



Advies Europakwartier Oost 2; te Almere

Geotechnisch onderzoek en advies zetting | Almere

1121-194946 | 29 november 2021

Definitief

Gemeente Almere

Gemeente Almere



Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Advies Europakwartier Oost 2; te Almere
Documentnaam	Geotechnisch onderzoek en advies m.b.t. zetting
Fugro-projectnr.	1121-194946
Fugro-documentnr.	1121-194946-31-R01-v2.0-20211129
Versienummer	2.0
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Veurse Achterweg 10 Postbus 63 2260 AB Leidschendam T 070 31 11333

Klantgegevens

Klant	Gemeente Almere
Adres klant	Postbus 200, 1300 AE ALMERE
Contactpersoon klant	Gerritsen

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	27-07-2021	Definitief	Initiële versie	JSM	FCS	MWK
2.0	29-11-2021	Definitief	Toevoeging ontwerppeil	JSM	n/a	MWK

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
MWK	ing. M.W. de Kwaadsteniet	Senior consultant Hydrologie
FCS	ir. F. Siegnette	Senior consultant
JSM	ing. J. Misker	Consultant Geotechniek

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Rapportwijziging	1
3. Projectomschrijving	2
4. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid	3
4.1 Algemeen	3
4.2 Globale bodemgesteldheid	3
4.3 Grondwaterstanden en stijghoogten	3
4.4 Grondparameters	4
5. Geotechnische analyse en advies	5
5.1 Algemeen	5
5.2 Relatie zetting en belasting	5
5.3 Relatie zetting en tijd	6
5.4 Beheersing van de grondwaterstand tijdens het voorbelasten	7
5.5 Randen / taludzones van ophogingen.	7
5.6 Zettingsanalyses en ophoogadviezen	7
5.6.1 Stadsbos vloerpeil NAP-2,7 m (terrein/wegen)	8
5.6.2 Fruittuinen en Rietlanden vloerpeil NAP-2,0 m (terrein/wegen)	8
5.6.3 Fruittuinen en Rietlanden vloerpeil NAP-1,6 m (terrein/wegen)	10
5.6.4 Indeling Fruittuinen en Rietlanden	11
6. Uitvoering	12
6.1 Zeezand	12
6.2 Ophoging en monitoring	12
6.2.1 Verticale drainage	12
6.2.2 Metingen	12
7. Literatuuroverzicht en lijst van begrippen en definities	14
7.1 Literatuuroverzicht	14
7.2 Lijst van begrippen en definities	14

Bijlagen

A.1 VELDWERK

B.1 RICHTLIJNEN GRONDVERBETERING

Tabellen

Tabel 3.1: Karakteristieke waarden stijfheidsparameters 4

Tabel 5.1: Voorbelasting en oplevering Terrein (NAP-2,8 m) 8

Tabel 5.2: Voorbelasting terrein en wegen en oplevering terrein	9
Tabel 5.3: Voorbelasting terrein en wegen en oplevering terrein	9
Tabel 5.4: Voorbelasting terrein en wegen en oplevering terrein	10
Tabel 6.1: Lijst van begrippen en definities	14

1. Inleiding

In juli 2021 ontving Fugro van de Gemeente Almere, de opdracht voor het uitvoeren van zettingsberekeningen en het uitbrengen van ophoogadviezen voor de projectlocatie Europakwartier Oost 2 te Almere.

Door Fugro is onder opdrachtnummer 1321-192298 een geotechnisch onderzoek uitgevoerd bestaande uit sonderingen en handboringen. Uit dit onderzoek is het relevante grondonderzoek voor dit project geselecteerd.

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

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. Fugro neemt geen verantwoordelijkheid voor de juistheid van andere dan door ons gerapporteerde conclusies en interpretaties. De gerapporteerde resultaten van het geotechnisch onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Dit rapport bevat:

- Een korte projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- Een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid (hoofdstuk 3);
- Een geotechnische analyse van de zetting en ophoogadvies (hoofdstuk 4);
- Aanbevelingen voor de uitvoering (hoofdstuk 5).

2. Rapportwijziging

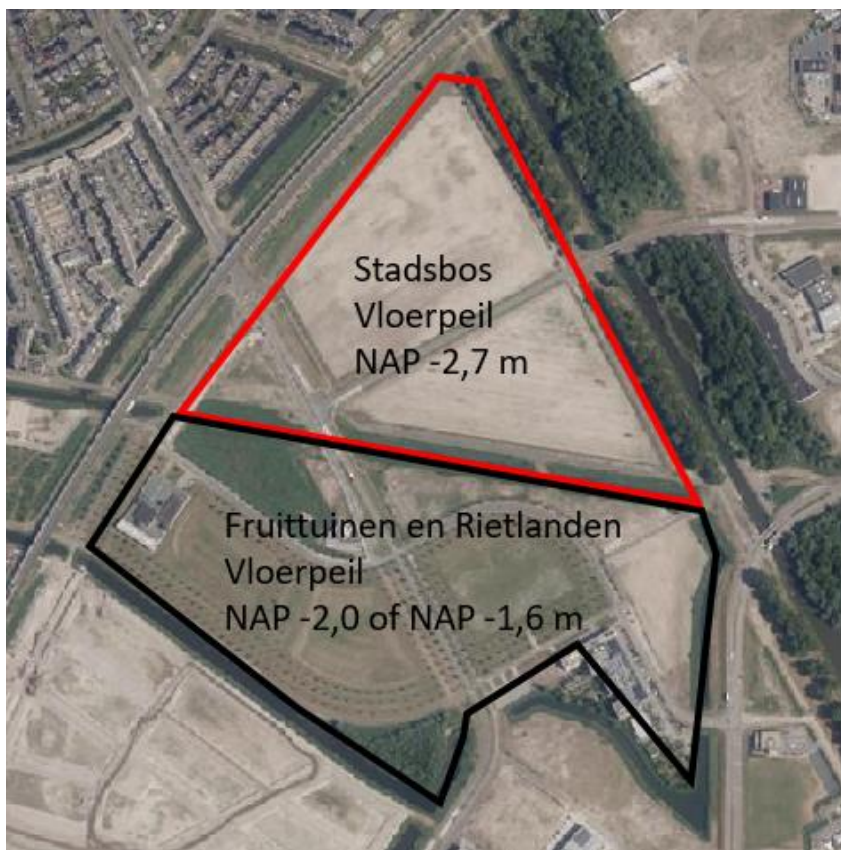
Op verzoek van de opdrachtgever is een voorbelasting uitgewerkt voor het gebied "Fruittuinen en Rietlanden" voor een ontwerppeil van NAP-2,0 m zonder verticale drainage met een beschikbare bouwtijd van 12 maanden.

3. Projectomschrijving

De bouwlocatie staat bekend als Europakwartier Oost 2 is gelegen in Almere.

De betreffende terreindelen worden bouwrijp gemaakt voor nieuwbouw.

Door de opdrachtgever is de onderstaande illustratie aangeleverd.



Figuur 1: Projectlocatie

Voor de analyses is uitgegaan dat het terrein ca. 10 cm en het wegpeil ca. 20 cm onder vloerpeil van de nieuwbouw ligt. In het gebied "Fruittuinen en Rietlanden" zijn reeds aardenbanen aanwezig.

Bovenstaande gegevens zijn mede door de opdrachtgever verstrekt.

Voor nadere gegevens omtrent het project wordt verwezen de opdrachtgever.

4. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid

4.1 Algemeen

Het relevante geotechnisch onderzoek is afkomstig uit opdracht 1321-192298 voor dit project.

Voor de resultaten hiervan wordt verwezen naar de rapportage van het geotechnisch veldwerk van opdracht 1321-192298.

Met betrekking tot de aard en omvang van het geotechnisch onderzoek is niet getoetst of deze voldoet aan 3.2.3 van NEN 9997-1 voor de toetsing van geotechnische constructies.

4.2 Globale bodemgesteldheid

In het onderstaand overzicht zijn de globale bodemprofielen naar grondsoorten per sondeerlocatie gegeven. Het maaiveldniveau is eveneens per locatie gegeven.



Figuur 2: Voorkomende grondlagen per sondering

Sondering EK02-4 lijkt ter plaatse van een sloot-/geuldemping te zijn uitgevoerd en wordt niet verder in de analyses verwerkt.

Sonderingen gemarkeerd met * liggen in het gebied "Stadsbos" waar het vloerpeil NAP-2,7 m bedraagt en de sonderingen met + liggen in het gebied "Fruittuinen en Rietlanden".

4.3 Grondwaterstanden en stijghoogten

In de analyses is een grondwaterstand van NAP-4,4 m aangehouden o.b.v. van waarnemingen tijdens de uitvoering van de handboringen. Dit waterpeil ter verificatie door de opdrachtgever.

4.4 Grondparameters

Op basis van de resultaten van het grondonderzoek zijn stijfheidsparameters voor de verschillende grondlagen afgeleid, zie Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Karakteristieke waarden stijfheidsparameters

Grondlaag	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	C_p ¹ [-]	C_s ¹ [-]	C ¹ [-]	c_v [m ² /s]
Zand, (top)	18	20	100	-	100	1,0
Klei	15	15	18,3	110	11	5 x10 ⁻⁸
Veen	10,5	10,5	11,3	51	6	5 x10 ⁻⁸
Zand	19	21	500	-	500	0,1

Gezien de wisselende dikten in de voorkomende grondlagen, zullen parameters enigszins kunnen variëren.

De ondergrond zal over de eerste 5 kPa op een toename van grondspanning stijf reageren, daarna slap volgens de gegeven parameters C_p' en C_s' .

5. Geotechnische analyse en advies

5.1 Algemeen

Het projectgebied is onderverdeeld in "Stadsbos" en "Fruittuinen en Rietlanden".

In "Stadsbos" bedraagt het vloerpeil van de nieuwbouw NAP-2,7 m en in "Fruittuinen en Rietlanden" bedraagt het vloerpeil van de nieuwbouw NAP-2,0 m of NAP-1,6 m.

Na oplevering mag de resterende zetting niet meer dan 10 cm in 30 jaar bedragen.

Het ontwerppeil van het terrein is 10 cm onder vloerpeil en van wegen is dit 20 cm onder vloerpeil (aangehouden). De wegconstructie op het zand bestaat uit ca. 0,1 m verharding en 0,3 m granulaat of gelijkwaardig.

De zettingen in het terrein en wegen zijn gelijkwaardig, door het extra gewicht van de wegconstructie wordt het peilverschil tenietgedaan.

5.2 Relatie zetting en belasting

Door het aanbrengen van ophogingen zal een zettingsproces op gang worden gebracht. De zettingen worden veroorzaakt door verhogingen van de korrelspanningen. Deze korrelspanningen worden beïnvloed door het aanbrengen of weghalen van ophogingen en veranderingen in de grondwaterstanden. De zettingen treden tijdsafhankelijk op. Enerzijds is sprake van het uitdrijven van water (consolidatie gedurende de hydrodynamische periode), anderzijds treedt kruip op (ook wel secundaire zakking genoemd). De berekende zettingen betreffen theoretische eindzettingen en zullen pas na geruime tijd worden bereikt. Hiervoor is een periode van 30 jaar in acht genomen. Het zettingsproces gedurende de consolidatiefase kan in het algemeen worden versneld door het aanbrengen van drains in de samendrukbare lagen en het eventueel aanbrengen van een tijdelijke overhoogte.

De zettingen zijn berekend met de formule van Koppejan (gecombineerde formule Terzaghi-Buisman), die in grote lijnen als volgt kan worden geschreven:

$$s = d \cdot \left(\frac{1}{C_p} + \frac{\log t}{C_s} \right) \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z} + \Delta\sigma'_{v;z}}{\sigma'_{v;z}} \right)$$

Waarin:

- s = zetting, samendrukking [m]
- d = laagdikte [m]
- C_p = primaire samendrukkingscoëfficiënt
- C_s = secundaire samendrukkingscoëfficiënt
- t = tijd [dagen]; voor 30 jaar: $\log t = \text{circa } 4$
- $\sigma'_{v;z}$ = oorspronkelijke verticale korrelspanning [kN/m²]
- $\Delta\sigma'_{v;z}$ = verticale korrelspanningsverhoging [kN/m²]

De stijfheidseigenschappen van de bodem zijn bepaald aan de hand van een interpretatie van het uitgevoerde grondonderzoek alsmede op basis van ervaring. Bij de analyses is rekening gehouden met het onder water zakken van de grondlagen, waardoor het effectief gewicht van de ophoging vermindert. De berekeningen geven het verloop van de zetting in de tijd en de zogenaamde eindzettingen, dat wil zeggen de zettingen die over een periode van ca. 30 jaar optreden. De onnauwkeurigheid in de berekende zetting bedraagt circa 30 %.

5.3 Relatie zetting en tijd

Deze relatie wordt vaak aangeduid als het tijd-zettingsverloop. Het optreden van zettingen is een tijdsafhankelijk proces. In eerste instantie zal een ophoging een wateroverspanning veroorzaken in de samendrukbare lagen. Het hierdoor ontstane potentiaalverschil geeft een grondwaterstroming, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt en de korrelspanning toeneemt, hetgeen zetting veroorzaakt. De tijdsduur van dit proces wordt de hydrodynamische periode genoemd. De lengte van deze periode (t_e) is afhankelijk van de laagdikte, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen en de afstromingsmogelijkheden van het uit te persen water. De hydrodynamische periode is met de volgende formule berekend:

$$t_e = \frac{T \cdot (a \cdot d)^2}{c_v}$$

Waarin:

- t_e = hydrodynamische periode [s]
- d = laagdikte samendrukbaar pakket [m]
- c_v = consolidatiecoëfficiënt [m^2/s]
- T = tijdfactor; praktisch einde van de consolidatie bij $T=2$
- a = constante; bij tweezijdige afstroming $a = 0,5$; bij eenzijdige afstroming $a = 1$

Het verband tussen de consolidatiegraad U en de tijdfactor T is benaderd volgens:

$$U_v(\Delta t) = \sqrt[6]{\frac{T^3}{0,5 + T^3}}$$

Waarin:

$U_v(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur $\cdot t$ bij alleen verticale afstroming

De zetting die in de hydrodynamische periode optreedt bestaat deels uit primaire en deels uit secundaire zetting. Na het verstrijken van de hydrodynamische periode treden alleen nog secundaire zettingen op. In geval van een dik pakket slappe lagen bepaalt de lengte van de hydrodynamische periode in belangrijke mate de grootte van de restzettingen na ingebruikname.

Bij toepassing van verticale drainage is de consolidatietijd berekend met de formule van Barron/Kjellman.

5.4 Beheersing van de grondwaterstand tijdens het voorbelasten

Gedurende het bouwrijp maken is een goede ontwatering vereist teneinde het effect van een (voor)belasting optimaal te doen zijn. Een goede ontwatering kan worden verkregen met behulp van een horizontaal drainagestelsel en afwatering op open water.

Voor een beheersing van de grondwaterstand in de klei-/veenlagen dient het horizontale drainagestelsel te bestaan uit bijvoorbeeld met polypropyleenweefsel omwikkelde ribbeldrains Ø 80 mm hart-op-hart 25 m, welke afwateren op het open water.

Indien de zettingen zodanig zijn dat "oude" maaiveld in het begin van het zettingsproces onder de grondwaterstand zakt, dan kan de drainage op maaiveldniveau in zand worden aangebracht. Zijn de zettingen hiervoor onvoldoende, dan dient de horizontale drainage in een zandsleuf op grondwaterniveau te worden aangelegd. Indien bij het graven van deze sleuven grond (geen zand) wordt afgegraven dan dient de kleinere onderlinge afstand van enkele meters tussen de drains te worden gehanteerd. In alle gevallen dient de drainage met zand omgeven te zijn aangebracht, anders kan de drainage te snel "dichtslibben".

Voor de afvoer van water vanaf bij de teen van de ophoging kan een drainsleuf worden aangelegd bestaande uit een met matig grof of grof zand opgevulde sleuf, voorzien van een kunststof drainage buis. De onderzijde van de drainage sleuf dient circa 0,5 m beneden het grondwaterpeil te liggen. De drainage sleuf dient af te wateren op een bestaande watergang.

Teneinde het ontstaan van een "ondoorlatend vlies" door verslijming van de huidige grasmat te voorkomen wordt geadviseerd de grasmat (oppervlaktbegroeiing) te frezen, indien geen verticale drainage wordt toegepast.

5.5 Randen / taludzones van ophogingen.

Langs de randen en in de taludzones van ophogingen zullen naast (verticale) zetting eveneens horizontale grondverplaatsingen optreden. Beide grondvormingen hebben maaiveldzakking tot gevolg in en nabij de taludzones van ophogingen. Er kan ook nog een storing in de sterkte van de ondergrond optreden. Tevens zal in de randzone van een ophoging spreiding van belasting optreden, hierdoor is de belasting minder effectief en zal de ondergrond minder worden belast. Door dit samenspel van factoren zal in deze zone nooit voldaan kunnen worden aan een restzettingseis.

5.6 Zettingsanalyses en ophoogadviezen

Het bestaande terrein is in het verleden reeds met zand opgehoogd. De oorspronkelijk situatie vooraf is onbekend. Aannemelijk en uitgangspunt is dat de zettingen door deze zandophogingen grotendeels al zijn opgetreden. De resterende zettingen zullen naar verwachting minder zijn dan enkele centimeters, die zijn verdisconteerd in de navolgende zettingsanalyses.

De voorbelastingen zijn zodanig uitgewerkt dat na oplevering wordt voldaan aan de restzettingseis van minder dan 10 cm in 30 jaar.

5.6.1 Stadsbos vloerpeil NAP-2,7 m (terrein/wegen)

Terrein

Tabel 5.1: Voorbelasting en oplevering Terrein (NAP-2,8 m)

Bodem	Maai-veld	Netto	Voorbelasting in zand					Oplevering Terrein	
			Bouw-tijd	Vert. drain	Hoogte	Dikte	Zetting	Over-tollig	Constr. hoogte
o.b.v.	NAP-m	m	mnd	dr / m ²	NAP-m	m	m	m	m
EK02-9	-3,04	0,24	Direct	Geen	-2,80	0,24	« 0,1	Nihil	0,24
EK02-10	-3,12	0,32	Direct	Geen	-2,80	0,32	« 0,1	Nihil	0,32
EK02-11	-3,01	0,21	Direct	Geen	-2,80	0,21	« 0,1	Nihil	0,21
EK02-12	-2,89	0,09	Direct	Geen	-2,80	0,09	« 0,1	Nihil	0,09
EK02-13	-3,00	0,20	Direct	Geen	-2,80	0,20	« 0,1	Nihil	0,20
EK02-14	-2,68	-0,12	Direct	Geen	-2,80	0	« 0,1	0,12	-
DKM66	-2,86	0,06	Direct	Geen	-2,80	0,06	« 0,1	Nihil	0,06
DKM67	-2,96	0,16	Direct	Geen	-2,80	0,16	« 0,1	Nihil	0,16

Uitvoerings- en autonome zettingen zijn uitgesloten in de berekeningen.

Het terrein kan zonder toepassing van een voorbelasting direct op hoogte worden gebracht. Het advies is om eerst de cunetten te graven voor de wegen en deze wegen simultaan aan te brengen met het ophogen van het terrein.

Het toepassen van horizontale drainage vanuit oogpunt afwateren van spanningswater door het ophogen wordt onnodig geacht.

Wegen

Het ontwerppeil van de wegen bedraagt NAP-2,9 m. Ter plaatse van wegen zal een cunet tot NAP-3,3 m gegraven moeten worden, waarna het granulaat en verharding worden aangebracht. Het vrijkomend zand kan als ophoging in het terrein worden verwerkt.

5.6.2 Fruittuinen en Rietlanden vloerpeil NAP-2,0 m (terrein/wegen)

Terrein en wegen

Het voorbelasten van het terrein en wegen is gelijk. Het verschil is in de oplevering.

De wegen kunnen worden aangebracht na beëindiging van het voorbelasten. Het ontwerppeil van de wegen bedraagt NAP-2,2 m. Ter plaatse van wegen zal een cunet tot NAP-2,6 m gegraven moeten worden, waarna het granulaat en verharding worden aangebracht.

Tabel 5.2: Voorbelasting terrein en wegen en oplevering terrein

Bodem	Maai- veld	Netto	Voorbelasting in zand					Oplevering Terrein	
			Bouw- tijd	Vert. drain	Hoogte	Dikte	Zetting	Over- tollig	Constr. hoogte
o.b.v.	NAP-m	m	mnd	dr / m ²	NAP-m	m	m	m	m
EK01-3	-2,96	0,86	6	1 / 1	-1,90	1,06	0,23	-0,03	1,09
EK01-4	-3,16	1,06	6	1 / 1	-1,50	1,66	0,45	0,15	1,51
EK02-1	-3,44	1,34	6	1 / 1	-0,90	2,54	0,72	0,48	2,06
EK02-2	-3,25	1,15	6	1 / 1	-1,50	1,75	0,42	0,18	1,57
EK02-3	-3,07	0,97	6	1 / 1	-1,70	1,37	0,30	0,10	1,27
EK02-5	-2,45	0,35	6	Geen	-2,10	0,35	0,02	-0,02	0,37
EK02-6	-2,49	0,39	6	Geen	-2,10	0,39	0,03	-0,03	0,42
EK02-7	-2,82	0,72	6	1 / 1	-1,90	0,92	0,20	0,00	0,92
EK02-8	-2,68	0,58	6	1 / 1	-2,10	0,58	0,10	-0,10	0,68
EK02-15	-2,26	0,16	6	Geen	-2,10	0,16	0,01	-0,01	0,17
EK02-16	-3,17	1,07	6	1 / 1	-1,50	1,67	0,35	0,25	1,42

Op verzoek van de opdrachtgever worden de onderstaande voorbelastingen zonder verticale drainage met een bouwtijd van 12 maanden uitgewerkt. In enkele gevallen resulteert dit in onrealistische voorbelastingen, dan is een langere bouwtijd nodig of dient toch verticale drainage te worden toegepast.

Tabel 5.3: Voorbelasting terrein en wegen en oplevering terrein

Bodem	Maai- veld	Netto	Voorbelasting in zand					Oplevering Terrein	
			Bouw- tijd	Vert. drain	Hoogte	Dikte	Zetting	Over- tollig	Constr. hoogte
o.b.v.	NAP-m	m	mnd	dr / m ²	NAP-m	m	m	m	m
EK01-3	-2,96	0,86	12	Geen	- 0,85	2,11	0,25	+1,00	1,11
EK02-3	-3,07	0,97	12	Geen	- 0,85	2,22	0,30	+0,95	1,27
EK02-4	-3,02	0,92	12	Geen	- 2,10	0,92	0,09	- 0,09	1,01
EK02-5	-2,45	0,35	12	Geen	- 2,10	0,35	0,03	- 0,03	0,38
EK02-6	-2,49	0,39	12	Geen	- 2,10	0,39	0,04	- 0,04	0,43
EK02-7	-2,82	0,72	12	Geen	- 1,35	1,47	0,21	+0,54	0,93
EK02-8	-2,68	0,58	12	Geen	- 1,85	0,83	0,10	+0,15	0,68
EK02-15	-2,26	0,16	12	Geen	- 2,10	0,16	0,01	- 0,01	0,17
EK02-16	-3,17	1,07	12	Geen	- 0,10	3,07	0,37	+1,63	1,44

Voor de locaties met EK01-4, EK02-1 en EK02-2 moet een keuze gemaakt worden qua bouwtijd al dan niet met toepassing van (toch) verticale drainage, om "redelijk" te kunnen voorbelasten.

Bodem	Maai- veld	Netto	Voorbelasting in zand					Oplevering Terrein	
			Bouw- tijd	Vert. drain	Hoogte	Dikte	Zetting	Over- tollig	Constr. hoogte
o.b.v.	NAP-m	m	mnd	dr / m ²	NAP-m	m	m	m	m
EK01-4	-3,16	1,06	12	Geen	+1,65	4,81	0,51	+3,24	1,57
EK02-1	-3,44	1,34	12	Geen	+7,90	11,34	0,82	+9,18	2,16
EK02-2	-3,25	1,15	12	Geen	+1,15	4,40	0,48	+2,77	1,63
EK01-4	-3,16	1,06	18	Geen	- 0,10	3,06	0,48	+1,52	1,54
EK02-1	-3,44	1,34	24	Geen	+0,90	4,34	0,76	+2,24	2,10
EK02-2	-3,25	1,15	18	Geen	- 0,35	2,90	0,45	+1,30	1,60
EK01-4+	-3,16	1,06	12	1 / 1	- 1,70	1,46	0,42	- 0,02	1,48
EK02-1+	-3,44	1,34	12	1 / 1	- 1,10	2,34	0,71	+0,29	2,05
EK02-2+	-3,25	1,15	12	1 / 1	- 1,70	1,55	0,40	- 0,00	1,55

5.6.3 Fruittuinen en Rietlanden vloerpeil NAP-1,6 m (terrein/wegen)

Terrein en wegen

Het voorbelasten van het terrein en wegen is gelijk. Het verschil is in de oplevering.

De wegen kunnen worden aangebracht na beëindiging van het voorbelasten. Het ontwerppeil van de wegen bedraagt NAP-1,8 m. Ter plaatse van wegen zal een cunet tot NAP-2,2 m gegraven moeten worden, waarna het granulaat en verharding worden aangebracht.

Tabel 5.4: Voorbelasting terrein en wegen en oplevering terrein

Bodem	Maai- veld	Netto	Voorbelasting in zand					Oplevering Terrein	
			Bouw- tijd	Vert. drain	Hoogte	Dikte	Zetting	Over- tollig	Constr. hoogte
o.b.v.	NAP-m	m	mnd	dr / m ²	NAP-m	m	m	m	m
EK01-3	-2,96	1,26	6	1 / 1	-1,30	1,66	0,35	0,05	1,61
EK01-4	-3,16	1,46	6	1 / 1	-0,70	2,46	0,60	0,40	2,06
EK02-1	-3,44	1,74	6	1 / 1	-0,10	3,34	0,85	0,75	2,59
EK02-2	-3,25	1,55	6	1 / 1	-0,70	2,55	0,56	0,44	2,11
EK02-3	-3,07	1,37	6	1 / 1	-1,10	1,97	0,41	0,19	1,78
EK02-5	-2,45	0,75	6	1 / 1	-1,70	0,75	0,13	-0,13	0,88
EK02-6	-2,49	0,79	6	1 / 1	-1,50	0,99	0,21	-0,01	1,00
EK02-7	-2,82	1,12	6	1 / 1	-1,30	1,52	0,33	0,07	1,45
EK02-8	-2,68	0,98	6	1 / 1	-1,50	1,18	0,22	-0,02	1,20
EK02-15	-2,26	0,56	6	1 / 1	-1,70	0,56	0,09	-0,09	0,65
EK02-16	-3,17	1,47	6	1 / 1	-0,90	2,27	0,45	0,35	1,92

5.6.4 Indeling Fruittuinen en Rietlanden

In de onderstaande figuur is een indeling van het betreffende gebied gepresenteerd naar maatgevende sondering voor het bouwrijp maken. Tussen de omkaderde gebieden is doorgaans een aardebaan aanwezig.



Figuur 3: Globale gebiedsindeling naar wijze bouwrijp maken

Een drietal deelgebieden is met aardebanen omgegeven.

6. Uitvoering

6.1 Zeezand

Voor het bouwrijp maken van terreinen wordt veelvuldig zeezand gebruikt. Uit dit zeezand moet eerst zout worden gespoeld, omdat zout een negatieve invloed heeft op de waterkwaliteit. Nadat deze spoeling heeft plaatsgevonden wordt er een behandelingscertificaat afgegeven.

Zeezand, dat tot 200 mg/kg droge stof is ontzilt, wordt in het kader van het BSB aangemerkt als schone grond. Het opbrengen van ontzilt zeezand kan evenwel Wvo-vergunningsplichtig zijn. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid en de eventuele verontreiniging van het oppervlaktewater door lozing van drainagewater of af- en uitspoeling. Zand dat maximaal 35 mg/kg droge stof aan zout bevat, wordt in de praktijk als zoutvrij zand aangemerkt.

6.2 Ophoging en monitoring

De zandophoging dient in lagen van maximaal 0,5 m te worden aangebracht. Voor het verdichten kan "Richtlijnen grondverbetering" als leidraad worden aangehouden.

De taluds dienen in de meeste doorsneden niet steiler dan 1:3 (verticaal:horizontaal) te worden opgezet.

Eventuele sloten binnen een korte afstand uit de teen van het talud kunnen tijdelijke opgevuld om het risico van stabiliteitsverlies te beperken. Is dit vanwege ruimtegebrek niet mogelijk, dan dienen de bestaande sloten te worden geballast door op de bodem een laag zand met een dikte van circa 0,75 m aan te brengen. Nieuwe sloten mogen pas worden gegraven nadat de extra overhoogte is verwijderd en de wateroverspanningen grotendeels zijn gedissipeerd.

6.2.1 Verticale drainage

Aangeraden wordt kunststof drains met een breedte van 0,1 m categorie III te gebruiken, zie CROW-publicatie 77. Om kortsluiting tussen het freatische water en het diepe grondwater te voorkomen, dient de onderkant van de verticale drains zeker niet dieper dan circa 1 m boven het Pleistocene zand te worden geplaatst. De aangegeven h.o.h.-afstanden van de drains zijn gebaseerd op plaatsing in een driehoekstramien.

6.2.2 Metingen

Om het zakkingsproces te kunnen volgen wordt aangeraden zakbaken te plaatsen met een onderlinge afstand van 25 à 50 m. De hoogte van de zakbaken dient tijdens het ophogen wekelijks te worden gemeten. Na het bereiken van de eindhoogte is 2-wekelijks voldoende. Op basis van de meetdata moeten de volgende relaties kunnen worden vastgesteld, zijnde: "zetting en ophoging" en "zetting en tijd". Voordat met ophogen wordt begonnen moet het maaiveldniveau van de te plaatsen zakbaak zijn gemeten.

In aanvulling hierop kan de stabiliteit van de ophoging worden beoordeeld door op circa 1 m uit de teen in een rechte lijn perkoenpalen te plaatsen, h.o.h.-afstand 10 m en 2 à 3 m diep, en dagelijks te controleren of de palen nog verticaal en in een rechte lijn staan. Een dergelijke controle kan goed door het dagelijks toezicht worden uitgevoerd. Deze wijze van monitoren wordt aanbevolen langs sloten waarnaast wordt opgehoogd.

7. Literatuuroverzicht en lijst van begrippen en definities

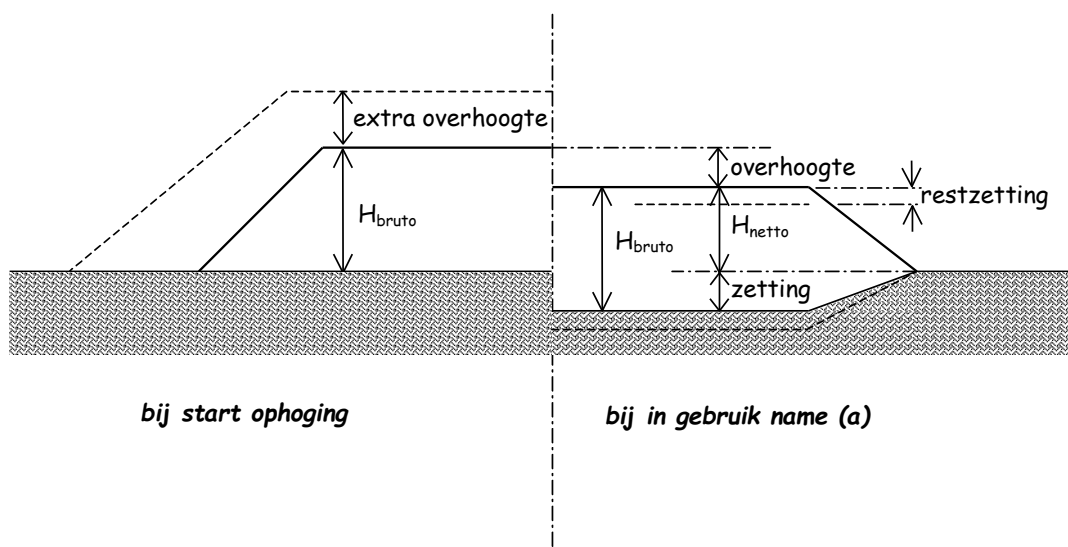
7.1 Literatuuroverzicht

- Construeren met grond, CUR rapport 162, CUR Gouda, 1992, ISBN 90-376-0024-7
- Verticale drainage, CROW rapport 77, CROW Ede, 1993, ISBN 90-6628-163-4
- Betrouwbaarheid van zettingsprognoses, CROW publicatie 204, CROW Ede, 2004, ISBN 90-6628-430-7

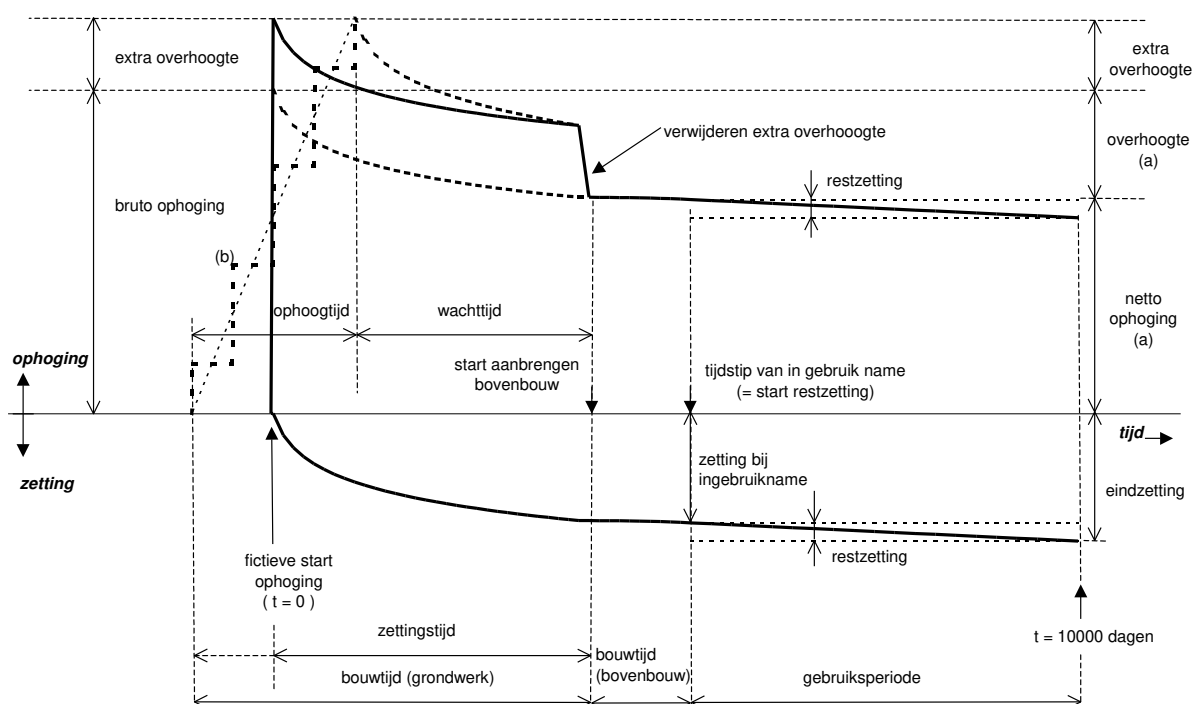
7.2 Lijst van begrippen en definities

Tabel 7.1: Lijst van begrippen en definities

Begrip	Omschrijving
Ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
Netto ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
Bruto ophoging	Totale hoogte van de aangebrachte grondconstructie. bruto ophoging = netto ophoging + overhoogte
Overhoogte	Zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die wordt aangebracht met het doel na zetting van de ondergrond de gewenste hoogte van de constructie te bereiken.
Extra overhoogte	Extra zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die tijdelijk wordt aangebracht om zetting van het grondlichaam te bespoedigen.
Fictieve start ophoging	Tijdstip waarop een gefaseerde ophoging geacht wordt in zijn geheel aanwezig te zijn. Dit begrip wordt gebruikt indien in de berekening een gefaseerde ophoging wordt geschematiseerd tot een eenmalige ophoging van dezelfde grootte. Dit tijdstip wordt aangeduid met $t = 0$ en wordt, bij een gelijkmatige ophoogsnelheid, doorgaans halverwege de ophooftijd genomen; soms wordt 2/3 aangehouden.
Zetting	Geleidelijk en min of meer gelijkmatig afnemen van de hoogteligging van het maaiveld of de cunetbodem waarop de constructie is aangelegd.
Eindzetting	Zetting na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen (= circa 27 jaar) vanaf start ophoging. Soms wordt aangehouden: 10, 50 of 100 jaar.
Restzetting	Zetting die zich voordoet in een bepaalde periode vanaf de oplevering van de bovenbouw (verharding/spoorstaven).
Zettingsverschil	Verschil in zetting van twee locaties.
Achtergrondzetting of autonome zetting	Zetting ten gevolge van inklinking in polders door polderpeilverlaging, voortgaande zetting door vroegere ophogingen, gas- en zoutwinning en dergelijke.
Bouwtijd (grondwerk)	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot begin aanbrengen verharding of spoorstaven.
Bouwtijd (bovenbouw)	Tijdsduur benodigd voor het aanbrengen van de verharding of de spoorstaven.
Ophooftijd	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot tijdstip waarop bruto ophoging geheel aanwezig is.
Zettingstijd/ wachttijd	Tijdsduur die voor de slappe lagen beschikbaar is om te zetten (consolideren) onder het gewicht van de ophoging, voordat de verharding of bovenbouw wordt aangebracht (einde bouwtijd grondwerk).



Figuur 7.1: Toelichting terminologie in schematisch dwarsprofiel



Figuur 7.2: Toelichting terminologie in ophoging - zetting - tijd - diagram

- Hier aangegeven: overhoogte is zetting bij ingebruikname; andere definitie is: overhoogte is eindzetting;
- De stippellijn geeft het theoretisch verloop van de ophoging weer; in werkelijkheid treedt tijdens de ophoogfasen ook al zetting op.

Appendix A

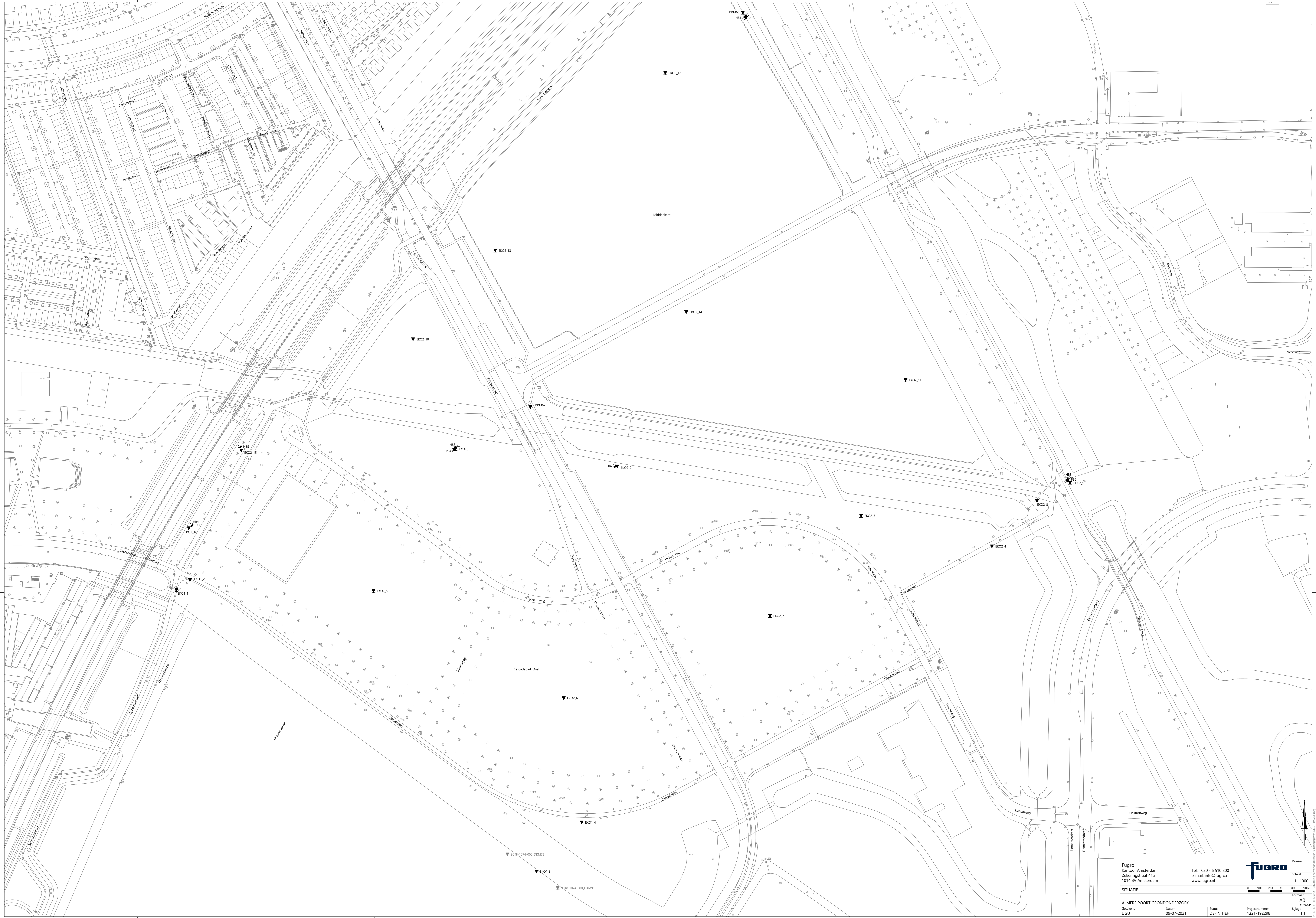
VELDWERK

A.1 VELDWERK

Appendix B

GRONDVERBETERING

B.1 RICHTLIJNEN GRONDVERBETERING



Fugro

Kantoor Amsterdam

Zekeringstraat 41a

1014 BV Amsterdam

Tel: 020 - 6 510 800

e-mail: info@fugro.nl

www.fugro.nl

Revisie

Schaal

Formaat

1: 1000

A0

1:1

SITUATIE

ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Getekend

Datum

Status

Projectnummer

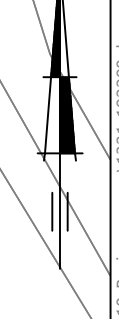
Bijlage

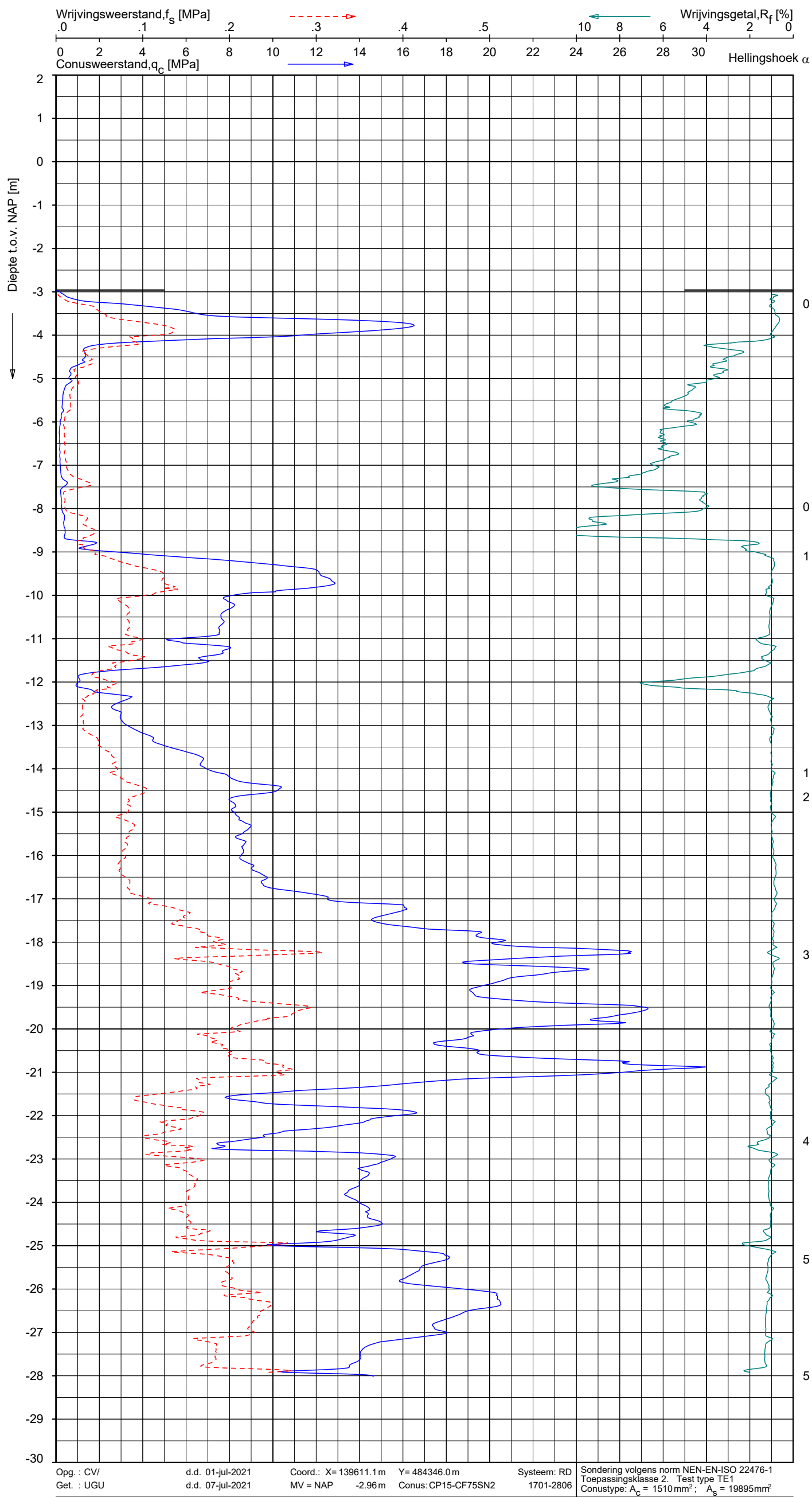
UGU

09-07-2021

DEFINITIEF

1321-19298





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

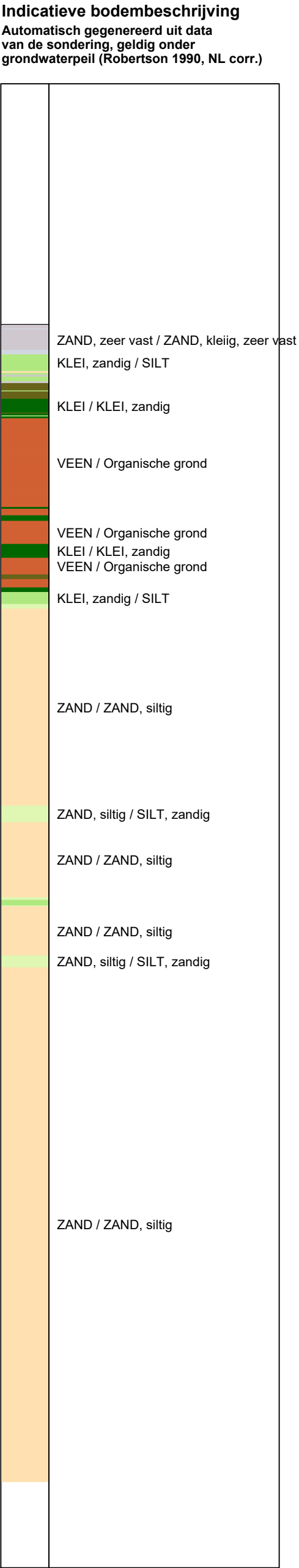
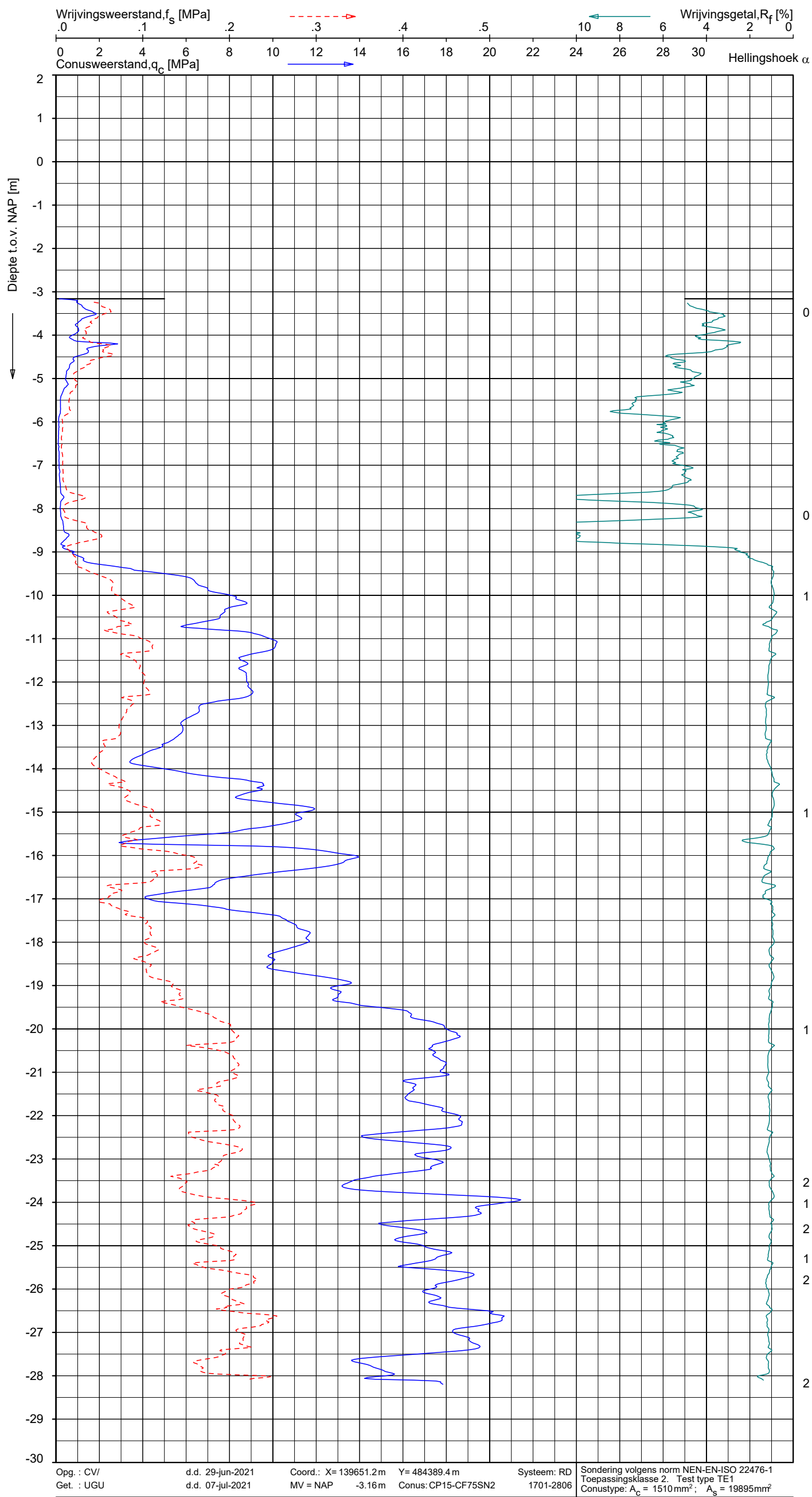


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO1_3



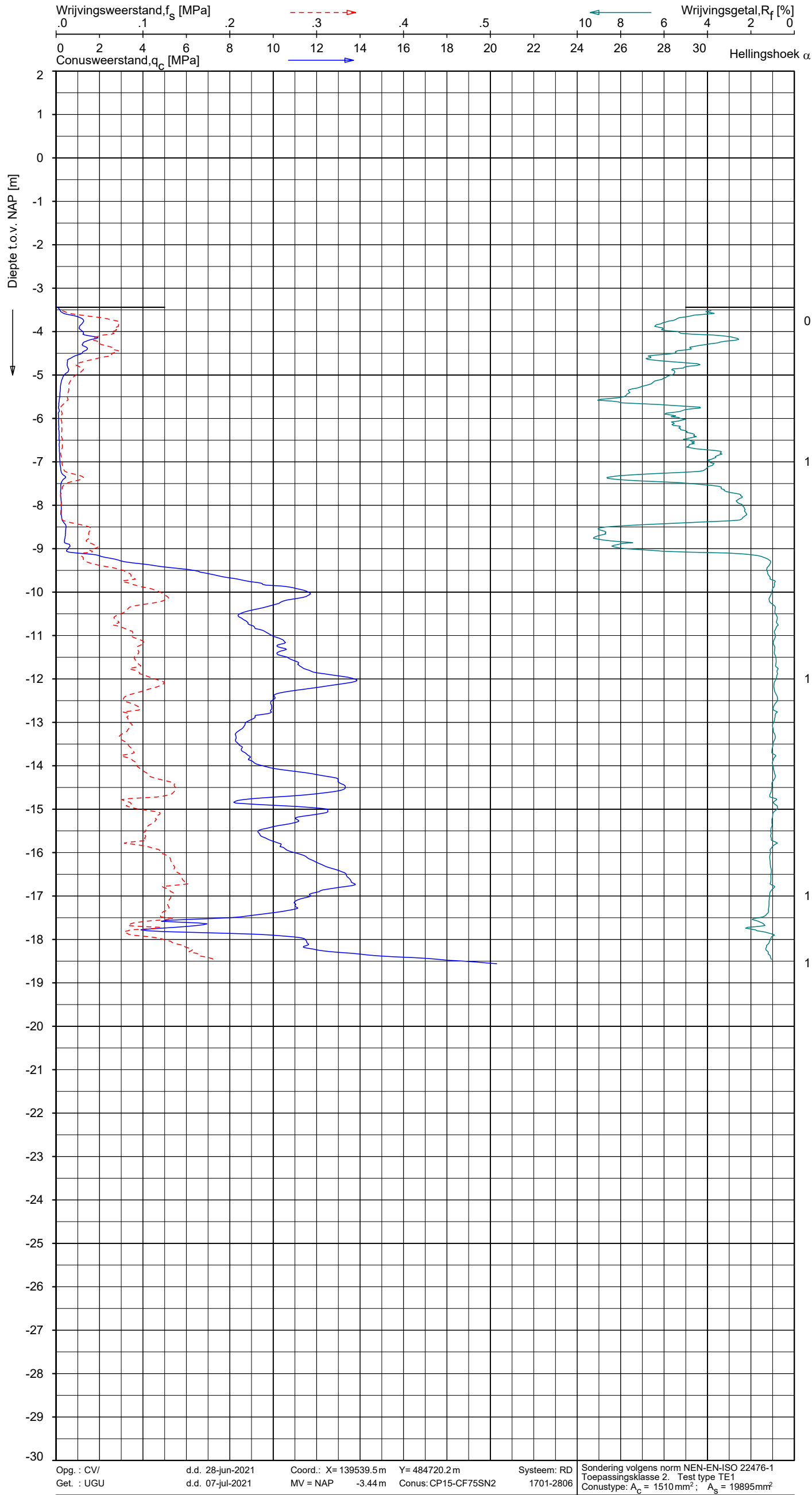


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

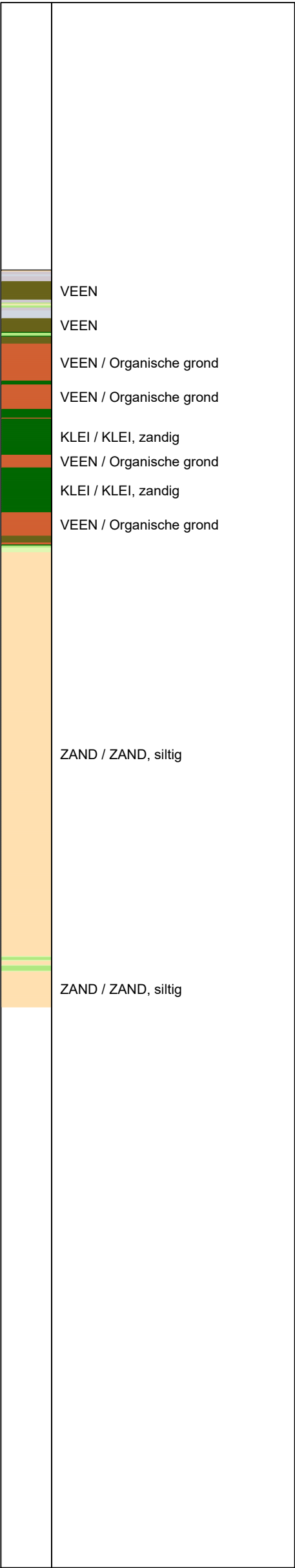
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO1_4





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

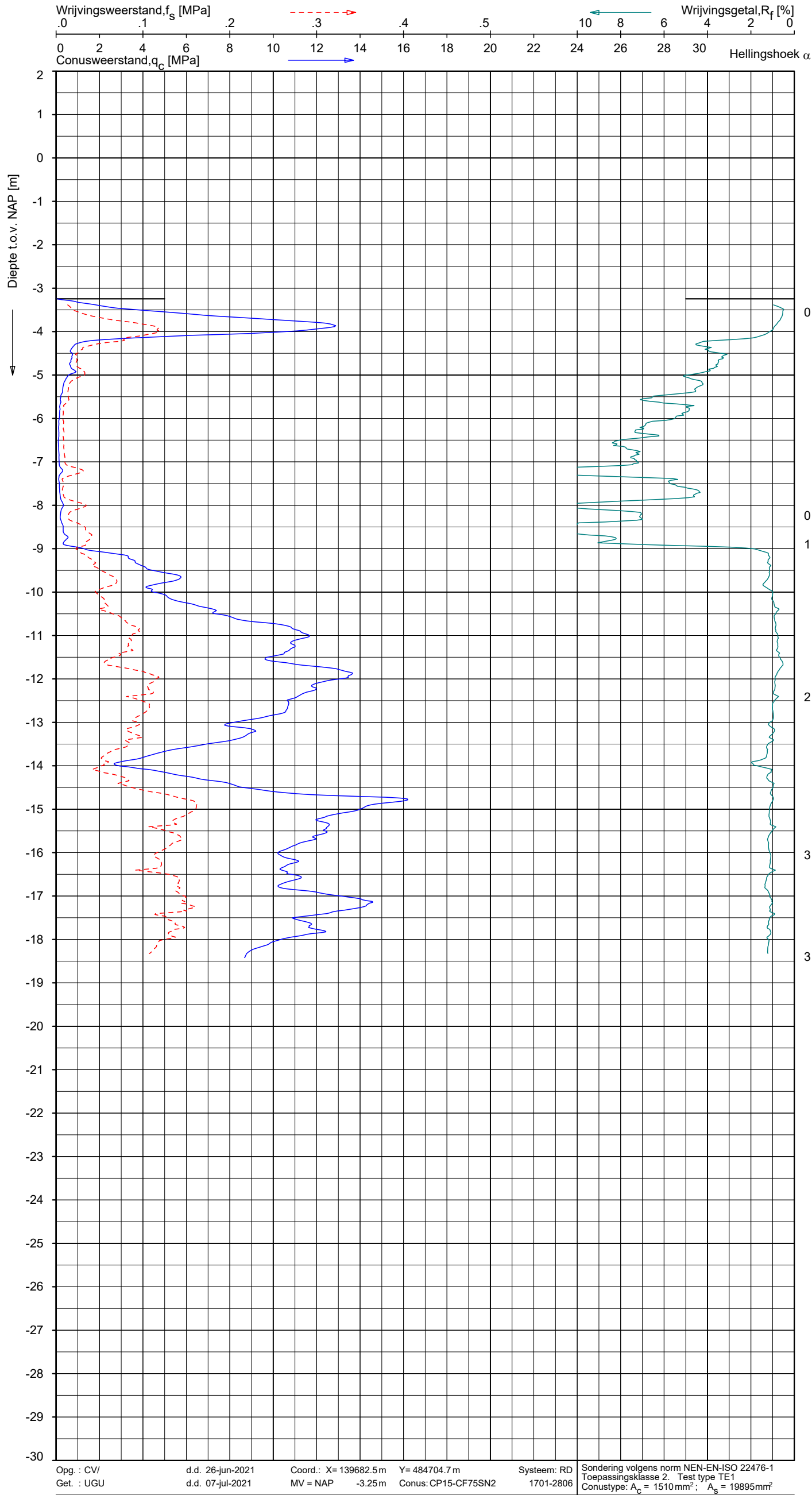


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

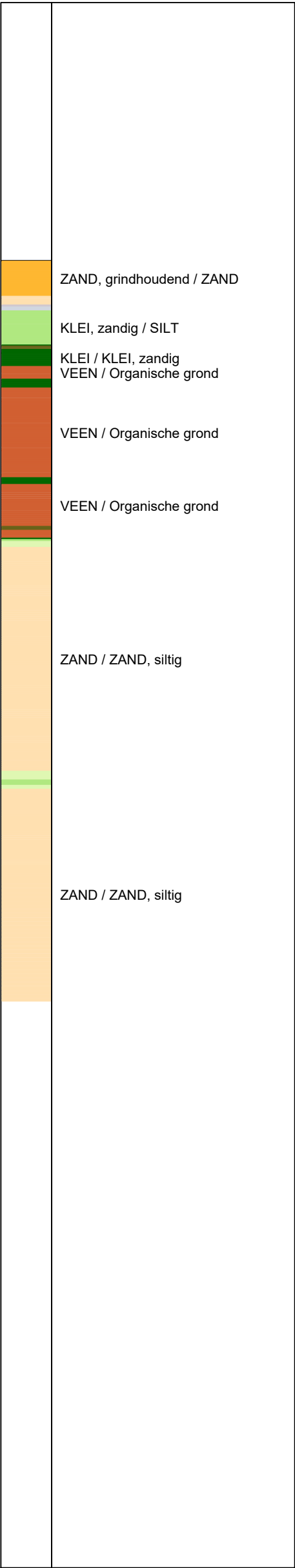
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_1





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



Opg.: CV/ Get.: UGU	d.d. 26-jun-2021 d.d. 07-jul-2021	Coord.: X= 139682.5 m MV = NAP -3.25 m	Y= 484704.7 m Conus: CP15-CF75SN2	Systeem: RD 1701-2806	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1 Conustype: A _c = 1510 mm ² ; A _s = 19895 mm ²
------------------------	--------------------------------------	---	--------------------------------------	--------------------------	--

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_2





ZAND, grindhoudend / ZAND

KLEI, zandig / SILT

KLEI / KLEI, zandig

VEEN / Organische grond

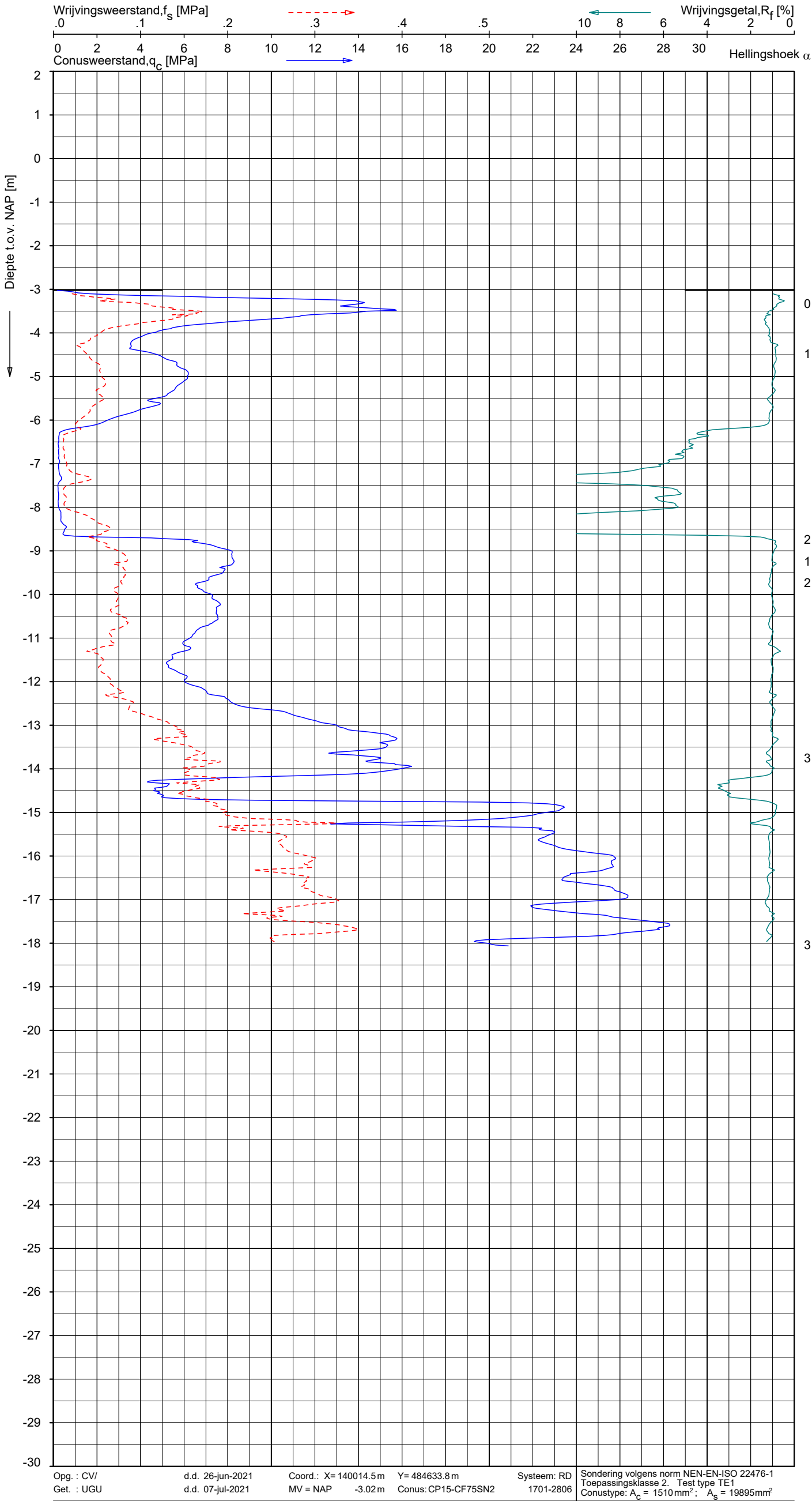
KLEI / KLEI, zandig

VEEN / Organische grond

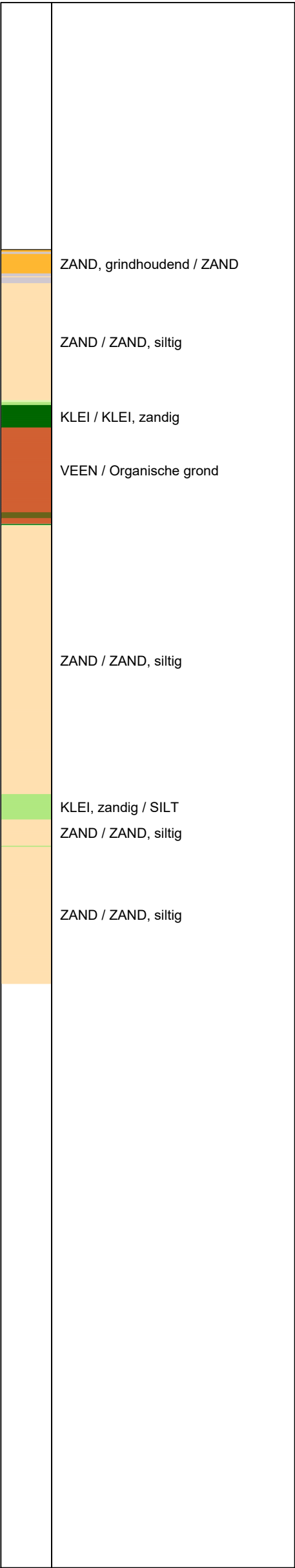
ZAND / ZAND, siltig

KLEI, zandig / SILT

ZAND / ZAND, siltig



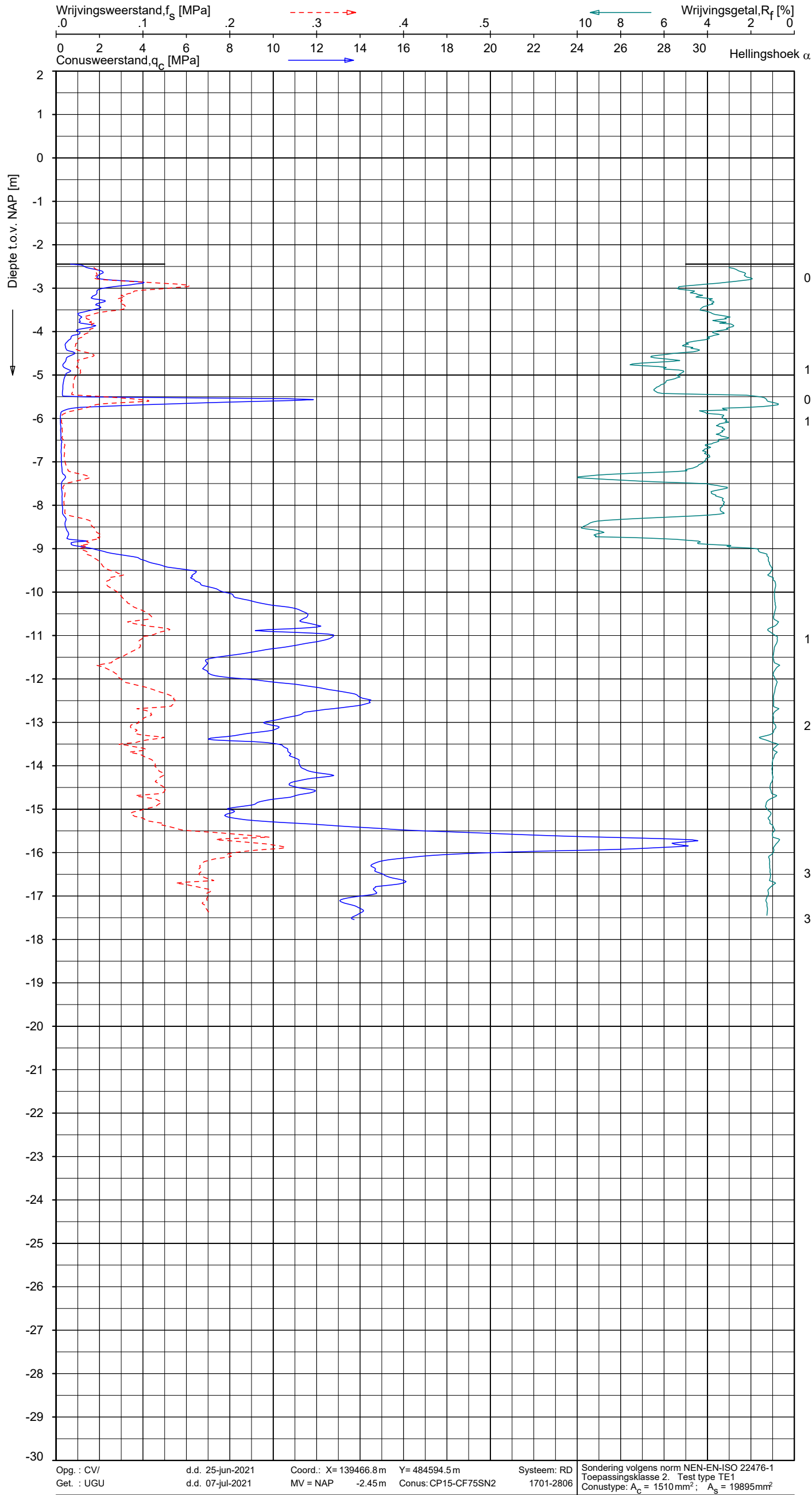
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



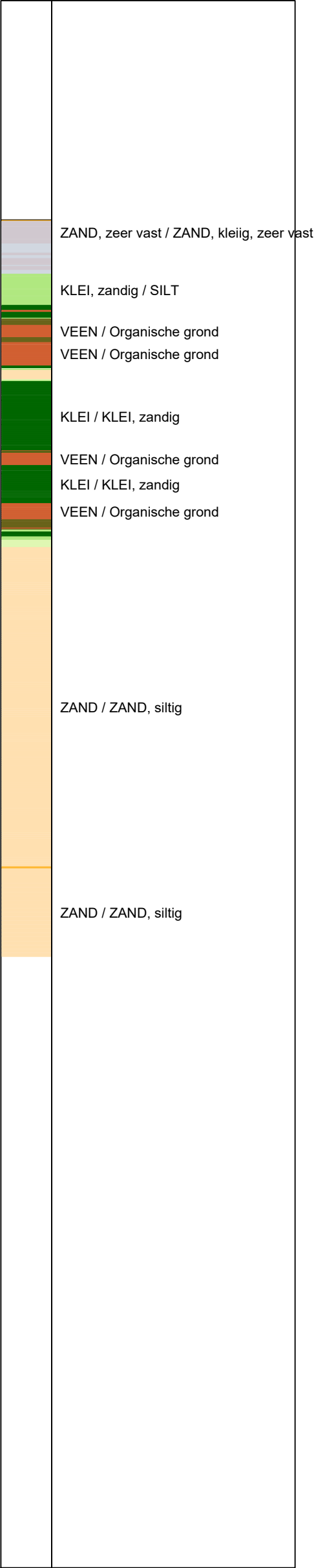
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_4



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

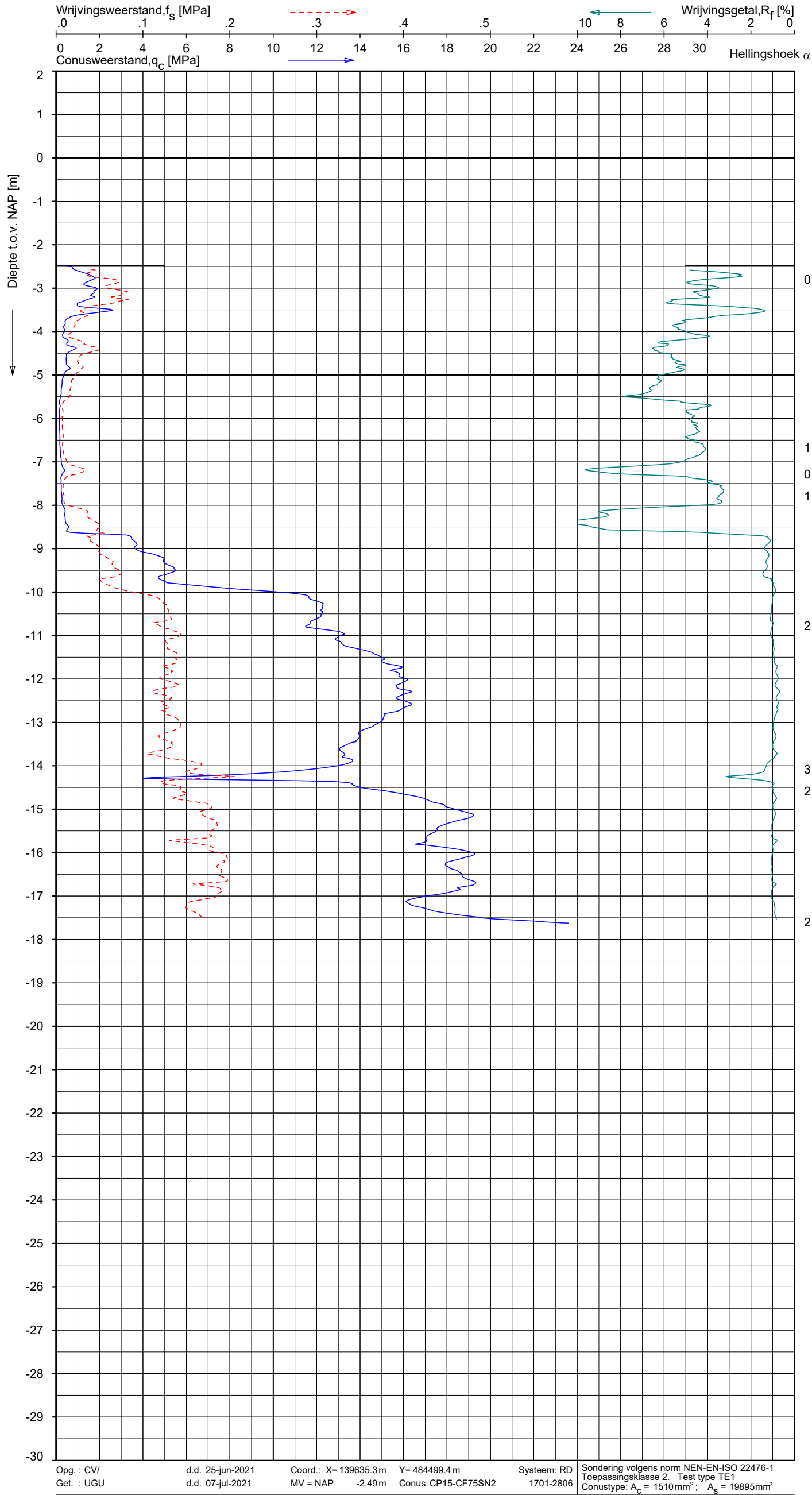


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

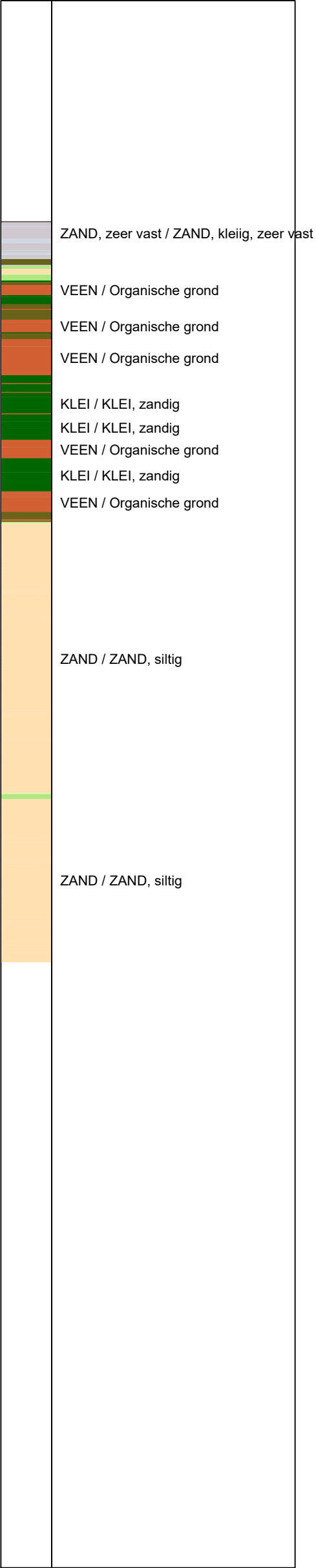
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_5





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

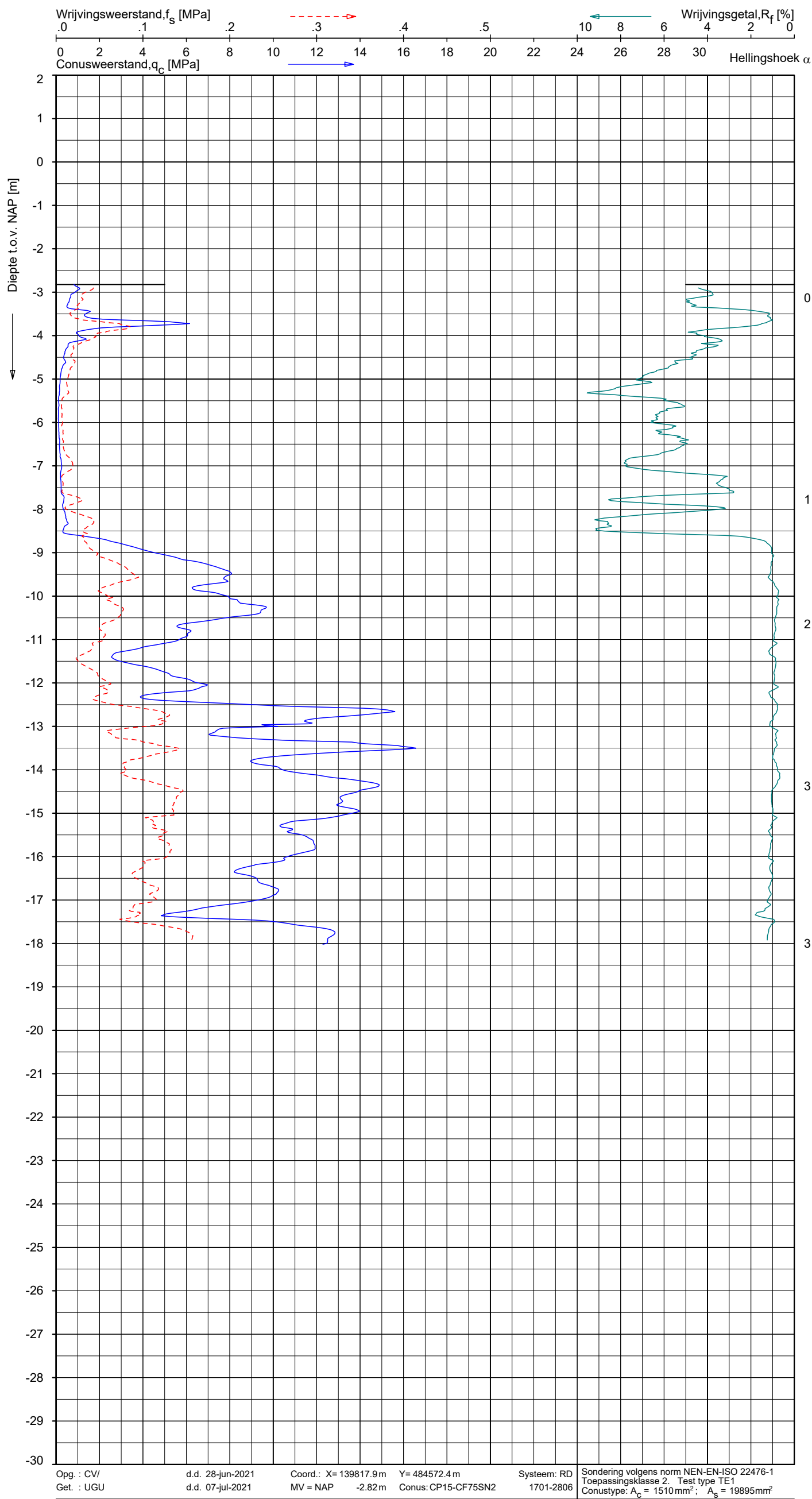


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

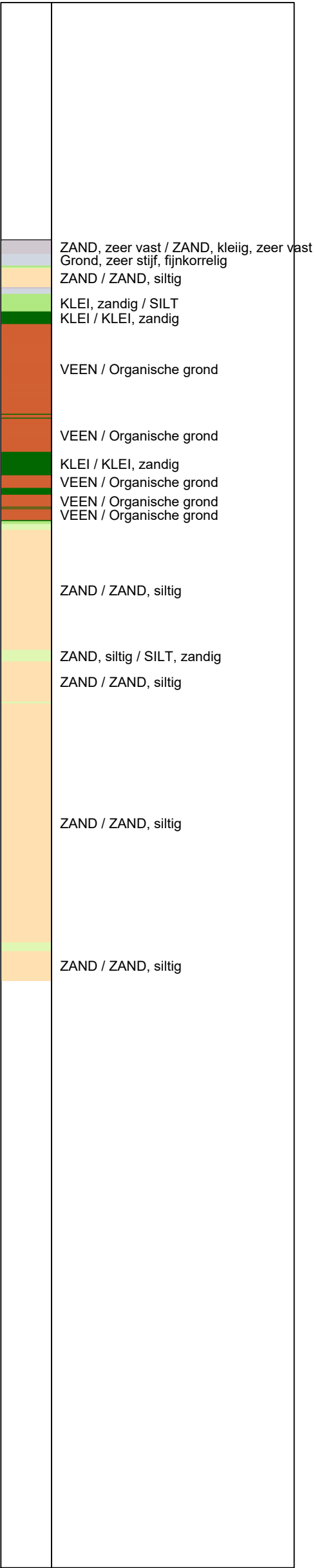
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_6





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



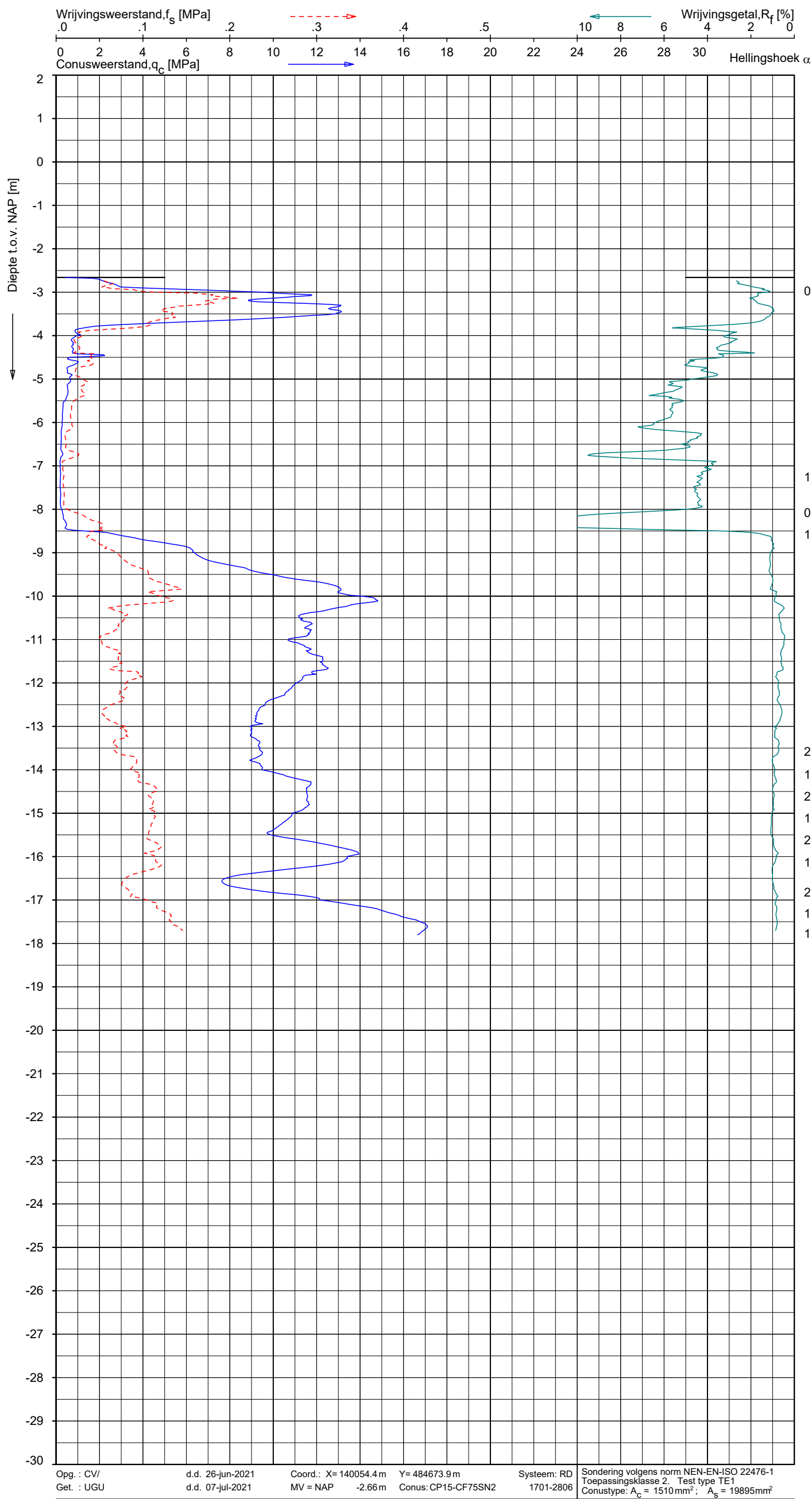
Opg.: CV/ d.d. 28-jun-2021 Coord.: X= 139817.9 m Y= 484572.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: UGU d.d. 07-jul-2021 MV = NAP -2.82 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2806 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

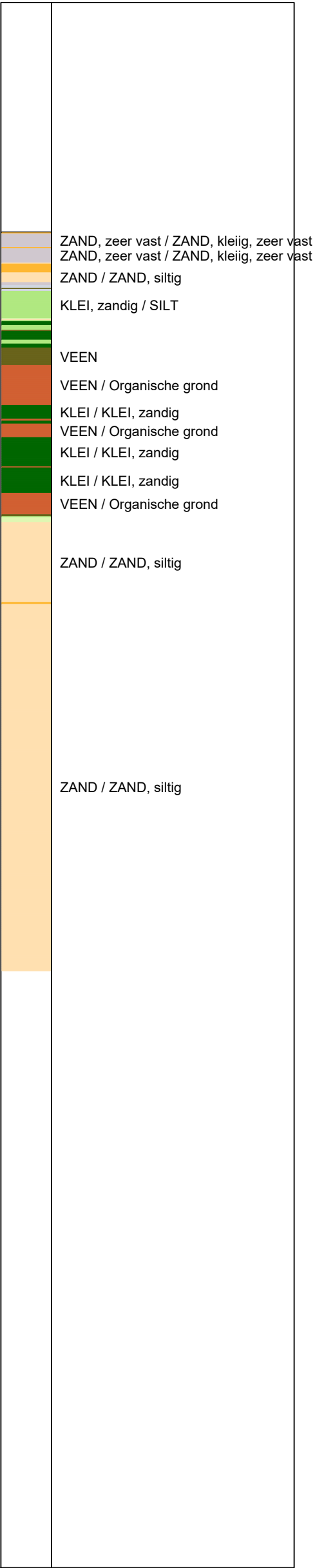
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_7





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



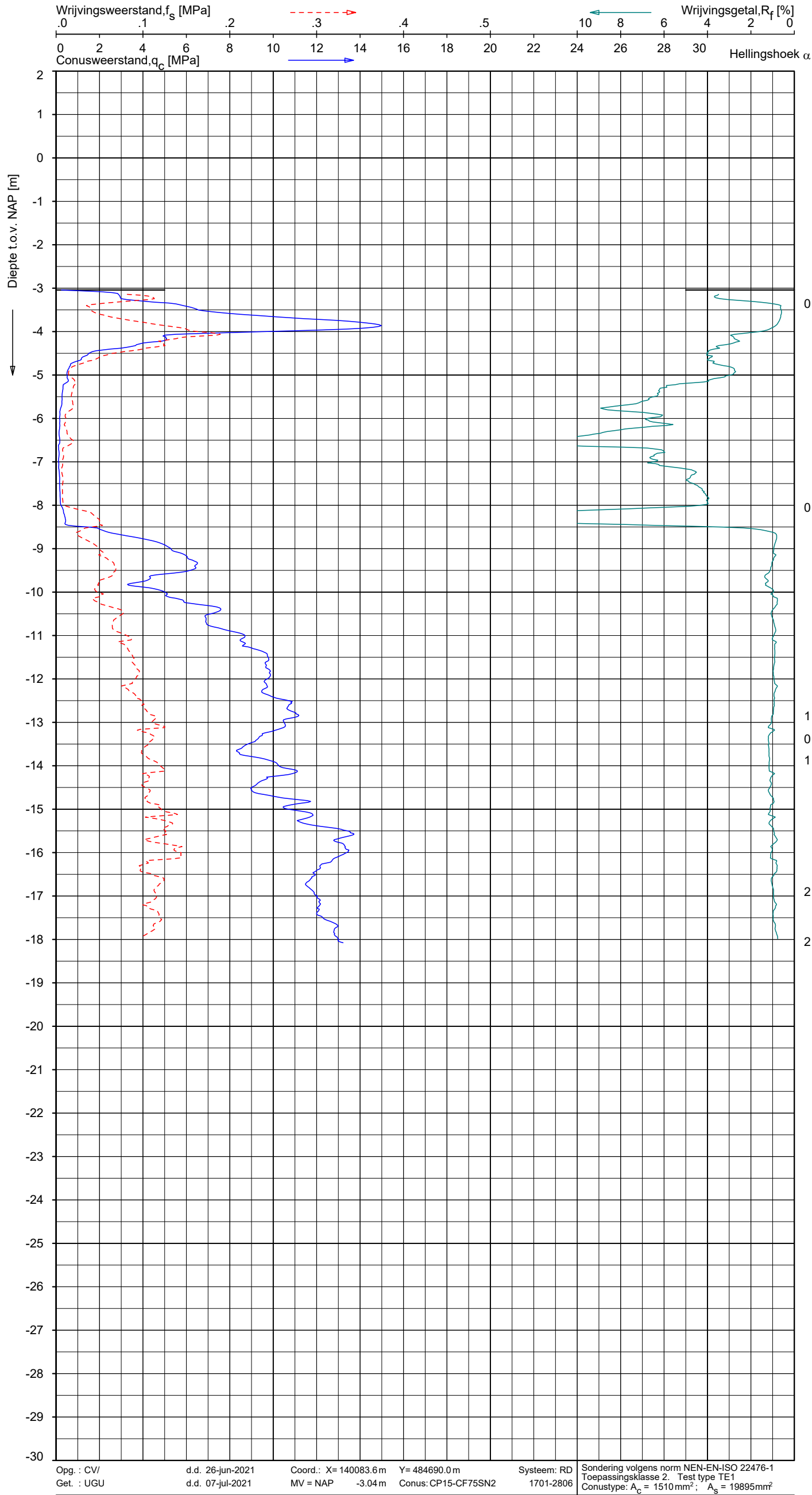
Opg.: CV/ d.d. 26-jun-2021 Coord.: X= 140054.4 m Y= 484673.9 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: UGU d.d. 07-jul-2021 MV = NAP -2.66 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2806 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

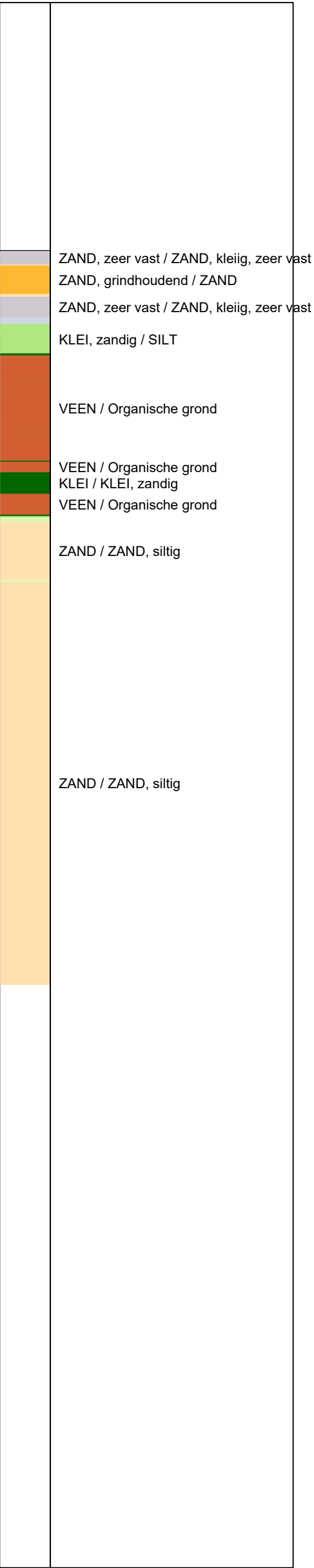
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_8





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



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

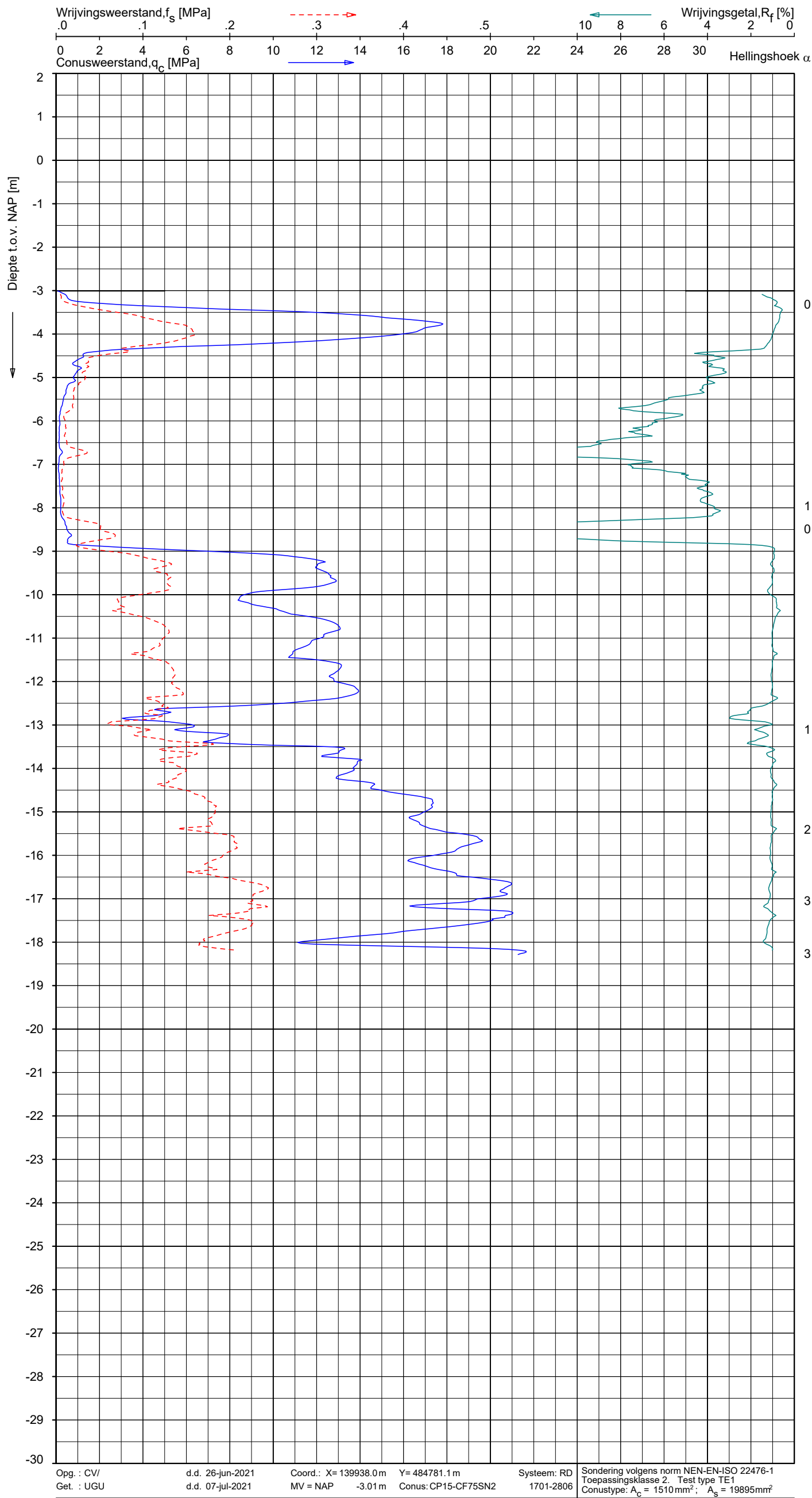
Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_9



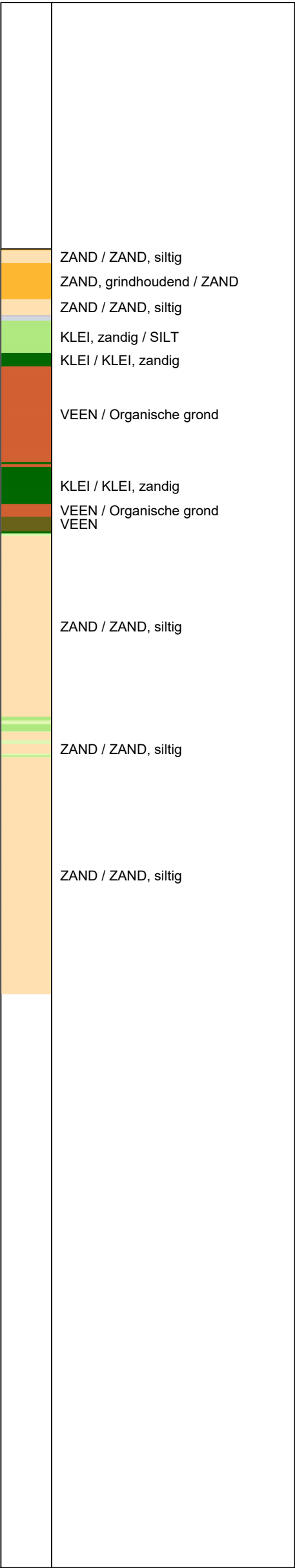


Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_10

	ZAND, grindhoudend / ZAND
	ZAND / ZAND, siltig
	KLEI, zandig / SILT
	KLEI / KLEI, zandig
	VEEN / Organische grond
	VEEN / Organische grond
	KLEI / KLEI, zandig
	VEEN / Organische grond
	ZAND / ZAND, siltig
	ZAND / ZAND, siltig



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

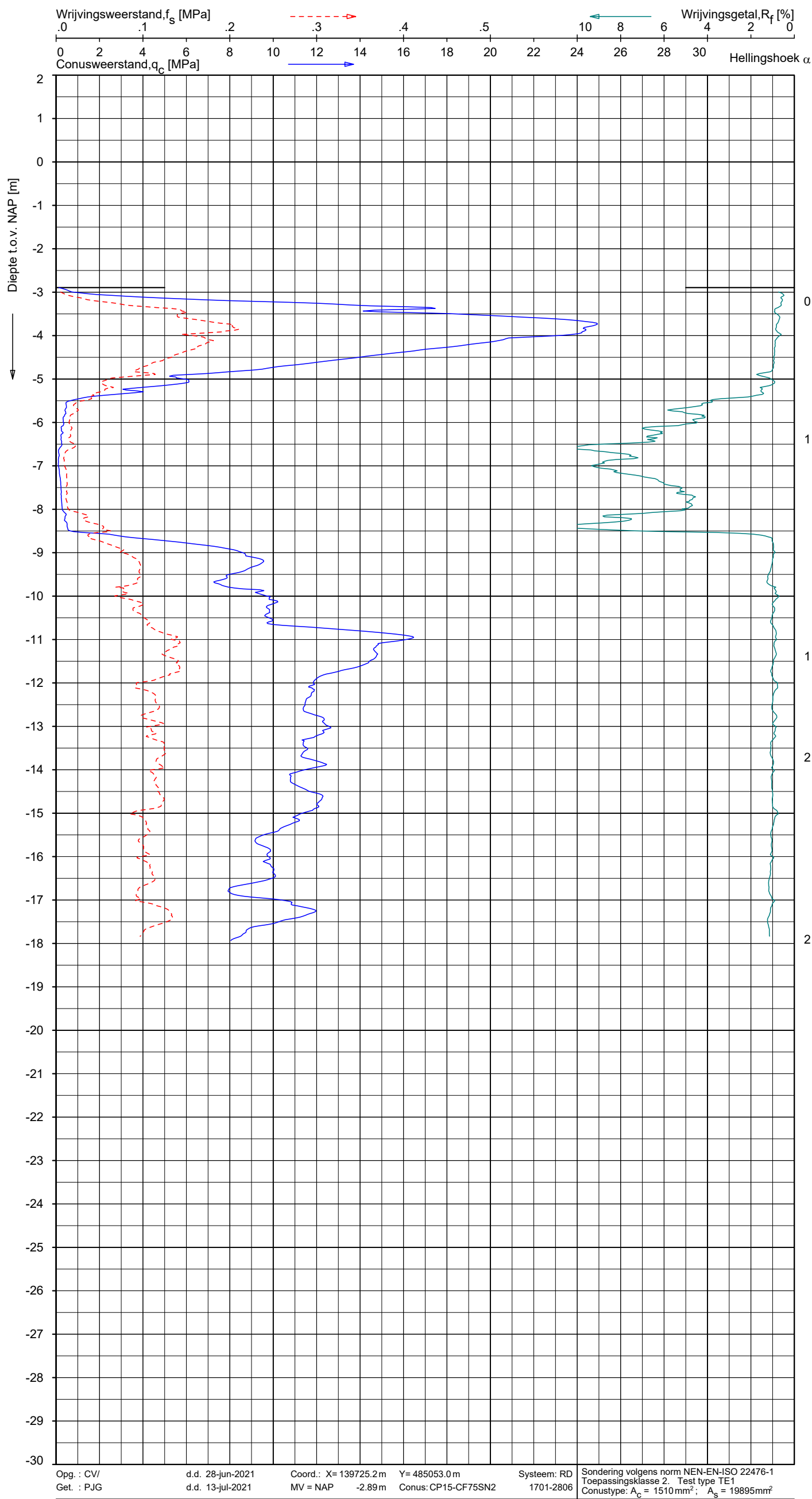


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

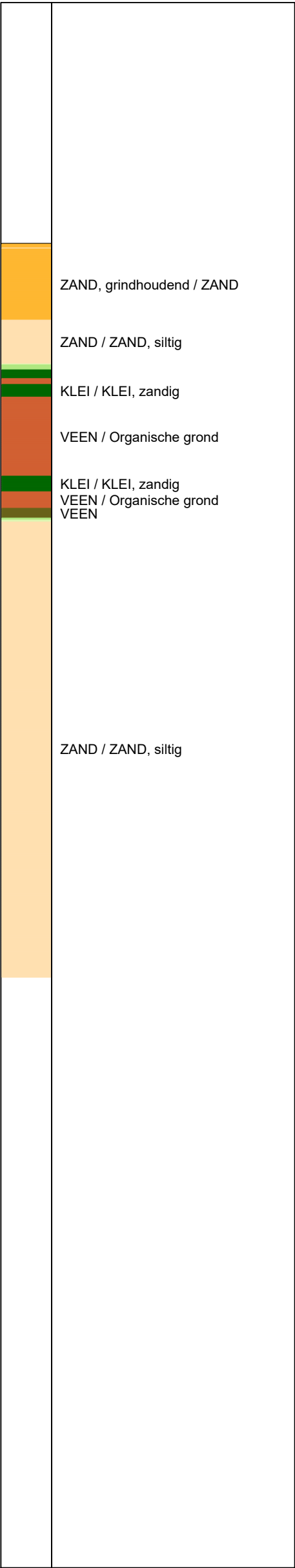
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_11





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



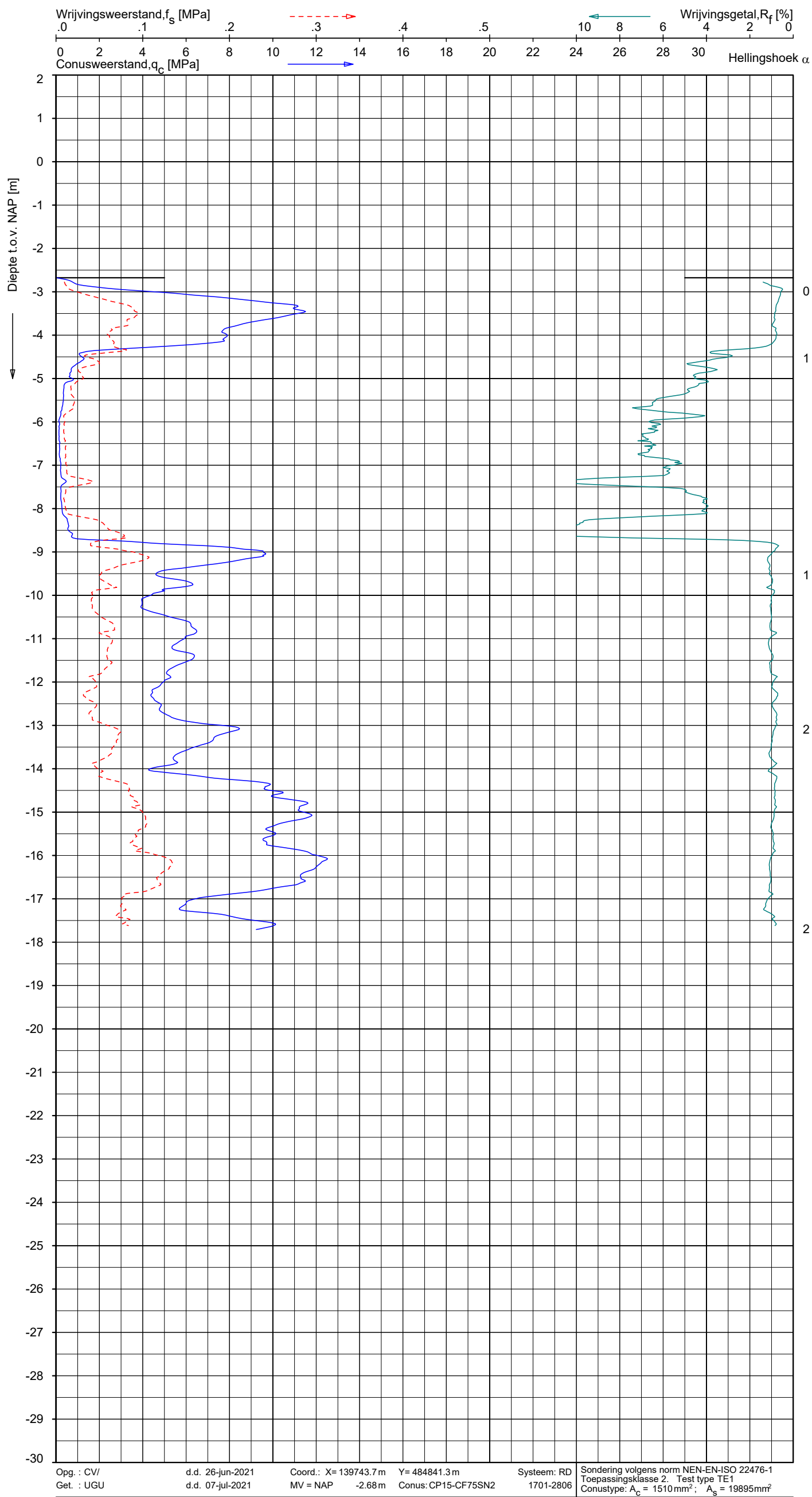
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

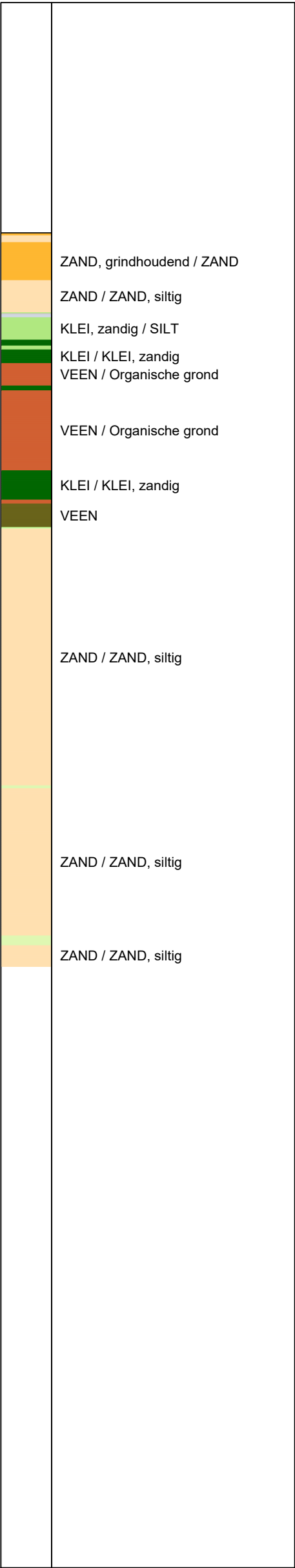
Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_12



	ZAND, zeer vast / ZAND, kleilig, zeer vast
	ZAND, grindhoudend / ZAND
	KLEI, zandig / SILT
	KLEI, zandig / SILT
	VEEN / Organische grond
	VEEN / Organische grond
	KLEI / KLEI, zandig
	VEEN / Organische grond
	VEEN / Organische grond
	ZAND / ZAND, siltig
	ZAND, siltig / SILT, zandig
	ZAND / ZAND, siltig
	ZAND, siltig / SILT, zandig
	ZAND / ZAND, siltig
	ZAND, siltig / SILT, zandig
	ZAND / ZAND, siltig



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

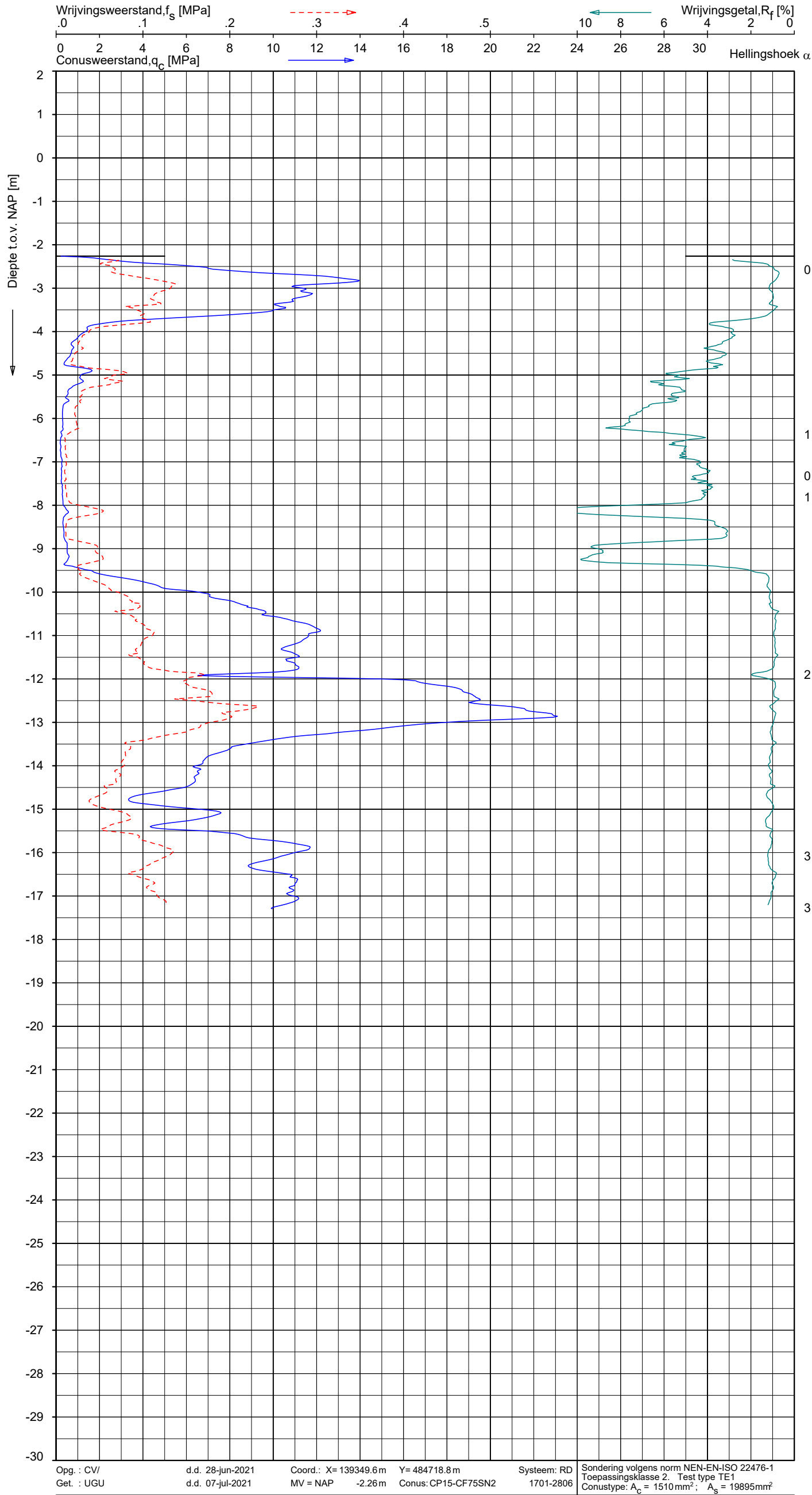


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

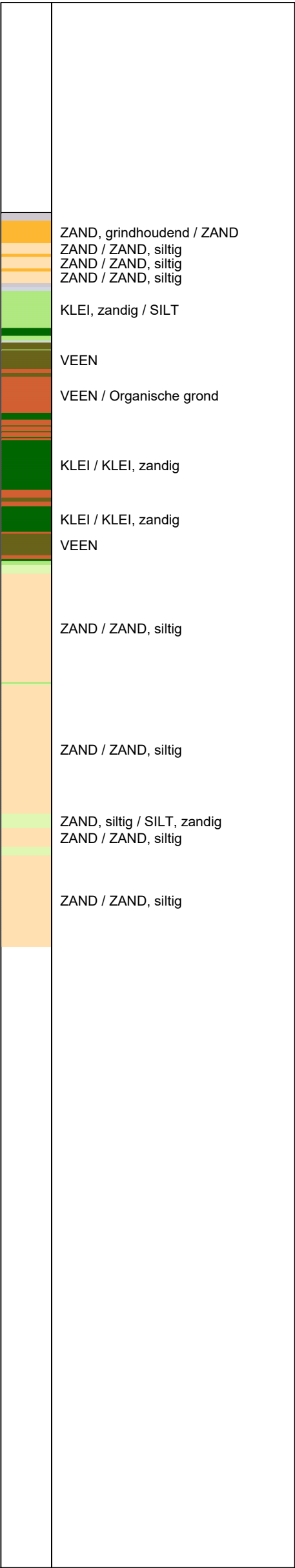
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_14





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

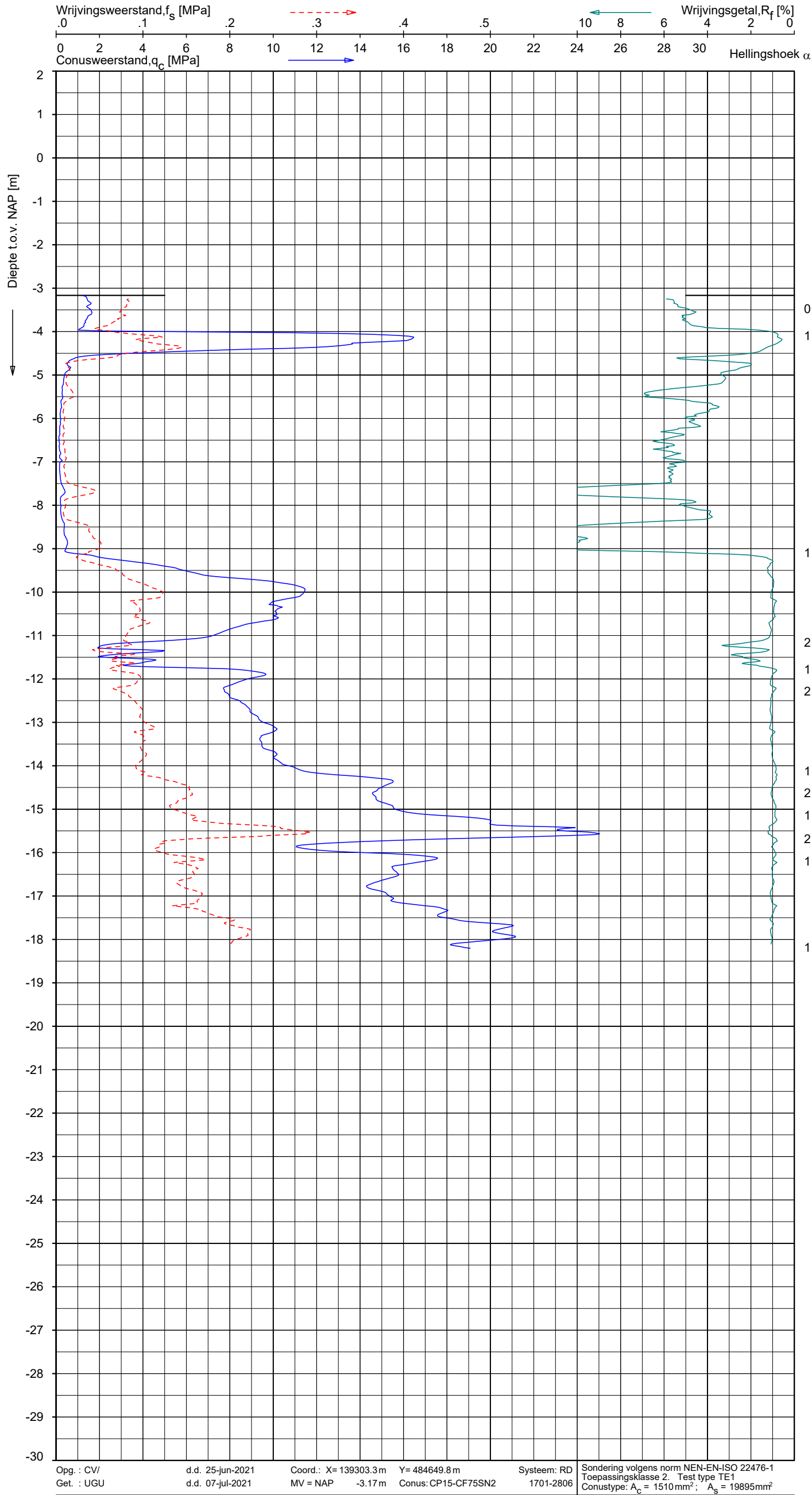


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

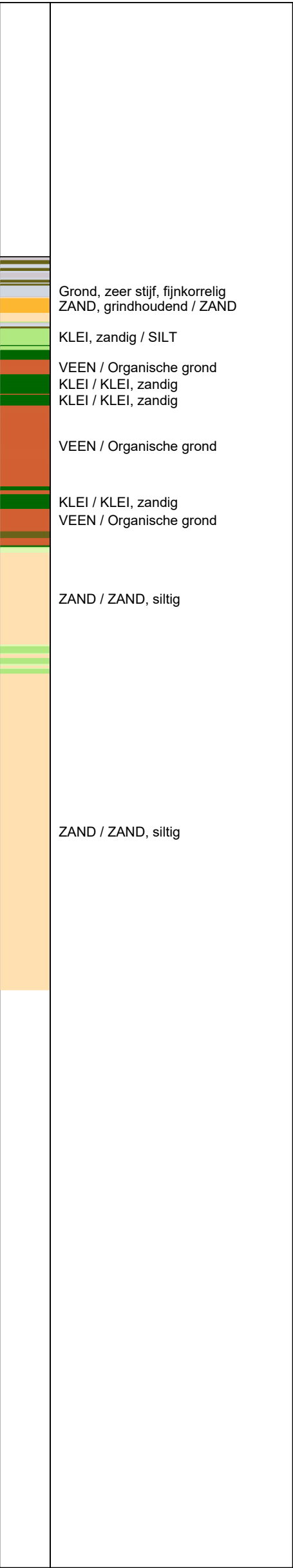
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_15





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

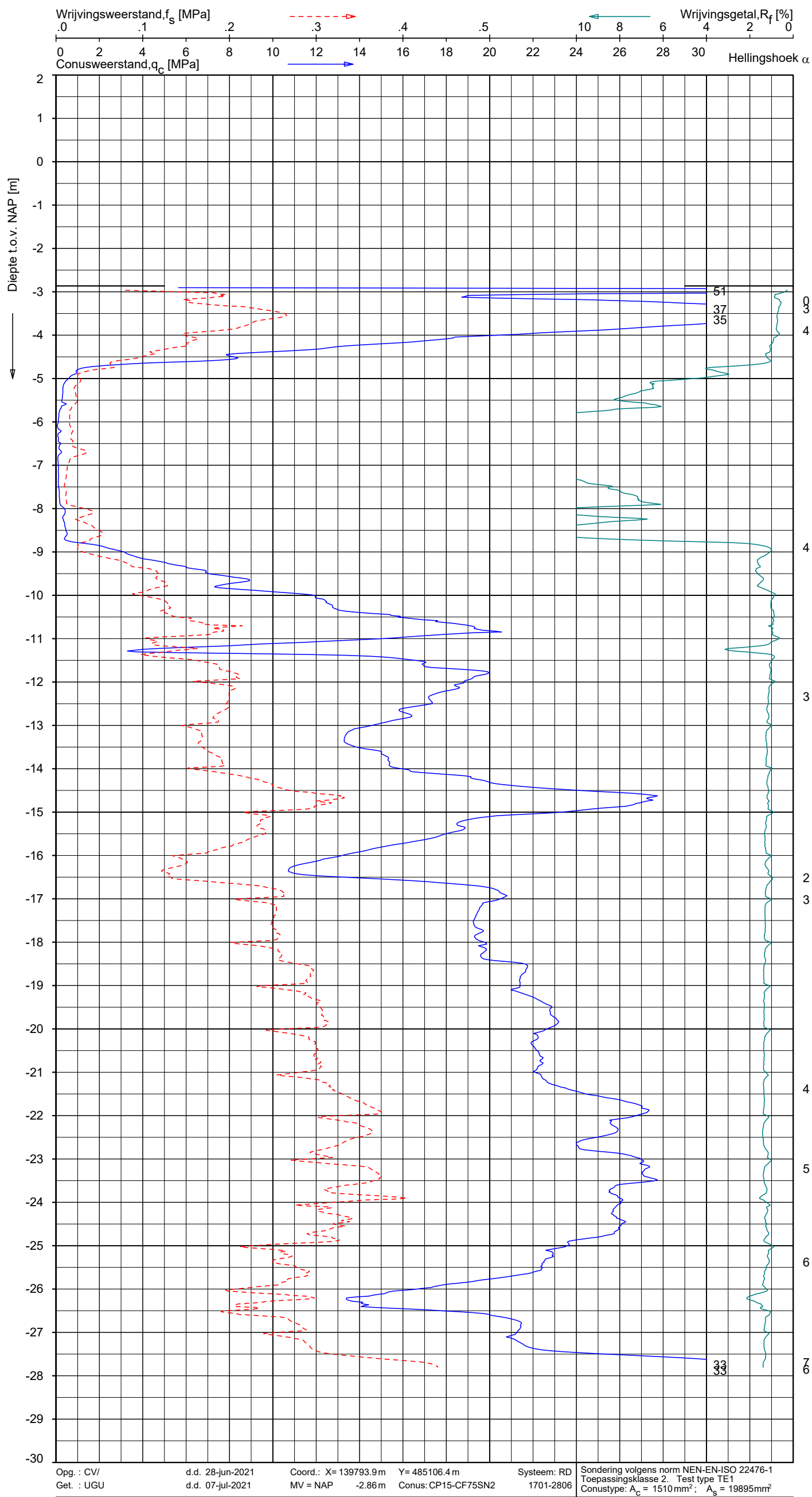


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

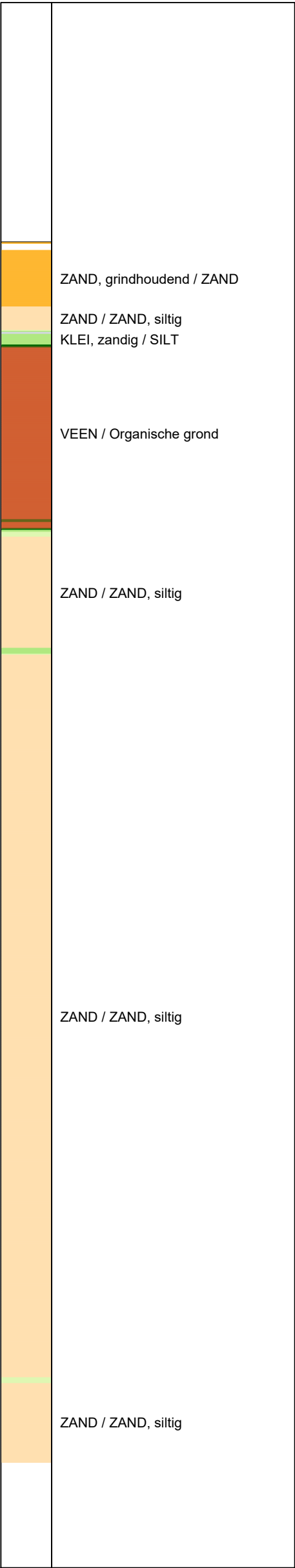
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. EKO2_16





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

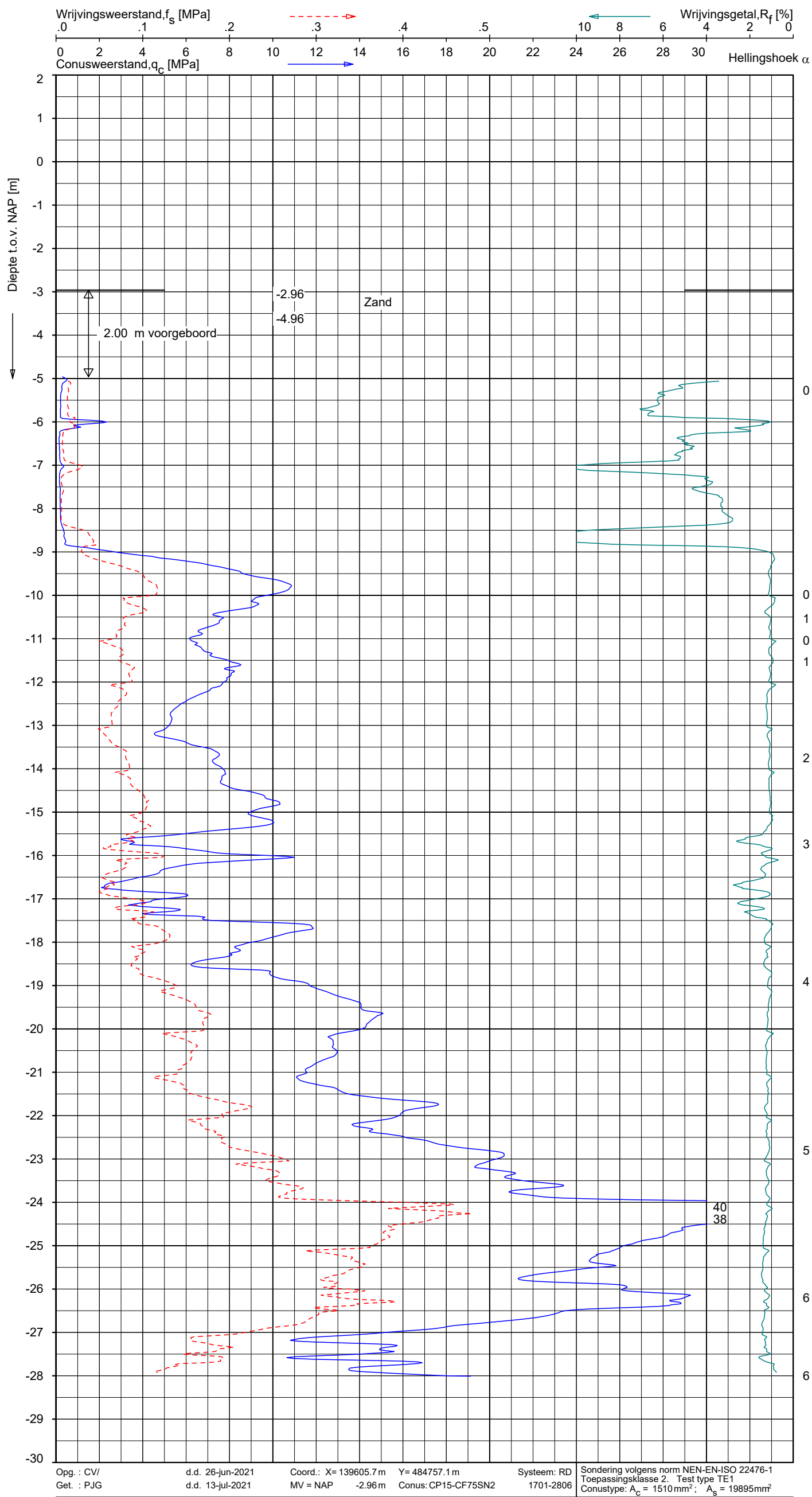


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

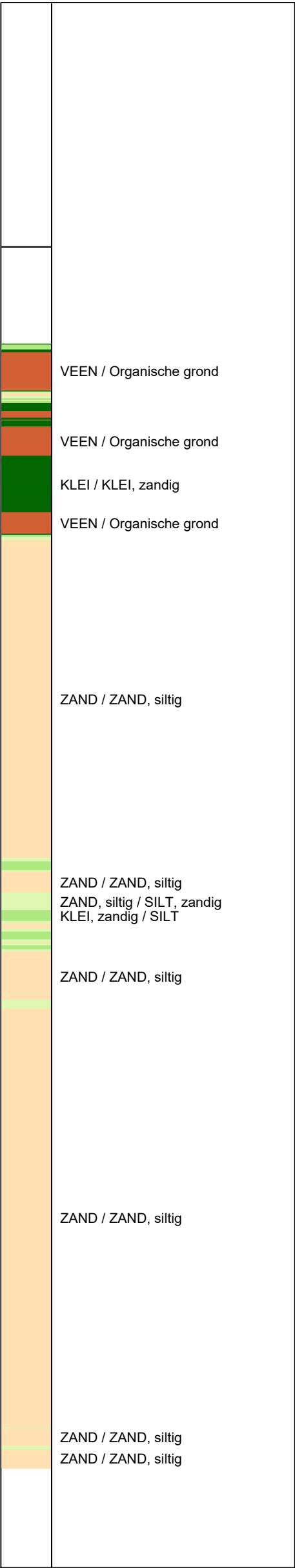
ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. DKM66





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



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ALMERE POORT GRONDONDERZOEK

Opdr. 1321-192298
Sond. DKM67



Richtlijnen grondverbetering

Aan het zand te stellen eisen

De grondverbetering dient uitgevoerd te worden met geschikt zand, dat goed verdichtbaar is. Het zand moet worden onderzocht op korrelverdeling, korrelvorm, humusgehalte en verdichtbaarheid. Dit geldt zowel voor het van nature aanwezige zand als voor eventueel aan te voeren zand. De vereiste eigenschappen zijn:

- De korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient bij voorkeur niet meer te bedragen dan 5%; indien minder strenge eisen worden gesteld aan de grondverbetering is 10% [m/m] toelaatbaar (6.9(c) van NEN 9997-1);
- De korrelfractie < 0,016 mm dient niet meer te bedragen dan 5% (6.9(c) van NEN 9997-1);
- De gelijkmatigheidscoëfficiënt D60/D10 van de zandfractie dient bij voorkeur ten minste 2,0 te bedragen, waarbij:
 - D10 = korreldiameter met een zeefdoorval van 10 % [m/m];
 - D60 = korreldiameter met een zeefdoorval van 60 %;
- De korrelvorm dient bij voorkeur hoekig te zijn;
- Het organisch stofgehalte mag maximaal 3% [m/m] bedragen;
- De "Proctor"-curve, waarmee de verdichtbaarheid wordt aangegeven en waarin het watergehalte is uitgezet tegen de droge dichtheid, dient rond de maximum dichtheid een flauw verloop te hebben.

Zand dat minder goede eigenschappen heeft, is vaak nog wel verdichtbaar. De benodigde verdichtingsenergie kan dan echter aanzienlijk toenemen.

Verdichtingswijze

Voor een optimale verdichting van zand met bovengenoemde eigenschappen wordt de volgende werkwijze geadviseerd:

- Het ontgravingsniveau aftrillen in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend alvorens de eerste laag wordt aangebracht;
- De grondverbetering in lagen aanbrengen en verdichten met een trilplaat of trilwals in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend;
- De laagdikte afstemmen op de aan te wenden verdichtingsapparatuur en de eigenschappen van het zand. In de onderstaande tabel is hiervoor een indicatie gegeven.

Tabel 1

Apparaat	Gewicht	Laagdikte
Trilplaat	1 à 2 kN	0,2 m
Trilplaat	3 à 5 kN	0,3 m
Hand trilwals	6 à 8 kN	0,2 m
Tandem trilwals	12 à 15 kN	0,2 m
Tandem trilwals	ca 20 kN	0,3 m
Zelfrijdende (tril)wals	8 à 120 kN	0,3 à 0,5 m
Zelfrijdende (tril)wals	≥ 120 kN	0,5 m
Opmerking: Voor een grote dieptewerking in het algemeen wordt een groot aantal gangen (10 à 15) vereist doordat de effectiviteit met de diepte snel afneemt. Daarnaast is de staat van onderhoud van de apparatuur ook een belangrijk aspect.		

- Het funderingsniveau verdichten met een lichte trilplaat indien de bovenlaag los is geschud door het gebruik van zware trilapparatuur;
- De aanlegbreedte van de grondverbetering zodanig kiezen, dat spreiding van de funderingsdruk mogelijk is onder een hoek van 45° met de verticaal gerekend vanaf de rand van de fundering.

Grondwaterstand en watergehalte

Tijdens de verdichting dient het grondwater dieper dan 0,5 m beneden het werkniveau te staan. Bij te hoge grondwaterstand zal, afhankelijk van de doorlatendheid van het zand en de eigenschappen van de trilapparatuur, drijfzand kunnen ontstaan, waardoor verdichting onmogelijk wordt. Voor uitvoering van grondverbeteringen onder de grondwaterstand dient een bemaling te worden geïnstalleerd om de grondwaterstand tot tenminste 0,5 m beneden het werkniveau te verlagen.

Het watergehalte van het te verdichten zand dient bij voorkeur 8 tot 15 % (m/m) te bedragen. Eén en ander is af te leiden uit de Proctor-proef, waarbij het optimale watergehalte wordt bepaald in relatie tot de hoogst verkregen droge dichtheid.

Controle grondverbetering

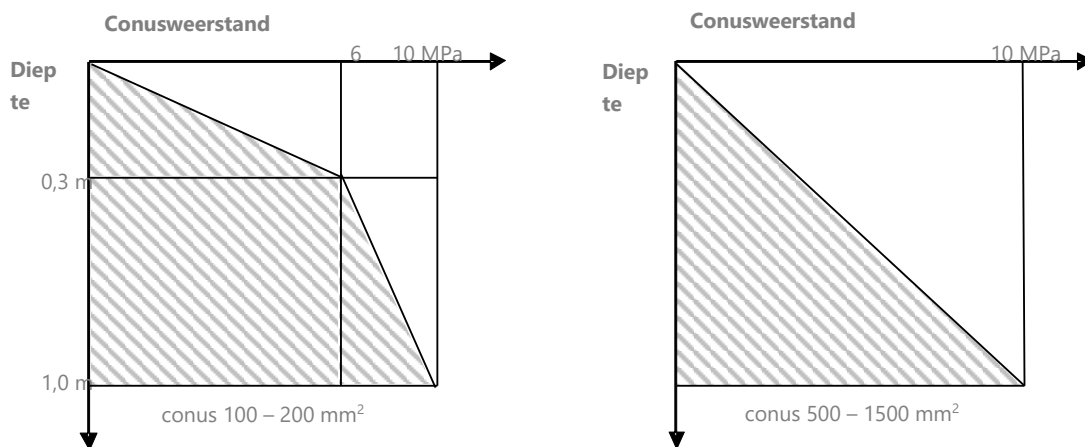
De kwaliteit van de grondverbetering dient zodanig te zijn, dat minstens de hoek van inwendige wrijving wordt bereikt die in de berekening van de draagkracht is gehanteerd. De controle op de kwaliteit van de uitgevoerde grondverbetering kan geschieden op de navolgende wijze:

- Sonderingen met conus met een conusoppervlak van 100 à 200 mm². Met een minisondeerrups (Landscout) zijn nauwkeurige sonderingen met automatische registratie tot een diepte van maximaal 5 m mogelijk;
- Met handsonderingen zijn de mogelijkheden beperkt, zowel voor wat betreft de nauwkeurigheid als de diepte; een verdichte zandlaag van 0,4 à 0,5 m is hiermee te controleren, eventueel in combinatie met een handboor;

- Sonderingen conform NEN 5140 of NEN-EN-ISO 22476-12 met conus met een conusoppervlak van 500 à 2000 mm². Hierbij kan de grondverbetering over grote laagdikten nauwkeurig worden gecontroleerd;
- Dichtheidsbepalingen met behulp van volumesteekringen, nucleaire meetapparatuur, de CMC-methode, de kunststoffoliemethode of de zand-vervangingsmethode. De onderzoek diepte is beperkt, zodat iedere laag afzonderlijk moet worden gecontroleerd alvorens de volgende laag wordt aangebracht.

In een goed uitgevoerde grondverbetering voor een fundering op staal loopt de conusweerstand gelijkmatig op tot:

- sonderingen met Ac 100 à 200 mm² 6 MPa op 0,3 m diepte en 10 MPa op 1,0 m diepte;
- sonderingen met Ac 500 à 2000 mm² 10 MPa op 1,0 m diepte.



De gemeten conusweerstand moet buiten het gearceerde gebied liggen.

Figuur 1

Bovengenoemde waarden komen overeen met een Proctordichtheid van gemiddeld 95% waarbij in zand een ϕ' -waarde aanwezig is van circa 35° hetgeen voor een fundering op staal een gebruikelijke eis is. Als de grondverbetering primair ten doel heeft de zetting te verminderen en minder strenge eisen aan de draagkracht worden gesteld, zijn in specifieke gevallen en in overleg met de geotechnisch adviseur lagere waarden acceptabel.

Voor de wegebouw zijn verdichtingseisen onder andere gegeven in het door CROW uitgegeven Infoblad 'Infrastructuur - Verdichtingscontrole via handsonderingen'.