecomse Waard

Aangezien de bodemopbouw in het voorland onbekend is moet het strenge geometrie-criterium worden gebruikt voor de beoordeling. Dit geometrie-criterium leidt tot flauwe taludhellingen, welke veilig zijn voor zettingsvloeiing. Voor een diepte van de put van 25 m moet de taludhelling 1:6,8 zijn om het risico op zettingsvloeiing te vermijden. Voor 20 m diep is dit 1:6,3; voor 15 m diep is dit 1:5,8 en voor 10 m diep is dit 1:5,1.

4.2 Aanbevelingen voor het ontwerp en de uitvoering

Voor de zandwinplas te Ooijse Graaf kan het risico op zettingsvloeiing worden uitgesloten wanneer de taludhellingen onder de gele vlakken in Figuur 3-3 met een helling van 1:4 worden ontgraven in plaats van met 1:3. Een taludhelling van 1:3 kan dus niet in de gehele zandwinplas.
Op basis van deze bevindingen is de winbak aangepast zoals weergegeven in Bijlage 1. Deze winbak met aangepaste taludhellingen voldoet aan de eisen volgens CUR113.

De sonderingen DKM1-V2 (van NAP +2,0 m tot NAP +0,5 m en NAP -8,7 m tot NAP -9,6 m), DKM3-V2 (van NAP -18,0 m tot NAP -24,0 m zandige klei) en DKM2 (van NAP -11,0 m tot NAP -13,5 m zandige klei) tonen aan dat er in het gebied ook kleilagen van dikker dan 0,5 m aanwezig zijn. De CUR113 schrijft voor dat deze met geschikt materieel verwijderd dienen te worden.

Voor de Erlecomse Waard geldt dat de beoogde bodemdiepte de veilige taludhelling zal bepalen.

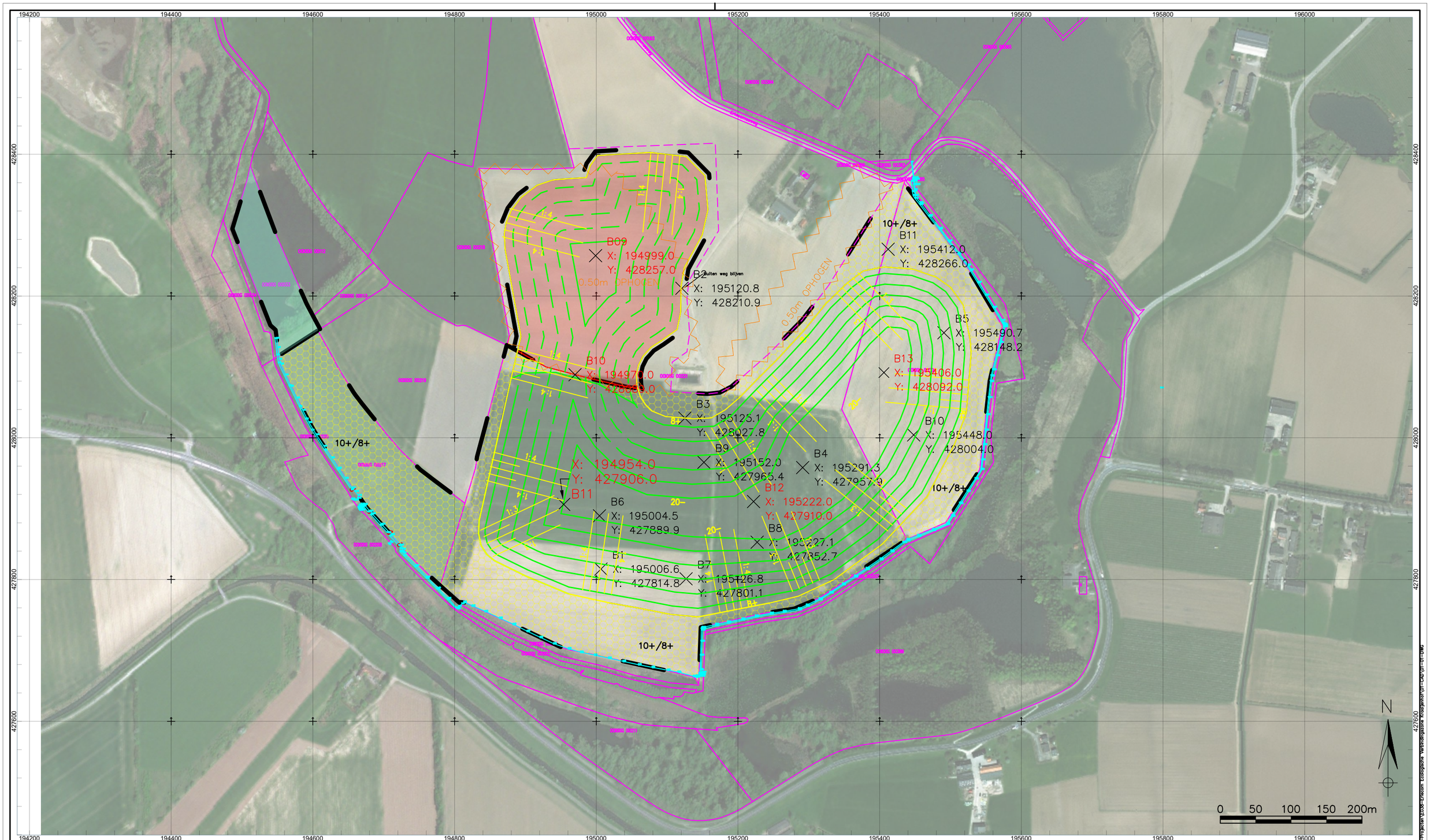
5 Referenties

[1] CUR-aanbeveling 113 - Oeverstabiliteit bij zandwinputten. CUR bouw & infra, 2008.
[2] NEN9997-1, Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels (2016)
[3] Boringen Fugro 2008, Kraaijenhof, 6008-0195-000
[4] Geotechnisch grondonderzoek aan de Erlecomseweg te Erlecom, Veldwerkbureau, 7 juli 2021, Projectnummer: 104363-51005718
[5] Baldi, G.E.A., Design parameters for sands from CPT, Proceedings 2nd European Symposium on penetration Testing, Amsterdam, 1982.
[6] KPR sheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit, 28-7-2016
[7] Gebiedsontwikkelling Ooijse Graaf Hydrologsiche modelstudie, Witteveen&Bos
[8] Peilbesluiten en polderpeil Waterschap Rivierenland, GIS, 18-11-2021
[9] Zandwinput Erlecom Rapportage geotechnisch onderzoek, Fugro, projectnr. 2421-197355, documentnr. 2421-197355-21-R01, Definitief, 28-09-2021
[10] Notitie stabiliteit verdieping bestaande zandwinput Valburg, Sweco, Projectnummer: 361011, Referentienummer: SWNL0268729, 12-11-2020
[11] Tienjarig overzicht 1981-1990 : presentatie van afvoeren, waterstanden, watertemperaturen, golven en kustmetingen, Rijkswaterstaat, 01-01-1994
[12] Notitie Reikwijdte en Detailniveau Ooijse Graaf — klimaatbuffer, natuurbeleving en vergroten rietmoeras door middel van zandwinning, K3Delta, Concept, 19-08-2021

Verantwoording

Titel	Stabiliteitsbepaling zandwinplas Erlecom Ooijse Graaf en Erlecomse Waard
Projectnummer	51001857
Referentienummer	SWNL0274811 Notitie Zandwinning Erlecom D2.0.docm
Revisie	Definitief 2.0
Datum	19-11-2021
Auteur	Martine Stam
E-mailadres	Martine.stam@sweco.nl
Gecontroleerd door	Maurits Kampen
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Arjen van den Ouden
Paraaf goedgekeurd	

Bijlage 1 Nieuwe situatie Ooijse Graaf na zandwinning



KADASTRALE GRENS EN PERCEELAANDUIDING
(kadata 2010)

CONTOURLIJNEN WINNING
(Hoogten in m tov NAP)

CONTOURLIJNEN TIJDELIJKE WINNING
(Hoogten in m tov NAP)

ZANDPLAS
Ca. 8m+NAP / 20m-NAP
20,8 Ha

BUITENGRENS

VERLAAGD AANGELEGDE NATUUROEVERS (gemiddeld Ca. 1m onder maaiveld)
Ca. 10m+NAP / 8m+NAP
10,8 Ha

NATUUR NOORD-WESTELIJKE PERCEEL
?NAP
1,2 Ha

TIJDELIJKE WINNING, OPLEVEREN ALS LANDBOUWGROND
Tijdelijke winning tot Ca. 20m-NAP
7,5 Ha

Opleveren op 0,50m boven huidig maaiveld
Ca. 10,50m+NAP
9,0 Ha

Splitsing perceel

INSTEEK EN BODEM ZUIDELIJKE WATERGANG
(meting 2008)

Boringen 27-10-21

Talud

Project	: E038 | Erlecom Ecologische Verbindingszone Kraaijenhof	Datum	: 18-11-2021
Onderdeel	: Technische tekening zandwinning	Getekend	: EDV
Afdeling	: Gebiedsontwikkeling	Schaal	: 1:5.000
Opmerking(en)	: Coördinaatsysteem RD (x,y) en NAP (z) Maten in meters, tenzij anders vermeld	Status	: Concept
		Formaat	: A3
Bestand	: E038-210225-verschuiven winbak-Rev04.dwg	Blad	: 1 van 1

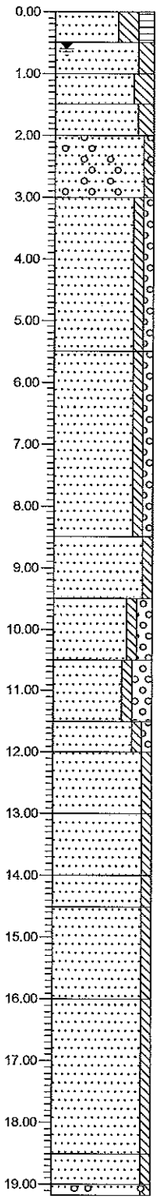
03			
02			
01			
Rev00	18-11-2021	EDV	----

C:\Users\emmerv\OneDrive - Deltares\Documenten\Werkmap - TK - Generiek\01-Projecten\E038-Erlecom Ecologische Verbindingszone Kraaijenhof\01-CAD\01-01-Dwg

Bijlage 2 Locaties en sondeergrafieken sonderingen

Boring: b1 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.00 Zand, matig fijn, sterk siltig, matig humeus, brokken leem, donkerbruin

0.50 Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin

1.00 Zand, matig fijn, sterk siltig, lichtbruin

1.50 Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin

2.00 Zand, matig grof, zwak siltig, sporen grind, lichtbruin

3.00 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin

5.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin

8.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, lichtbruin

9.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, lichtbruin

10.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, lichtbruin

11.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin

12.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, laagjes leem, lichtbruin

13.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, lichtgrijs

14.00 Zand, matig grof, zwak siltig, grijs

14.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs

16.00 Zand, matig grof, zwak siltig, grijs

18.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs

19.00 Zand, matig grof, zwak siltig, sporen grind, grijs

19.17

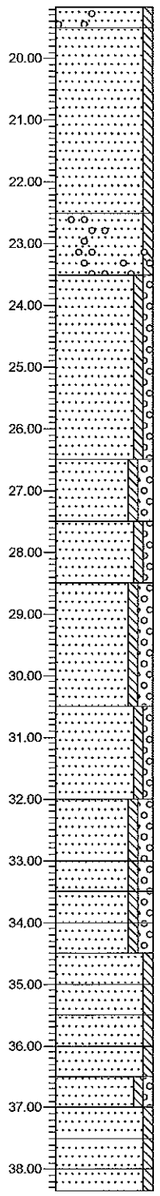
Uitvoering: 24-04-2008 X: Y: MV (m tov NAP): GWS (cm tov MV): 60 GHG (cm tov MV): GLG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP): Boormeester:

kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**

Boring: b1 - 2 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



19.17
19.50 Zand, matig grof, zwak siltig, sporen grind, grijs
Zand, matig grof, zwak siltig, grijs

22.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, sporen grind, brokken leem, grijs

23.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

26.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

27.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

28.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

30.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

32.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

33.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs
33.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs
34.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, brokken leem, grijs
34.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
35.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
35.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
36.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
36.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, brokken leem, grijs
37.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
37.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
38.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
38.34

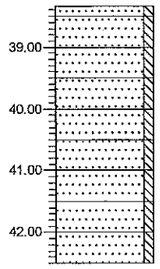
Uitvoering: 24-04-2008 X: MV (m tov NAP): GHG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP):
Y: GWS (cm tov MV): 60 GLG (cm tov MV): Boormeester:

kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**

Boring: b1 - 3 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



38.34 / 38.50	Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
39.00	Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
39.50	Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
40.00	Zand, matig grof, zwak siltig, grijs
40.50	Zand, matig grof, zwak siltig, grijs
41.00	Zand, matig grof, zwak siltig, grijs
41.50	Zand, matig grof, zwak siltig, brokken leem, grijs
42.00	Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs
42.50	Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs

Uitvoering: 24-04-2008

X:
Y:

MV (m tov NAP):
GWS (cm tov MV): 60

GHG (cm tov MV):
GLG (cm tov MV):

Bk PB (m tov NAP):
Boormeester:

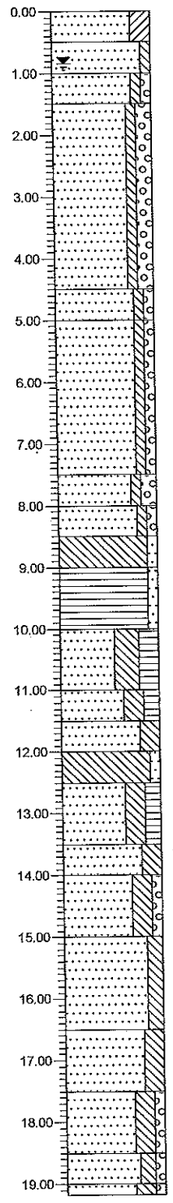
kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119

6008-0195-000

Boring: b4 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.00 Zand, matig fijn, kleïg, bruin
0.50 Zand, matig grof, zwak siltig, bruin
1.00 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
1.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

4.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
5.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin

7.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin
8.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs, met leemlaagjes
8.50 Leem, zwak zandig, grijs
9.00 Veen, zwak zandig, bruin

10.00 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, sterk humeus, bruingrijs

11.00 Zand, zeer fijn, sterk siltig, matig humeus, bruin
11.50 Zand, zeer fijn, sterk siltig, bruingrijs, met leemhoudende laagjes
12.00 Leem, vast, zwak zandig, grijs, met zandhoudende laagjes
12.50 Zand, zeer fijn, sterk siltig, matig humeus, grijsbruin, met leemlaagjes

13.50 Zand, matig grof, sterk siltig, grijsbruin, met leemlaagjes
14.00 Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak grindig, bruingrijs

15.00 Zand, matig grof, matig siltig, bruin

16.50 Zand, matig fijn, sterk siltig, bruin

17.50 Zand, matig grof, sterk siltig, zwak grindig, bruin

18.50 Zand, matig grof, matig siltig, zwak grindig, bruin
19.00 Zand, matig grof, sterk siltig, zwak grindig, bruin, met leemlaagjes
19.17

Uitvoering: 23-04-2008 X: Y: MV (m tov NAP): GWS (cm tov MV): 84 GHG (cm tov MV): GLG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP): Boormeester:

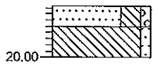
kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**

Boring: b4 - 2

Veldclassificatie

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



19.17
19.50 Zand, matig grof, sterk siltig, zwak grindig, bruin, met leemlaagjes
20.00 Leem, vast, zwak zandig, grijs, met zandlaagjes, met zandlaagjes

Uitvoering: 23-04-2008	X:	MV (m tov NAP):	GHG (cm tov MV):	Bk PB (m tov NAP):
	Y:	GWS (cm tov MV): 84	GLG (cm tov MV):	Boormeester:

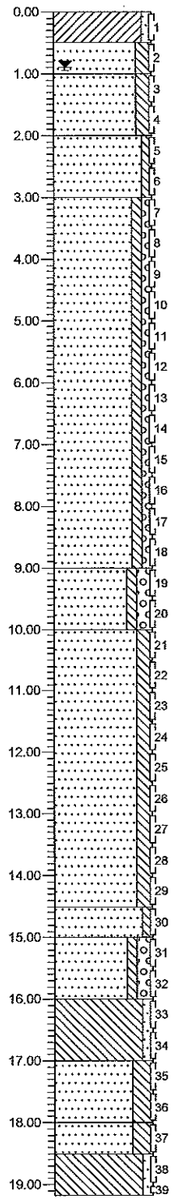
kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119

6008-0195-000

Boring: B2 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.00 Klei, zwak zandig, donkerbruin

0.50 Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin

1.00 Zand, matig fijn, matig siltig, brokken leem, lichtbruin

2.00 Zand, matig fijn, zwak siltig, brokken leem, lichtbruin

3.00 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin

9.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, laagjes leem, bruin

10.00 Zand, matig grof, matig siltig, bruin

14.50 Zand, matig grof, zwak siltig, bruin

15.00 Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, laagjes leem, bruin

16.00 Leem, vast, zwak zandig, grijs, met zandhoudende laagjes

17.00 Zand, zeer fijn, sterk siltig, grijs

18.00 Zand, zeer fijn, sterk siltig, laagjes leem, grijs

18.50 Leem, vast, zwak zandig, grijs, met zandhoudende laagjes

19.17

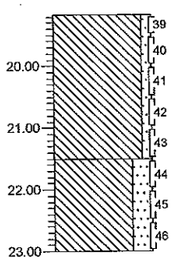
Uitvoering: 06-05-2008 X: MV (m tov NAP): GHG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP):
Y: GWS (cm tov MV): 90 GLG (cm tov MV): Boormeester:

kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**

Boring: B2 - 2 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



19.17
Leem, vast, zwak zandig, grijs, met zandhoudende laagjes

21.50
Leem, vast, sterk zandig, grijs, met zandhoudende laagjes

23.00

Uitvoering: 06-05-2008 X: Y: MV (m tov NAP): GWS (cm tov MV): 90 GHG (cm tov MV): GLG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP): Boormeester:

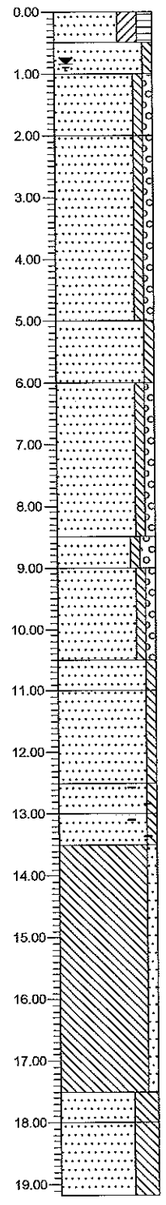
kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119

6008-0195-000

Boring: B3 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.00 Zand, matig fijn, kleïg, matig humeus, grijsbruin
0.50 Zand, matig grof, zwak siltig, lichtbruin
1.00 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin
2.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin
5.00 Zand, matig grof, zwak siltig, lichtbruin
6.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin, grote stenen
8.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, lichtbruin, grote stenen
9.00 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, lichtbruin
10.50 Zand, matig grof, zwak siltig, brokken leem, lichtbruin
11.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, geelbruin
12.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, resten hout, donkergrijs
13.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, resten hout, brokken leem, donkergrijs
13.50 Leem, matig vast, zwak zandig, grijs
17.50 Zand, uiterst fijn, matig vast, uiterst siltig, brokken leem, grijs
18.00 Zand, uiterst fijn, matig vast, uiterst siltig, grijs
19.17

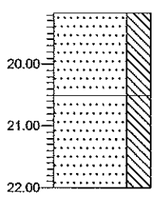
Uitvoering: 05-05-2008	X:	MV (m tov NAP):	GHG (cm tov MV):	Bk PB (m tov NAP):
	Y:	GWS (cm tov MV): 84	GLG (cm tov MV):	Boormeester:

kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**

Boring: B3 - 2 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



19.17
Zand, uiterst fijn, matig vast, uiterst siltig, grijs

20.50
Zand, uiterst fijn, matig vast, uiterst siltig, brokken leem, grijs

22.00

Uitvoering: 05-05-2008	X:	MV (m tov NAP):	GHG (cm tov MV):	Bk PB (m tov NAP):
	Y:	GWS (cm tov MV): 84	GLG (cm tov MV):	Boormeester:

Boring: b5 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV)	Monsternr.	Bodembeschrijving volgens NEN 5104
0.00		
		Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak humeus, zwak grindig, bruin
0.50		
		Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
1.00		
		Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
1.50		
		Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
3.00		
		Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
6.00		
		Zand, matig grof, zwak siltig, bruin
7.00		
		Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, bruin
8.50		
		Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
10.00		
		Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin
11.00		
		Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, bruingeel
12.50		
		Zand, matig fijn, matig siltig, zwak grindig, bruingeel
13.50		
		Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruingeel
14.00		
		Zand, matig grof, matig siltig, zwak grindig, bruingeel
15.00		
		Zand, matig fijn, matig siltig, bruingeel
15.50		
		Zand, matig fijn, matig siltig, bruin
16.50		
		Zand, matig fijn, matig siltig, bruin, met leemhoudende laagjes
17.00		
		Zand, matig fijn, matig siltig, bruin, met leemhoudende laagjes
17.50		
		Zand, matig grof, matig siltig, bruin
18.00		
		Zand, matig grof, zwak siltig, bruin
19.17		

Uitvoering: 18-04-2008

X:
Y:

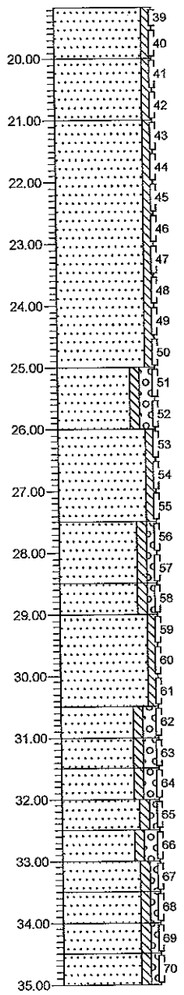
MV (m tov NAP):
GWS (cm tov MV): 56

GHG (cm tov MV):
GLG (cm tov MV):

Bk PB (m tov NAP):
Boormeester:

Boring: b5 - 2 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



19.17 Zand, matig grof, zwak siltig, bruin

20.00 Zand, matig grof, zwak siltig, bruin, met leemhoudende laagjes

21.00 Zand, matig grof, zwak siltig, grijs

25.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

26.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs .

27.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

28.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

29.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, grijs

30.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

31.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

31.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

32.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

32.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

33.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

33.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

34.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

34.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

35.00

Uitvoering: 18-04-2008

X:
Y:

MV (m tov NAP):
GWS (cm tov MV): 56

GHG (cm tov MV):
GLG (cm tov MV):

Bk PB (m tov NAP):
Boormeester:

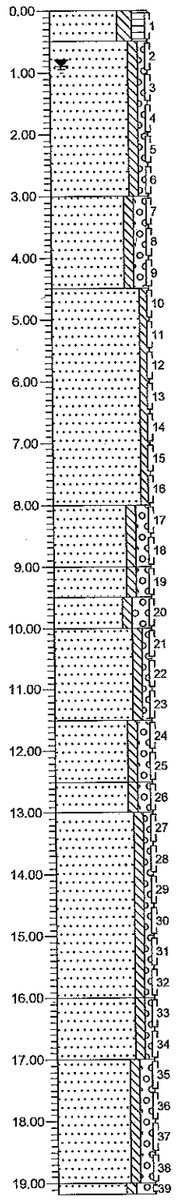
kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119

6008-0195-000

Boring: B6 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.00
Zand, matig grof, matig siltig, matig humeus, bruinzwart, met kleilaagjes
0.50
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin

3.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

4.50
Zand, matig grof, zwak siltig, bruin

8.00
Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

9.00
Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, bruin, met stenen
9.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, bruin, met stenen
10.00
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin

11.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

12.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, laagjes leem, bruingrijs
13.00
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs

16.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin

17.00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

19.00
19.17
Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, bruin

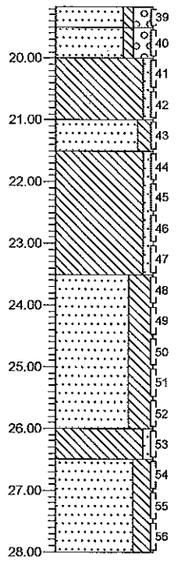
Uitvoering: 14-05-2008 X: MV (m tov NAP): GHG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP):
Y: GWS (cm tov MV): 90 GLG (cm tov MV): Boormeester: jbd

kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**

Boring: B6 - 2 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



19.17
19.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, bruin
20.00 Zand, uiterst grof, zwak siltig, sterk grindig, grijs, met stenen
Leem, vast, zwak zandig, grijs
21.00
Zand, zeer fijn, matig siltig, laagjes leem, grijs
21.50 Leem, vast, zwak zandig, grijs, met zandhoudende laagjes
23.50
Zand, zeer fijn, uiterst siltig, grijs, met leemlagen
26.00
Leem, vast, zwak zandig, grijs, met zandhoudende laagjes
26.50 Zand, zeer fijn, sterk siltig, grijs
28.00

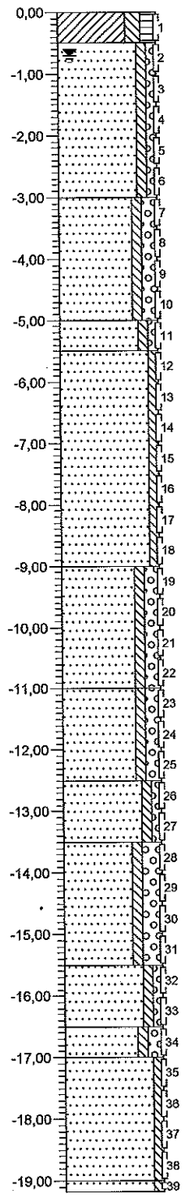
Uitvoering: 14-05-2008 X: MV (m tov NAP): GHG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP):
Y: GWS (cm tov MV): 90 GLG (cm tov MV): Boormeester: jbd

kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**

Boring: B7 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov NAP) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104 jbd



0,00
Klei, matig siltig, matig humeus, bruinzwart
-0,50
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin, met leemlaagjes

-3,00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

-5,00
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin
-5,50
Zand, matig grof, zwak siltig, bruin

-9,00
Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

-11,00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin, met stenen

-12,50
Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs, met leemlaagjes

-13,50
Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, grijs, met stenen

-15,50
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, grijs, met leemlaagjes

-16,50
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, laagjes leem, grijs
-17,00
Zand, matig fijn, zwak siltig, grijs, met enkele steentjes

-19,00
-19,17
Zand, matig grof, zwak siltig, brokken leem, grijs, met enkele steentjes

Uitvoering: 16-05-2008 X: MV (m tov NAP): GHG (cm tov MV):
Y: GWS (cm tov MV): 70 GLG (cm tov MV):

Boormeester: jpj

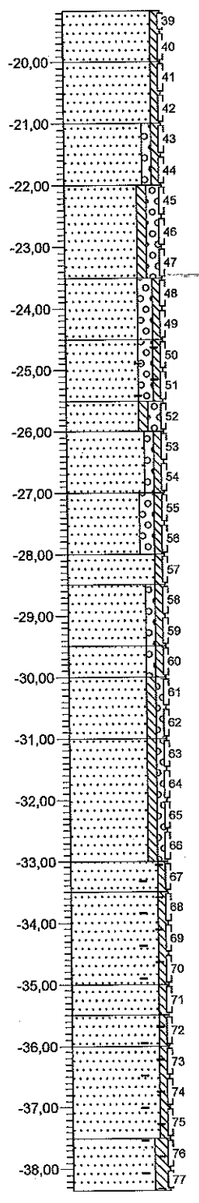
BORING VOLGENS NEN 5119

6008-0195-000

kraaienhof

Boring: B7 - 2 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov NAP) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104 jbd



-19,17 Zand, matig grof, zwak siltig, brokken leem, grijs, met enkele steentjes

-20,00 Zand, matig fijn, zwak siltig, grijs

-21,00 Zand, matig grof, zwak grindig, zwak siltig, grijs

-22,00 Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

-23,50 Zand, zeer grof, matig grindig, zwak siltig, grijs

-24,50 Zand, zeer grof, matig grindig, zwak siltig, resten hout, grijsbruin

-25,50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijsbruin

-26,00 Zand, zeer grof, zwak grindig, zwak siltig, grijsbruin

-27,00 Zand, uiterst grof, matig grindig, zwak siltig, grijsbruin, met grote keien

-28,00 Zand, uiterst grof, zwak siltig, grijsbruin

-28,50 Zand, matig grof, zwak grindig, zwak siltig, grijsbruin

-29,50 Zand, zeer grof, zwak grindig, zwak siltig, grijsbruin

-30,00 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, brokken leem, grijsbruin

-31,00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, brokken leem, grijsbruin

-33,00 Zand, zeer grof, zwak siltig, resten hout, grijsbruin, + enkele steentjes

-33,50 Zand, matig grof, zwak siltig, resten hout, grijsbruin, +enkele steentjes

-35,00 Zand, matig grof, zwak siltig, resten veen, grijsbruin

-35,50 Zand, matig grof, zwak siltig, resten hout, resten veen, brokken leem, grijsbruin, + enkele steentjes en verkit zand

-36,00 Zand, matig fijn, zwak siltig, resten hout, grijs, verkit zand

-37,50 Zand, matig fijn, matig siltig, resten hout, grijs

-38,34

Uitvoering: 16-05-2008 X: Y: MV (m tov NAP): GWS (cm tov MV): 70 GHG (cm tov MV): GLG (cm tov MV):

BORING VOLGENS NEN 5119

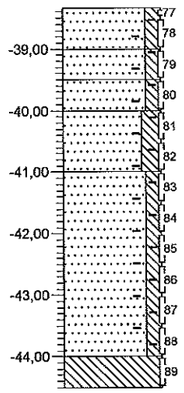
Boormeester: jpj

6008-0195-000

kraaienhof

Boring: B7 - 3 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov NAP) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104 jbd



-38,34
Zand, matig fijn, matig siltig, resten hout, grijs
-39,00
Zand, matig fijn, matig siltig, resten hout, brokken leem, grijs
-39,50
Zand, zeer fijn, matig siltig, resten hout, laagjes leem, grijs
-40,00
Zand, zeer fijn, sterk siltig, resten hout, laagjes leem, grijs
-41,00
Zand, uiterst fijn, matig siltig, resten hout, laagjes leem, bruingrijs
-44,00
Leem, vast, resten veen, bruingrijs
-44,50

Uitvoering: 16-05-2008 X: MV (m tov NAP): GHG (cm tov MV):
Y: GWS (cm tov MV): 70 GLG (cm tov MV):

BORING VOLGENS NEN 5119

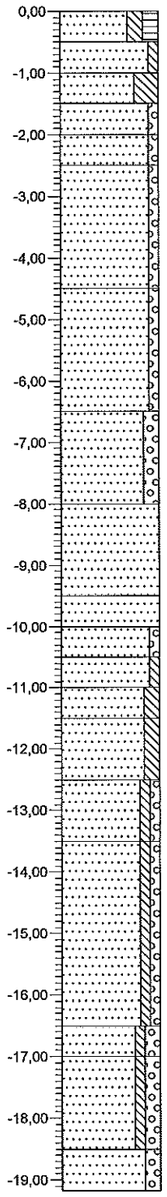
Boormeester: jpj

6008-0195-000

kraaienhof

Boring: B8 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov NAP) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104 jbd



0,00
Zand, zeer fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
-0,50
Zand, matig fijn, zwak siltig, lichtbruin
-1,00
Zand, zeer fijn, uiterst siltig, lichtbruin-grijs
-1,50
Zand, matig fijn, zwak grindig, lichtbruin
-2,00
Zand, matig grof, zwak grindig, lichtbruin
-2,50
Zand, zeer grof, zwak grindig, lichtbruin

-4,50
Zand, matig grof, zwak grindig, lichtbruin

-6,50
Zand, zeer grof, matig grindig, lichtbruin

-8,00
Zand, matig grof, lichtbruin

-9,50
Zand, zeer grof, lichtbruin
-10,00
Zand, matig grof, zwak grindig, lichtbruin, grote stenen
-10,50
Zand, matig grof, zwak siltig, brokken leem, lichtbruin-groen, grote stenen
-11,00
Zand, matig grof, matig siltig, bruingroen
-11,50
Zand, matig fijn, matig siltig, bruingroen

-12,50
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, bruingroen

-13,50
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, bruingroen

-16,50
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruingroen
-17,00
Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruingroen, grote stenen

-18,50
Zand, matig grof, matig grindig, lichtbruin, grote stenen
-19,17

Uitvoering: 22-05-2008 X: MV (m tov NAP): GHG (cm tov MV):
Y: GWS (cm tov MV): GLG (cm tov MV):

BORING VOLGENS NEN 5119

Boormeester: jpj

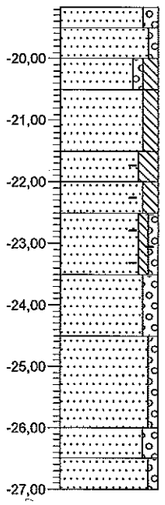
6008-0195-000

kraaienhof

Boring: B8 - 2

Veldclassificatie

Diepte (m tov NAP) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104 jbd



-19,17

-19,50 Zand, matig grof, matig grindig, lichtbruin, grote stenen

-20,00 Zand, matig fijn, zwak grindig, lichtbruin, grote stenen

-20,50 Zand, zeer fijn, zwak grindig, matig siltig, lichtbruin, grote stenen

Zand, zeer fijn, matig siltig, lichtbruin, grote stenen

-21,50

-22,00 Zand, matig fijn, sterk siltig, resten hout, lichtbruin, grote stenen

Zand, matig grof, matig siltig, resten hout, lichtbruin, grote stenen

-22,50 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, resten hout, lichtbruin, grote stenen

-23,50

Zand, zeer grof, matig grindig, lichtbruin, grote stenen

-24,50

Zand, matig grof, zwak grindig, lichtbruin, grote stenen

-26,00

-26,50 Zand, zeer grof, matig grindig, lichtbruin, grote stenen

-27,00 Zand, matig grof, zwak grindig, laagjes leem, lichtbruin, grote stenen

Uitvoering: 22-05-2008

X:
Y:

MV (m tov NAP):
GWS (cm tov MV):

GHG (cm tov MV):
GLG (cm tov MV):

BORING VOLGENS NEN 5119

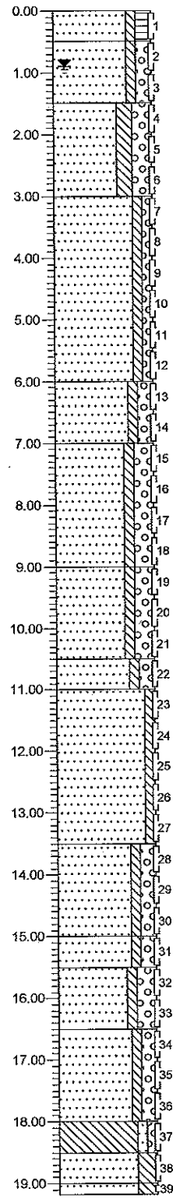
Boormeester: jpj

6008-0195-000

kraaienhof

Boring: B9 - 1 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.00 Zand, matig grof, zwak siltig, matig humeus, zwart

0.50 Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

1.50 Zand, zeer grof, matig siltig, sterk grindig, bruin

3.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig, bruin

6.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

7.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, bruin

9.00 Zand, uiterst grof, zwak siltig, sterk grindig, bruin, met stenen

10.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

11.00 Zand, matig grof, zwak siltig, bruin

13.50 Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

15.00 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, bruin

15.50 Zand, uiterst grof, zwak siltig, sterk grindig, bruingrijs

16.50 Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, grijs

18.00 Leem, vast, zwak zandig, zwak grindig, grijs

18.50 Zand, matig fijn, sterk siltig, laagjes leem, grijs

19.00

19.17 Zand, zeer fijn, sterk siltig, grijs

Uitvoering: 08-05-2008 X: Y: MV (m tov NAP): GWS (cm tov MV): 90 GHG (cm tov MV): GLG (cm tov MV): Bk PB (m tov NAP): Boormeester: jbd

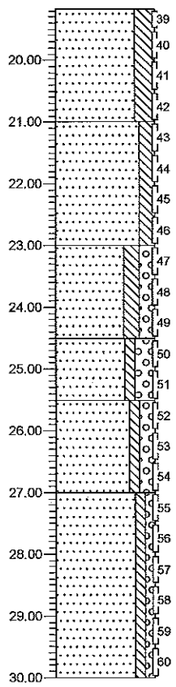
kraaienhof

BORING VOLGENS NEN 5119

6008-0195-000

Boring: B9 - 2 **Veldclassificatie**

Diepte (m tov MV) Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



19.17
Zand, zeer fijn, sterk siltig, grijs

21.00
Zand, matig grof, matig siltig, grijs

23.00
Zand, matig grof, matig siltig, matig grindig, grijs

24.50
Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, grijs, met stenen

25.50
Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig

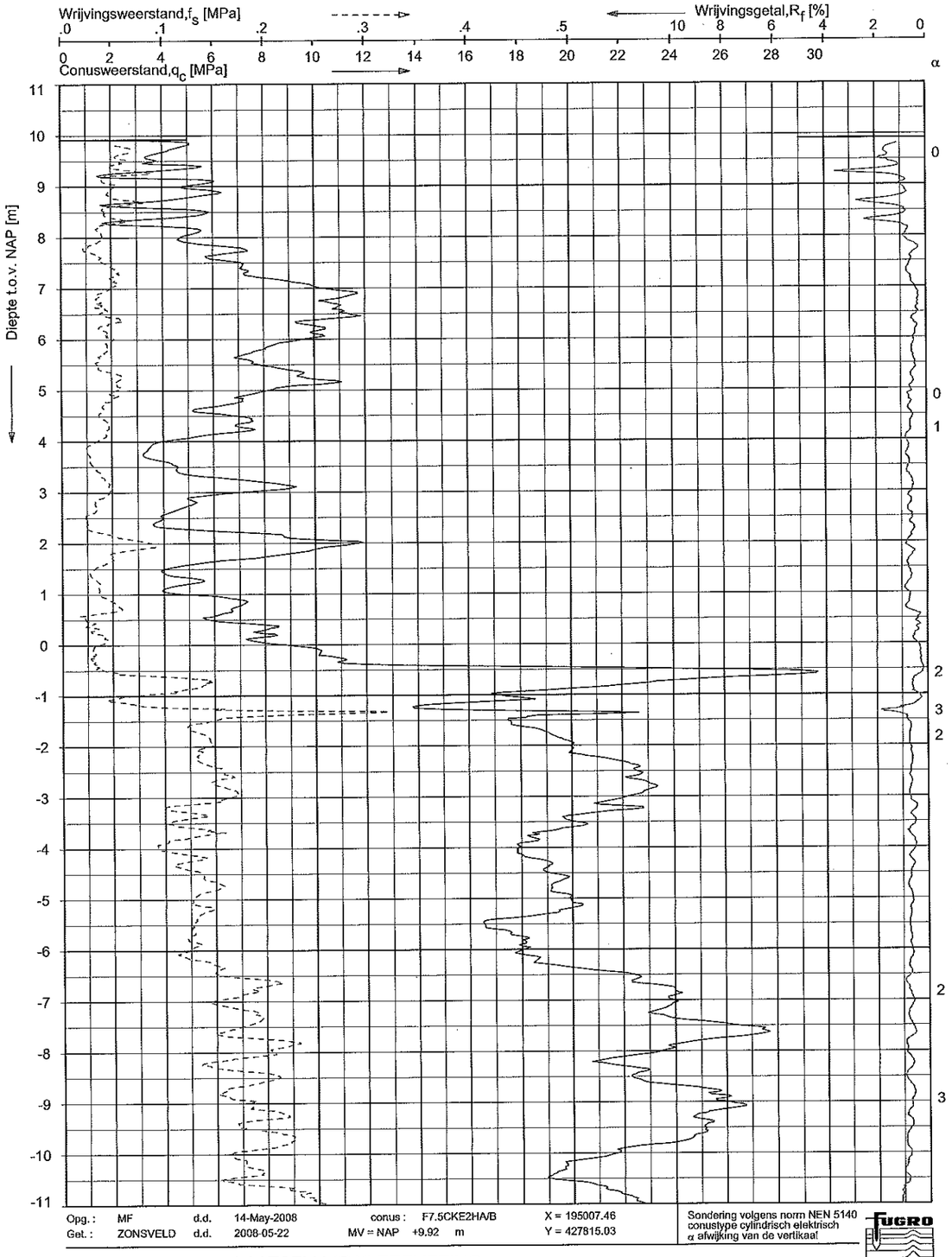
27.00
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig

30.00

Uitvoering: 08-05-2008	X:	MV (m tov NAP):	GHG (cm tov MV):	Bk PB (m tov NAP):
	Y:	GWS (cm tov MV): 90	GLG (cm tov MV):	Boormeester: jbd

kraaienhof

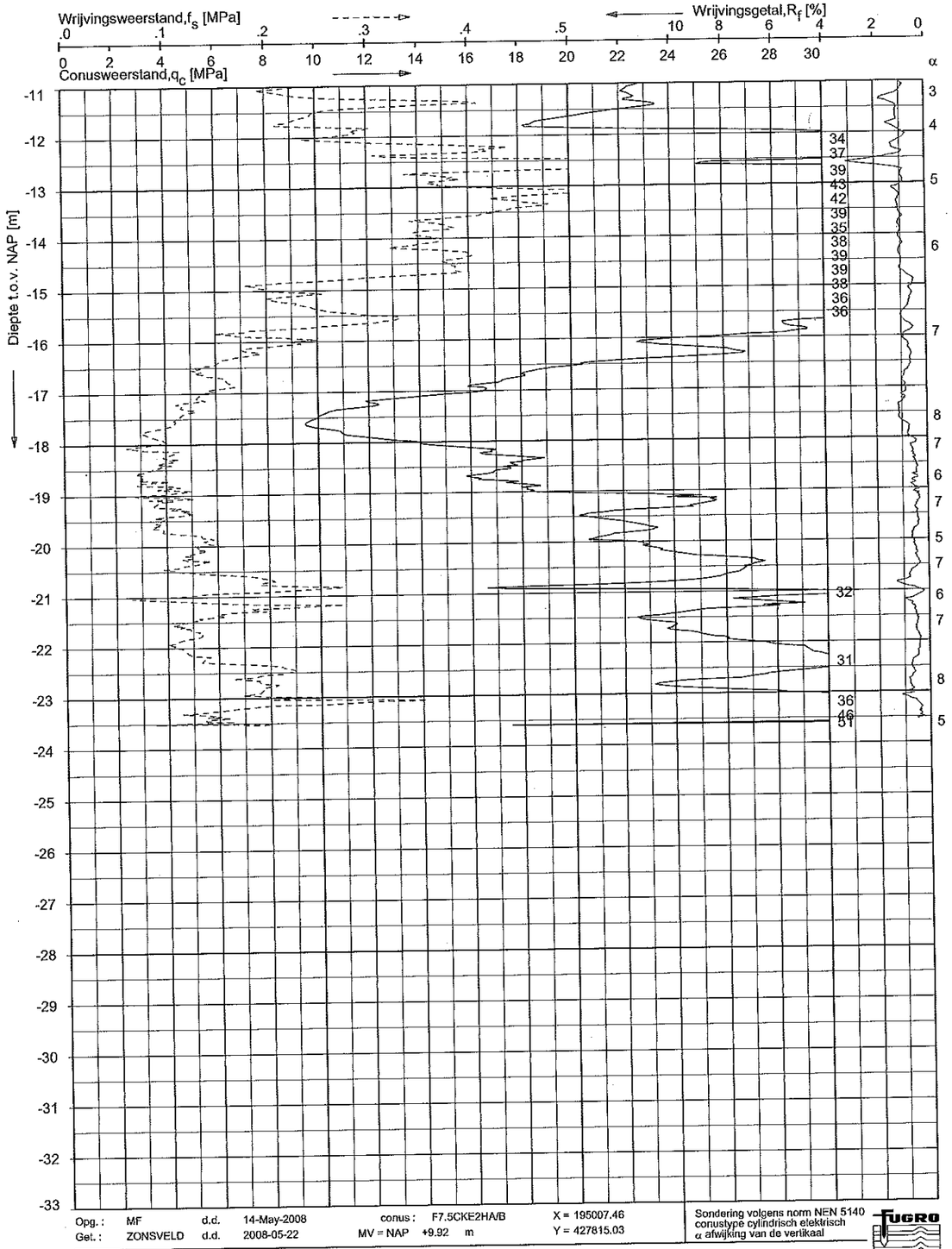
BORING VOLGENS NEN 5119 **6008-0195-000**



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

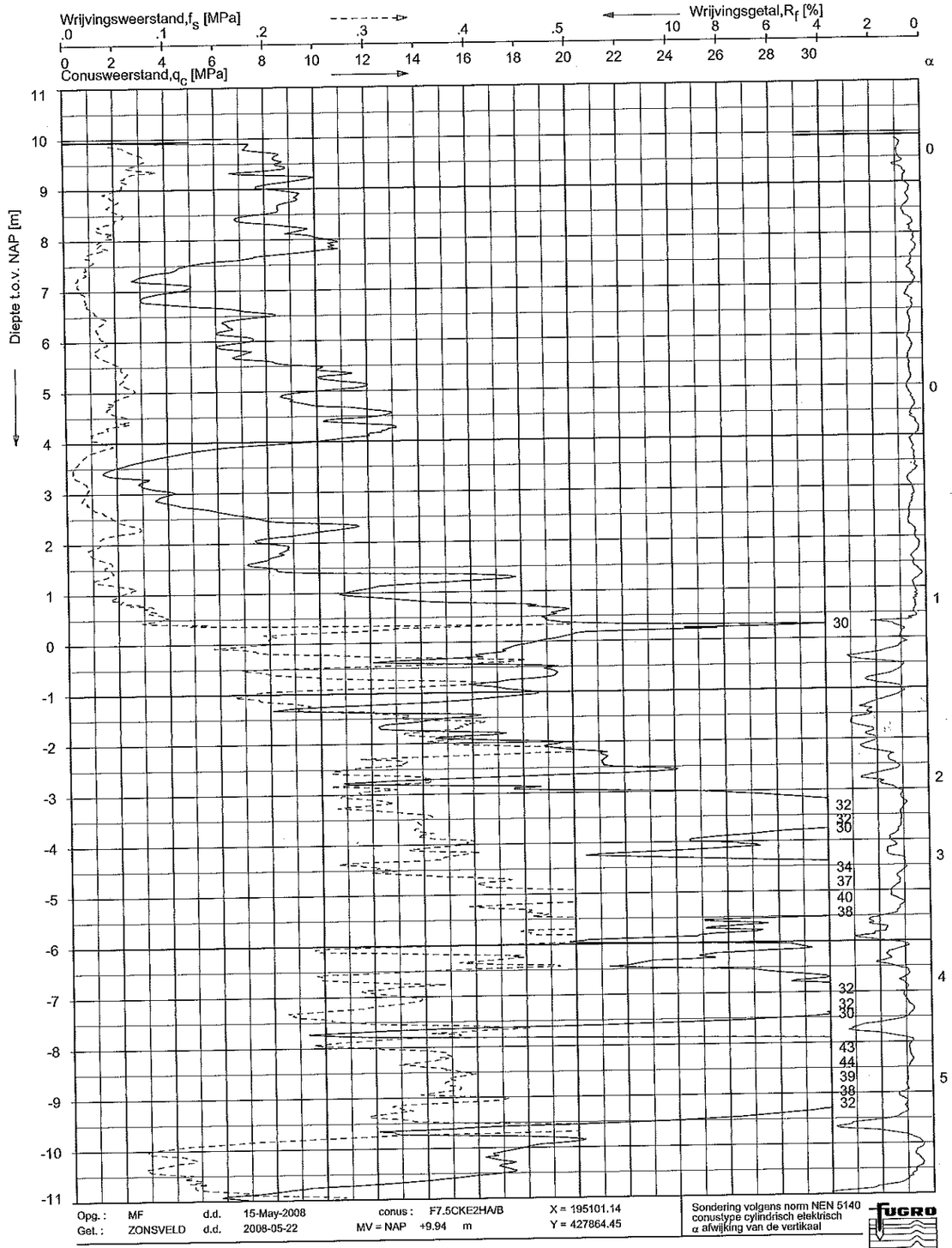
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM1



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

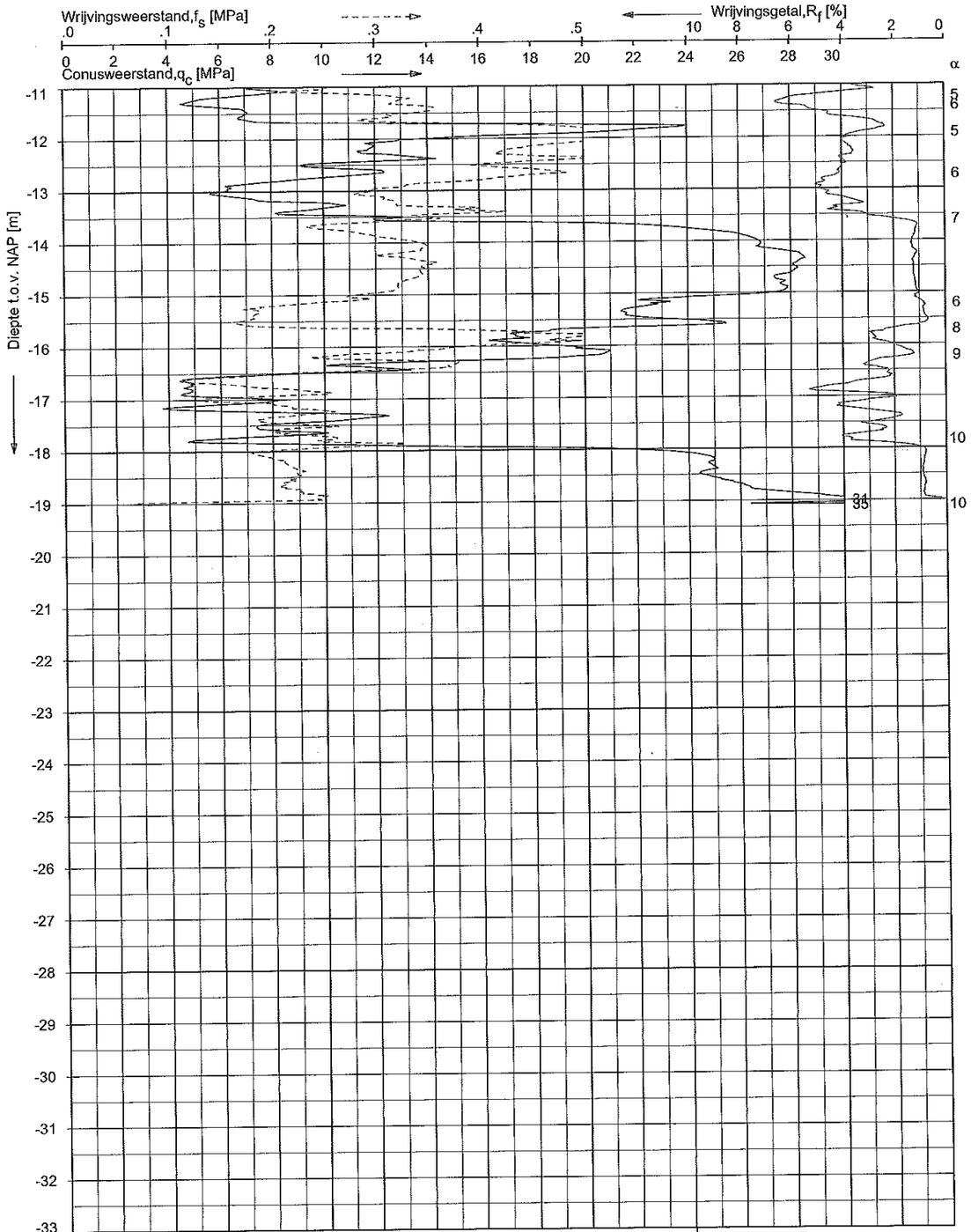
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM1



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

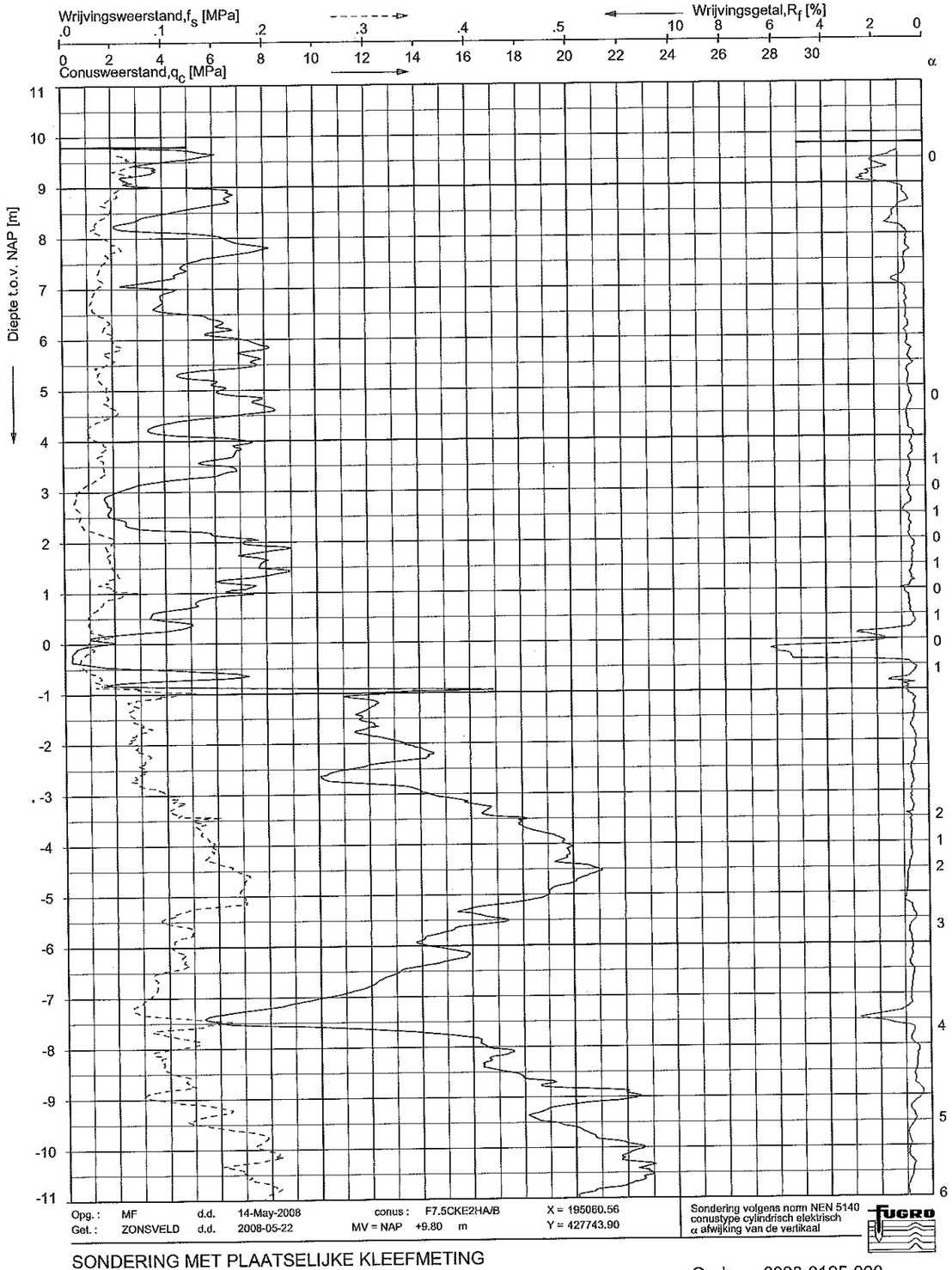
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM2



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

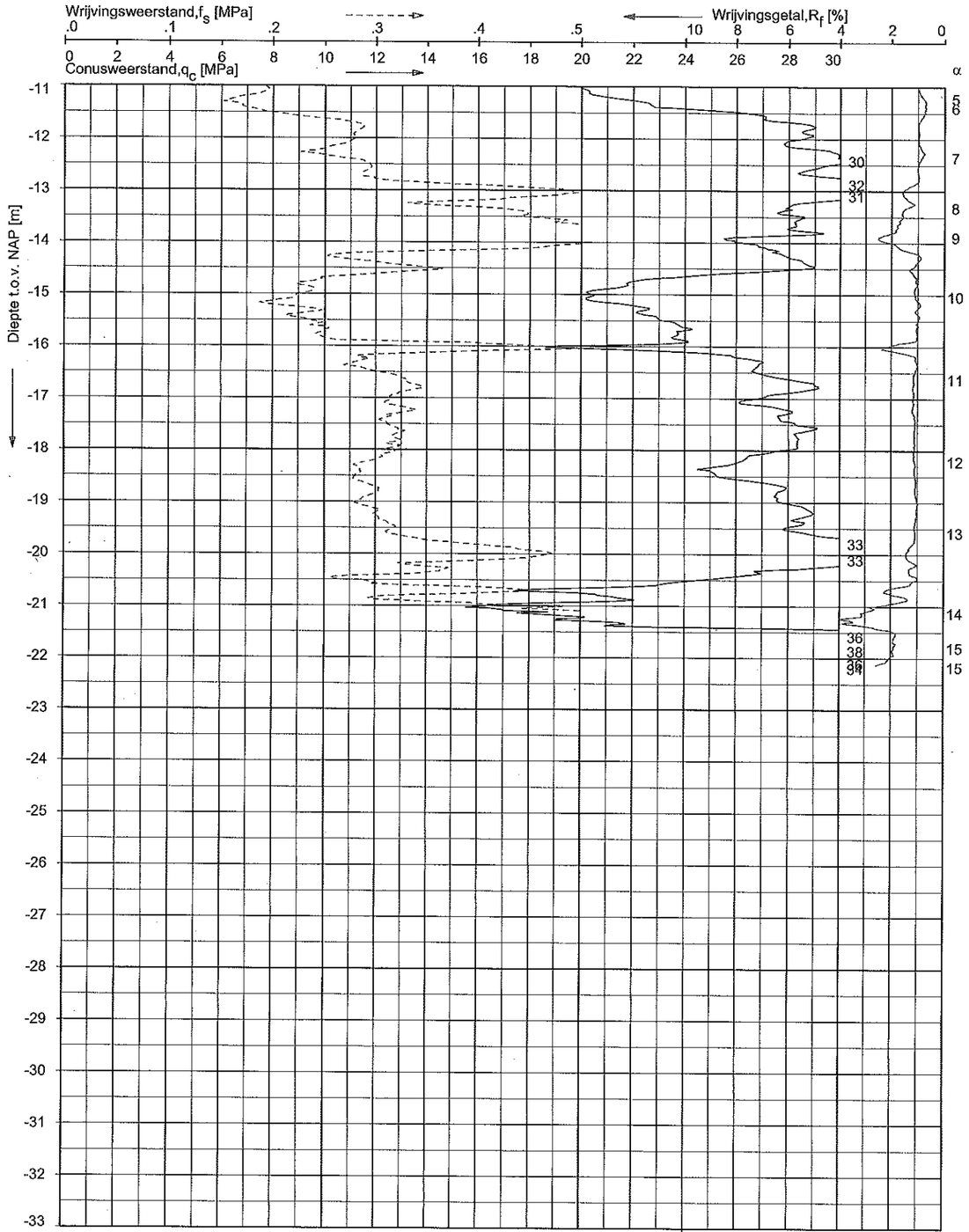
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM2



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM3



Opg.: MF d.d. 14-May-2008 conus: F7.5CKE2HA/B X = 195060.56
Get.: ZONSVELD d.d. 2008-05-22 MV = NAP +9.80 m Y = 427743.90

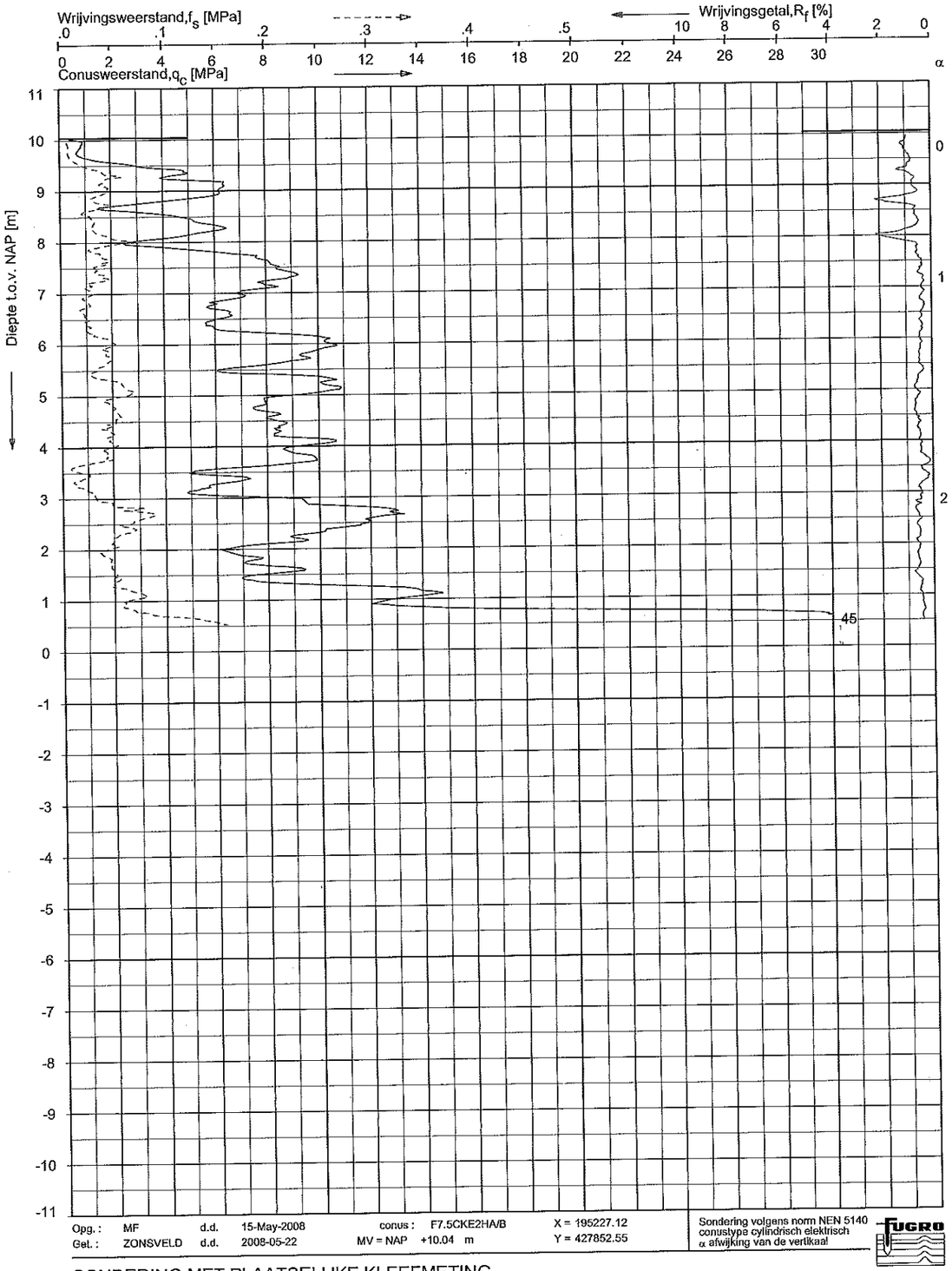
Sondering volgens norm NEN 5140
conustype cylindrisch elektrisch
α afwijking van de verticaal

FUGRO

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM3



Opg.: MF d.d. 15-May-2008
Get.: ZONSVELD d.d. 2008-05-22

conus: F7.5CKE2HA/B
MV = NAP +10.04 m

X = 195227.12
Y = 427852.55

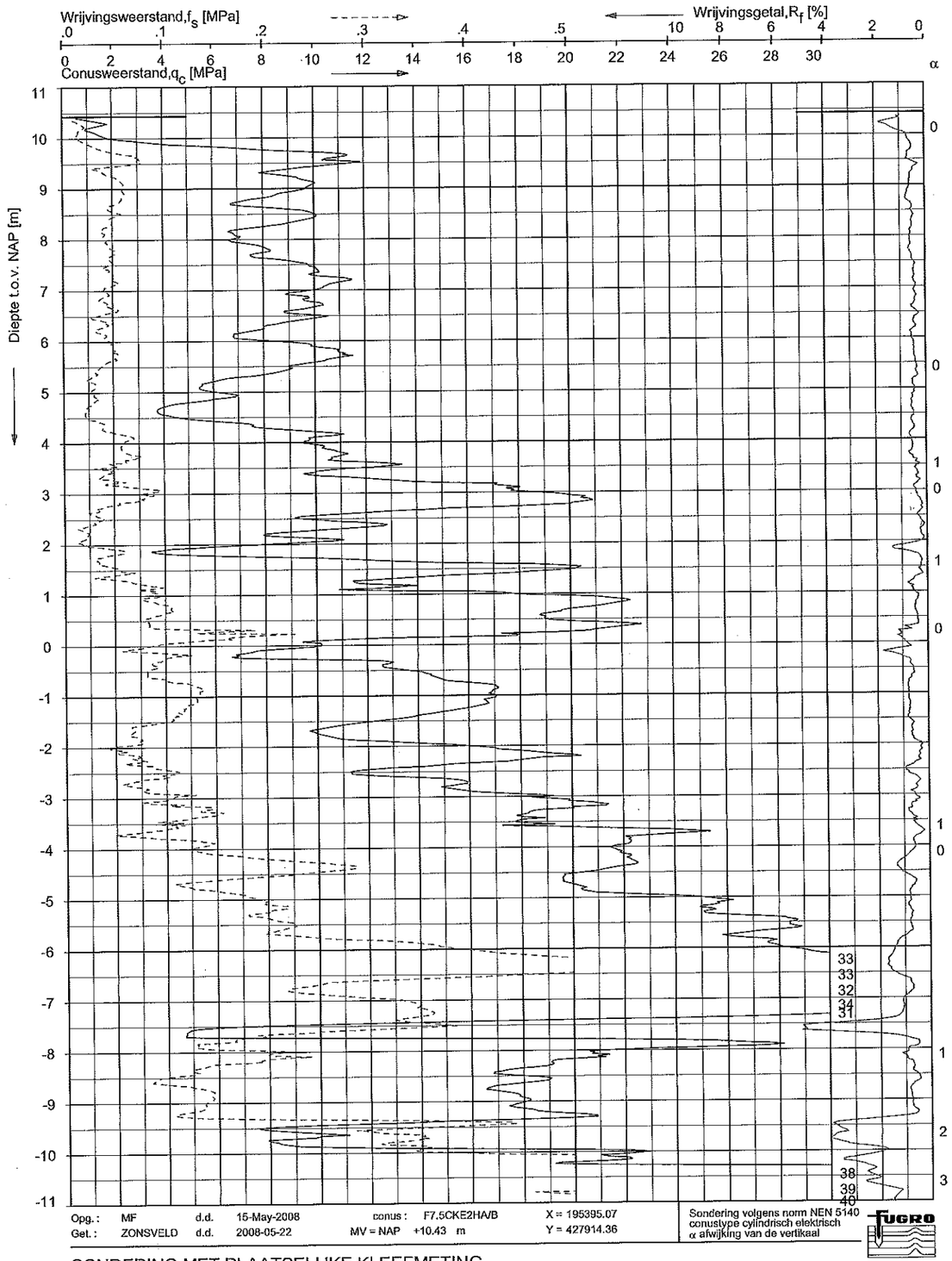
Sondering volgens norm NEN 5140
conustype cylindrisch elektrisch
α afwijking van de vertikaal

FUGRO

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

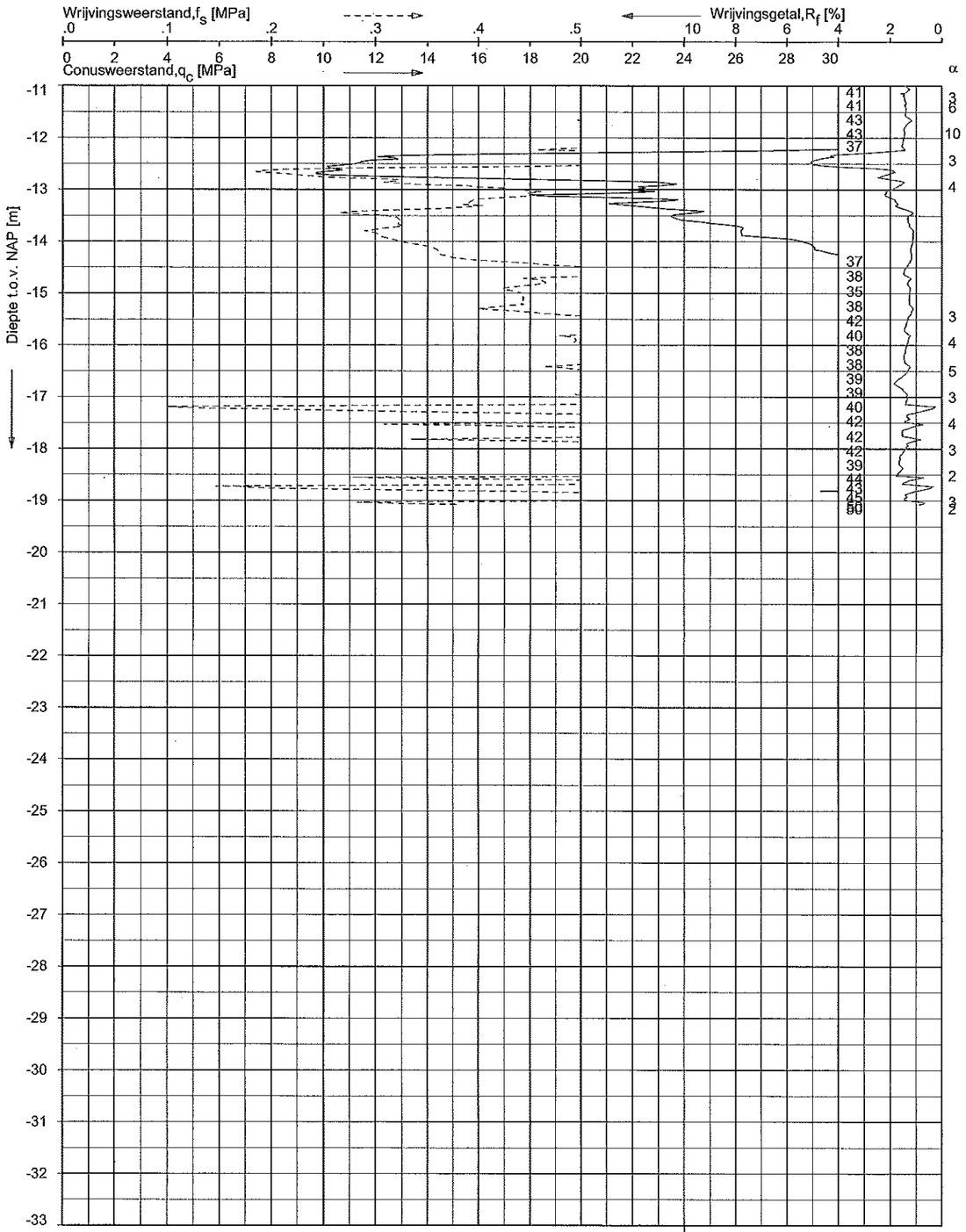
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM4



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM5



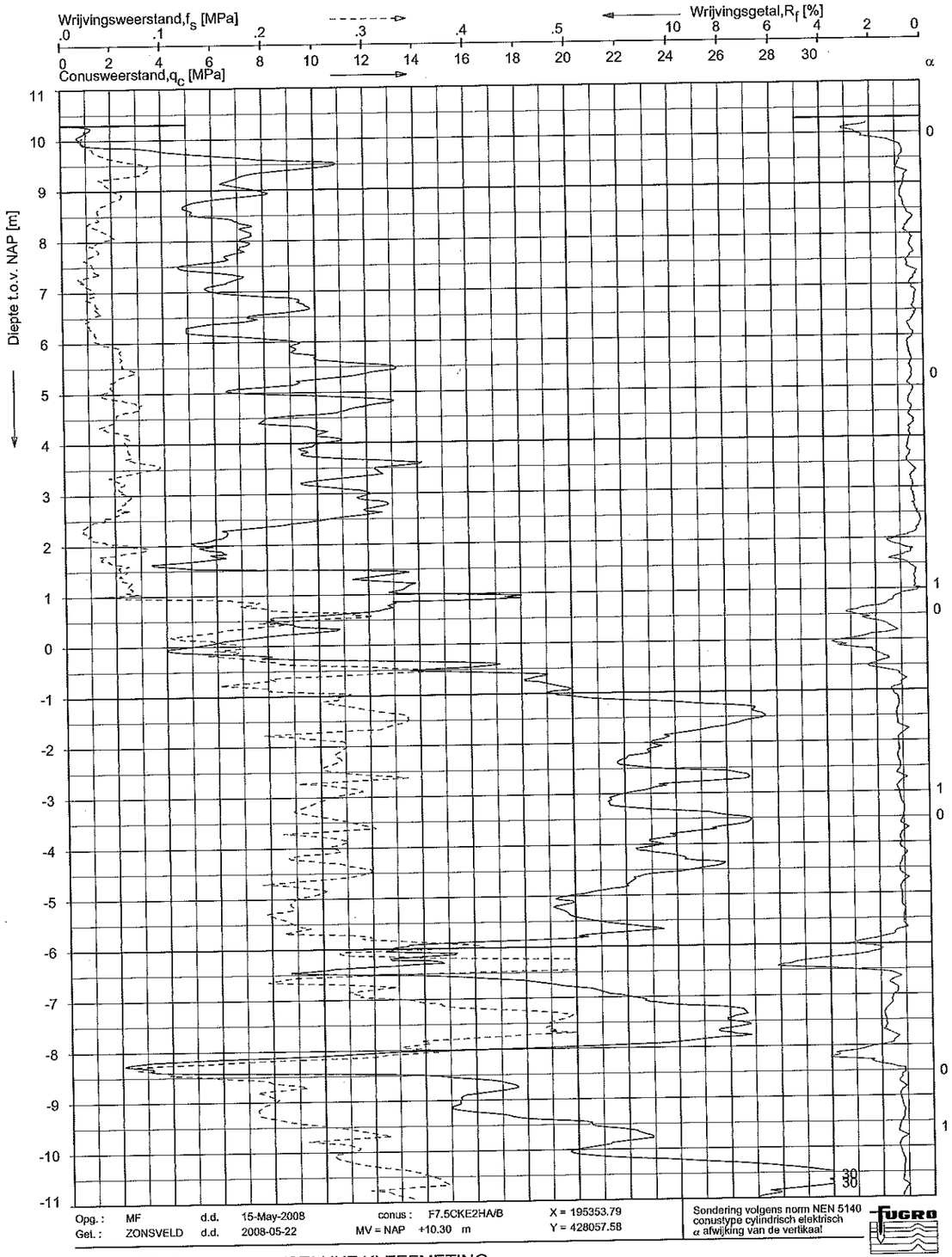
Opg.:	MF	d.d.	15-May-2008	conus :	F7.5CKE2HA/B	X = 195395.07	Sondering volgens norm NEN 5140 conustype cylindrisch elektrisch α afwijking van de vertikaal
Gel.:	ZONSVELD	d.d.	2008-05-22	MV = NAP	+10.43 m	Y = 427914.36	

FUGRO

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

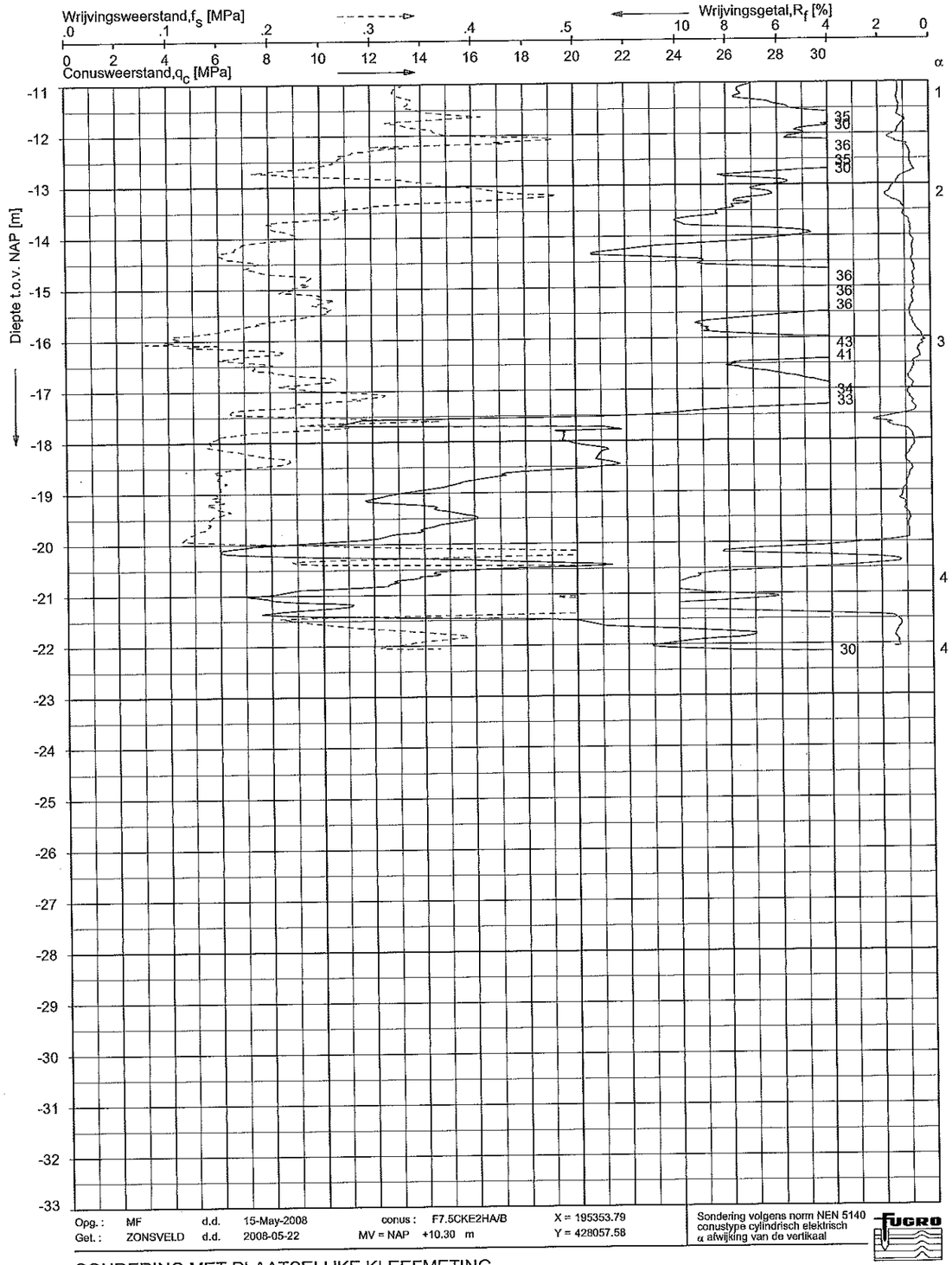
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM5



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

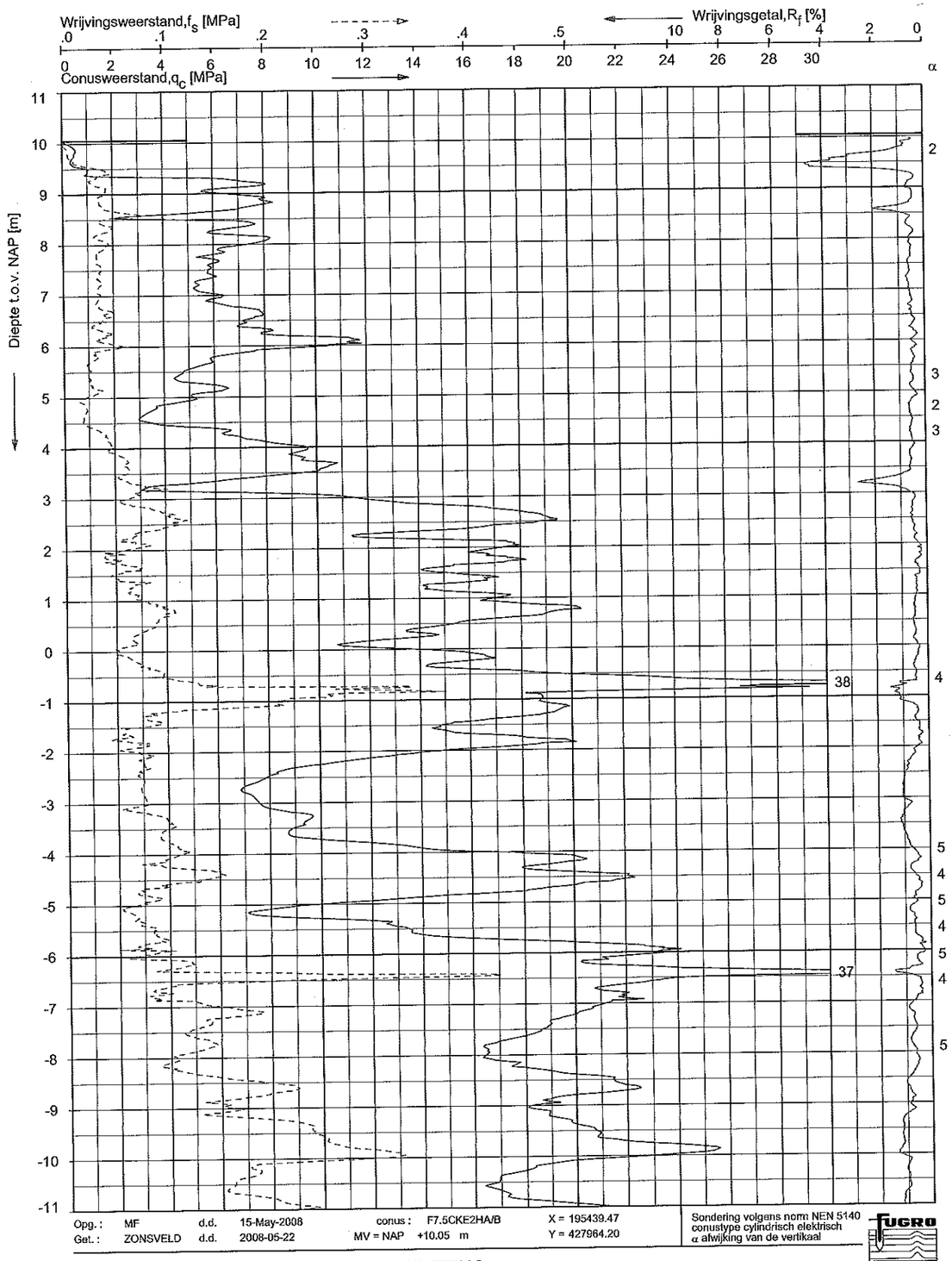
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM6



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

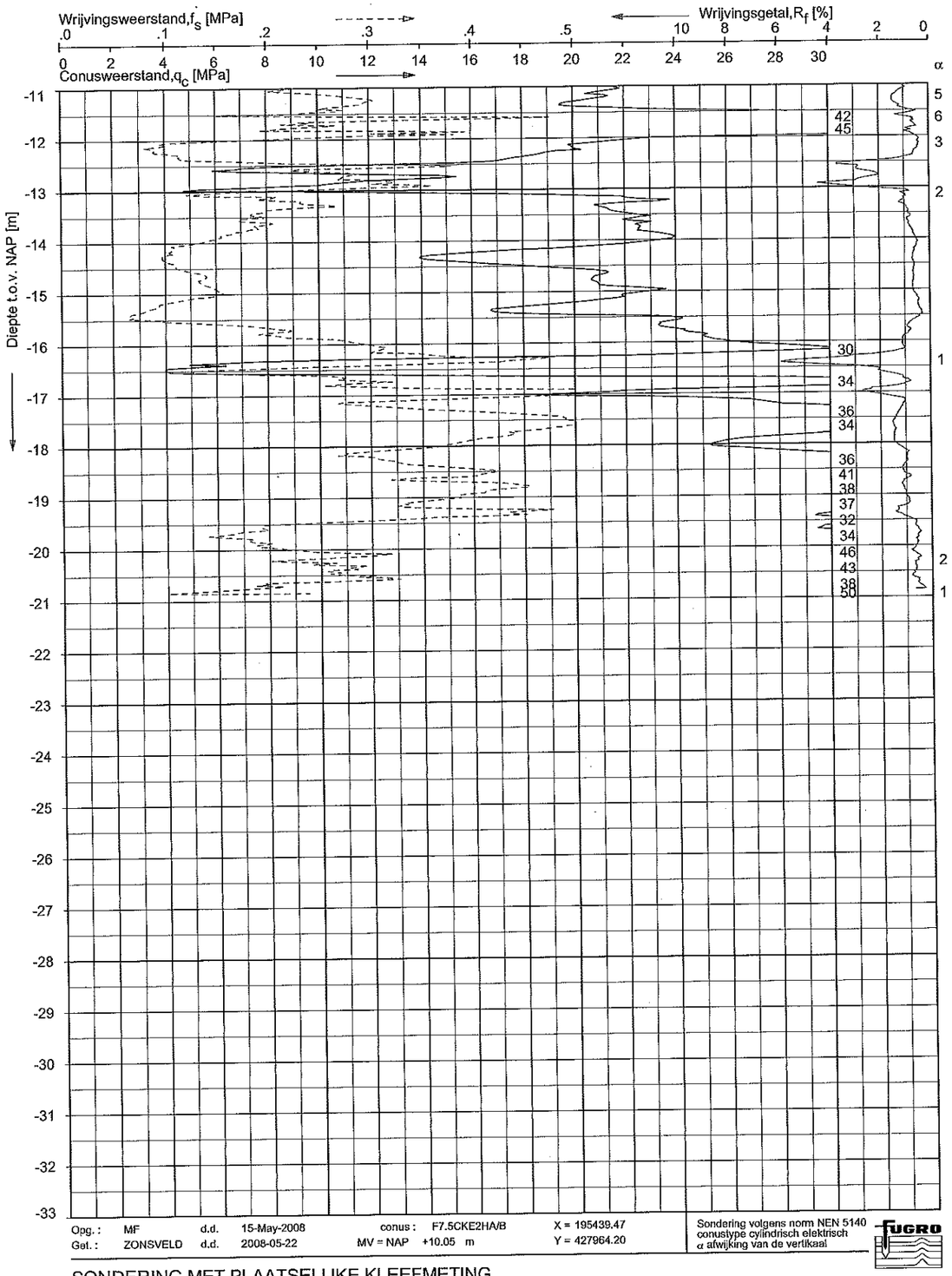
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM6



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

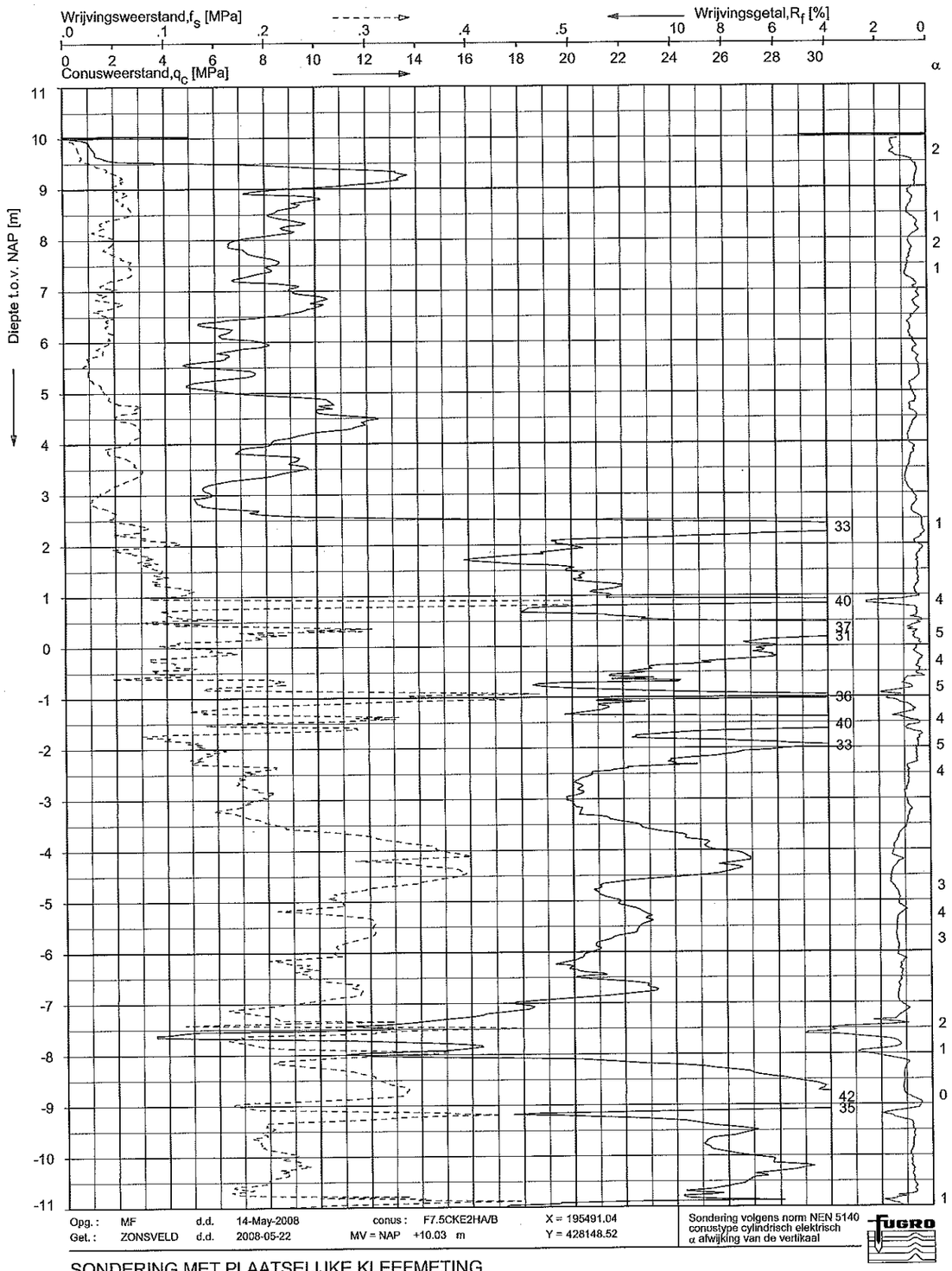
Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM7



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM7



Opg.: MF d.d. 14-May-2008 conus: F7.5CKE2HA/B X = 195491.04

Get.: ZONSVELD d.d. 2008-05-22 MV = NAP +10.03 m Y = 428148.52

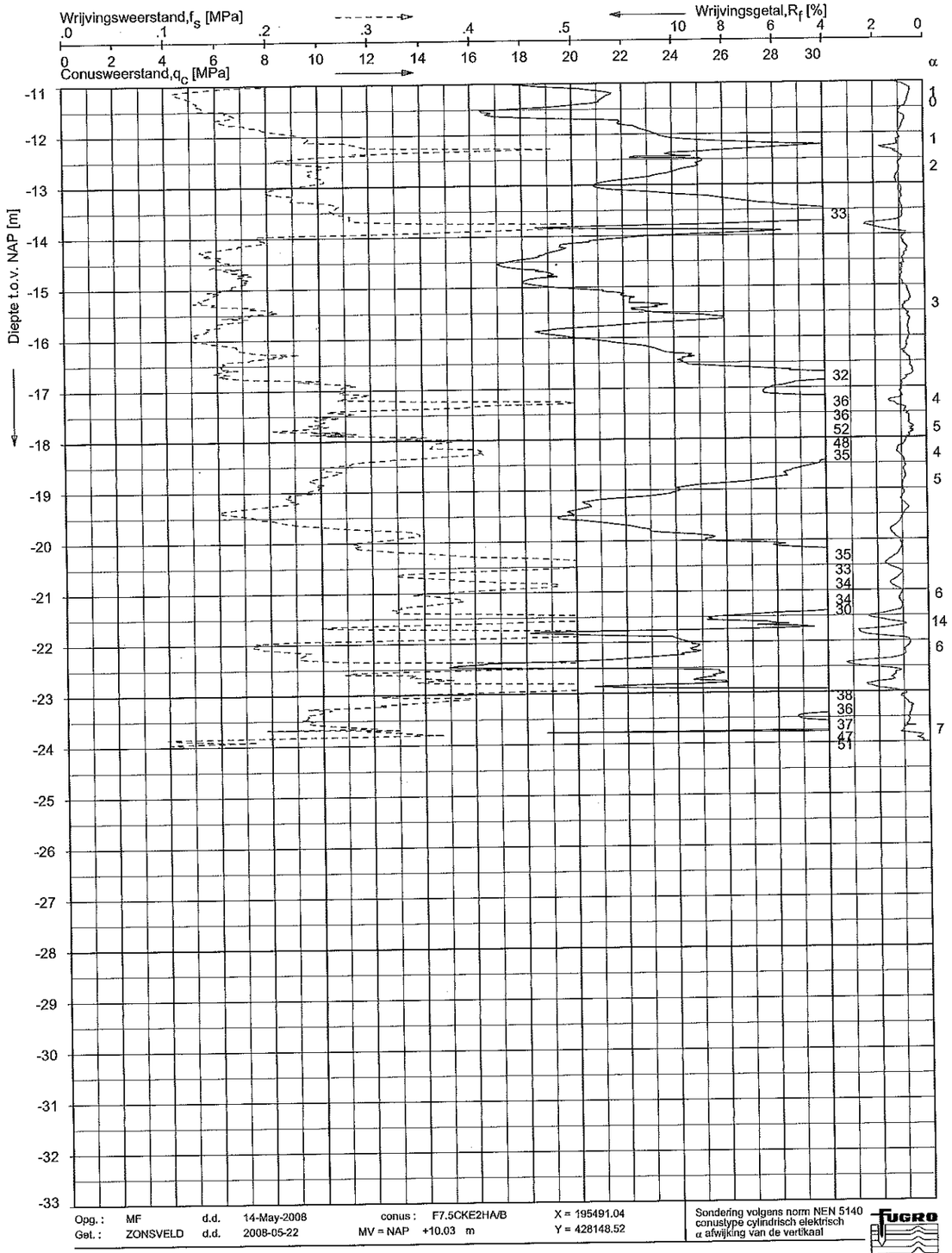
Sondering volgens norm NEN 5140
conustype cylindrisch elektrisch
α afwijking van de vertikaal

FUGRO

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM8



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

Opdr. 6008-0195-000
Sond. DKM8

Opg.: CJ dd: 23-05-2008 Gec.: dd:

0 2,5 5 7,5 10 12,5 m

SCHAAL 1:250

SITUATIE

UITBREIDING ZANDWINNINGSPUT KRAAIENHOF NABIJ ERLECOM

Opdr. :6008-0195-000

Bijl. : 1

het veldwerkbureau

Geotechnisch grondonderzoek

Aan de Erlecomseweg te Erlecom

In opdracht van:
Sweco Nederland B.V.

Rapport
VWB104363/21/SWE/1464

Auteur: I. de Peijper
Datum: 7 juli 2021
Projectnummer: 104363-51005718

Verantwoording

Titel	:	Rapportage geotechnisch grondonderzoek
Datum	:	7 juli 2021
Status	:	Definitief
Projectnaam	:	Erlecomseweg te Erlecom
Projectnummer	:	104363
Opdrachtgever	:	Sweco Nederland B.V.
Projectnummer opdrachtgever	:	51005718
Referentie	:	VWB104363/21/SWE/1464

Opgesteld door I. de Peijper	:	
Gecontroleerd door W. van Hemert	:	
Goedgekeurd door J. van Leeuwen	:	

VWB Bodem B.V.
Kanaal Zuid 290
7364 AJ Lieren
Tel. : 055-5068231
E-Mail : sondeer@vwb.nl
Internet : www.vwb.nl

Inhoudsopgave

Inleiding 3

1 Geotechnisch grondonderzoek 4
1.1 Algemeen.....4
1.2 Normen en richtlijnen 4
1.3 Veldwerk.....4
1.4 Classificatie middels wrijvingsgetal 5

Bijlagen

Bijlage 1: Tekening

Bijlage 2: Sondeergrafieken

Bijlage 3: Tabel X, Y (RD) en Z (NAP)

Inleiding

VWB Bodem B.V. heeft van Sweco Nederland B.V. opdracht gekregen voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek aan de Erlecomseweg te Erlecom.

Dit onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van een voorgenomen ontgronding op deze locatie.

In het voorliggende rapport wordt het overzicht en de resultaten van het uitgevoerde geotechnisch grondonderzoek gepresenteerd.

1 Geotechnisch grondonderzoek

1.1 Algemeen

Dit hoofdstuk bevat de opsomming en de resultaten van het uitgevoerde geotechnisch grondonderzoek.

1.2 Normen en richtlijnen

Het geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd conform de volgende normen en richtlijnen.

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

Tabel 1.2 Normen en richtlijnen

Kenmerk	Titel	Jaar
NEN 5104	Geotechniek – Classificatie van onverharde grondmonsters	1989
NEN 9997-1	Geotechniek – Geotechnisch ontwerp van constructies	2011
NEN 22476-1	Geotechniek – Geotechnisch onderzoek en beproeving - veldproeven	2012

1.3 Veldwerk

Het uitgevoerde veldwerk heeft bestaan uit de onderstaande onderdelen:

- 1 Elektrische sondering tot een diepte van 20 m – mv inclusief meting van de plaatselijke kleef;
- 1 Elektrische sondering tot een diepte van 33 m – mv inclusief meting van de plaatselijke kleef;
- Het inmeten van de sonderingen in X, Y (RD) en Z (NAP).

Het veldwerk heeft plaatsgevonden d.d. 01-07-2021. De sonderingen zijn uitgevoerd gebruikmakend van onze 180 kN Track-Truck.

De sonderingen zijn voor bereiken van de gewenste einddiepte gestaakt vanwege het risico van schade aan, of verlies van meetapparatuur.
Omtrent de uitvoering van het veldwerk zijn verder geen bijzonderheden te melden.

In bijlage 1 is een overzichtstekening opgenomen van de locaties van het veldwerk. De sondeerresultaten zijn opgenomen in bijlage 2. De hoogten (Z) van de onderzoeklocaties zijn ingemeten d.m.v. RTK GPS in meters ten opzichte van NAP. Voorts zijn de onderzoeklocaties vastgelegd in X en Y coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel (RD), weergegeven in bijlage 3.

1.4 Classificatie middels wrijvingsgetal

De conusweerstand geeft informatie met betrekking tot de pakking van de aanwezige grondsoorten. Het quotiënt van de mantelwrijving en conusweerstand is het wrijvingsgetal. Het wrijvingsgetal, in combinatie met de conusweerstand, geeft een indicatie voor de betreffende grondsoort. In de onderstaande tabel 1.1 is een overzicht gegeven van veel voorkomende relaties tussen grondsoort en wrijvingsgetal, zie ook bijlage 2.

Tabel 1.1
Grondsoorten

Grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Zand	ca. 0,5 tot 1,2
Silthoudend zand	ca. 1 à 2
Leem	ca. 1,5 à 3
Klei	ca. 3 à 5
Potklei	ca. 5 à 7
Veen	ca. 6 à 10

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

Bijlage 1

Tekening

LEGENDA

DKM Diepsondering met plaatselijke wrijving

Hoogtemeting

DKM1

AS WEG 1

AS WEG 2

DKM2

Opdrachtgever

Sweco Nederland

Project

Erlecom ontgronding

Sonderingen

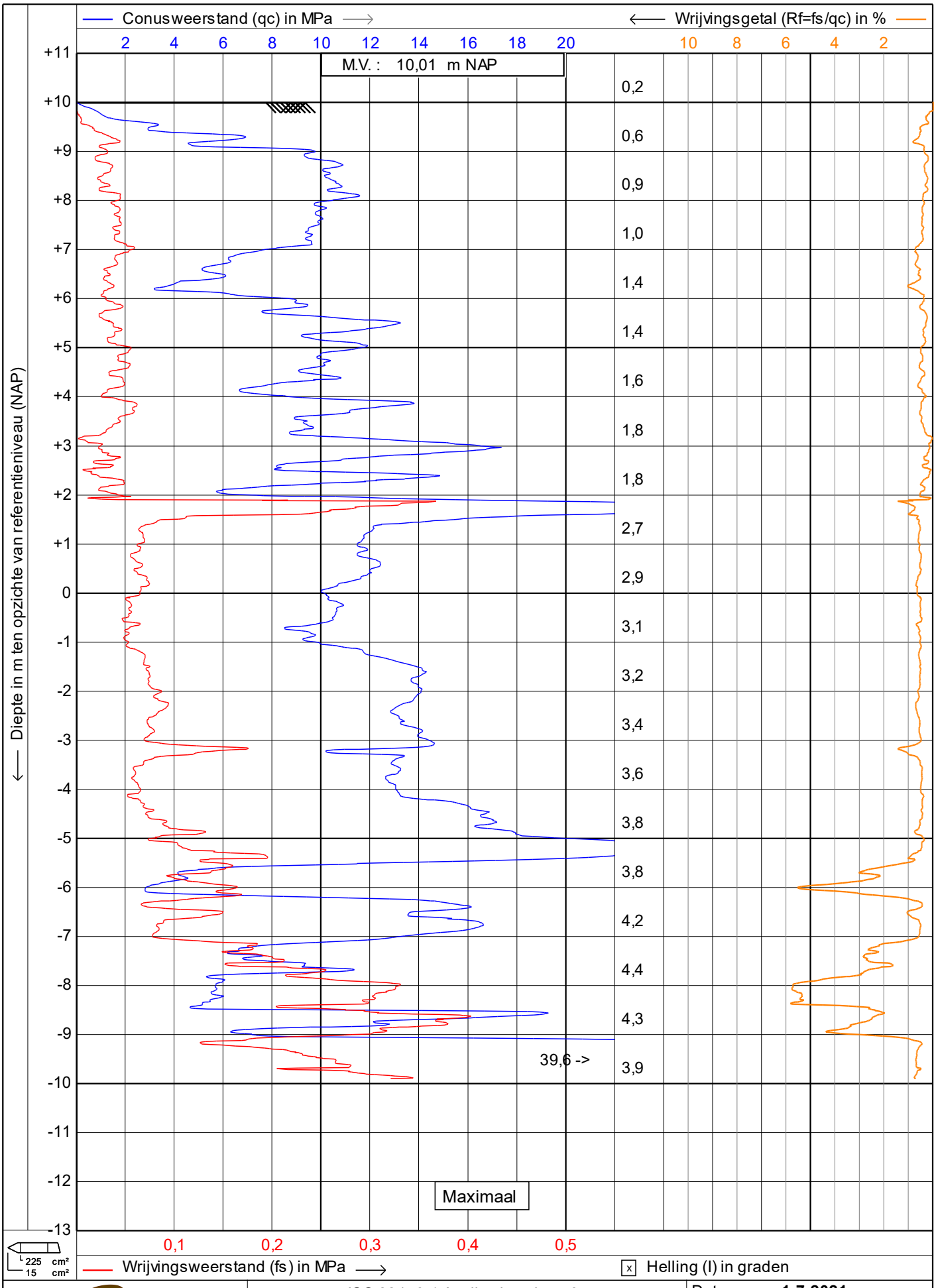
Bestandsnaam	Formaat	Schaal	Blad	Aantal
EEVK.dwg	A3	1:1000	1	1

Projectnr.	Documenttype	Datum van uitgave	Getekend door
104363		06-07-2021	DKO

www.vwb.nl

Bijlage 2

Sondeergrafieken



ISO 22476-1 Application class 3

Project : **Sonderingen t.b.v. ontgrondingen**

Lokatie : **Erlecom**

Positie : **195037,85, 428288,62 RD**

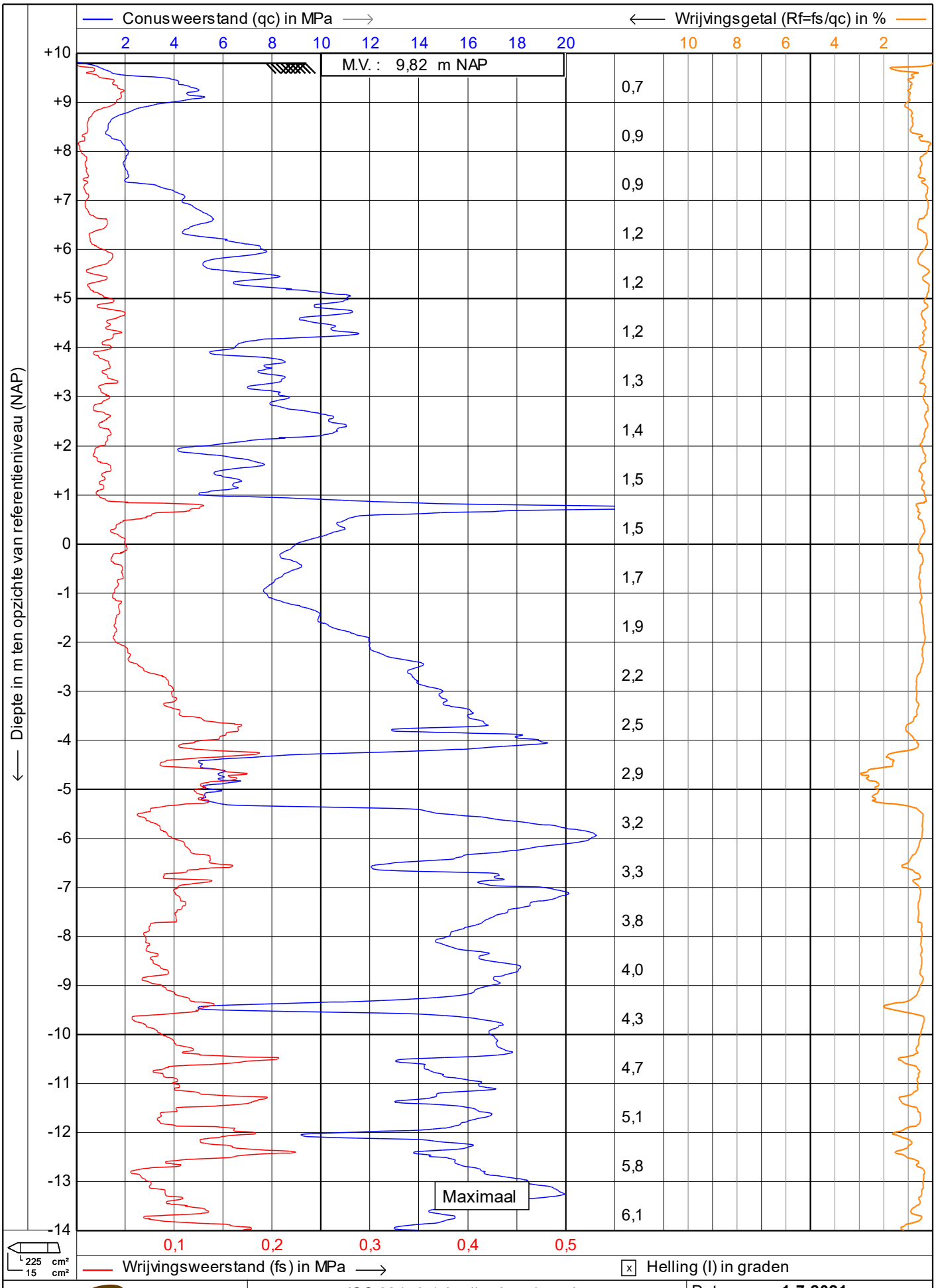
Datum : **1-7-2021**

Conusnr. : **C15CFII.S14572**

Projectnr. : **104363**

Sondeernr.: **DKM1** 1/1

1.49



ISO 22476-1 Application class 3

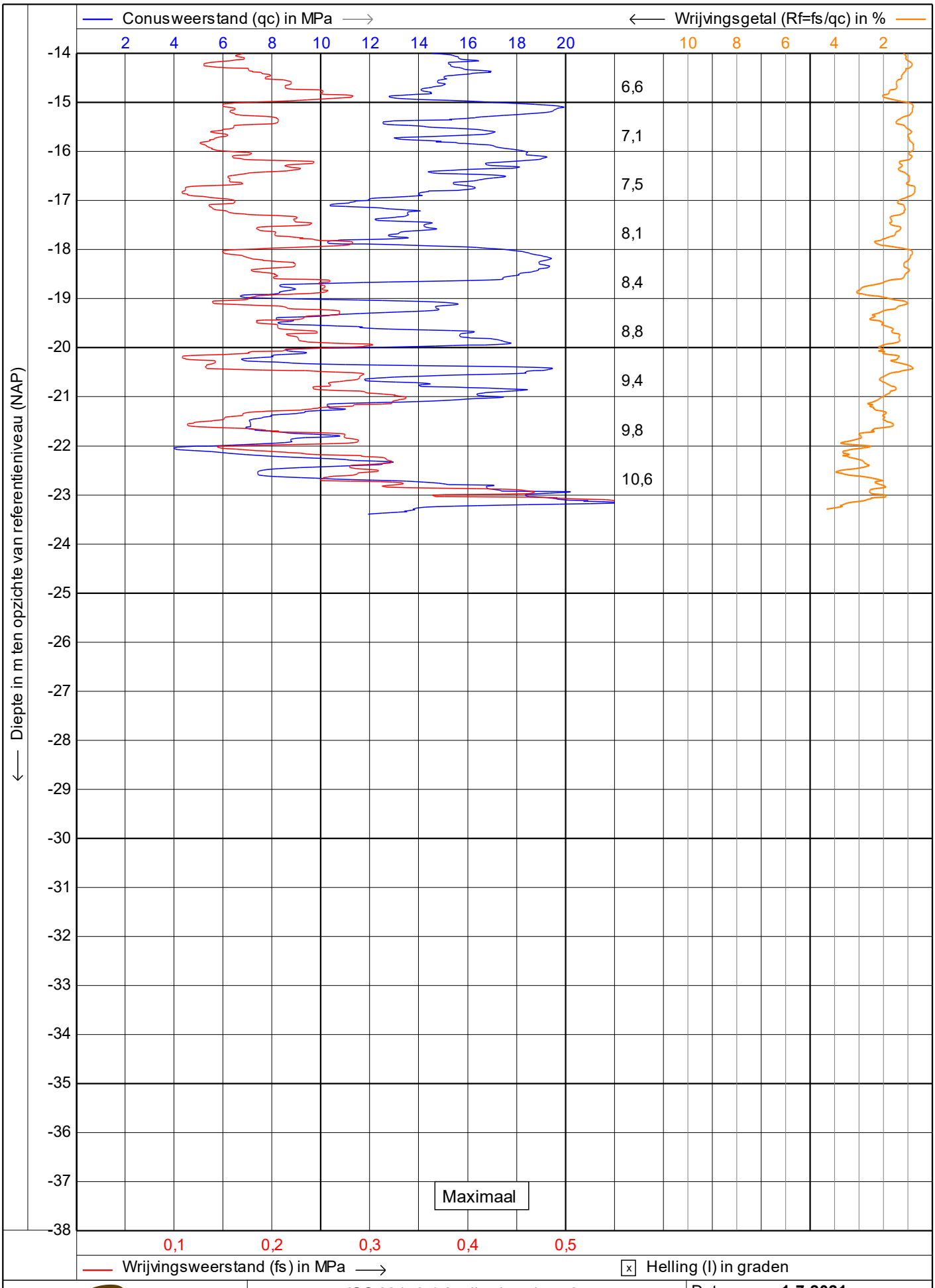
Project : **Sonderingen t.b.v. ontgrondingen**

Lokatie : **Erlecom**

Positie : **194967,28, 428061,61 RD**

Datum	: **1-7-2021**
Conusnr.	: **C15CFII.S14572**
Projectnr.	: **104363**
Sondeernr.:	**DKM2**

1.49



VWB bodem	ISO 22476-1 Application class 3	Datum : **1-7-2021**
	Project : **Sonderingen t.b.v. ontgrondingen**	Conusnr. : **C15CFII.S14572**
	Lokatie : **Erlecom**	Projectnr. : **104363**
	Positie : **194967,28, 428061,61 RD**	Sondeernr.: **DKM2** 2/2

1.49

Bijlage 3

Tabel X, Y en Z (RD)

Meetpuntgegevens	X	Y	Z
DKM1	195037.85	428288.62	10.01
DKM2	194967.28	428061.61	09.82
As weg-1	195177.28	428279.37	10.34
As weg-2	195142.28	428153.17	10.80

Zandwinput Erlecom

Rapportage geotechnisch onderzoek | Erlecom

2421-197355 | 28-09-2021
Definitief
Sweco

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Zandwinput Erlecom
Documentnaam	Rapportage geotechnisch onderzoek
Fugro-projectnr.	2421-197355
Fugro-documentnr.	2421-197355-21-R01
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Prismastraat 2, 2631 RT, Nootdorp
Telefoonnummer	+31 70 311 1333

Klantgegevens

Klant	Sweco
Klant adres	
Contact klant	

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	28-09-2021	Definitief	Initiële versie	LM	GHE	GDB

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
GDB	G. de Boer	Projectmanager Geo-Projecten

Inhoudsopgave

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

Rapportageoverzicht

Projectnaam: Zandwinput Erlecom

Fugro-projectnr.: 2421-197355

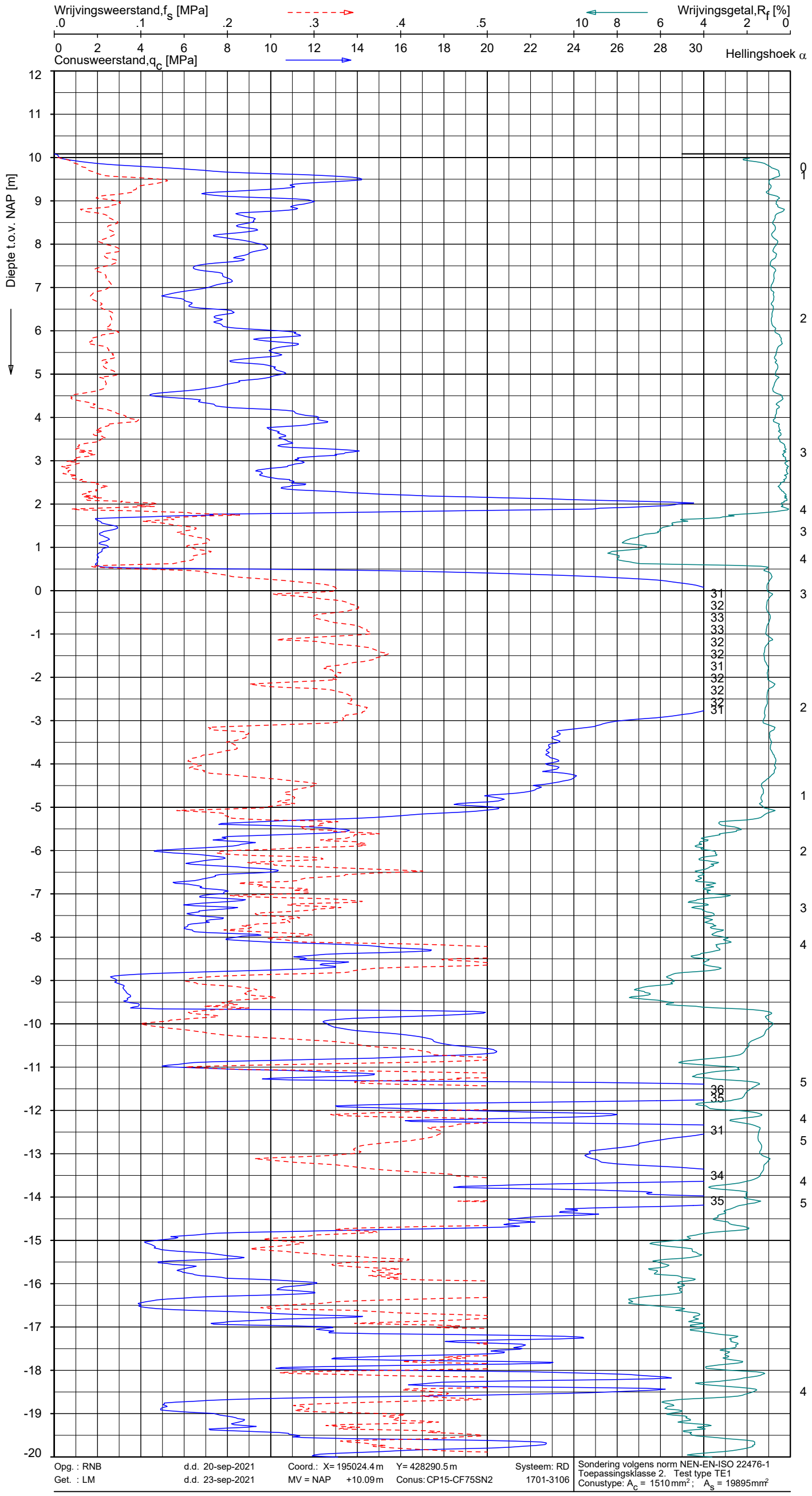
Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v.	Grondwater-stand (m) t.o.v.	Opmerkingen
	X	Y	NAP	NAP	
DKM1	195024.4	428290.5	+10.09		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM2	194900.0	427850.0	+10.01	+9.01	
DKM3	195230.0	427875.0	+10.10		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM4	195423.7	428070.6	+9.79		

Situatie

Zandwinput Erlecom

Opdr.: 2421-197355

Bijl.: 1

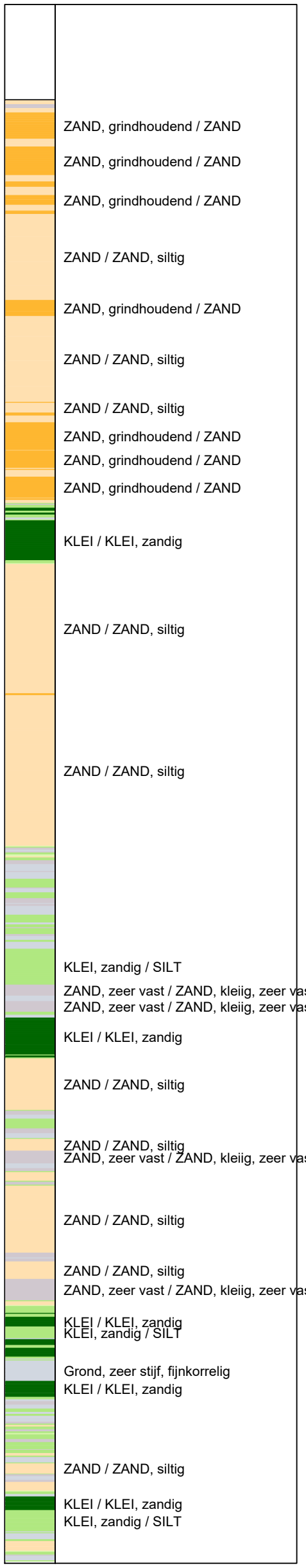


Opg. : RNB d.d. 20-sep-2021 Coord.: X= 195024.4 m Y= 428290.5 m Systeem: RD
Get. : LM d.d. 23-sep-2021 MV = NAP +10.09 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3106

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

Indicatieve bodembeschrijving

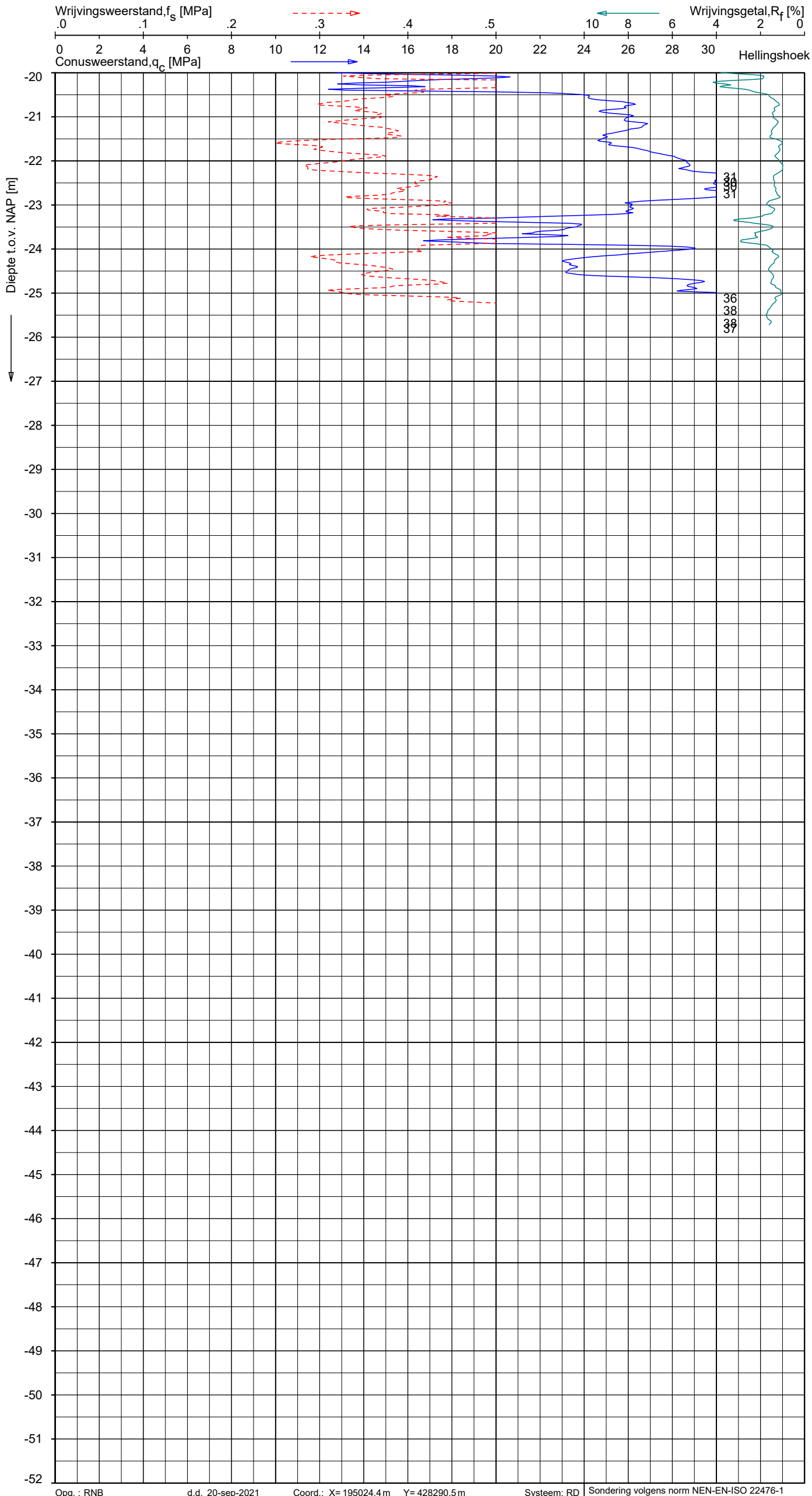
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM1



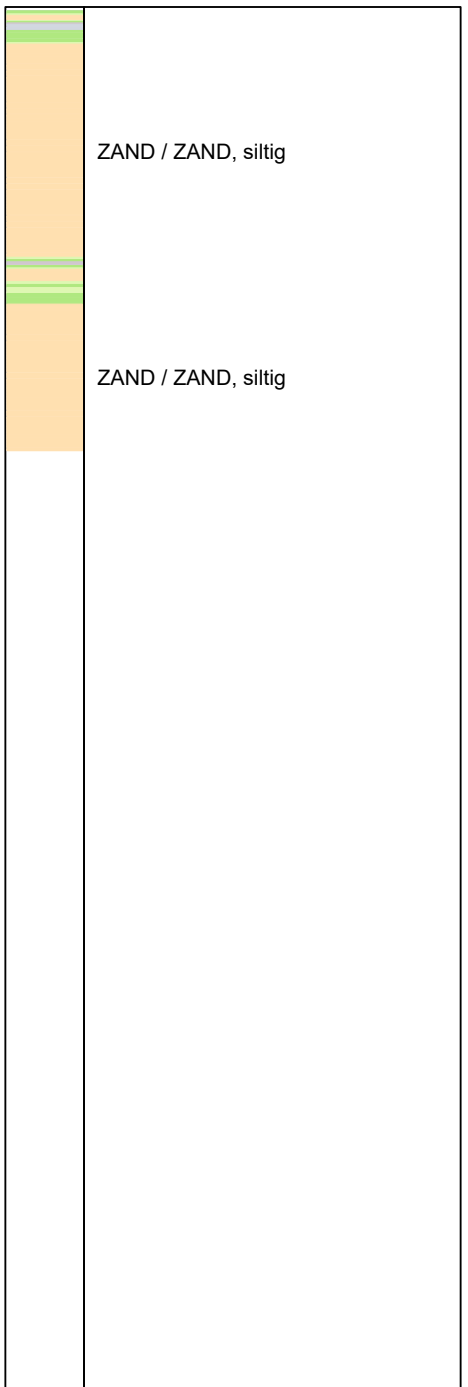
Opg. : RNB d.d. 20-sep-2021 Coord.: X= 195024.4 m Y= 428290.5 m Systeem: RD

Get. : LM d.d. 23-sep-2021 MV = NAP +10.09 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3106

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

Indicatieve bodembeschrijving

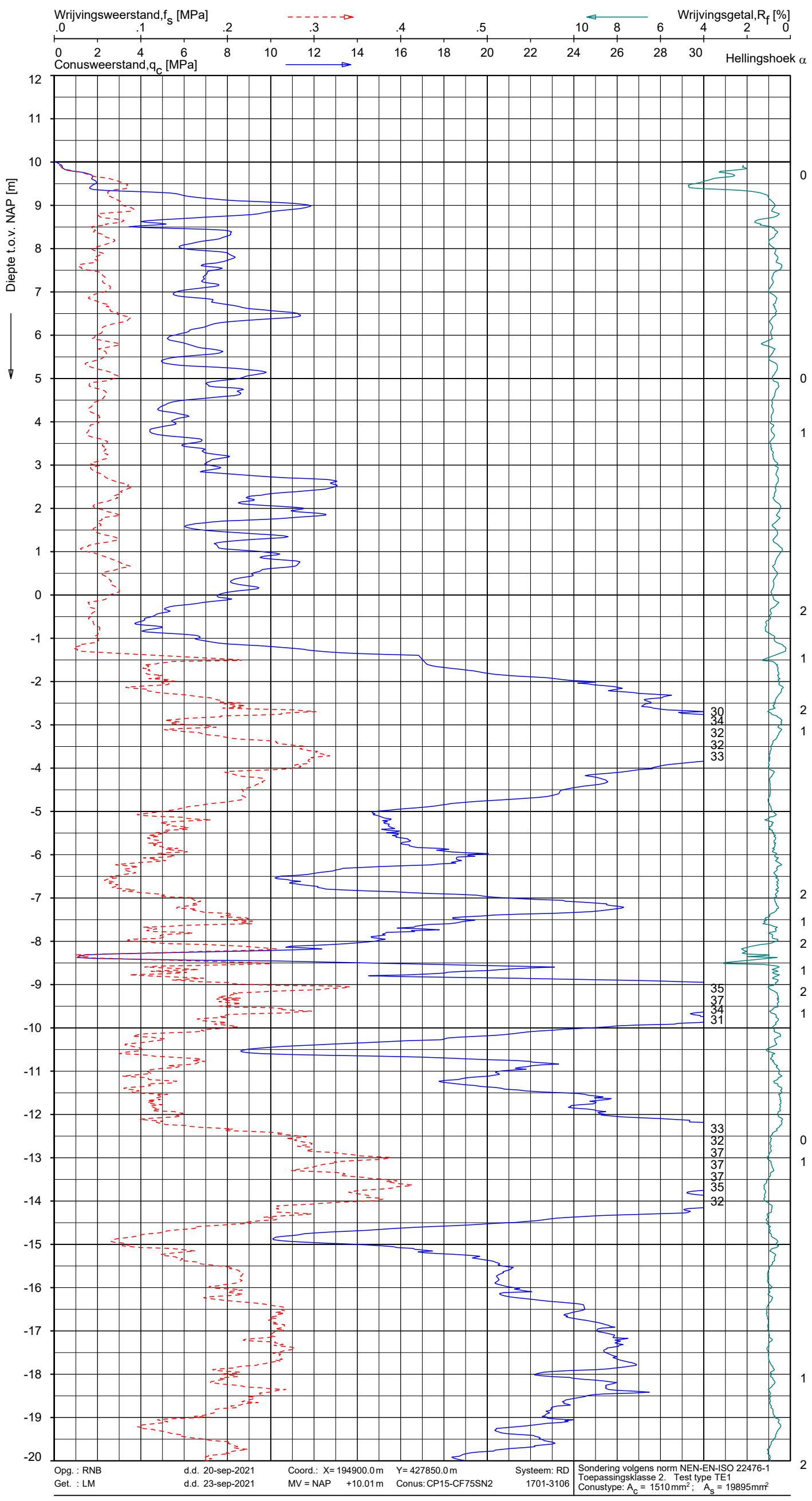
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

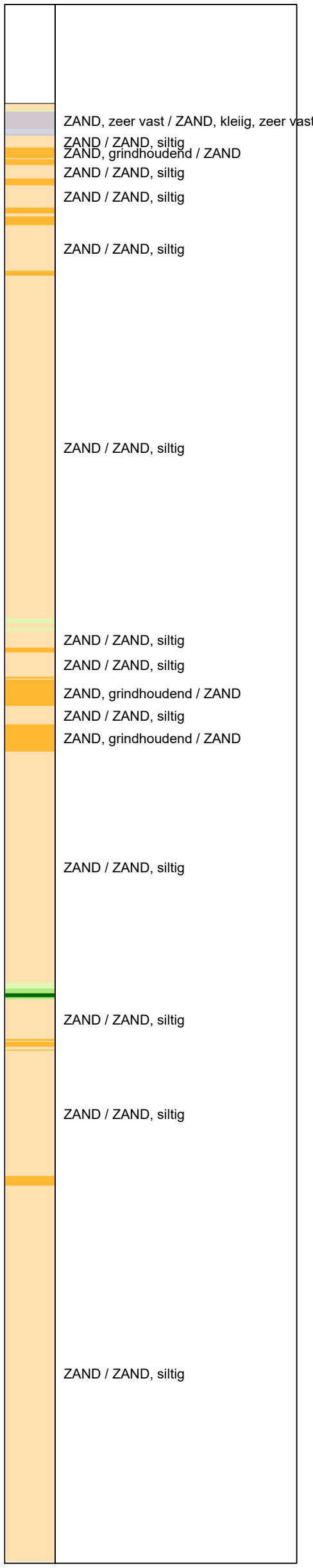
ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM1



Indicatieve bodembeschrijving

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



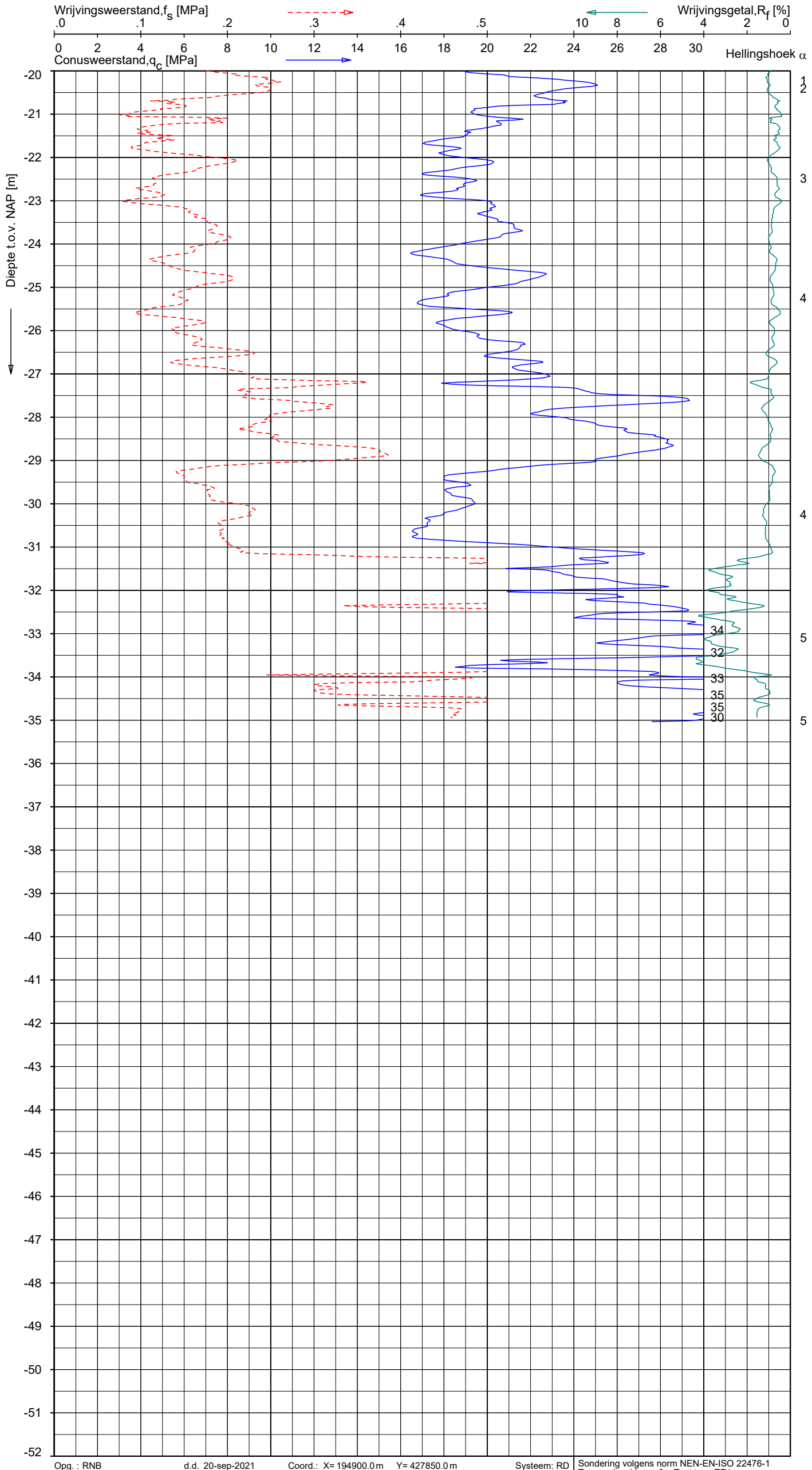
Opg. : RNB d.d. 20-sep-2021 Coord.: X= 194900.0 m Y= 427850.0 m Systeem: RD
Get. : LM d.d. 23-sep-2021 MV = NAP +10.01 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3106

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM2



Indicatieve bodembeschrijving

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

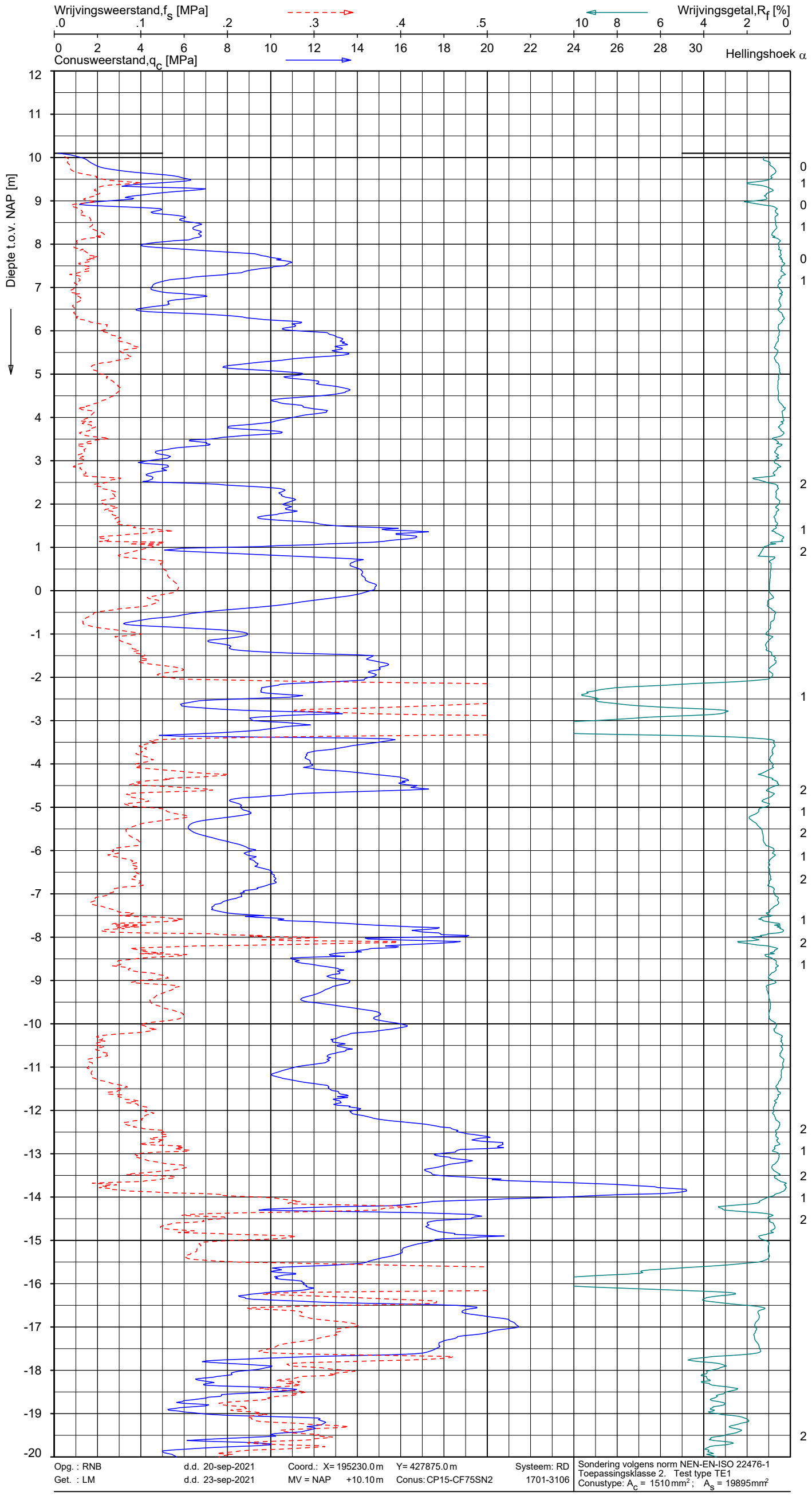
Opg. : RNB	d.d. 20-sep-2021	Coord.: X= 194900.0 m	Y= 427850.0 m	Systeem: RD
Get. : LM	d.d. 23-sep-2021	MV = NAP +10.01 m	Conus: CP15-CF75SN2	1701-3106

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM2



Indicatieve bodembeschrijving

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

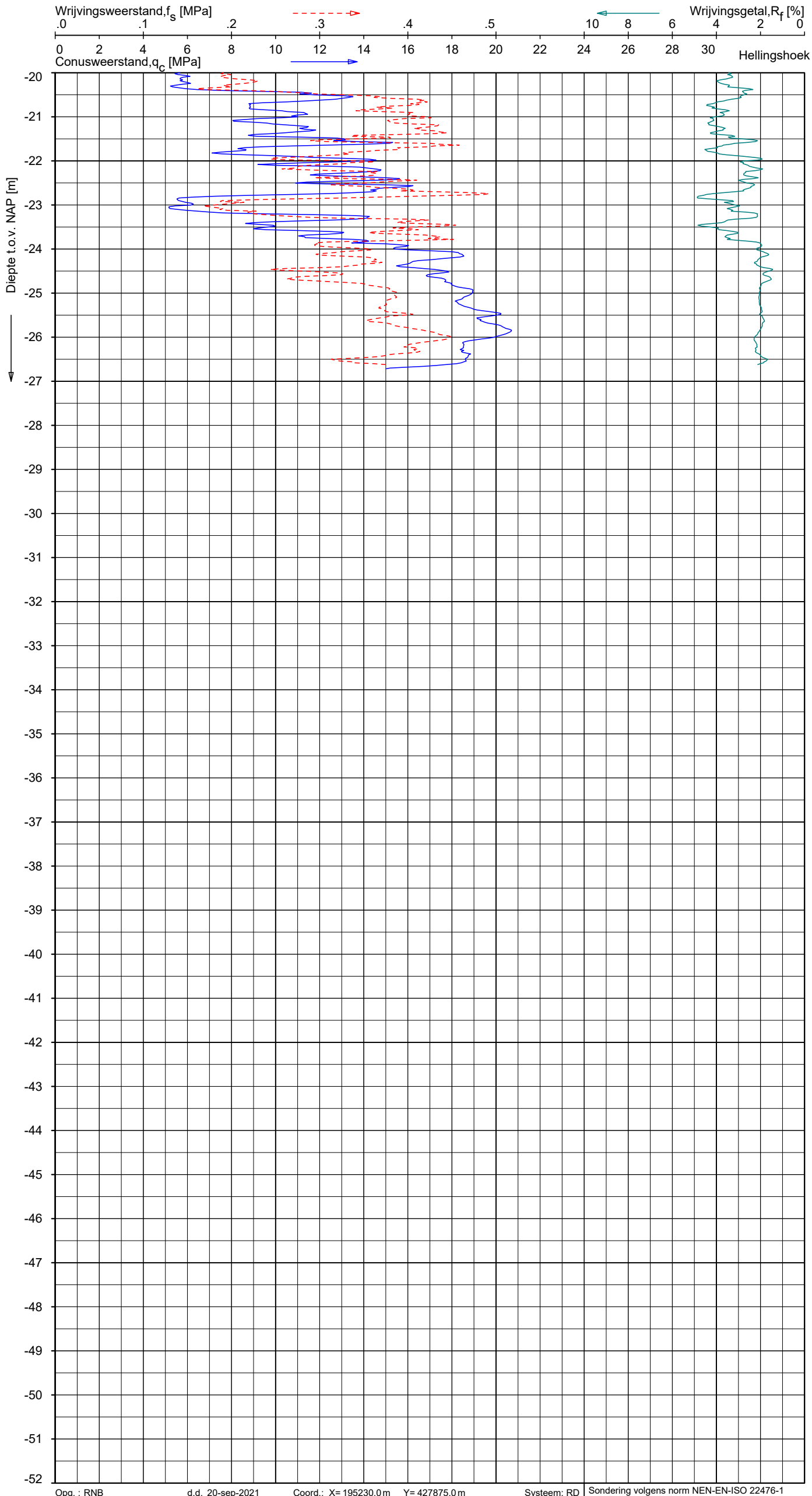
Opg. : RNB d.d. 20-sep-2021 Coord.: X= 195230.0 m Y= 427875.0 m Systeem: RD
Get. : LM d.d. 23-sep-2021 MV = NAP +10.10 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3106

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

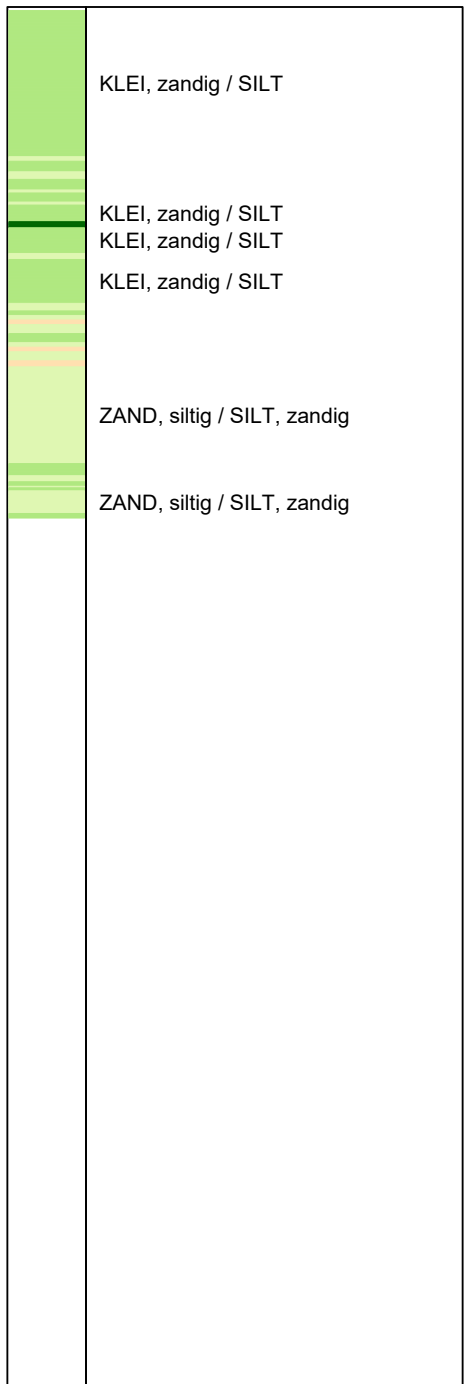
ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM3



Indicatieve bodembeschrijving

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



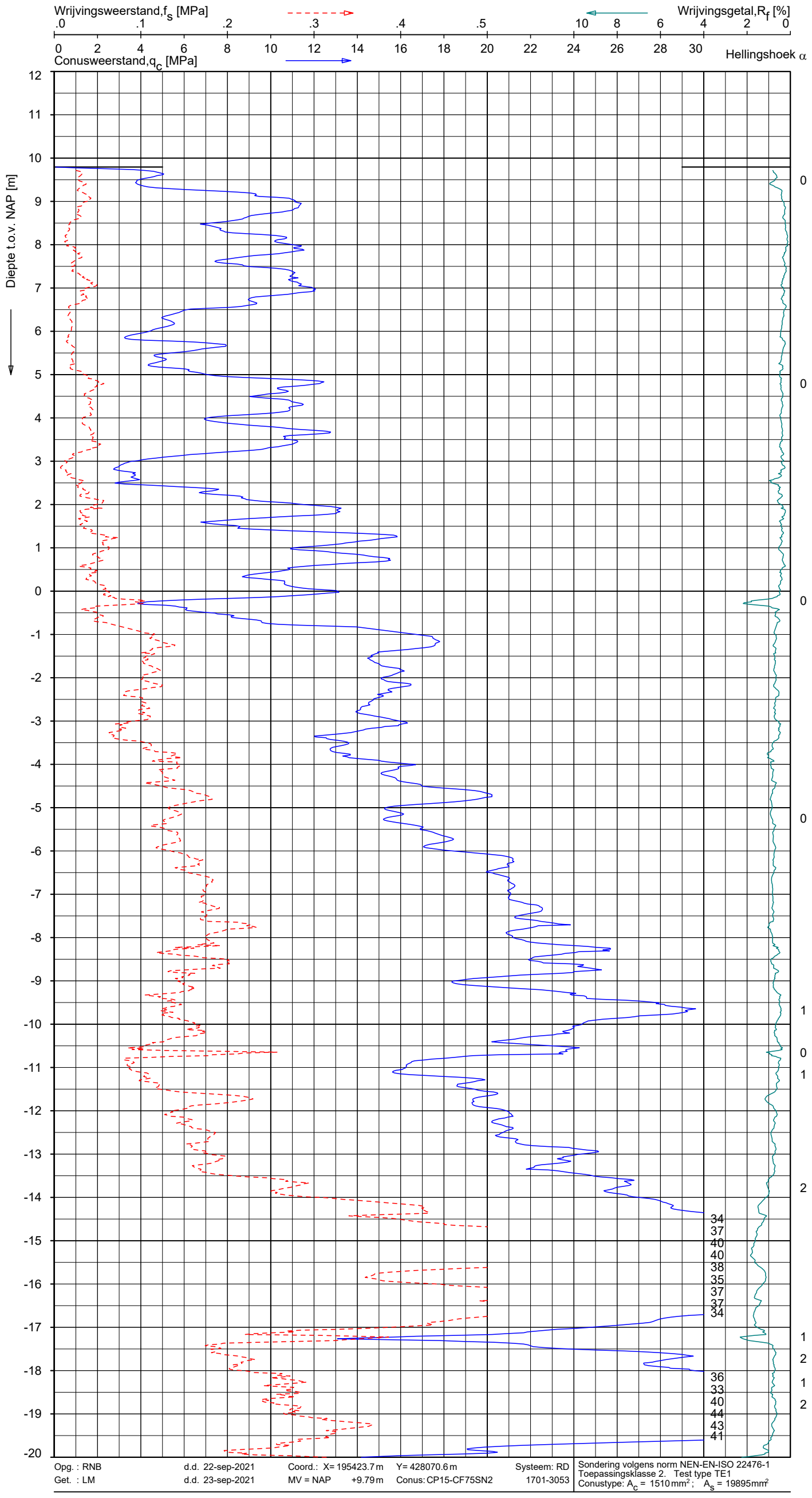
Opg. : RNB	d.d. 20-sep-2021	Coord.: X= 195230.0 m	Y= 427875.0 m	Systeem: RD
Get. : LM	d.d. 23-sep-2021	MV = NAP +10.10 m	Conus: CP15-CF75SN2	1701-3106

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

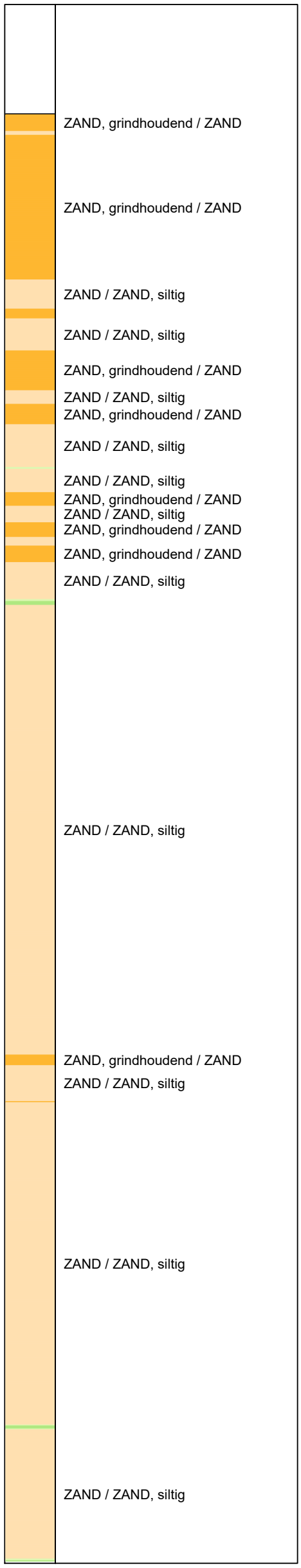
ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM3



Indicatieve bodembeschrijving

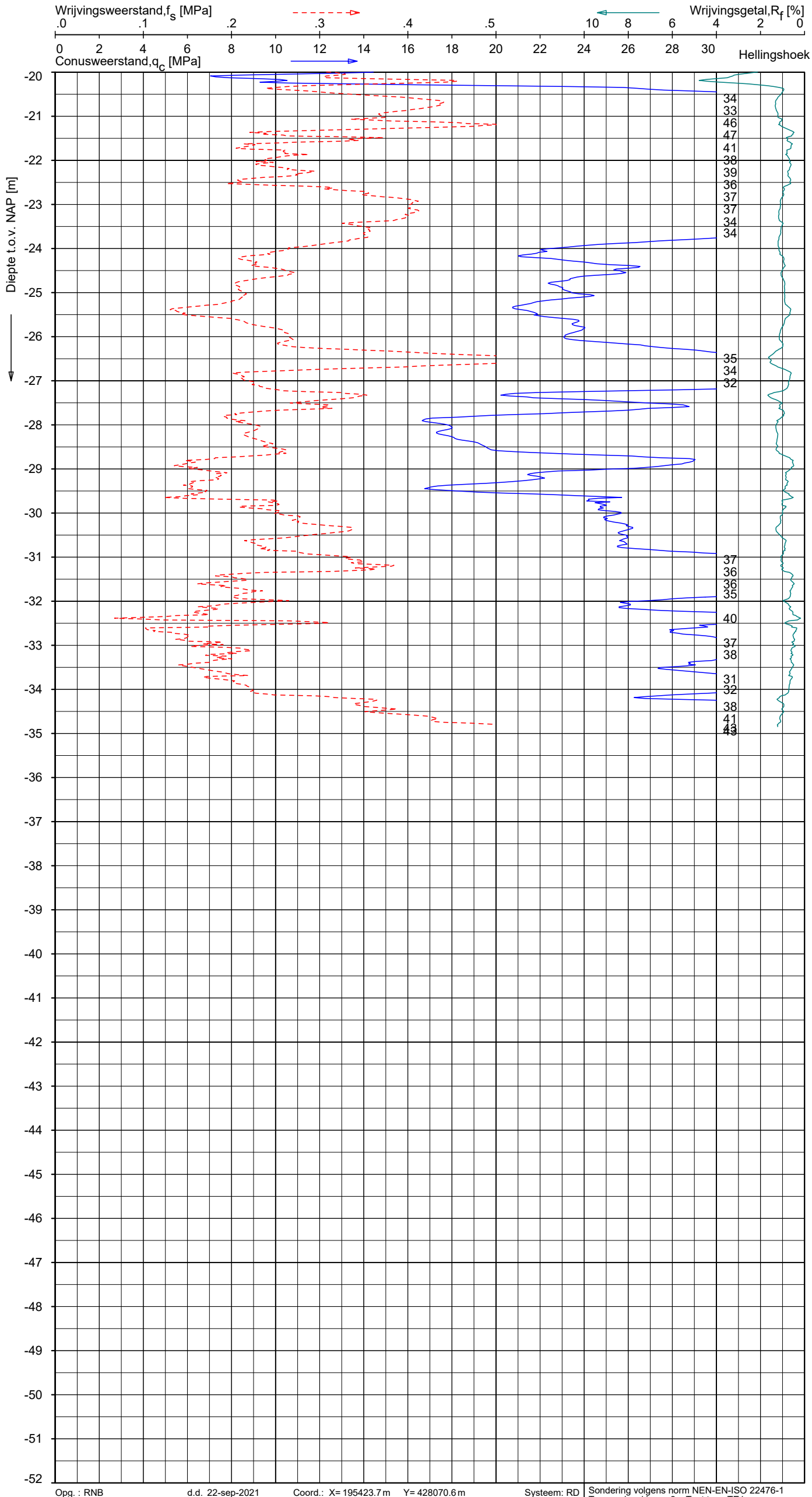
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

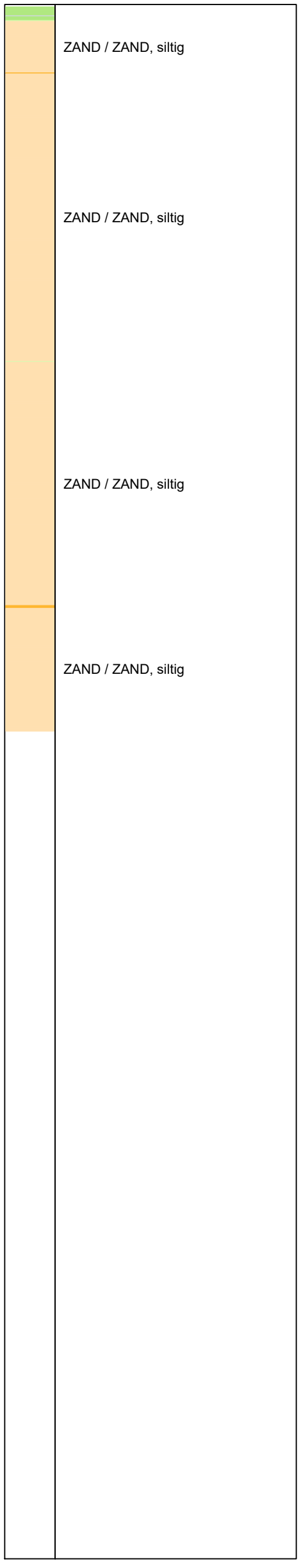
ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM4



Indicatieve bodembeschrijving

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



Opg. : RNB d.d. 22-sep-2021 Coord.: X= 195423.7 m Y= 428070.6 m Systeem: RD
Get. : LM d.d. 23-sep-2021 MV = NAP +9.79 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3053

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ZANDWINPUT ERLECOM

Opdr. 2421-197355
Sond. DKM4

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 monstername 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. 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 60º en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2.

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in NEN-EN-ISO 22476-1 vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen heeft een lengte van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek[*] 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 %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6
Zand	0,6 – 1,2
Silt, löss	1,2 – 4,0

Grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Klei	3,0 – 5,0
Potklei	5,0 – 7,0
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

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

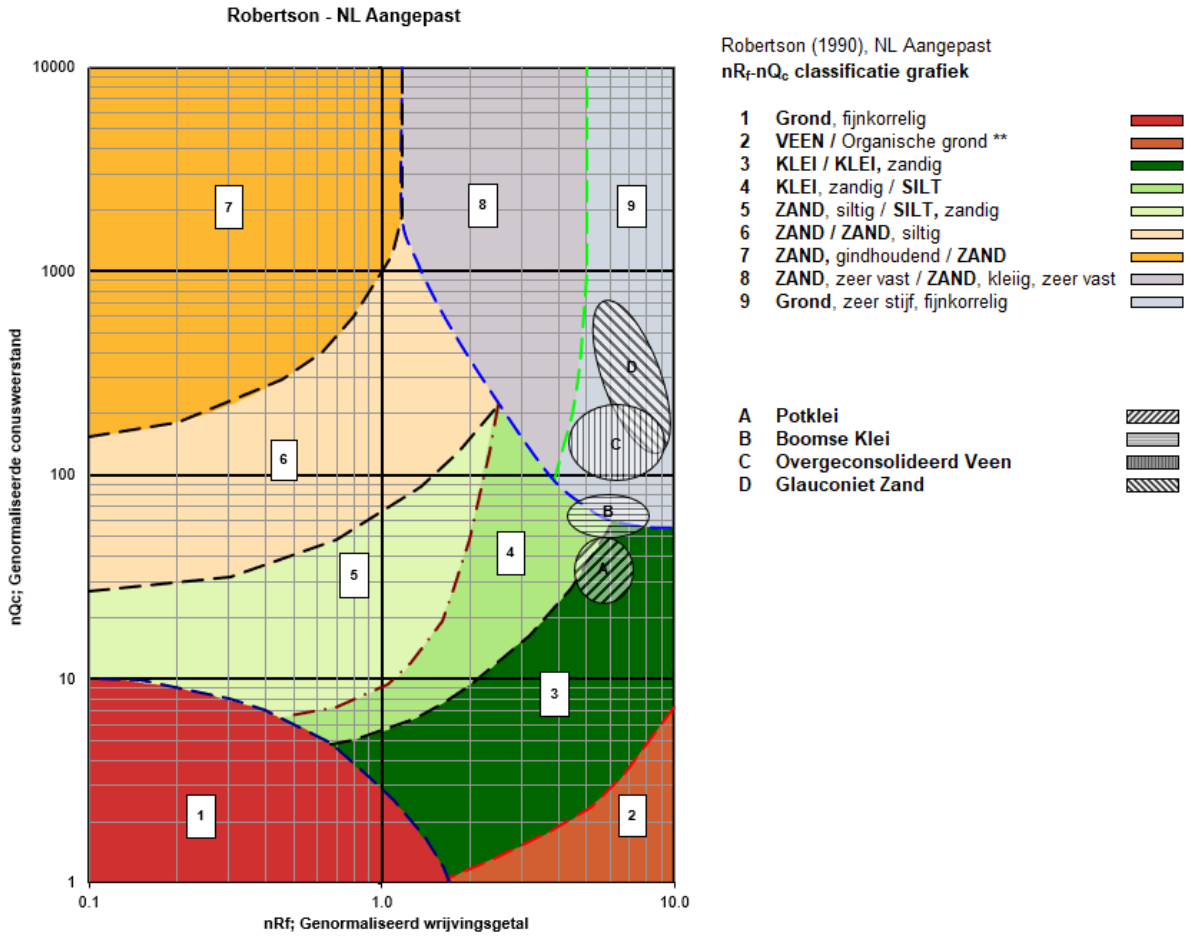
Vergelijking 2

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 MPa en R_f > 5 % wordt de grond als veen geclassificeerd.



** 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.

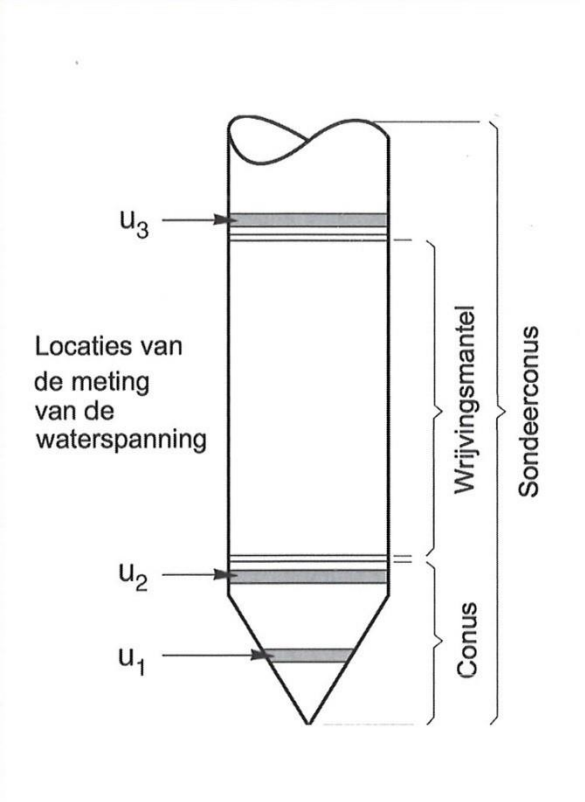
Tabel 2: Overzicht andere conustypen met toepassingsmogelijkheden

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	■ 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	■ heitrillingen; ■ verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	■ bestudering zak/drijflagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	■ bestudering zak/drijflagen 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 1). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water (0,2 mm^3) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1: Schematische weergave sondeerconus met meting van waterspanning

Uitvoeringswijze

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

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

Interpretatie

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f^s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de 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 wateroverspanningindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net}, zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekening houdend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningindex B_q wordt als volgt berekend:

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

Vergelijking 3

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

Vergelijking 4

Waarin:

β	=	factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u1 naar u2. 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 sondeerklassen worden de sondeerklassen 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 qc < 3 MPa);
- B gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien (qc ≤ 3 MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand 5 MPa ‧ qc < 10 MPa);
- C gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand 1,5 MPa ‧ qc < 3 MPa) en zeer dichte zanden (qc > 20 MPa);
- D zeer stijve tot harde kleien (qc ≥ 3 MPa) en zeer vaste grove gronden (qc ≥ 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 conusweerstanden 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 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 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) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan *EN-ISO 22476-1*.

Legenda terreinproeven

Boringen / Peilbuizen

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

Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

Type sonderingen

D	Diepsondering
HS	Handsondering
S	Slagsondering

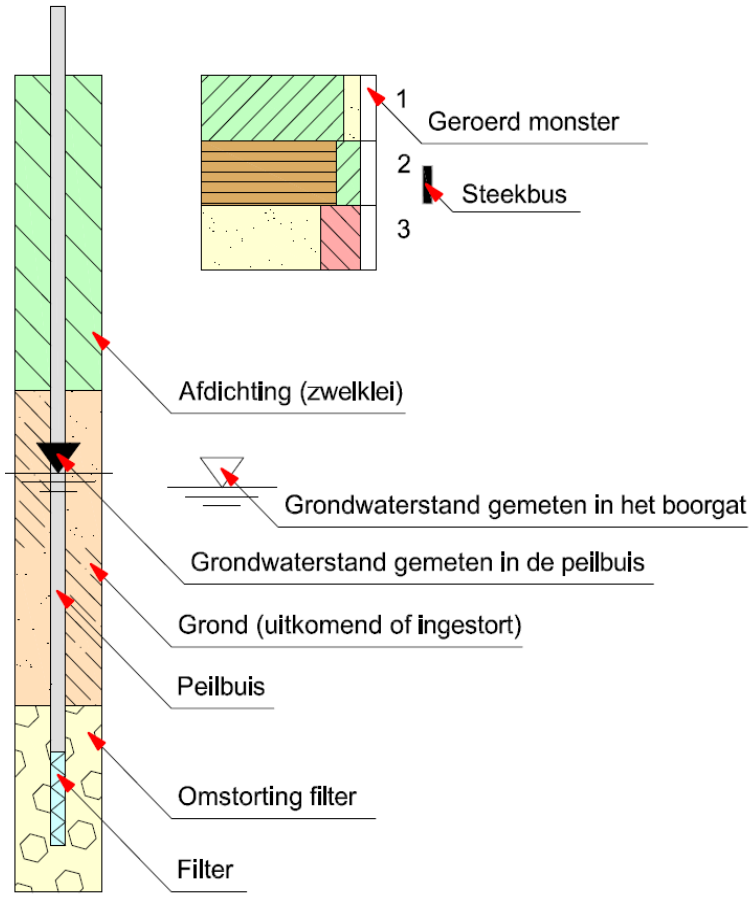
Sonderingen

- Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Slagsondering uitgevoerd
- Handsondering uitgevoerd
- Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
- Multigrondwatersondering uitgevoerd
- Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
- Sondering met bolconus uitgevoerd
- Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
- Waterspanningsmeter uitgevoerd
- Sondering uitgevoerd door derden
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
- Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
- Hellingmeterbuis uitgevoerd

Toegevoegde metingen

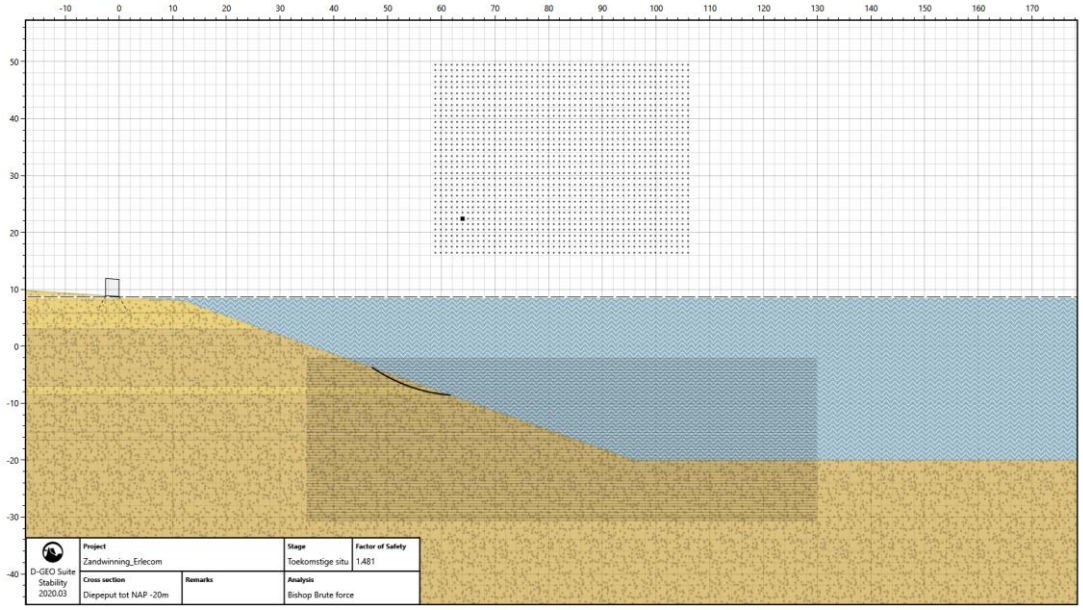
KM	Meting van de plaatselijke kleef
P	Meting van de waterspanning
M	Meting van de magnetische veldsterkte
G	Meting van de geleidbaarheid
S	Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	Meting van de temperatuur

Peilbuis

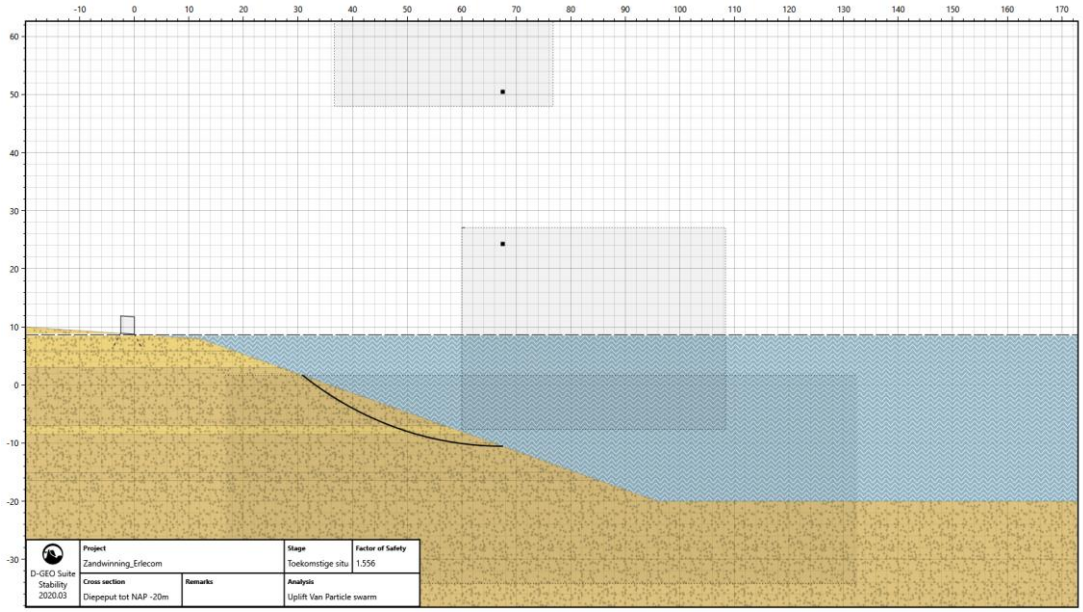

1
Geroerd monster
2
Steekbus
3
Afdichting (zwelklei)
Grondwaterstand gemeten in het boorgat
Grondwaterstand gemeten in de peilbuis
Grond (uitkomend of ingestort)
Peilbuis
Omstorting filter
Filter

Bijlage 3 Resultaten macrostabiliteit

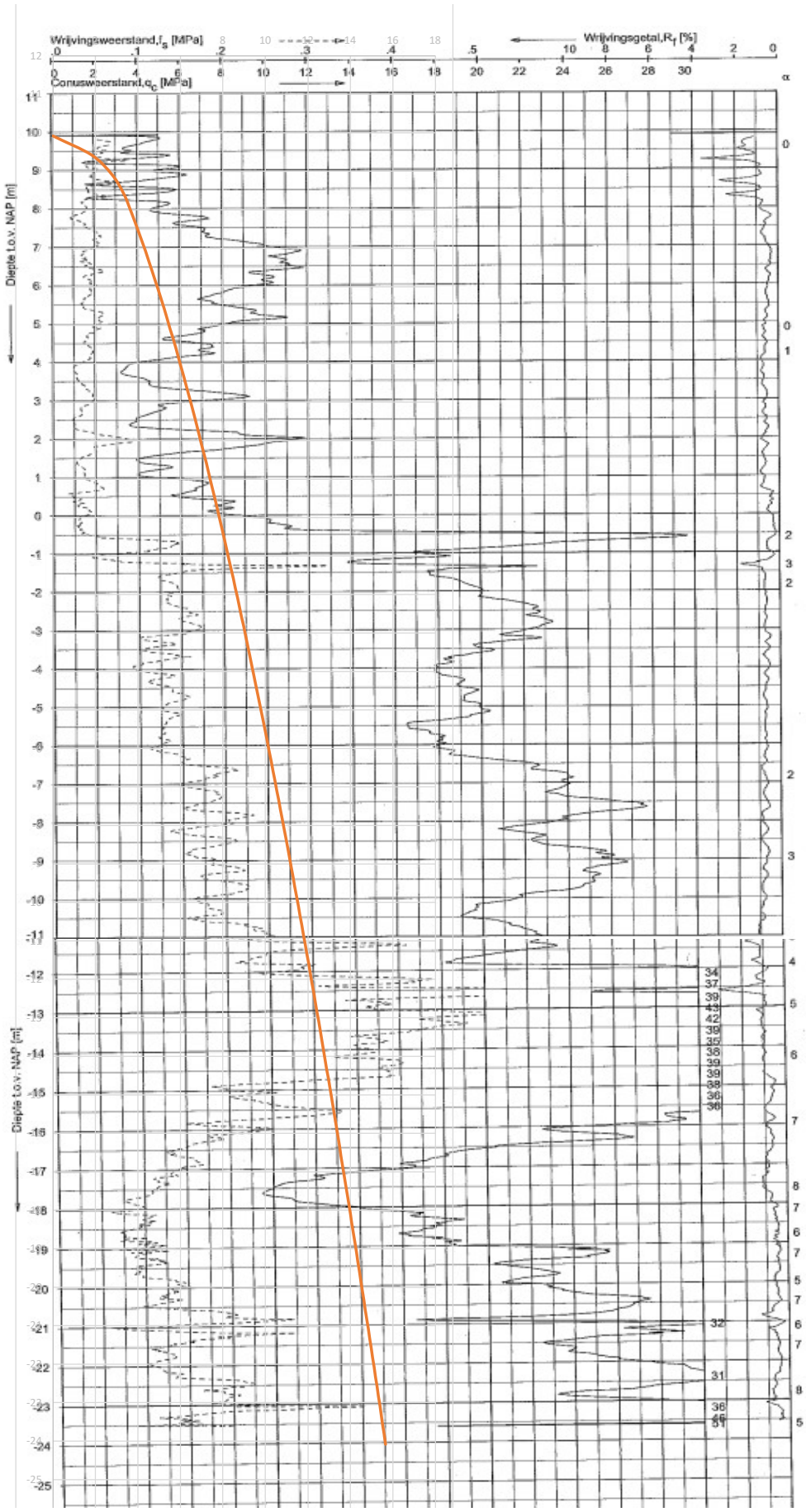
Model Bishop

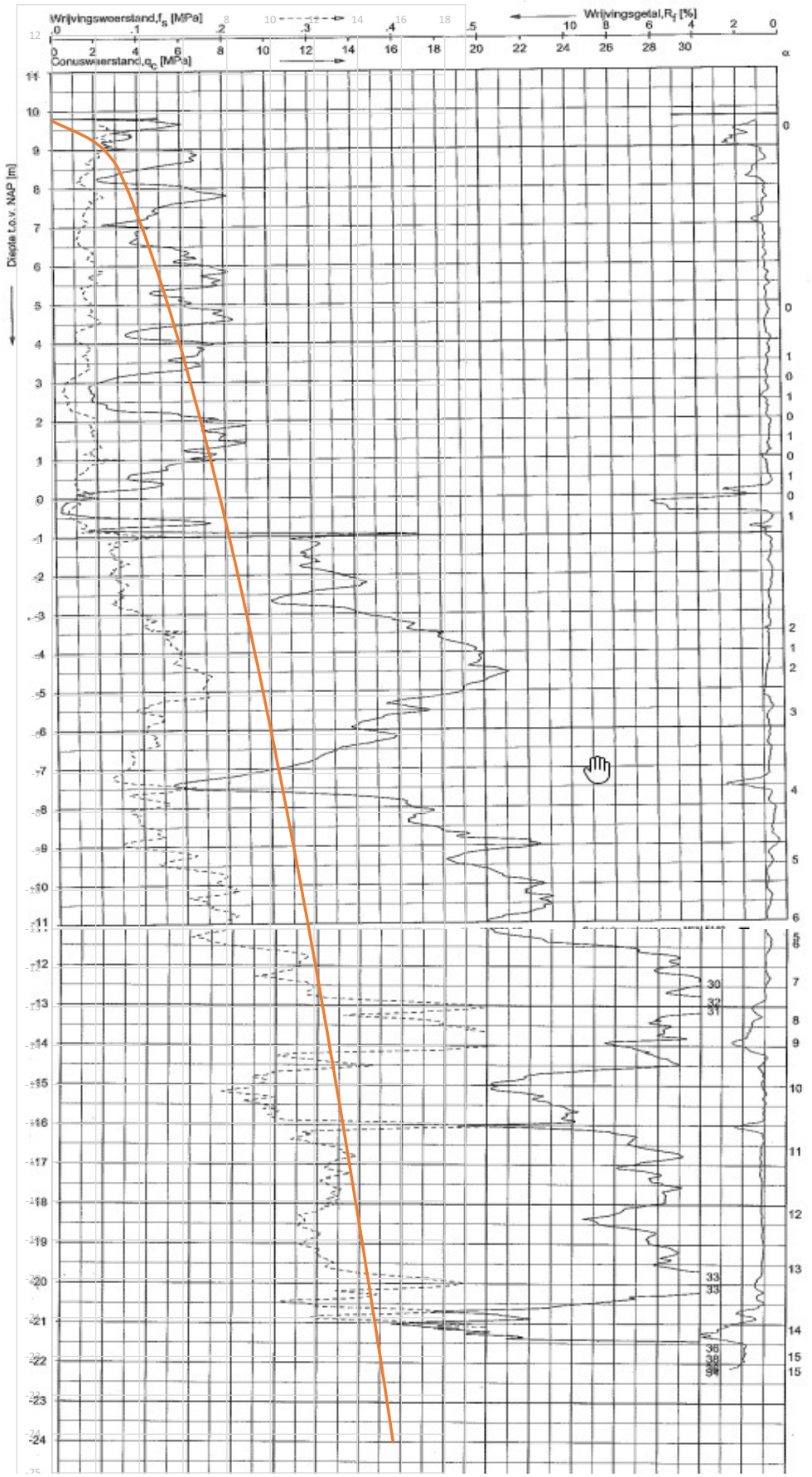


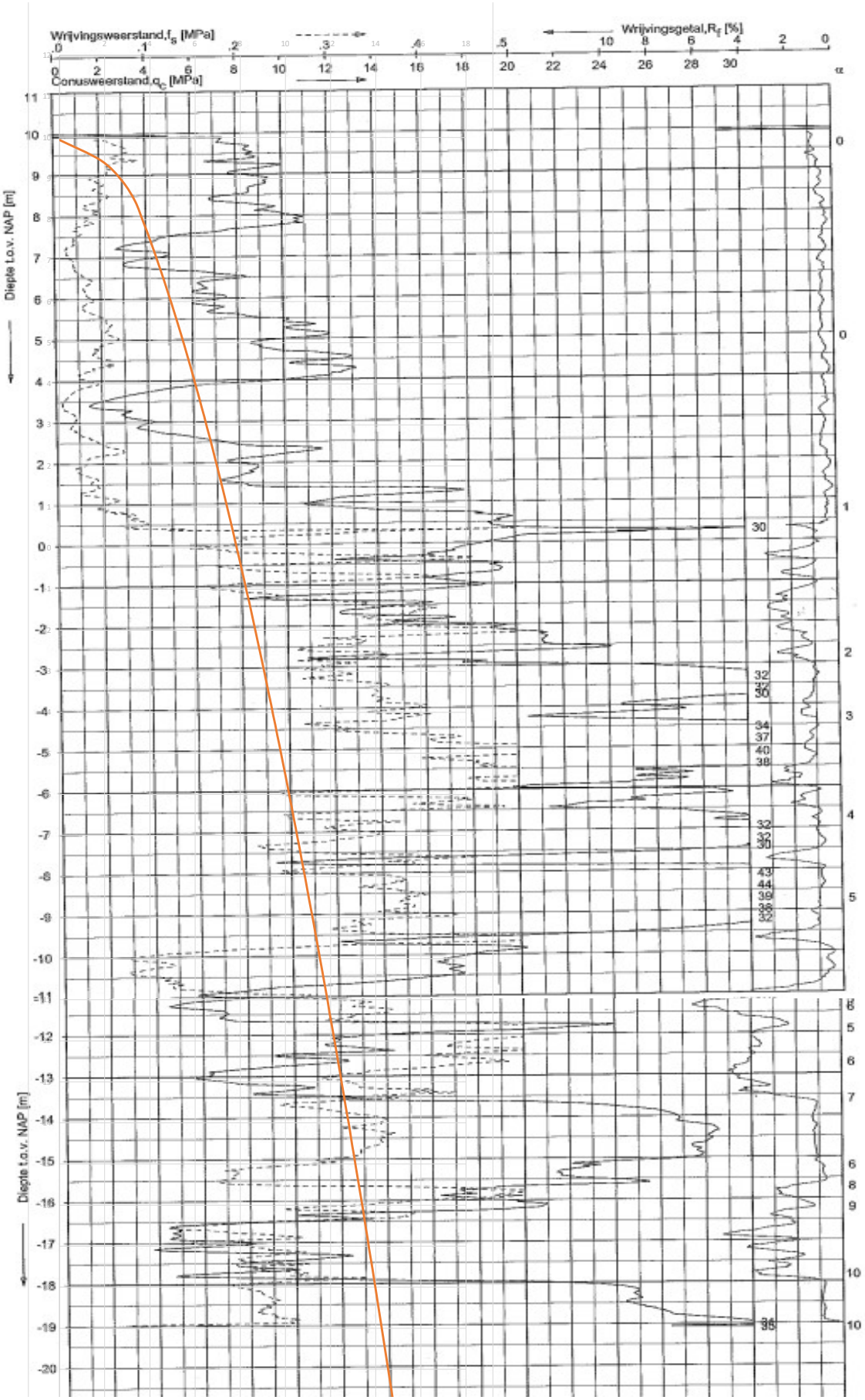
Model Spencer

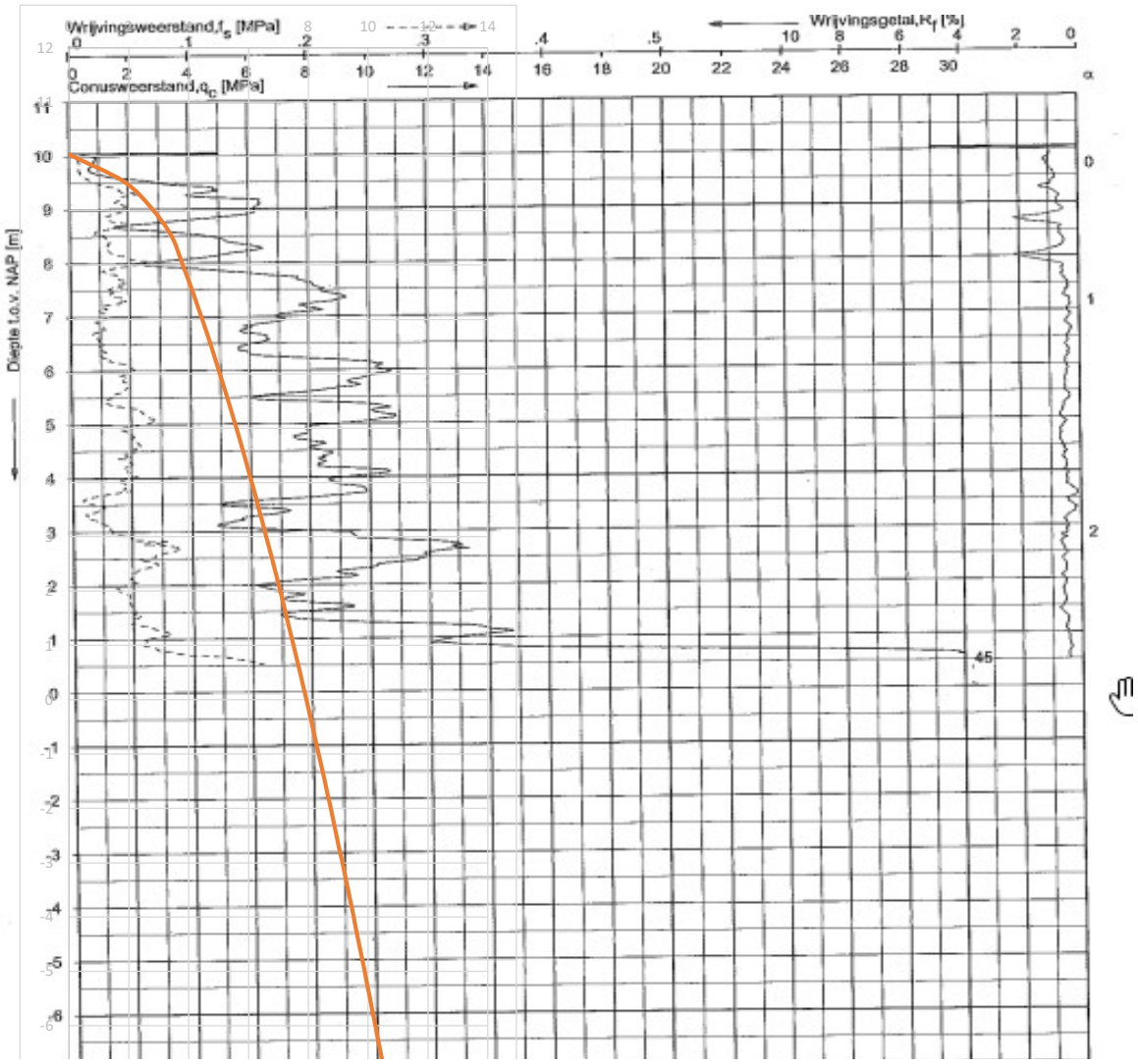


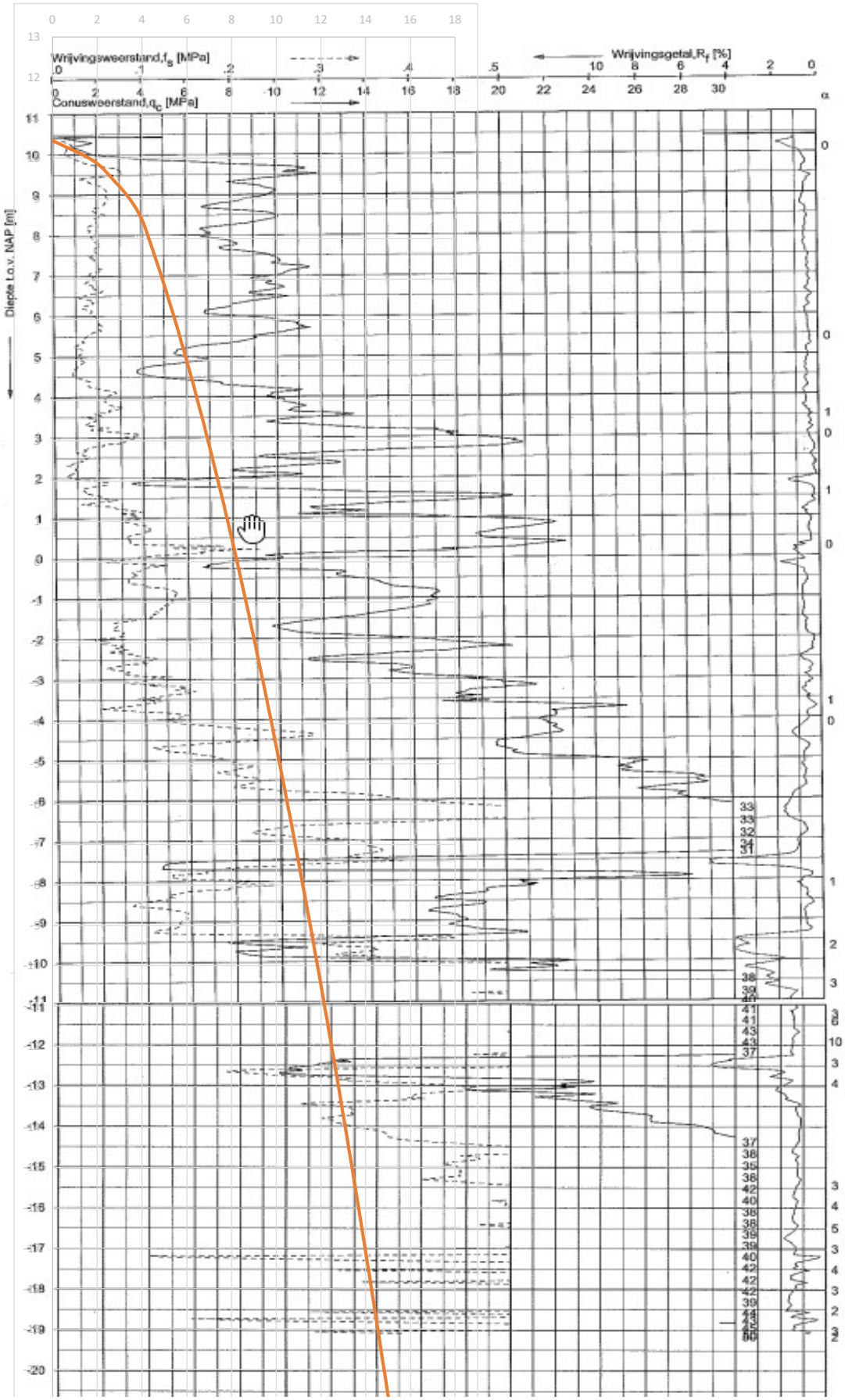
Bijlage 4 Dichtheid zand

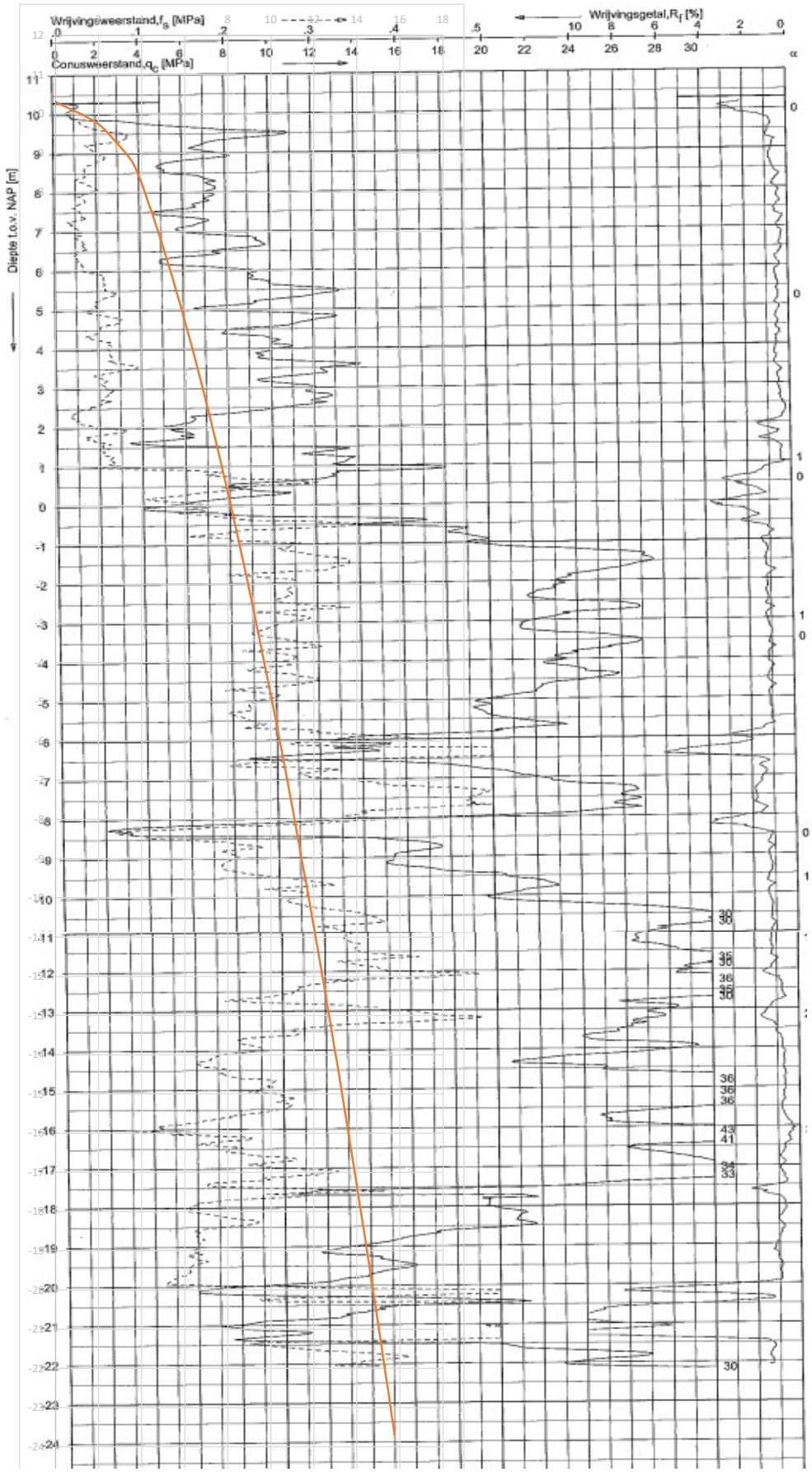

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa]
Conusweerstand, q_c [MPa]
Wrijvingsgetal, R_f [%]
α
Diepte t.o.v. NAP [m]
Diepte t.o.v. NAP [m]

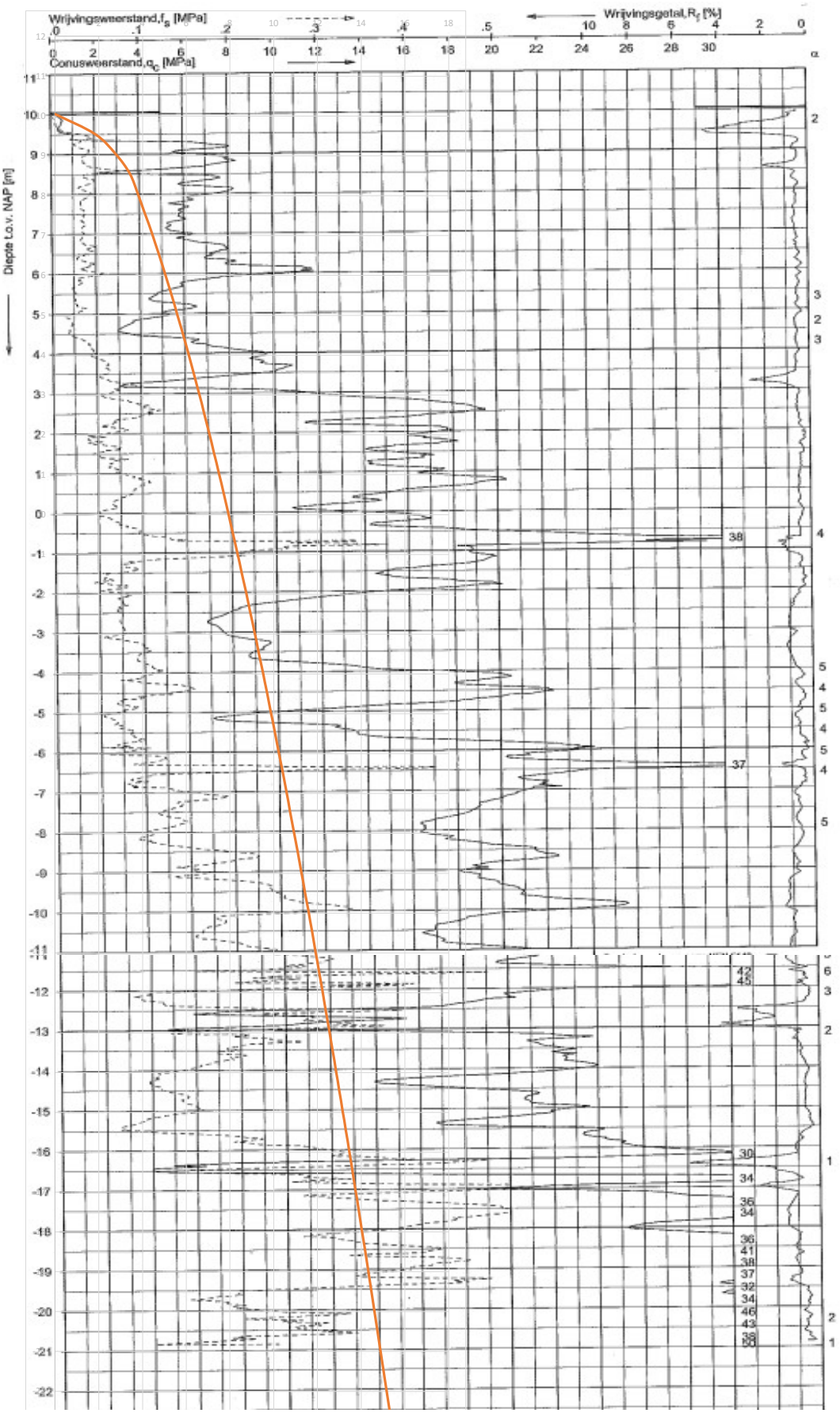

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa]
Conusweerstand, q_c [MPa]
Wrijvingsgetal, R_f [%]
α
Diepte t.o.v. NAP [m]

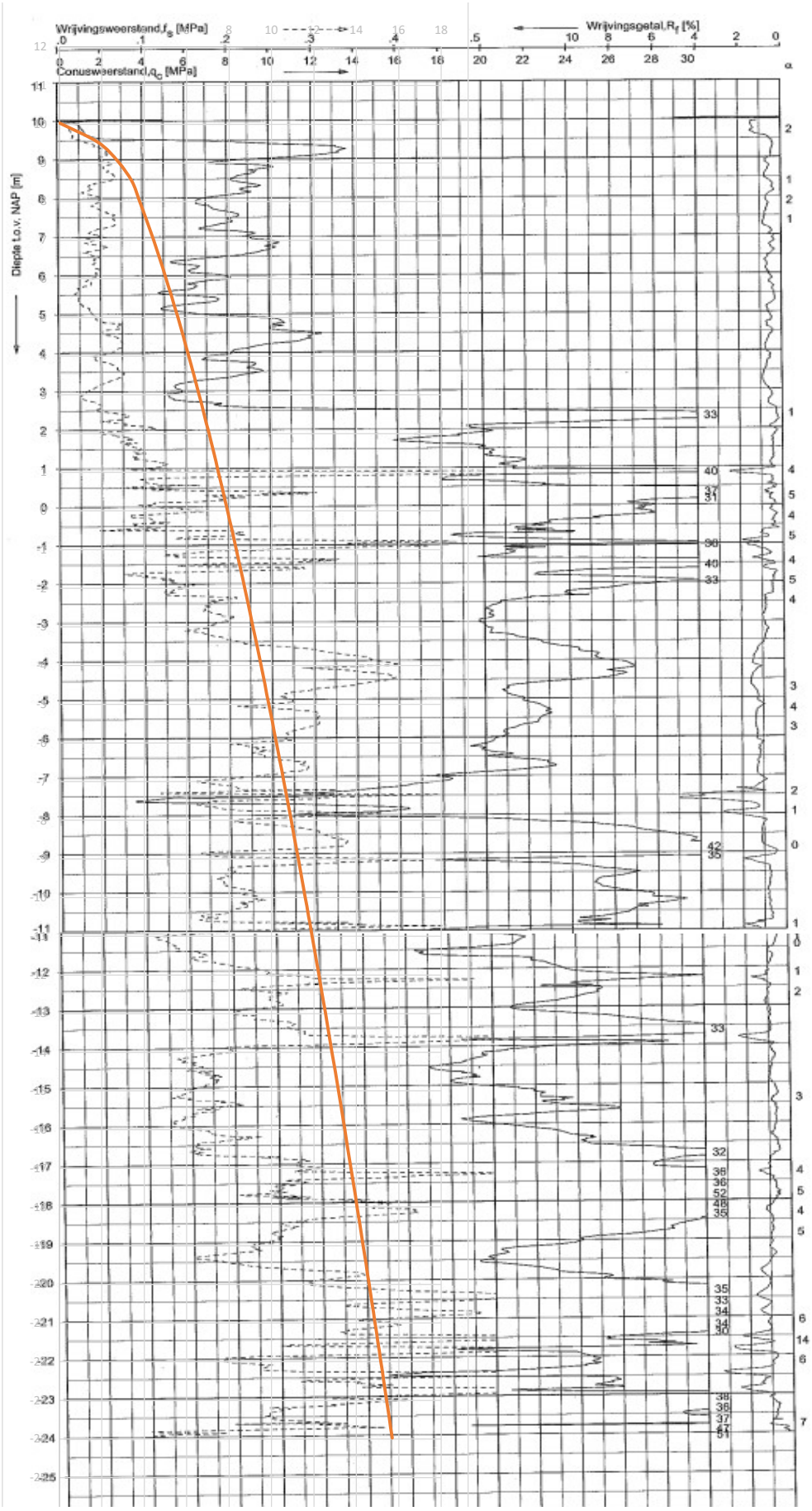

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa]
Wrijvingsgetal, R_f [%]
Conusweerstand, q_c [MPa]
α
Diepte t.o.v. NAP [m]
Diepte t.o.v. NAP [m]


Wrijvingsweerstand, f_s [MPa]
Conusweerstand, q_c [MPa]
Wrijvingsgetal, R_f [%]
Diepte t.o.v. NAP [m]
45


Wrijvingsweerstand, f_s [MPa]
Conusweerstand, q_c [MPa]
Wrijvingsgetal, R_f [%]
α
Diepte t.o.v. NAP [m]

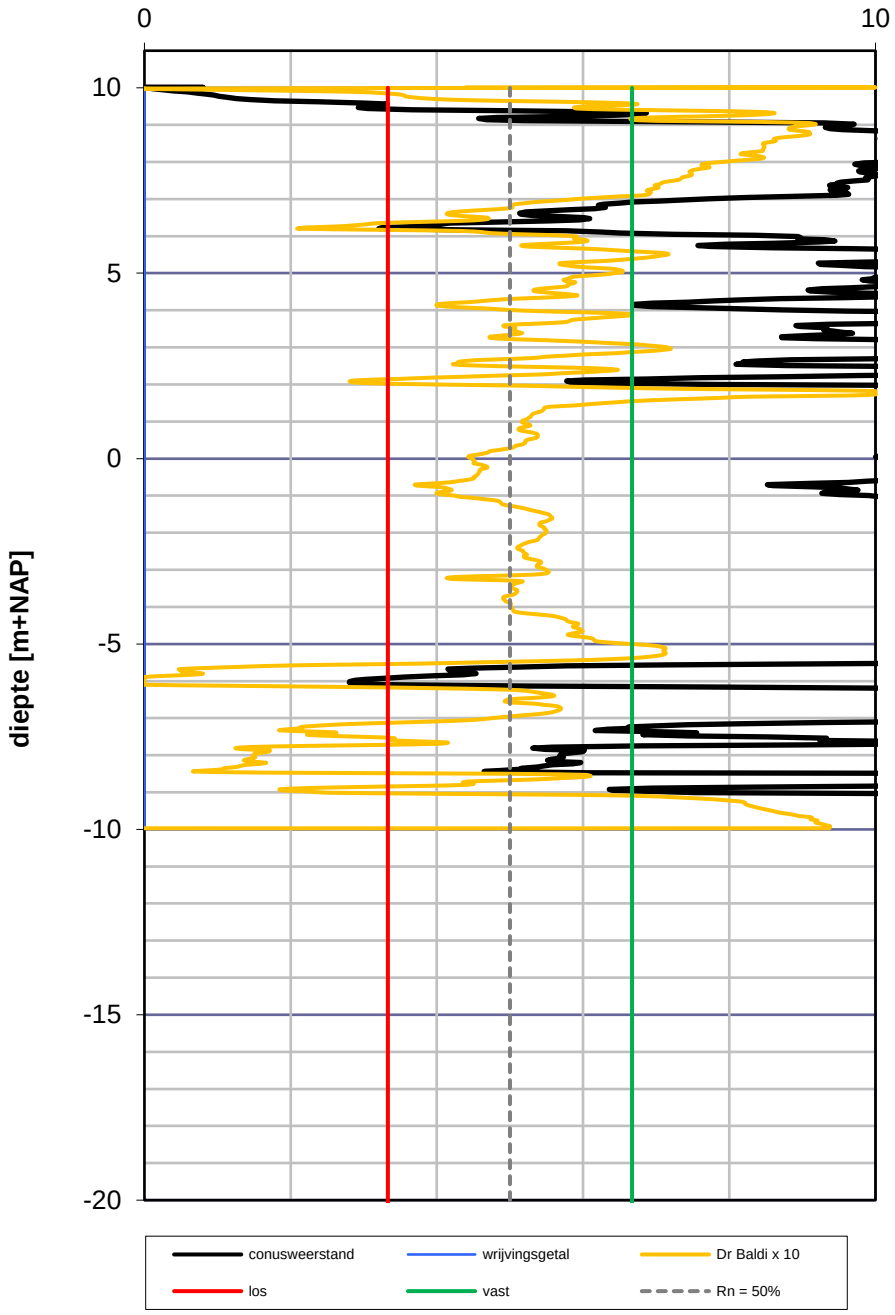

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa]
Conusweerstand, q_c [MPa]
Wrijvingsgetal, R_f [%]
Diepte t.o.v. NAP [m]

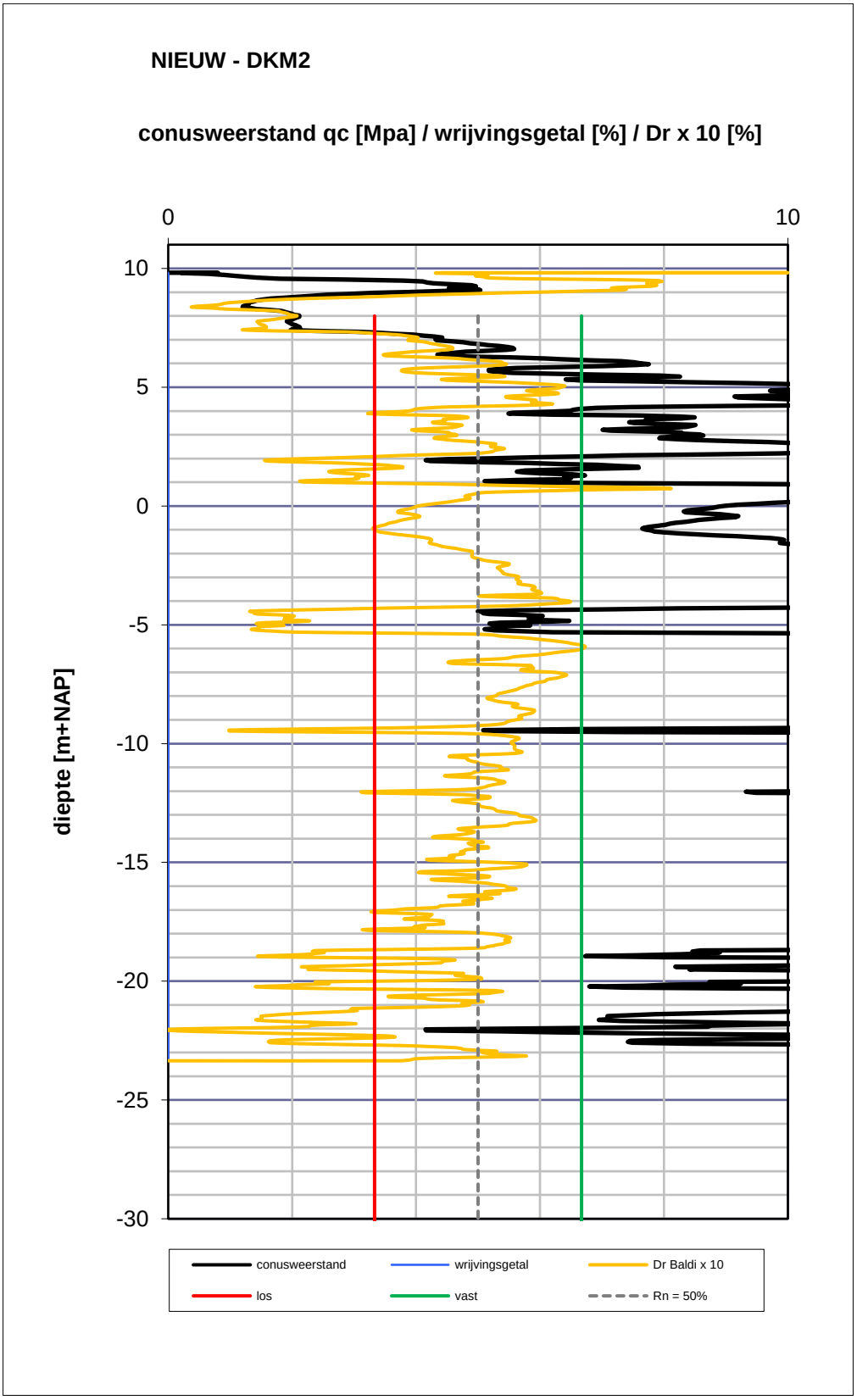

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa]
Wrijvingsgetal, R_f [%]
Conusweerstand, q_c [MPa]
Diepte t.o.v. NAP [m]


Wrijvingsweerstand f_s [MPa]
Wrijvingsgetal R_f [%]
Conusweerstand q_c [MPa]
Diepte t.o.v. NAP [m]

NIEUW - DKM1

conusweerstand qc [Mpa] / wrijvingsgetal [%] / Dr x 10 [%]

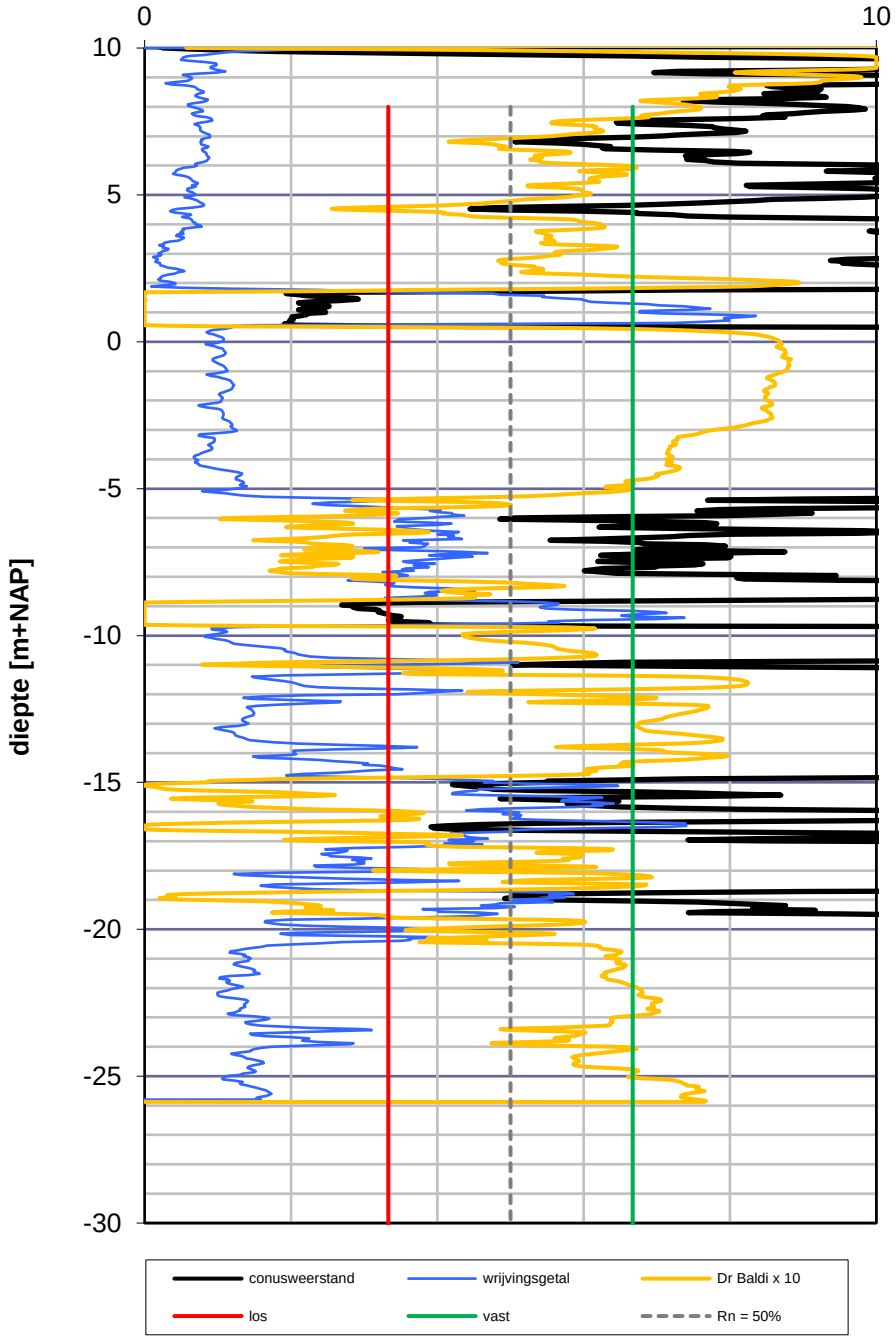



NIEUW - DKM2
conusweerstand qc [Mpa] / wrijvingsgetal [%] / Dr x 10 [%]
0
10
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
diepte [m+NAP]
conusweerstand
wrijvingsgetal
Dr Baldi x 10
los
vast
Rn = 50%

SWECO

DKM1-V2

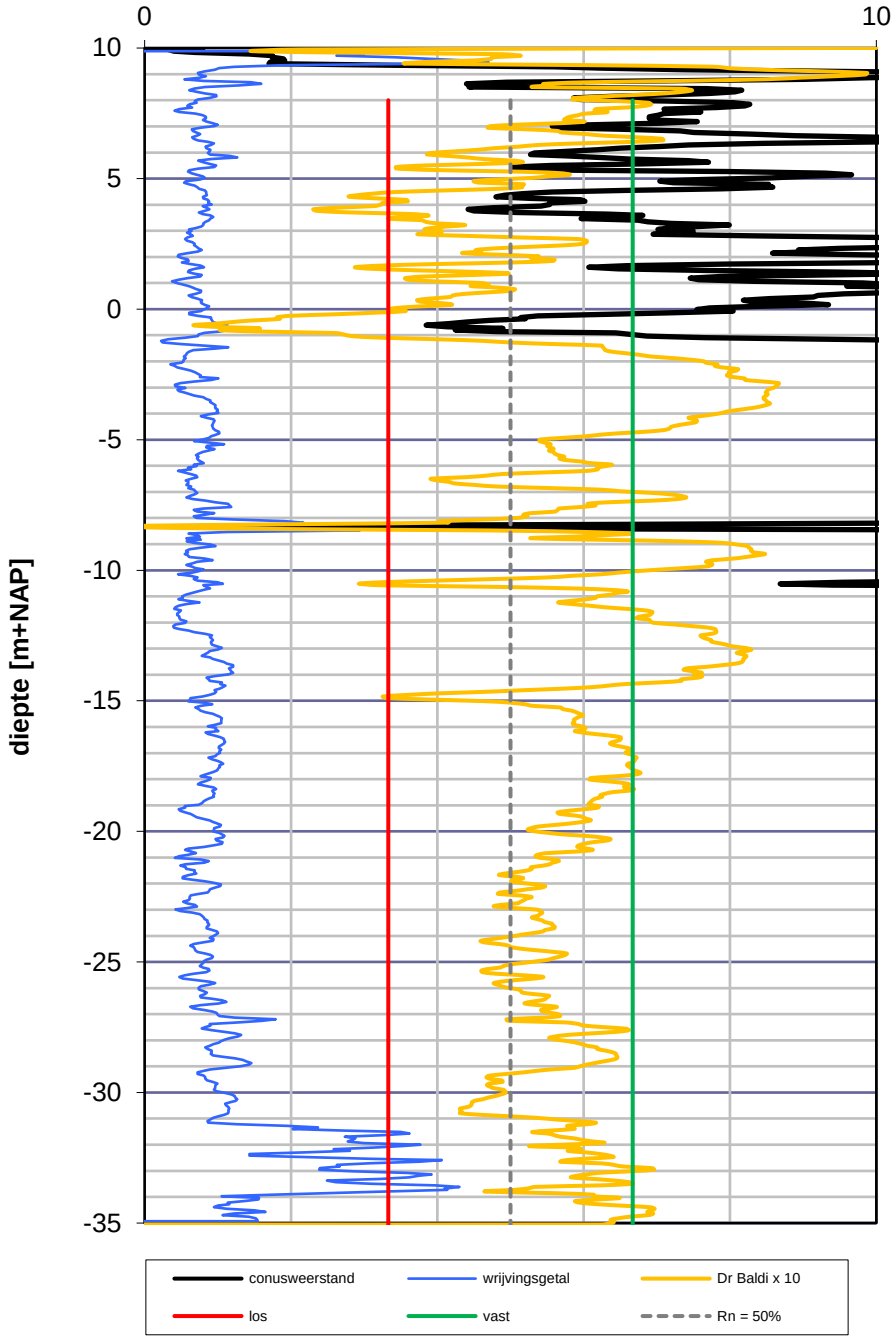
conusweerstand qc [Mpa] / wrijvingsgetal [%] / Dr x 10 [%]



SWECO

DKM2-V2

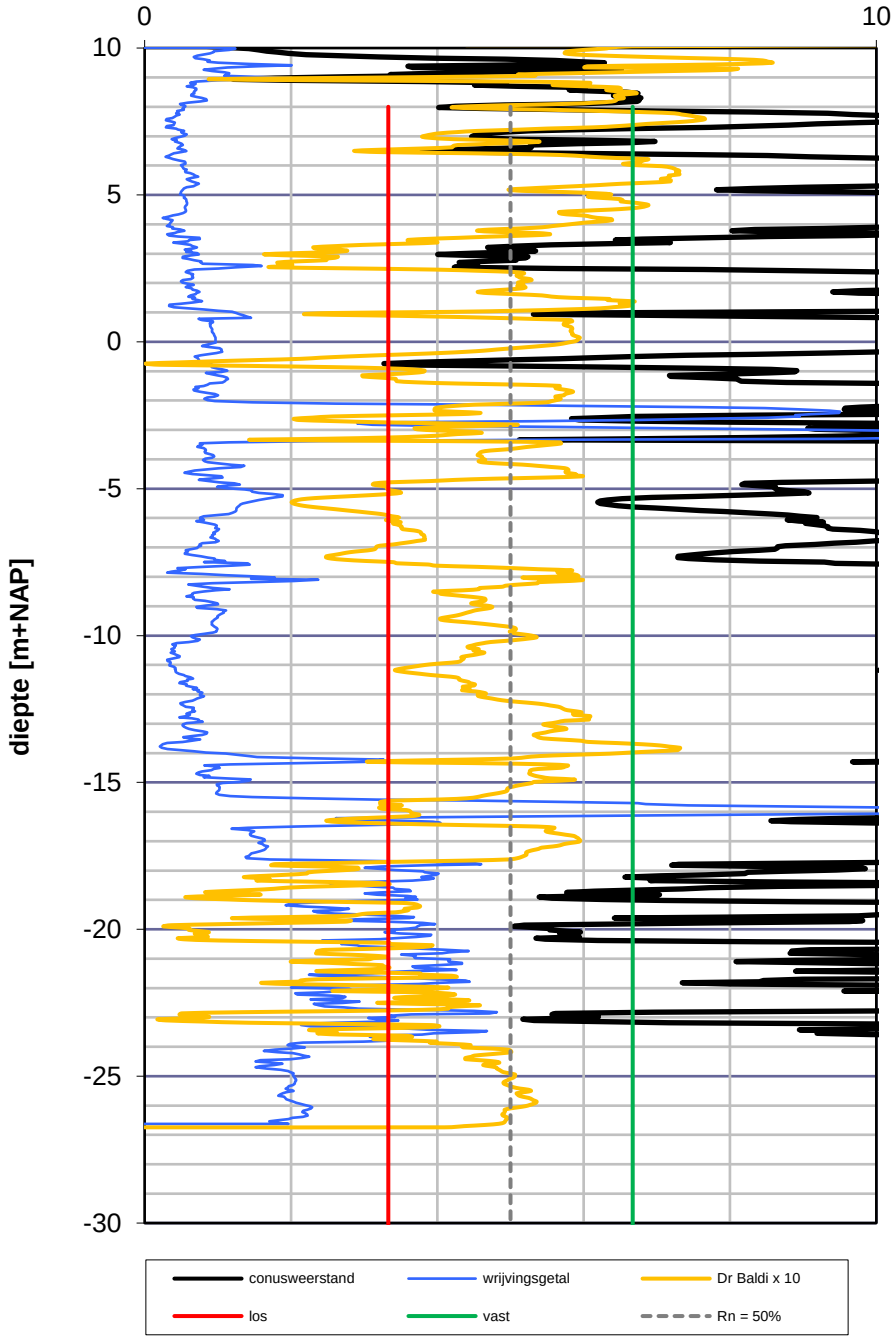
conusweerstand qc [Mpa] / wrijvingsgetal [%] / Dr x 10 [%]



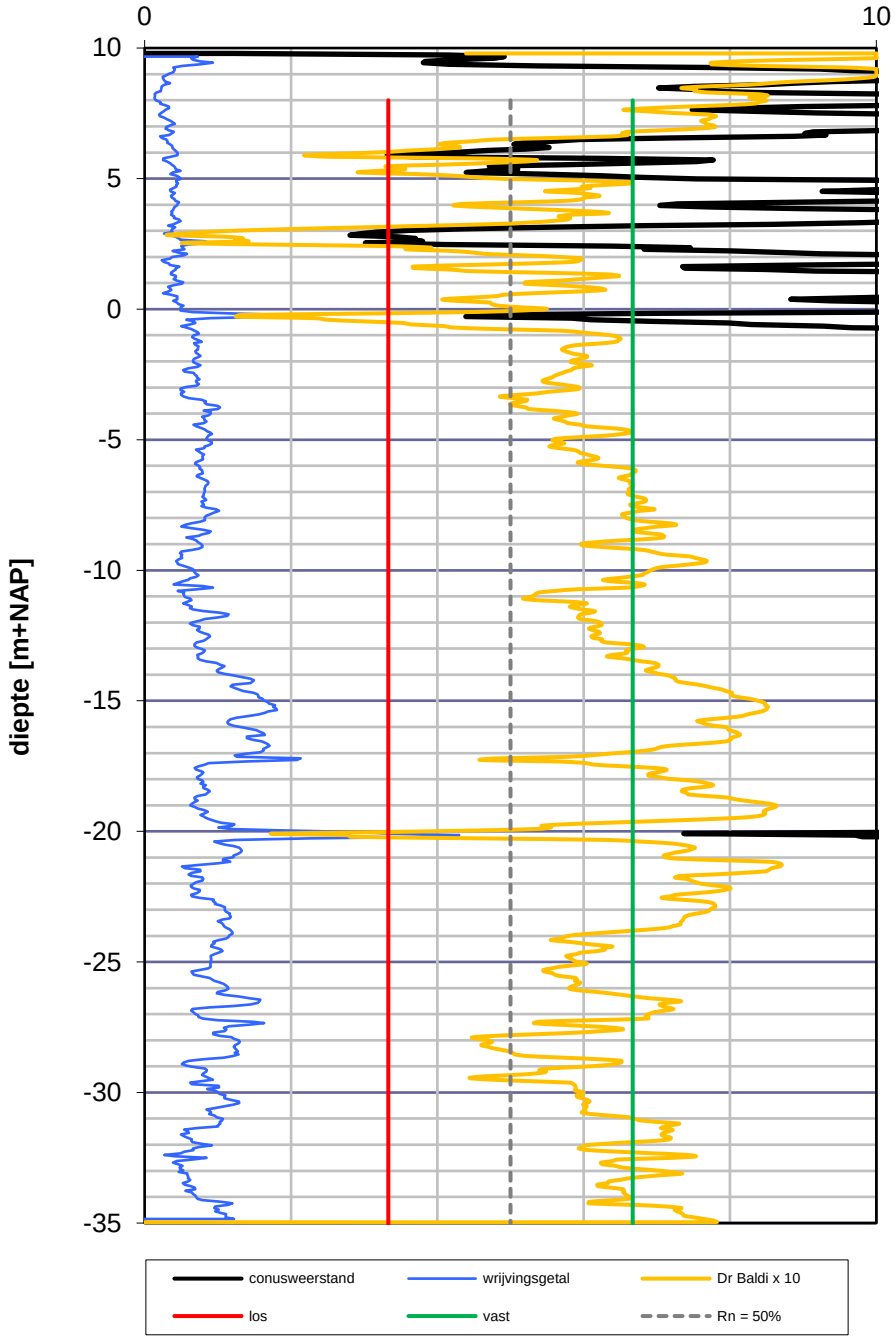
SWECO

DKM3-V2

conusweerstand qc [Mpa] / wrijvingsgetal [%] / Dr x 10 [%]



SWECO

DKM4-V2

conusweerstand qc [Mpa] / wrijvingsgetal [%] / Dr x 10 [%]