



Behoort bij besluit W2020/176
van het college van Kaag en
Braassem d.d. 09-11-2021
Ontwerp

Terreinophoging aan de Raadhuislaan Tuinderij Leimuiden

Geotechnisch veldonderzoek en advisering | Leimuiden

1220-176356 | 20-01-2021

Definitief

Oude Egberink & partners B.V.

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Terreinophoging aan de Raadhuislaan Tuinderij Leimuiden
Documentnaam	Geotechnisch veldonderzoek en advisering
Fugro-projectnr.	1220-176356
Fugro-documentnr.	1220-176356-31-R01
Versienummer	2.1
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Blaeuilaan 60A Postbus 63 2260 AB Leidschendam T 030 60 28175

Klantgegevens

Klant	Oude Egberink & partners B.V.
Adres klant	Van Heeksbleeklaan 1a 7522 LB Enschede
Contactpersoon klant	

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	04-11-2020	Concept	Initiële versie	JBH	MH	JBH
2.1	20-01-2021	Definitief	Opmerkingen opdrachtgever verwerkt	JBH	MH	JBH

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
JBH		Senior Projectmanager
MH		Adviseur Waterbouw

Inhoudsopgave

Inhoud

1. Algemene toelichting	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Projectomschrijving	1
2. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid	2
2.1 Algemeen	2
2.2 Globale bodemgesteldheid	2
2.3 (Grond)waterstanden en stijghoogten	3
3. Uitgangspunten	4
3.1 Geometrie en betrouwbaarheidsklasse	4
3.2 Bodemschematisering en parameters	4
3.3 (Grond)waterstanden en stijghoogten	5
4. Geotechnische analyses	6
4.1 Algemeen	6
4.2 Zettingsanalyse	6
4.2.1 Zetting	6
4.2.2 Tijd-zettingsverloop	7
4.2.3 Berekende zetting	8
4.3 Stabiliteitsanalyse	8
4.3.1 Methode Bishop	8
4.3.2 Berekende stabiliteitsfactor	10
4.3.3 Ophoogadvies	10
4.4 Damwandanalyse	11
4.5 Berekeningsmethode	11
4.6 Uitgangspunten berekeningen	12
4.6.1 Veiligheidsklasse	12
4.6.2 Damwandprofiel	13
4.6.3 Bouwfasen	13
4.6.4 Terreinbelasting	13
4.6.5 Geometrische parameters en overige uitgangspunten	13
4.6.6 Rekenwaarden	14
4.7 Berekeningsresultaten	15
4.8 Toetsing vloeimoment en dwarskracht	15
4.8.1 Momenten	15
4.8.2 Dwars- en normaalkracht	15
4.9 Toetsing vervormingen	16

4.10	Samenvatting	16
5.	Uitvoering	18
5.1	Algemeen	18
5.2	Ophoging	18
5.3	Plaatsen damwand	18
5.4	Duikerconstructie	19
5.5	Duiker vergunning en richtlijnen ontwerp	20
5.6	Ontwerp duiker	22
5.7	Aanbrengen duiker	22
6.	Monitoringsplan	23
6.1	Inleiding	23
6.2	Monitoring zetting ophoging middels zakbaken	23
6.3	Monitoring stabiliteit ophoging middels waterspanningsmeters en perkoenpalen	24
6.4	Monitoring horizontale deformatie damwand	25
7.	Samenvatting en conclusies	28

Bijlagen

- A Dijkprofiel A-A
- B.1 Rapportage geotechnisch onderzoek Fugro
- B.2 Rapportage geotechnisch onderzoek Lankelma
- C Geotechnische analyses

1. Algemene toelichting

1.1 Inleiding

Medio juli 2020 ontving Fugro te Leidschendam van Oude Egberink & partners B.V. te Enschede de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch veldonderzoek, alsmede het opstellen van een stabiliteits-, zettings en damwandanalyse ten behoeve van de ophoging van het terrein aan de Raadhuislane te Leimuiden.

Aangezien de ophoging wordt gerealiseerd binnen de beschermingszone van de Raadhuislane, dient een watervergunning te worden aangevraagd via het omgevingsloket.

Voorliggend rapport dient als begeleidend document bij de aanvraag van deze watervergunning. In onderhavig rapport is een controle uitgevoerd van de algehele dijkstabiliteit van de waterkering (deze mag niet onder het wettelijke niveau komen).

De resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek 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.

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

Dit rapport bevat:

- Een korte projectomschrijving;
- Een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid (hoofdstuk 2);
- De gehanteerde uitgangspunten in de geotechnische analyses (hoofdstuk 3);
- De geotechnische analyses van de stabiliteit, zetting en damwand (hoofdstuk 4);
- Aanbevelingen voor de uitvoering (hoofdstuk 5);
- Monitoringsplan (hoofdstuk 6).
- Samenvatting en conclusies.

1.2 Projectomschrijving

De projectlocatie is gelegen aan de Raadhuislane/Tuinderij te Leimuiden. Het plan betreft de nieuwbouw van woningen. Hiertoe zal het terrein aan de Raadhuislane worden opgehoogd.

De werkzaamheden vinden plaats binnen de beschermingszone van de waterkering. Aangehouden dient te worden dat de stabiliteit van de dijk voldoende is bij de voorziene ophoging.

Voor nadere gegevens omtrent de constructie wordt verwezen naar de berekeningen en tekeningen van de constructeur, alsmede het funderingsadvies van Lankelma d.d. 11 dec. '20.

2. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid

2.1 Algemeen

Het geotechnisch onderzoek voor dit project heeft bestaan uit 3 sonderingen en 3 handboringen. De resultaten hiervan, eventuele afwijkingen van de opdracht en opmerkingen zijn gepresenteerd in bijlage B.1.

Daarnaast is gebruik gemaakt van door de opdrachtgever verstrekt geotechnisch onderzoek van Lankelma. Het betreft het rapport met kenmerk 2000382RG d.d. 30 juni 2020. De rapportage is ter volledigheid opgenomen in bijlage B.2.

2.2 Globale bodemgesteldheid

De maaiveldniveaus ter plaatse van de onderzoekslocaties zijn ten tijde van het veldonderzoek aangetroffen van NAP -0,30 m op de kruin van de Raadhuislaan tot NAP -2,48 m à NAP -4,85 m bij de binnenteen.

Op basis van het geotechnisch onderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 2-1 is weergegeven voor de binnenteen (DKM1 en DKM2 + sonderingen van Lankelma) en in tabel 2-2 voor sondering DKMP3, die bovenop de dijk (Raadhuislaan) is uitgevoerd.

Tabel 2-1: Globale bodemgesteldheid binnenteen (DKM1 en DKM2 + sonderingen van Lankelma)

Diepte in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving	
-2,5 à -4,9	tot	-9,0 à -11,5	KLEI	zwak zandig, bovenin uitgedroogd; lokaal is in de toplaag een opgebrachte zandlaag aanwezig
-9,0 à -11,5	tot	-9,5 à -12,5	VEEN	basisveen
-9,5 à -12,5	tot	-22,5 à -26,5	ZAND	matig vast tot vast gepakt
-22,5 à -26,5			Maximale verkende diepte	

Tabel 2-2: Globale bodemgesteldheid op de kruin van de Raadhuislaan (DKMP3)

Diepte in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving	
-0,3	tot	-1,3	ZAND	toplaag
-1,3	tot	-1,8	KLEI	zwak zandig
-1,8	tot	-5,0	VEEN	
-5,0	tot	-10,5	KLEI	zandig
-10,5	tot	-11,0	VEEN	basisveen
-11,0	tot	-15,5	ZAND	matig vast gepakt
-15,5			Maximale verkende diepte	

2.3 (Grond)waterstanden en stijghoogten

Tijdens de uitvoering van de eerste fase van het grondonderzoek op 30 juli 2020 is binnendijks een open waterpeil (watergang) aangetroffen op NAP -5,1 m en is in de sondeergaten een grondwaterstand gepeild van NAP -5,4 m à NAP -5,6 m.

Op 5 oktober is tijdens de uitvoering van de tweede fase van het grondonderzoek buitendijks een open waterpeil (Drecht) aangetroffen op NAP -0,7 m en is de grondwaterstand in de handboorgaten HB1, HB2 en HB3 aangetroffen op respectievelijk NAP -6,8 m, NAP -6,7 m en NAP -1,9 m. De stijghoogte in het watervoerende pakket is geverifieerd aan de hand van een waterspanningssondering met dissipatietest, hieruit blijkt een stijghoogte aanwezig te zijn van ca. NAP -4,25 m. Dit redelijk overeen komt met de data van een diepe peilbuis op ca. 350 m afstand van de projectlocatie, welke is opgenomen in het DINO loket (ID buis: B31A0094-001).

Bovengenoemde (grond)waterstanden betreffen een éénmalige opname en zijn bedoeld als een oriënterend gegeven. De (grond)waterstand kan in de tijd sterk fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

3. Uitgangspunten

3.1 Geometrie en betrouwbaarheidsklasse

De geometrie van de huidige en de toekomstige situatie is gebaseerd op het door de opdrachtgever verstrekte dwarsprofiel A-A (zie bijlage A).

Toelichting bij bijlage A:

- De doorgetrokken grijze lijn betreft de huidige situatie.
- De rode stippellijn betreft het profiel van de vrije ruimte.
- Het groen gearceerde deel betreft de toekomstige ophoging.

Gezien de aard van de constructie (regionale waterkering) is in de berekeningen uitgegaan van betrouwbaarheidsklasse RC2.

3.2 Bodemschematisering en parameters

De karakteristieke en rekenwaarden van de grondparameters zijn mede gebaseerd op de door Hoogheemraadschap Rijnland verstrekte tabel, zie figuur 3.1. Daarnaast is gebruik gemaakt van tabel 2.b van NEN 9997-1.

Karakteristieke en rekenwaarden van de grondparameters								
grondsoort	γ_d / γ_n	c'_{kar}	ϕ'_{kar}	Bepaald volgens	$\gamma_{m,c}$	$\gamma_{m,\phi}$	c'_d	ϕ'_d
	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]		[-]	[-]	[kN/m ²]	[°]
Veen >300	10,2	2,8	13,0	RegLab	1,35	1,15	2,1	11,3
Veen <300 (kleilig)	11,5	2,7	15,8	RegLab	1,35	1,15	2,0	13,8
Klei, humeus	13,5	2,9	17,7	RegLab	1,20	1,15	2,4	15,5
Klei, siltig	15,5	2,7	21,8	Lok/Reg lab	1,20	1,15	2,3	19,2
Klei, zandig	17,7	1,9	28,5	Lok/Reg lab	1,20	1,10	1,6	26,2
Zand	18,0/20,0	0,0	27,0	NEN	1,30	1,20	0,0	23,0
Basisveen	12,0	2,5	15,0	NEN	1,30	1,25	1,9	12,1
Pleistoceen zand	18,0/20,0	0,0	30,0	NEN	1,30	1,20	0,0	25,7

Hierin is:

γ_d aardvochtig volumiek gewicht;
 γ_n volledig verzadigd volumiek gewicht;
 c'_{kar} karakteristieke waarde van de effectieve cohesie;
 ϕ'_{kar} karakteristieke waarde van de effectieve hoek van inwendige wrijving;
 c'_d rekenwaarde van de effectieve cohesie;
 ϕ'_d rekenwaarde van effectieve hoek van inwendige wrijving;
 $\gamma_{m,c}$ materiaalfactor voor de effectieve cohesie, conform TRWG [8];
 $\gamma_{m,\phi}$ materiaalfactor voor de effectieve hoek van inwendige wrijving, conform TRWG[8].

Figuur 3.1: Door Hoogheemraadschap Rijnland verstrekte grondparameters.

In tabel 3-1 zijn de in de berekeningen gehanteerde rekenwaarden voor de grondparameters weergegeven.

Voor de uitgedroogde kleilaag en de basisveenlaag in de in zettingsberekeningen gerekend met een POP van 10 kN/m².

Tabel 3-1: In de berekeningen gehanteerde rekenwaarden van de grondparameters

Grondlaag	Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	C'_p [-]	C'_s [-]	c_v [m ² /s]
KLEI, uitgedroogd	+0,1 à -3,9	17,7 / 17,7	1,6	26,2	20	240	5×10^{-8}
VEEN	-1,8 à -5,0	10,2 / 10,2	2,1	11,3	8	32	1×10^{-7}
KLEI, siltig	-5,0 à -6,0	15,5 / 15,5	2,3	19,2	10	110	5×10^{-8}
BASISVEEN	-10,3 à -10,7	12 / 12	1,9	12,1	12	48	1×10^{-7}
ZAND (Pleistocene)	-10,8 à -11,4	18 / 20	0	25,7	500	∞	gedraineerd

Opmerkingen bij de tabel:

γ en γ_{sat}	volumiek gewicht bij natuurlijk vochtgehalte; sat = verzadigd; de karakteristieke waarde is gelijk aan de rekenwaarde.
c'	effectieve cohesie; voor de karakteristieke waarde is uitgegaan van de waarde in figuur 3.1.
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving; voor de karakteristieke is uitgegaan van de waarde in figuur 3.1
C'_p	primaire samendrukkingsconstante voor spanningen boven de grensspanning; voor spanningen onder de grensspanning is een 4x zo hoge waarde gehanteerd.
C'_s	secundaire samendrukkingsconstante voor spanningen boven de grensspanning; voor spanningen onder de grensspanning is een 4x zo hoge waarde gehanteerd.
c_v	verticale consolidatiecoëfficiënt.

3.3 (Grond)waterstanden en stijghoogten

In de berekeningen is gerekend met de volgende (grond)waterstanden en stijghoogten:

- Het waterpeil van in Drecht is aangehouden op NAP -0,6 m.
- Het beheerspeil in de watergang bij de binnentien is aangehouden op NAP -5,3 m.
- De freatische lijn verloopt van het boezempeil NAP -0,6 m naar het polderpeil NAP -5,3 m in het achterland.
- De stijghoogte in het Pleistocene zandpakket is bepaald op basis van gegevens uit DINOloket (ID buis: B31A0094-001) en is aangehouden op NAP -4,5 m. De afstand tot de projectlocatie van deze peilbuis bedraagt ca. 350 m.

4. Geotechnische analyses

4.1 Algemeen

Voor dit project zijn de volgende geotechnische analyse en/of adviezen gemaakt:

- Zettingsanalyse;
- Stabiliteitsanalyse;
- Damwandanalyse;
- Funderingsadvies voor de duikerconstructie (zie bijlage D).

In de hierna volgende paragrafen zijn de verschillende berekeningen nader beschreven.

4.2 Zettingsanalyse

4.2.1 Zetting

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:

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

Vergelijking 4.1

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 berekeningen zijn onder andere uitgevoerd met het computerprogramma DSettlement. Dit programma voor de berekening van zettingen in een semi-driedimensionale ruimte houdt rekening met spreiding van de belasting(en) in de ondergrond, van zowel bestaande als nieuwe ophogingen.

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 %.

4.2.2 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:

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

Vergelijking 4.2

Waarin:

- t_e = hydrodynamische periode [s]
- d = laagdikte samendrukbaar pakket [m]
- c_v = consolidatiecoëfficiënt [m²/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:

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

Vergelijking 4.3

Waarin:

- $U_v(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur Δt 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.

4.2.3 Berekende zetting

De zetting is berekend voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) zodat alle partiële factoren de waarde 1,0 hebben. De berekeningsresultaten zijn gepresenteerd in de vorm van een grafiek waarin de bruto ophoging is uitgezet tegen de berekende zetting.

In onderstaande tabel zijn de berekende zettingen samengevat.

Tabel 4-1: Berekende zettingen

Verticaal	Maaiveld [m t.o.v. NAP]	Bruto ophoging [m]	Berekende eindzetting [m]	Restzetting na 1 jaar [m]
I	-1,9	0	0,15	0,05
II	-2,8	1,6	0,40	0,20
III	-3,5	2,2	0,60	0,30
IV	-3,7	2,3	0,65	0,30
V	-3,9	2,4	0,70	0,30
VI	-4,1	2,6	0,70	0,30
VII	-4,2	2,6	0,65	0,25
VIII	-4,3	1,4	0,50	0,20
IX	-4,4	0	0,20	0,10

4.3 Stabiliteitsanalyse

4.3.1 Methode Bishop

De stabiliteit van de ophogingen is geanalyseerd door het uitvoeren van glijvlakberekeningen volgens de vereenvoudigde methode Bishop met het computerprogramma DGeoStability. Hierbij wordt de veiligheidsfactor van een grondmoot langs een cirkelvormig glijvlak berekend. De stabiliteit van het talud is afhankelijk van:

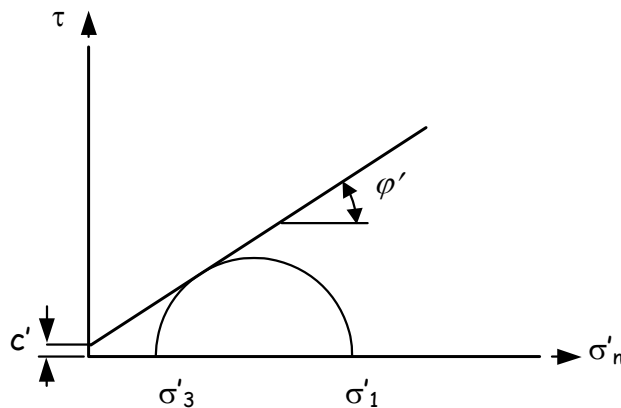
- De sterkte van de grond;
- De grootte van de ophoging;
- De wateroverspanning in de ondergrond en dus de snelheid van ophogen, de hoogte van de ophoging en de doorlatendheid van de ondergrond;
- De taludhelling inclusief de aanwezigheid van een steunberm;
- De aanwezigheid van een sloot of watergang bij de teen van een talud.

De stabiliteitsberekeningen zijn gemaakt voor de uiterste grenstoestand (UGT). Voor de gehanteerde sterkteparameters en materiaalfactoren wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

In de berekeningen zijn de afmetingen van het dwarsprofiel aangenomen conform de door de opdrachtgever verstrekte tekening. Hierbij is geen rekening gehouden met de zakking, waarvan een gedeelte is opgetreden tijdens het ophoogproces. Dit is een conservatief uitgangspunt.

De ondergrond is verdeeld in een aantal lagen waarbij voor iedere laag het volumegewicht en de wrijvingseigenschappen (hoek van inwendige wrijving ϕ' en de cohesie c') zijn bepaald, zie onderstaand figuur.

Deze parameters zijn onder andere bepaald aan de hand van interpretatie van het grond- en laboratoriumonderzoek alsmede ervaring. Bij de berekeningen zijn karakteristieke waarden van de grondparameters gebruikt.



Figuur 4-1: Schuifweerstand

Per grondlaag is ook het aanpassingspercentage opgegeven, dat wil zeggen, de mate waarin de korrelspanning is aangepast aan het gewicht van de aangebrachte ophogingen. Bij slecht doorlatende grond als klei- en veen resulteert het aanbrengen van een ophoging in eerste instantie in het optreden van wateroverspanningen. Het aanpassingspercentage is dan laag, bijvoorbeeld 20% à 30%. Na verloop van tijd, als het overspannen water de gelegenheid heeft gekregen om af te stromen, neemt het aanpassingspercentage toe waardoor ook de korrelspanningen en de weerstand tegen afschuiven toenemen. Na het verstrijken van de hydrodynamische periode, is sprake van 100% aanpassing.

4.3.2 Berekende stabiliteitsfactor

De berekeningsresultaten zijn weergegeven in bijlage C en zijn tevens samengevat in onderstaande tabel 4-2. De vereiste waarde van de stabiliteitsfactor bedraagt 1,0.

Tabel 4-2: Berekende stabiliteitsfactoren met rekenwaarden van de grondparameters

Situatie	Minimale stabiliteitsfactor SF (eis $SF \geq 1,0$)
Ophoogslag 1	1,18
Ophoogslag 2	1,02
Voor plaatsing damwand	1,01

Uit de stabiliteitsberekeningen volgt dat voor een stabiele ophoging in de bouwfase de benodigde consolidatiegraad het volgende bedraagt:

- Na het aanbrengen van ophoogslag 1 dient de wateroverspanning tot ca. 40% af te nemen ten opzichte van de 0 meting, alvorens ophoogslag 2 kan worden aangebracht.
- Alvorens de damwand kan worden geplaatst dient de wateroverspanning tot ca. 45% af te nemen ten opzichte van de 0 meting.

De consolidatiegraad kan in situ worden gemeten met behulp van waterspanningsmeters, zie hoofdstuk 6.

4.3.3 Ophoogadvies

Op basis van de resultaten van de stabiliteitsberekening kan de kleiophoging als volgt worden aangebracht:

- De 1^e ophoogslag van ca. 1,2 m aanbrengen 1,4 m, waarbij rekening wordt gehouden met een afschot van 2% richting de teensloot.
- Vooralsnog is uitgegaan van een ligtijd van ca. 3 maanden per ophoogslag.
- Als de wateroverspanning na de 2^e ophoogslag is afgenomen tot ca. 50%, kan de damwand geïnstalleerd worden, waarna het talud richting de damwand opgevuld kan worden met klei.

Uit de zettingsmetingen en de evaluatie daarvan kan blijken dat het zettingsgedrag anders is dan verwacht. In dat geval zijn mogelijke aanpassingen:

- Kleiophoging langer laten liggen.
- Toepassing van verticale drainage, mits dit door het hoogheemraadschap wordt toegestaan.
- Er is ook gekeken naar de toepassing van lichte ophoogmaterialen, echter wegen de meerkosten daarvan niet op tegen de beperkte winst ten aanzien van de optredende zettingen.

4.4 Damwandanalyse

4.5 Berekeningsmethode

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd conform de norm geotechniek NEN 9997-1, waarbij onderscheid is gemaakt in de uiterste grenstoestanden (UGT en UGT type B) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT). Daarnaast is gebruik gemaakt van CUR-publicatie 166.

Bij het bereiken van de UGT is de stabiliteit van de gehele damwandconstructie nog juist gewaarborgd. In een eerder stadium kunnen echter al dusdanige vervormingen van de damwandconstructie en het aangrenzende terrein optreden dat de stabiliteit van de daar aanwezige bouwwerken in gevaar komt. In die situatie is de UGT type B bereikt, die vervolgens een toetsing vereist van de optredende vervormingen aan de voor deze grenstoestand gestelde eisen.

De controle van de bruikbaarheidsgrenstoestand houdt eveneens verband met vervormingen, maar daarbij gaat het om de toetsing van de bruikbaarheid. Bij overschrijding van deze grenstoestand worden de vervormingen van de damwandconstructie en het aangrenzende terrein zodanig groot dat de bruikbaarheid in ernstige mate wordt geschaad. Hierbij moet onder andere worden gedacht aan invloed op belendende bebouwing en hinder voor verkeer en kranen door (ongelijkmatige) zakking van het achter de damwand gelegen terrein.

In het ontwerpstadium staat de controle van de UGT van de stabiliteit van de hoofdwand centraal, namelijk:

- Het overschrijden van de passieve weerstand van de damwand (grondbreuk);
- Het ontstaan van een vloeioment/breukmoment in de damwandplanken;
- Het overschrijden van de draagkracht van de stempels/ankers;
- En, indien de damwand ook verticale belastingen moet opnemen:
- Het overschrijden van de verticale draagkracht.

Daarnaast worden de vervormingen in de BGT globaal gecontroleerd.

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd met het eendimensionaal eindig elementenprogramma DSheetPiling, waarmee momenten, dwarskrachten en verplaatsingen van een al dan niet (meervoudig) gestempelde of verankerde damwand kunnen worden berekend.

De gronddruk op de damwand wordt in de berekening afhankelijk gesteld van de uitbuiging van de wand. De spanningsrekrelatie van de grond wordt beschreven door een multi-lineaire veer karakteristiek bestaande uit drie tussentakken, aangeduid met $k_{h,1}$, $k_{h,2}$ en $k_{h,3}$.

De volgende berekeningen zijn gemaakt:

- Berekeningen UGT: Met rekenwaarden voor de geotechnische- en geometrische parameters, alsmede rekenwaarden voor de buigstijfheid van de damwand en lage rekenwaarden voor de beddingsconstante van de grondlagen wordt een ontwerpberekening uitgevoerd, waarmee de minimale inbeddingsdiepte wordt bepaald. De minimale inbeddingsdiepte kan echter ook beïnvloed worden door andere factoren, zoals de verticale draagkracht, geohydrologische omstandigheden en/of het beschikbare damwandprofiel.

Vervolgens worden gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd met *lage* en *hoge* rekenwaarden voor de beddingsconstanten en wordt de inbeddingsdiepte geoptimaliseerd. Met deze berekeningen worden tevens eventuele onzekerheden in de buigstijfheid van de wand verwerkt. Ook wordt de grondwaterstand aan de lage zijde gevarieerd. De hier genoemde berekeningen zijn de berekeningen 1 t/m 4 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1.

- Berekening BGT: Tenslotte worden de berekeningen uitgevoerd met karakteristieke waarden van de geotechnische- en geometrische parameters. Hiermee kan een goede indruk worden verkregen van de te verwachten uitbuiging. Behalve voor de gebruikstoestand, wordt deze berekening ook gebruikt voor de toetsing van de uiterste grenstoestand, door een belastingsfactor van 1,2 op het moment, de snedekrachten en de anker/stempelkrachten te zetten (berekening 5 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1).
- Maatgevende waarden: De maatgevende rekenwaarden van moment $M_{s,d}$ en dwarskracht $D_{s,d}$ van de bovengenoemde berekeningen 1 t/m 5 dienen getoetst te worden aan de rekenwaarde van de sterkte van de plank volgens materiaalgebonden normen. Voor de toetsing van de rekenwaarde van de stempel/ankerkracht P_d , indien van toepassing, worden additionele partiële factoren gebruikt, onder andere vanwege het feit dat bij vloeï of breuk het stempel of anker volledig uitvalt.

4.6 Uitgangspunten berekeningen

4.6.1 Veiligheidsklasse

Conform B3.1 en tabel B1 in NEN-EN 1990 is de constructie, gezien de geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens of de kleine economische gevolgen, sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving, ingedeeld in veiligheidsklasse RC1.

4.6.2 Damwandprofiel

Op basis van oriënterende berekeningen is besloten voor de verdere uitwerking van het damwandadvies uit te gaan van stalen damwandprofiel type AZ12-770 (S270).

- $EI = 4,5 \times 10^4 \text{ kNm}^2/\text{m}$
- $W = 1.200 \text{ cm}^3/\text{m}$

Gezien de permanente functie van de damwand is rekening gehouden met dikteverlies door corrosie. Het traagheids- en weerstandsmoment zijn gereduceerd, waarbij volgens 9.2.2 van CUR-publicatie 166 Deel 1 voor staal in de grond een corrosie ter grootte van 0,6 mm per 50 jaar is aangehouden, resulterend in 1,2 mm na 50 jaar bij corrosie aan beide zijden.

In de berekeningen zijn voor de eigenschappen van de damwand de volgende waarden gebruikt, rekening houdend met corrosie, waartoe een reductie is toegepast van 10% op weerstands- en traagheidsmoment.

4.6.3 Bouwfasen

In de berekeningen is uitsluitend de eindfase beschouwd, rekening houdend met een maaiveldbelasting ten gevolge van materieel in de bouwfase. Dit is de maatgevende doorsnede.

4.6.4 Terreinbelasting

Door de opdrachtgever zijn geen specifieke eisen ten aanzien van de bovenbelasting aan de actieve zijde van de damwand gegeven. Daarom is conform tabel 3.6 CUR 166 een bovenbelasting van 5 kN/m^2 (representatieve waarde) in rekening gebracht.

De afstand van de terreinbelasting aan de actieve zijde van de damwand is geschematiseerd op 3,0 m afstand van de damwand. Tijdens de werkzaamheden dient er naar te worden gestreefd om niet met zwaar materieel binnen deze zone van de damwand te komen.

4.6.5 Geometrische parameters en overige uitgangspunten

De karakteristieke waarden voor de geometrische parameters en overige uitgangspunten zijn voor iedere bouwfase samengevat in tabel 4-3. De bovenkant van de damwand is aangehouden op NAP -1,88 m conform tekening 200928 Dijkprofiel rev 7 doorsnede Y1 (RH-DHV) welke door de opdrachtgever aan Fugro is verstrekt op 19 oktober 2020. De juistheid van deze uitgangspunten moet door de opdrachtgever en/of constructeur worden gecontroleerd.

De in de berekeningen gehanteerde bouwfasering is grafisch weergegeven in bijlage B.

Tabel 4-3: Karakteristieke waarden geometrische parameters

Bouw fase	Karakteristieke waarde Maaiveld [m t.o.v. NAP]		Karakteristieke waarde (grond)waterstand [m t.o.v. NAP]		Representatieve waarde bovenbelasting [in kN/m ²]
	Hoge zijde	Lage zijde	Hoge zijde	Lage zijde	
1	-1,88	-4,5	-5,4	-5,4	5,0

Aan de lage (passieve) zijde van de damwand is een sloot gelegen.

4.6.6 Rekenwaarden

De rekenwaarden voor de geotechnische parameters worden gevonden door deling van de karakteristieke waarden (X_k) uit de tabellen in hoofdstuk 3 door materiaalfactoren uit tabel A.4b van NEN 9997-1.

Bij de geometrische parameters (waterniveaus en kerende hoogte) wordt de rekenwaarde gevonden door toepassing van een additionele veiligheidsmarge, waarvoor een minimum geldt van Δa volgens tabel 9.a en 9.3.2.(2) van NEN 9997-1. De gehanteerde factoren en veiligheidsmarges zijn samengevat in tabel 4-4.

Tabel 4-4: Partiële factoren (γ_m / γ_F) en additionele veiligheidsmarges (Δa)

	Partiële factor γ_m en γ_F betrokken op X_k/p_{kar} of F_{kar}	Additionele veiligheidsmarge Δa betrokken op μ	Rekenwaarde
	Veiligheidsklasse KC1		
Tan φ' hoek van inwendige wrijving	1,15	-	X_k/γ_m (min)
c' cohesie	1,15	-	X_k/γ_m (min)
Kerende hoogte	-	0,30	Max $(\mu + \Delta a)$
GWS lage zijde	-	0,20	Max $(\mu + \Delta a)$ of Min $((\mu - \Delta a))$
GWS hoge zijde 1)	-	0,05	Max $(\mu + \Delta a)$
Belasting (p of F):			
▪ Permanent	1,0	-	$P_{kar} \cdot \gamma_F$
▪ Veranderlijk	1,0	-	$P_{kar} \cdot \gamma_F$
Opmerkingen			
• In dit geval CUR166 veiligheidsklasse I			

De rekenwaarde van de buigstijfheid van de damwand is gelijk aan de karakteristieke waarde (materiaal factor 1,0).

Rekenwaarden voor de lage- en hoge waarden van de beddingsconstanten zijn verkregen door toepassing van partiële factoren van respectievelijk 1,3 en 1,0 op de karakteristieke waarden.

4.7 Berekeningsresultaten

In tabel 4-5 is van de maatgevende doorsnede van de damwand de uitgangspunten en berekeningsresultaten gepresenteerd. De berekeningsresultaten zijn voor de damwand tevens grafisch gepresenteerd in bijlage C.

Tabel 4-5: Maatgevende rekenwaarden en uitgangspunten voor toetsing UGT en BGT

Profiel damwand	AZ12-770 (S270)
Lengte	10,0 m
Inbeddingsdiepte	NAP -11,88 m
Buigstijfheid EI	$4,5 \times 10^4 \text{ kNm}^2/\text{m}$
W	$1.200 \text{ cm}^3/\text{m}$
Rekenwaarde optredend buigend moment $M_{s;d}$ (UGT)	150 kNm
Rekenwaarde optredende dwarskracht $D_{s;d}$ (UGT)	82 kN
Maximum uitbuiging $u_{\max}$ (BGT)	<70 mm

4.8 Toetsing vloeimoment en dwarskracht

Conform 9.7.1(l, m en n) van NEN 9997-1 dienen momenten en krachten in de constructie te worden getoetst aan de materiaal gebonden normen NEN-EN 1993 (staalconstructies).

4.8.1 Momenten

Voor de momenten moet worden voldaan aan:

$$M_{s;d} < M_{r;d}$$

Vergelijking 4.4

Waarin:

$$M_{r;d} = \text{rekenwaarde van het vloeimoment} = M_{r;rep}/\gamma_m$$

$$M_{r;rep} = \text{representatieve waarde van het vloeimoment}$$

$$\gamma_m = 1,0 \text{ (staal)}$$

De rekenwaarde van de sterkte $M_{r;d}$ is in dit geval 292 kNm/m^1 (profiel AZ12-770 met kwaliteit S270 en rekening houdend met corrosie, zodat voldaan is aan de gestelde sterkte-eis.

4.8.2 Dwars- en normaalkracht

De berekende dwarskracht $D_{s;d}$ dient eveneens te worden getoetst aan de materiaalgebonden normen. Hierbij dient $D_{s;d}$ kleiner te zijn dan de rekenwaarde voor de sterkte $D_{r;d}$.

Bij de samenstelling van dit rapport was niets bekend over een axiale belasting van de damwand. Als in het definitieve ontwerp sprake is van een normaalkracht in de damwand dient deze te worden meegenomen in de toets op de sterkte van het damwandprofiel. Een normaalkracht in de damwand kan ontstaan door een verticale belasting op de kop van de damwand, (grout)ankers onder een hoek met de horizontaal en/of negatieve kleeft.

De definitieve toetsing van dwars- en normaalkracht (en 2^e orde effecten) valt buiten het kader van dit rapport.

4.9 Toetsing vervormingen

Bij de controle op vervormingen conform 9.7.1(s) van NEN 9997-1 dient aan de eisen in 9.8 van NEN 9997-1 te worden voldaan. De vervormingseis is als volgt:

$$u_{max} \leq u_{req}$$

Vergelijking 4.5

Waarin:

u_{req} = maximaal toelaatbare uitbuiging in de BGT

u_{max} = optredende uitbuiging in de BGT

De maximale uitbuiging (u_{max}) is voor de BGT berekend op <70 mm.

Aangezien in dit stadium van het ontwerp nog geen eisen zijn geformuleerd met betrekking tot de maximaal toelaatbare uitbuiging (u_{req}) kan een toetsing nog niet plaatsvinden.

Gelet op de berekende waarden van u_{max} lijkt de te verwachten uitbuiging acceptabel.

Opgemerkt wordt dat als gevolg van een horizontale uitbuiging van de damwand direct achter de damwand maaiveldzakkingen van ongeveer dezelfde orde van grootte zijn te verwachten.

4.10 Samenvatting

Uit de berekeningsresultaten voor dit project kan worden geconcludeerd dat een damwandconstructie bestaande uit ($W = 1.200 \text{ cm}^3/\text{m}$, $EI = 4,5 \times 10^4 \text{ kNm}^2/\text{m}$, staalkwaliteit S270) of gelijkwaardig met een lengte van 10,0 m (hetgeen overeenkomt met een installatieniveau van ca. NAP -11,88 m) voldoet.

Voor de berekende waarden van krachten en vervormingen wordt verwezen naar de voorgaande paragrafen.

De vervormingen zijn globaal getoetst en lijken te voldoen.

Opgemerkt wordt dat de gehanteerde uitgangspunten (zoals ophoogniveau, maaiveldbelasting) en vervormingseisen dienen te worden geverifieerd door de opdrachtgever.

Fugro is niet verantwoordelijk voor door derden uitgevoerde detailberekeningen van de gehele damwandconstructie. Als bij de detailberekeningen afwijkende uitgangspunten worden gehanteerd, dient ook de hier gerapporteerde berekening te worden herzien.

5. Uitvoering

5.1 Algemeen

Gezien de aard van het werk en de locatie binnen de beschermingszone van de nabijgelegen waterkering is een zorgvuldige en deskundige begeleiding noodzakelijk. Er zijn grote ophogingen voorzien in een zettingsgevoelig gebied, waarbij beperkingen gelden voor de verticale en horizontale gronddeformaties. In hoofdstuk 6 is een monitoringsplan opgenomen om de werkzaamheden zo te kunnen uitvoeren dat de stabiliteit van de aanheling geborgd kan worden.

5.2 Ophoging

De ophoging dient uitgevoerd te worden in klei, inclusief voorbelasting en/of extra overhoogte, dient over de volle lengte aaneensluitend te worden aangelegd om te voorkomen dat grote zettingsverschillen ontstaan door een verschil in voorbelastingsduur.

De ophoging kan in 2 lagen van ca. 1,3 m worden aangebracht.

Vooralsnog wordt uitgegaan van het volgende tijdspad:

- 1^e laag aanbrengen, duur ca. 1 à 2 weken
- 3 maanden laten rusten, monitoren
- 2^e laag aanbrengen, duur ca. 1 à 2 weken
- 3 maanden laten rusten, monitoren

De taluds dienen in de meeste doorsneden niet steiler dan 1:2 (verticaal:horizontaal) te worden opgezet, zie de betreffende paragrafen. Verder wordt aanbevolen om een afschot van 2% toe te passen.

Uit de zettingsanalyse blijkt dat de terp na 1 jaar nog ca. 30 cm zal nazakken. Hier dient bij de nieuwbouw rekening mee gehouden worden. Mogelijk dat het terrein later nog moet worden aangevuld.

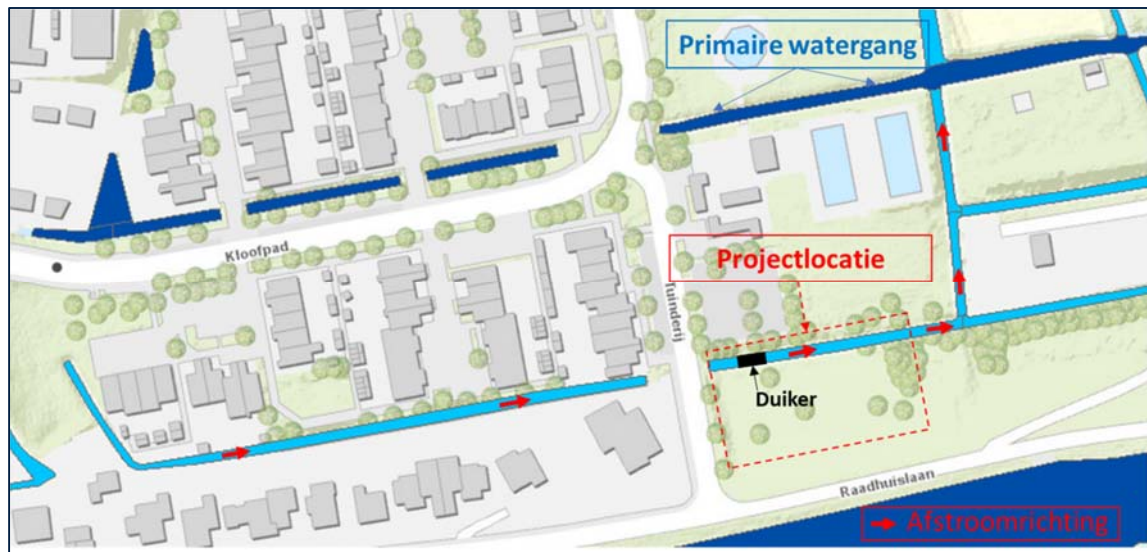
5.3 Plaatsen damwand

Er wordt aanbevolen om de damwand pas te plaatsen als de wateroverspanning is afgenomen tot 45% ten opzichte van de 0 meting.

Na het plaatsen van de damwand wordt het deel tussen talud en damwand opgevuld. Hierbij dient gemonitord worden dat de damwand niet te ver uitbuigt als gevold van het opvullen. Eventueel kan overwogen worden om dit uit te voeren met licht ophoogmateriaal, om hiermee de belasting op de damwand wat lager te houden.

5.4 Duikerconstructie

De duiker verbindt een sloot die door het waterschap is gecategoriseerd als een overige watergang. De sloot loopt aan de westzijde dood. (Regen)water dat op de sloot geloosd wordt zal afstromen in oostelijke richting naar de primaire watergang 041-058-00165 [Legger Rijnland, zie figuur 5.1].



Figuur 5.1: Watersysteem ter plaatse van de projectlocatie.

De sloot heeft een breedte van ca. 3,5 m en een diepte van 0,4 m. De oppervlaktewaterstand aan beide zijden van de duiker is gelijk. De lengte van de aan te leggen duiker bedraagt ca. 5,7 m.

In de legger van het waterschap en bij de contactpersoon van het waterschap waar telefonisch contact mee is opgenomen is geen beheerspeil van het oppervlaktewater bekend. Op basis van AHN en in overstemming met de opdrachtgever is het waterpeil vastgesteld op ca. NAP -5,3 m. Voor dit onderzoek wordt deze hoogte aangehouden. Geadviseerd wordt dit peil te verifiëren voor de aanlegdiepte van de nieuwe duikerverbinding.

Aan de westzijde van de aan te leggen duiker is op ca. 7 m een bestaande duiker gelegen onder de weg "Tuinderij" door. Afmeting en diepteligging van deze duiker zijn volgens de legger en de contactpersoon van het waterschap en de gemeente niet bekend.

Door de ontwikkeling van nieuwe woningen zal het verharde oppervlakte toenemen (ca. 1000 m²). Het HWA zal worden geloosd op de sloot. Indien oppervlaktewater wordt gedempt dient volledige watercompensatie te worden gerealiseerd.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten kan er worden gesteld dat er in de toekomstige situatie meer hemelwater vanaf het verharde oppervlakte afgevoerd zal worden op de sloot.

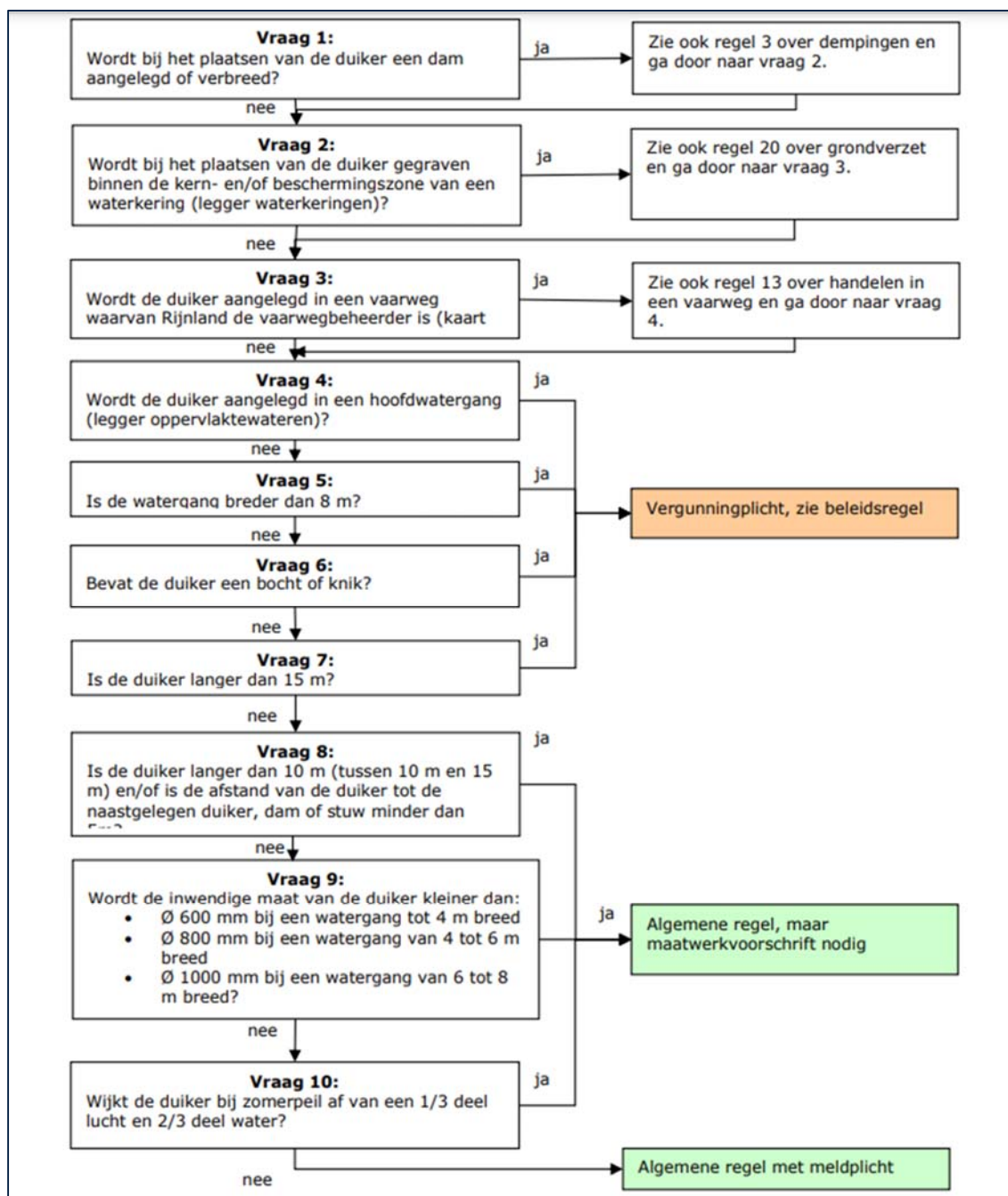
Aangezien de afstroomrichting oostelijk is heeft dit geen gevolgen voor de hoeveelheid water die door de bestaande duiker onder de weg "Tuinderij" stroomt. Voorgesteld wordt de hemelwaterafvoer aan de oostelijke zijde van de nieuwe duiker op de watergang aan te sluiten.

5.5 Duiker vergunning en richtlijnen ontwerp

Er zijn geen afmetingen bekend van de bestaande duiker. De afmeting en diepteligging is vastgesteld op basis van de duiker richtlijnen van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Allereerst is vastgesteld of de aanleg van de duiker vergunningsplichtig is. Op basis van 10 vragen die opgesteld zijn door het waterschap kan worden vastgesteld of de aanleg van de duiker vergunningsplichtig is, zie figuur 5.2. Op basis van de uitgangspunten (eigenschappen watergang, kenmerken aan te leggen duiker en naastgelegen duiker) kan worden gesteld dat de duiker niet vergunningsplichtig is omdat alle vragen met "nee" beantwoordt kunnen worden. Wel zijn de algemene regels omtrent de aanleg van een duiker van toepassing en is er een meldingsplicht minimaal 2 weken voor aanvang van de uitvoering van aanleg. Bij de melding moet de volgende informatie worden verschaft:

- naam en adres van degene die de duiker plaatst of laat plaatsen;
- adres of locatie waar de duiker wordt geplaatst;
- de verwachte start- en einddatum van de werkzaamheden;
- een situatietekening van de (dam met) duiker.

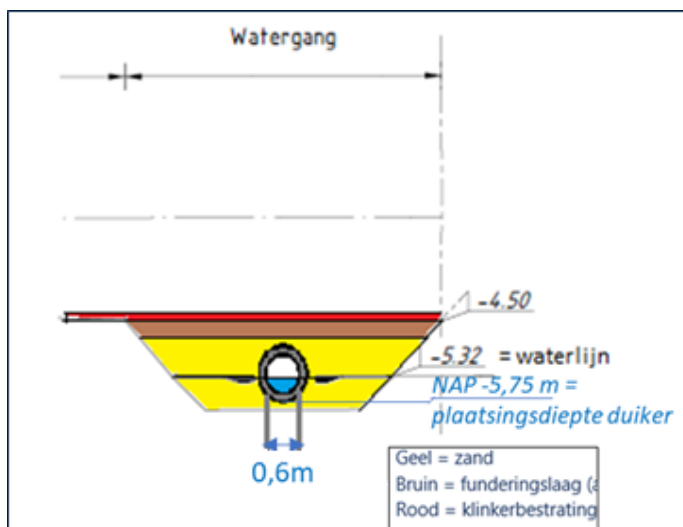
Op basis van Artikel 2 uit 'Uitvoeringsregel 4 Duikers' blijkt dat bij een watergang tot 4 meter breed wat de minimale inwendige diameter van de duiker 600 mm moet zijn bij een watergang tot 4 meter breed (situatie sloot). De aan te leggen duiker moet een afstand van minimaal 5 m tot de naastgelegen duiker hebben. Daarbij dient de duiker zodanig te worden aangebracht en onderhouden dat in de duiker 1/3 deel lucht en 2/3 deel water aanwezig is ten opzichte van het zomerpeil. Tot slot dient de as van de duiker zich in het midden en horizontaal in de watergang bevinden.



Figuur 5.2: Vragenboom vergunningsplicht aanleg duiker

5.6 Ontwerp duiker

Op basis van bovenstaande uitgangspunten en richtlijnen van het waterschap is het volgende duikerontwerp geadviseerd: Een ronde duiker met een inwendige diameter van 600 mm ($\varnothing$ 0,6m). De duiker is ca. 5,7 meter lang zonder bocht of knik. Aanbevolen wordt om de verhouding 1/3 deel lucht en 2/3 deel water aan te houden. Dit betekent dat de duiker (uitgaande van een oppervlaktewaterpeil van NAP -5,3 m) op een binnen onderkant buis (b.o.b.-) hoogte van ca. NAP - 5,75 m dient te worden aangelegd. De aan te leggen duiker ligt ca. 7 m oostelijk van de naastgelegen duiker. Een schets van de aan te leggen duiker is weergegeven in figuur 5.3.



Figuur 5.3: Schets van aan te leggen duiker

5.7 Aanbrengen duiker

Als gevolg van het aanbrengen van de dam zullen zettingen in de ondergrond optreden. Voorgesteld wordt om deze zettingen zoveel als mogelijk al tijdens de bouwfase op te laten treden.

Oplossing om zettingen te laten optreden tijdens de bouwfase:

- Duiker aanbrengen met zandlichaam gedurende bouwfase;
- Wanneer bouwwerkzaamheden voltooid zijn, de duiker opnieuw stellen (indien nodig), eventueel met toepassing van lichte ophoogmaterialen en klei.

Geadviseerd wordt om de bovenzijde van de duiker direct na aanbrengen in te meten en na afloop van de bouwfase wederom in te meten. Op basis van deze inmetingen kan dan worden bepaald of de duikerconstructie opnieuw gesteld dient te worden na afronding van de bouwwerkzaamheden.

6. Monitoringsplan

6.1 Inleiding

Het gedrag van de constructie, bestaande uit ophoging en damwand, is direct gerelateerd is aan de eigenschappen van het materiaal waarmee wordt opgehoogd. Tijdens de uitvoering worden de risico's beheerst door de inzet van een monitoring, waarbij het gedrag van de ophoging wordt gevolgd ten aanzien van zetting, stabiliteit en stand zekerheid van de damwand.

In dit hoofdstuk is de monitoring met de geadviseerde meetmethode en meetfrequentie omschreven welke benodigd wordt geacht. Hierbij is ingegaan op de volgende onderdelen:

- 1) Monitoring zetting ophoging middels zakbaken;
- 2) Monitoring stabiliteit ophoging middels waterspanningsmeters en perkoenpalen;
- 3) Monitoring horizontale deformatie damwand middels inclino- of hellingmeters.

6.2 Monitoring zetting ophoging middels zakbaken

Meetwijze

De zetting als gevolg van de ophoging wordt gevolgd via het inmeten van zakbaken.

Meetnauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de meting wordt mede bepaald door de wijze van inmeten middels 06-GPs of tachymeter. In verband met de gewenste meetnauwkeurigheid wordt gemeten met een tachymeter ofwel total station. Hiermee kan een verwachte meetnauwkeurigheid worden behaald van 2 à 3 mm in x- en y-richting.

Locatie en plaatsing

Er moeten 9 zakbaken evenredig worden verdeeld en geplaatst op de kruin van de ophoging.

Nadere specificaties zakbaken:

- De hoogte van de zakbaak en het maaiveld bij de zakbaak dient te worden opgemeten (inclusief dus maaiveld naast zakbaak);
- Eenduidige nummering van zakbaken;
- Installatie voetplaat op onderzijde cunet;
- Tijdens het ophogen dienen de zakbaken te worden opgelengd.

Meetfrequentie zakbaken:

Hierbij geldt de volgende meetfrequentie voor de zakbaken:

- Direct na plaatsing inmeten met een dubbele 0-meting.
- Alvorens de eerste ophoogslag aan te brengen;
- De 1e herhalingsmeting op 24 uur na eerste ophoogslag;
- De 2e herhalingsmeting na 1 week;
- De 3e herhalingsmeting na 2 weken;
- De 4e herhalingsmeting na 4 weken;
- De 5e herhalingsmeting na 8 weken;
- De 6e herhalingsmeting na 12 weken.

Aan de hand van de meetresultaten kan worden besloten of er extra vervolgmetingen worden uitgevoerd of langer dient te worden gemeten.

Grenswaarde

Het gemeten zettingsverloop dient door een geotechnisch adviseur vergeleken te worden met het berekende zettingsverloop.

Uitvoering

De plaatsing en de meting van de zakbaken wordt door de aannemer uitgevoerd.

6.3 Monitoring stabiliteit ophoging middels waterspanningsmeters en perkoenpalen

Meetwijze

De stabiliteit van de ophoging wordt middels de plaatsing van 2 raaien van 2 waterspanningsmeters geborgd.

In de vrije zone van 1 m bij de sloot worden perkoenpalen geplaatst om visueel te beoordelen of er vervormingen en/of instabiliteit dreigt op te treden.

De waterspanningsmeters worden geplaatst om het verloop van de waterspanningen in de tijd te monitoren. Hiermee kan de optredende wateroverspanning als gevolg van het aanbrengen van de ophoogslagen worden bepaald. De gemeten wateroverspanning dient om de uitvoeringsstabiliteit te controleren en waarborgen. Op basis van de gemeten waterspanningen wordt door een geotechnisch adviseur beoordeeld of de uitvoeringstabiliteit gewaarborgd blijft en of eventueel het ophoogtempo moet worden bijgesteld.

Meetnauwkeurigheid

De metingen worden uitgevoerd met waterspanningsmeters met een sensor met een meetnauwkeurigheid van ca. +/- 2,5 cm.

Locatie en plaatsing

De waterspanningsmeters worden naast de zakbaken in de ophoging geplaatst zodat de resultaten van de waarnemingen van de zakbaken en waterspanningsmeters kunnen worden gekoppeld. De waterspanningsmeters dienen te worden geplaatst vóór start ophoging.

Hiermee wordt een nulmetingen van de waterspanningen in de gestabiliseerde laag verkregen. Tijdens het ophogen dienen de meters te worden verlengd. Vooraf wordt aanbevolen om de reeds geplaatste peilbuizen te peilen.

De diepte van de waterspanningsmeters wordt hierbij afgestemd op de diepte van de maatgevende glijcirkels die optreden in geval van instabiliteit van het talud. In totaal worden 2 waterspanningsmeters geplaatst op een meetraai waarbij 1 waterspanningsmeter ter hoogte van de insteek van de ophoging richting de sloot wordt geplaatst en 1 waterspanningsmeter op een afstand van ca. 7,5 m in de richting van de voormalige binnenteen van de dijk wordt geplaatst.

6.4 Monitoring horizontale deformatie damwand

Meetwijze

De horizontale deformatie van de damwand wordt tijdens de uitvoering op twee wijzen gemonitord middels:

- 4) Inmeting deformatie bovenzijde damwand;
- 5) Inmeting hellingmeetbuizen ofwel inclinometers.

Ad 1) Met de inmeting van de bovenzijde van de damwand wordt bij een onverankerde damwand over geheel de lengte een goed beeld verkregen van een eventueel afwijkend deformatiegedrag.

Voor de deformatiepunten wordt uitgegaan van een hoh-afstand van 5 m. De damwand wordt voorzien van een 5-tal deformatiepunten welke in x,y, en z-richting worden ingemeten.

Ad 2) Met de hellingmetingen wordt een goed beeld verkregen gekregen van het deformatiegedrag van de damwand over de gehele diepte. Voor het uitvoeren van de metingen moeten 2 hellingmeetkokers op de damwand worden geplaatst.

Meetnauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de meting wordt mede bepaald door de wijze van inmeten middels 06-GPs of tachymeter. In verband met de gewenste meetnauwkeurigheid wordt gemeten met een tachymeter ofwel total station. Hiermee kan een verwachte meetnauwkeurigheid worden behaald van 2 à 3 mm in x- en y-richting.

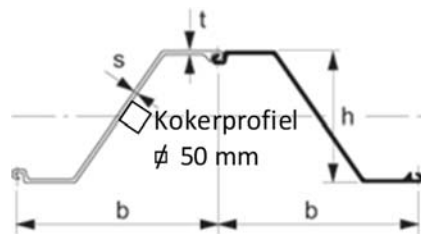
Voor de hellingmeting kan een meetnauwkeurigheid van ca. 2,5 mm / 10 meter worden behaald.

Wij gaan er vooralsnog vanuit dat de onderzijde van de damwandplank als "vast punt" kan worden beschouwd.

Locatie en plaatsing

De hellingmeetkokers dienen vooraf door de aannemer op de damwand te worden gelast en voorzien van een adequate afdichting zodat er geen grond in loopt. De hellingmeetkokers hebben een minimale lengte van 10 m gelijk aan de damwand.

De kokerprofielen worden met een vlakke zijde op het lijf van de buitenzijde van de damplank gelast. De tegenoverstaande hoeken van het kokerprofiel staan op deze wijze redelijk haaks op het vlak van de kerende wand. In figuur 6-1 is hiervan een overzicht gegeven. Afwijkingen ten opzichte van de loodlijn zullen worden bepaald en de meetwaarden worden bij het uitwerken gecorrigeerd voor eventuele scheefstand t.o.v. de loodlijn.



Figuur 6-1 Hellingmeetbuis aan damwand

Meetfrequentie

Na plaatsen van de damwand wordt een nulmeting van de hellingmeetbuizen en deformatiepunten bovenzijde damwand uitgevoerd. Om een goede 0-meting te verkrijgen is het aan te raden om minimaal 1 week voor de start van de uitvoering de damwand met de hellingmeetbuizen te plaatsen.

Vooralsnog kan van de volgende meetfrequentie worden uitgegaan:

- Na het plaatsen van de damwanden met hellingmeetbuizen een dubbele 0-meting;
- De 1e herhalingsmeting vindt plaats nadat een deel langs de damwand is aangevuld. Uitgangspunt is dat vanaf de damwand naar binnen wordt gewerkt.
- De 2e herhalingsmeting vindt plaats tijdens het aanbrengen van de ophoging;
- De 3e herhalingsmeting vindt plaats na afronden van de ophoging;
- De 4e herhalingsmeting vindt plaats 2 weken na aanbrengen ophoging om tijdseffecten te signaleren.

Aan de hand van de meetresultaten kan worden besloten of er extra vervolgmetingen worden uitgevoerd of langer dient te worden gemeten.

Grenswaarde

De waarschuingswaarden zijn weergegeven in tabel 6-1. Bij een overschrijding van de grenswaarden staan de te nemen acties in volgorde beschreven in tabel 6-2.

Tabel 6-1 Maximale horizontale deformatie damwand (naar buitenzijde, richting teensloot)

Verwachtingswaarde [cm]	Signaleringswaarde [cm]	Grensswaarde [cm]
<7,5	10,0	12,5

Tabel 6-2 Actieplan

Verwachtingswaarde	Acties
Lager dan verwachtingswaarden	Geen actie
Tussen verwachtingswaarden en signaleringswaarden	Inschakelen geotechnisch adviseur
Overschrijding signaleringswaarde	Overleg met betrokkenen, indien mogelijk bijsturen uitvoering of fasering
Overschrijding van de grenswaarde	Stilleggen werkzaamheden, overleg met betrokkenen en indien noodzakelijk nemen van beheersmaatregelen

Uitvoering

De metingen van de hellingmeetbuizen kunnen worden uitgevoerd door Fugro. De metingen van de deformatiepunten op de damwand worden door de aannemer uitgevoerd.

7. Samenvatting en conclusies

Onderhavige rapportage behandelt de geotechnische aspecten die van invloed zijn op de bouwplannen welke plaats zullen vinden aan de Raadhuislaan/Tuinderij te Leimuiden. Het plan betreft de nieuwbouw van woningen. Hiertoe zal het terrein aan de Raadhuislaan worden opgehoogd.

De werkzaamheden vinden plaats binnen de beschermingszone van de waterkering. Aangevoerd dient te worden dat de stabiliteit van de dijk voldoende is bij de voorziene ophoging.

Zettingen

Uit de zettingsanalyse blijkt dat er sprake is van ca. 70 cm zetting als gevolg van het aanbrengen van de ophoging. Na circa 1 jaar zal er nog sprake zijn van een restzetting van circa 30 cm. Aanbevolen wordt om het verloop van de zettingen te volgen middels zakbaken en waterspanningsmeters, zoals beschreven in het monitoringsplan. Hiermee kan de benodigde ophoogtempo worden bijgesteld mocht hier noodzaak voor zijn.

Stabiliteit

Uit de stabiliteitsanalyse blijkt dat de werkzaamheden veilig en stabiel kunnen worden uitgevoerd zonder een gevaar te vormen op het kerend vermogen van de waterkering. In geen van de uitvoeringsfases is sprake van een verminderde stabiliteit van de waterkering.

Damwand

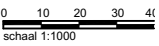
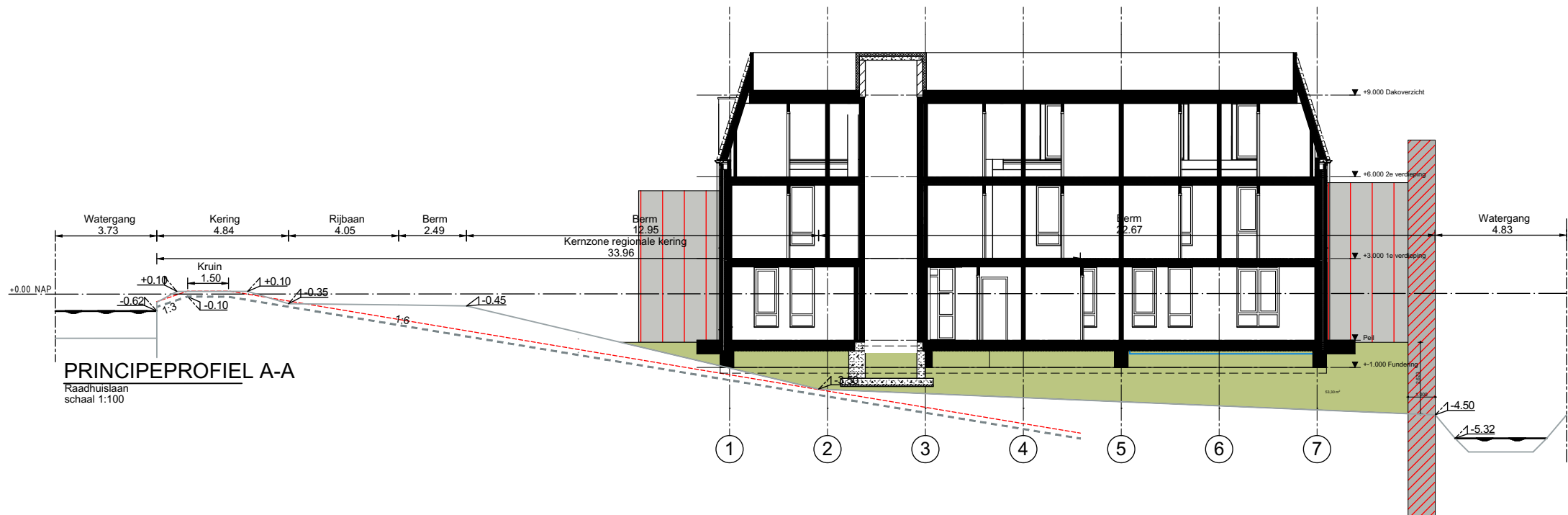
Voor het keren van de ophoging ter plaatse van de teensloot is een damwand benodigd, omdat er onvoldoende ruimte is om de ophoging onder talud af te werken. Hiertoe is een 10 m lange damwand voorzien van het type AZ12-770 (of gelijkwaardig).

Duikerconstructie

Geadviseerd wordt om de bovenzijde van de duiker direct na aanbrengen in te meten en na afloop van de bouwfase wederom in te meten. Op basis van deze inmetingen kan dan worden bepaald of de duikerconstructie opnieuw gesteld dient te worden.

Bijlage A

Dijkprofiel A-A



0	Eerste uitgave	DtG	CDt	CDt	05
revisie	omschrijving	geleend	gecontroleerd	akkoord	dat
opdrachtgever					
Gemeente Kaag en Braassem					
project					
Grondplan dagelijks leven					
omschrijving					
Inpassing grondplan Overzicht en dwarsprofielen					
documentstatus					
Concept					
documentnummer					
0					



Bijlage B

Rapportage geotechnisch
onderzoek

B.1 Rapportage geotechnisch onderzoek Fugro



Grondonderzoek & advies Tuinderij Leimuiden

Rapportage geotechnisch onderzoek | Leimuiden

1319-148551 | 14-10-2020

Definitief

Oude Egberink & partners B.V.

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Grondonderzoek & advies Tuinderij Leimuiden
Documentnaam	Rapportage geotechnisch onderzoek
Fugro-projectnr.	1319-148551
Fugro-documentnr.	1319-148551-21-R01-v1.0-20200807
Versienummer	2.0
Versiestatus	Definitief
Fugro Entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Dillenburgsingel 69 Postbus 63 2260 AB Leidschendam T 070 31 70700

Klantgegevens

Klant	Oude Egberink & partners B.V.
Adres klant	Van Heeksbleeklaan 1a , 7522 LB Enschede
Contactpersoon klant	S. Beerends

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	07-08-2020	Definitief	Initiële versie	LM	BB	RDW
2.0	14-10-2020	Definitief	DKMP3, HB1 t/m HB3	UGU	BB	RDW

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
RDW	ir. R. van der Weij	Account Manager Industrie

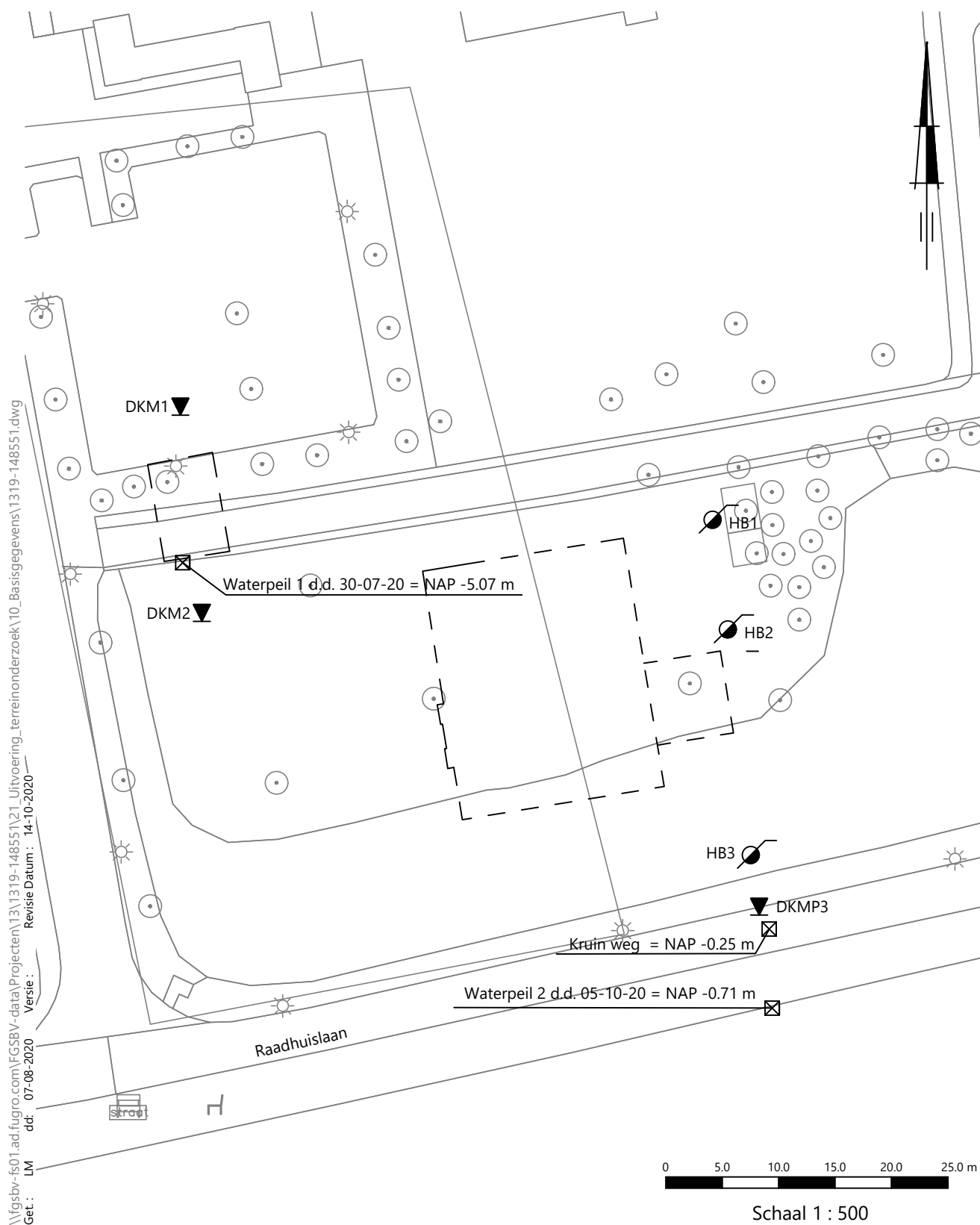
Inhoudsopgave

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

Rapportageoverzicht

Projectnaam: Grondonderzoek & advies Tuinderij Leimuiden
Fugro-projectnr.: 1319-148551

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v. NAP	Grondwater- stand (m) t.o.v. NAP	Opmerking
	X	Y			
DKM1	106391.7	470661.8	-4.30	-5.60	
DKM2	106393.6	470643.5	-4.40	-5.40	
DKMP3	106443.0	470617.5	-0.30		
HB1	106438.8	470651.7	-4.46	-6.84	
HB1_PB1			-4.24		
HB2	106440.1	470642.0	-4.02	-6.70	
HB2_PB1			-3.83		
HB3	106442.2	470622.0	-0.80	-1.89	
HB3_PB1			-0.89		
Kruin weg	106443.8	470615.4	-0.25		
Waterpeil 1 d.d. 30-07-20	106391.9	470647.9	-5.07		
Waterpeil 2 d.d. 05-10-20	106444.1	470608.4	-0.71		



Wijziging A	14-10-2020	DKMP3, HB1 t/m HB3	UGU
-------------	------------	--------------------	-----

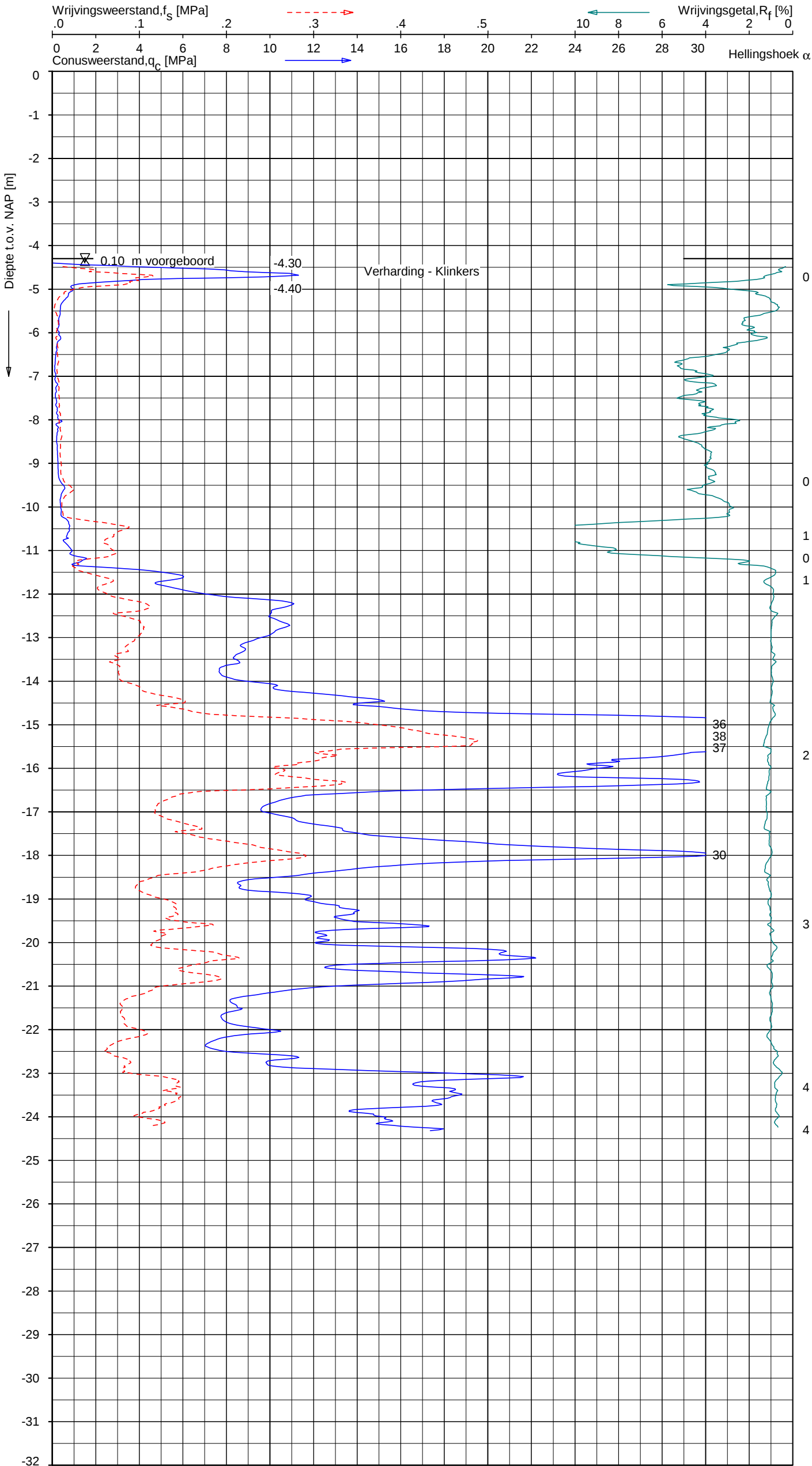
SITUATIE

GRONDONDERZOEK & ADVIES TUINDERIJ LEIMUIDEN

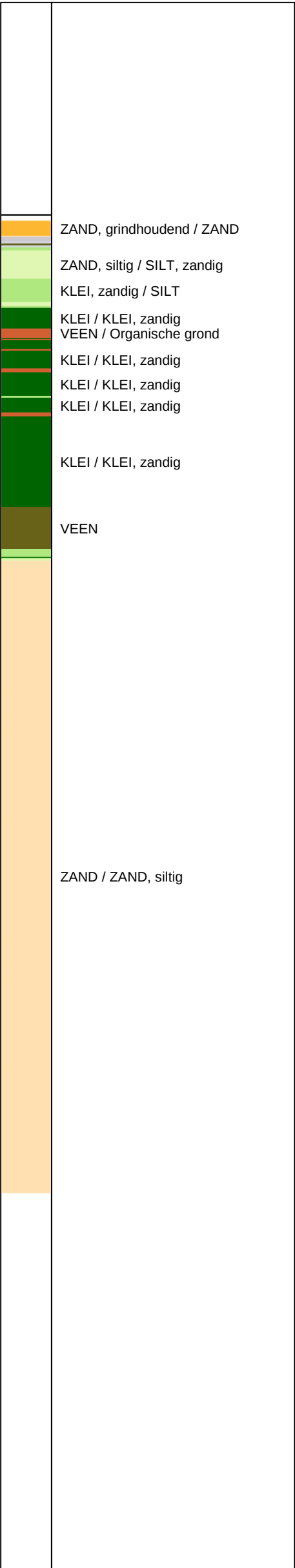
Opdr.: 1319-148551

Bijl. : 1A

fugro



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

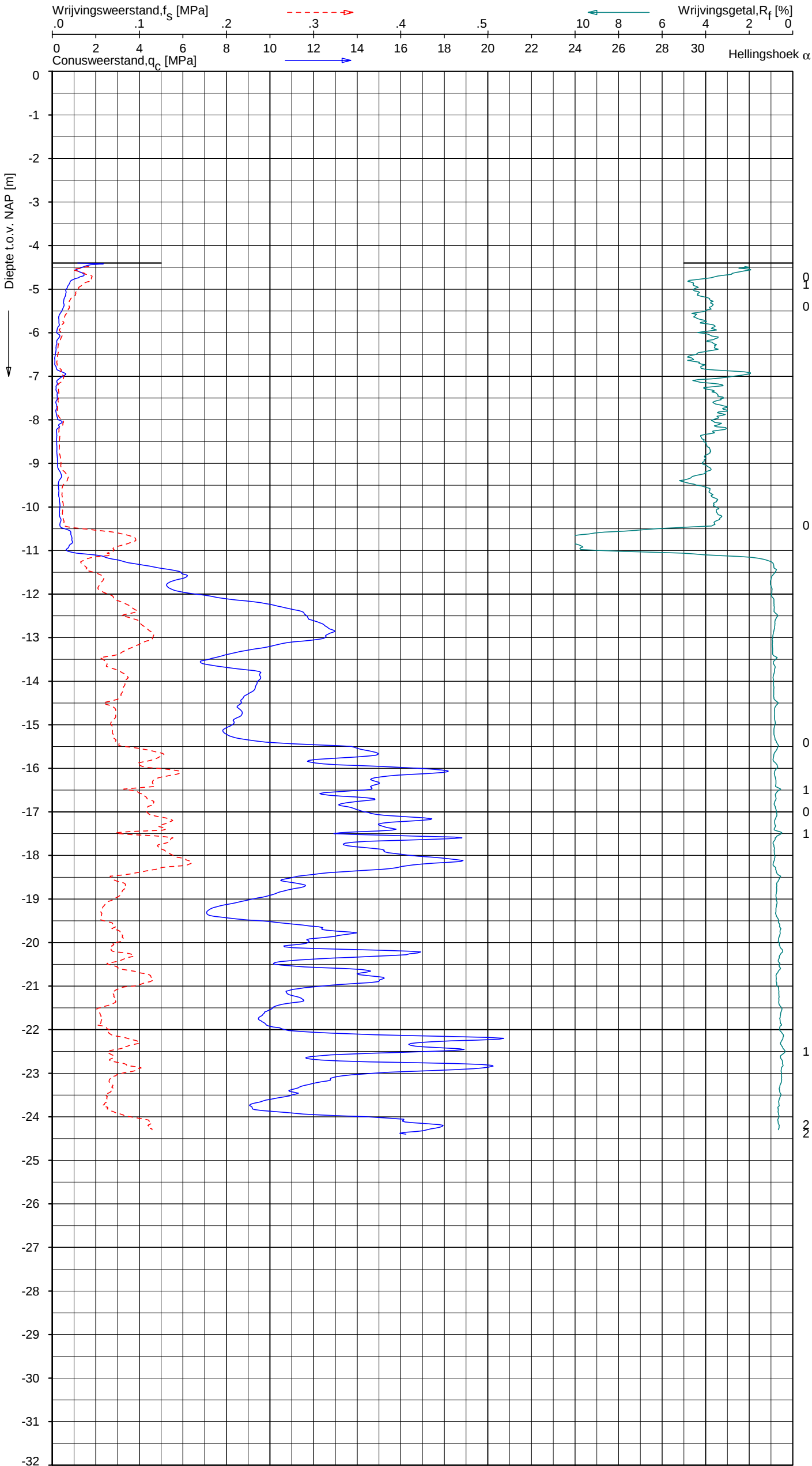


Opg.: BVJ d.d. 30-jul-2020 Coord.: X=106391.7 m Y= 470661.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: UGU d.d. 13-okt-2020 MV = NAP -4.30 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3114 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

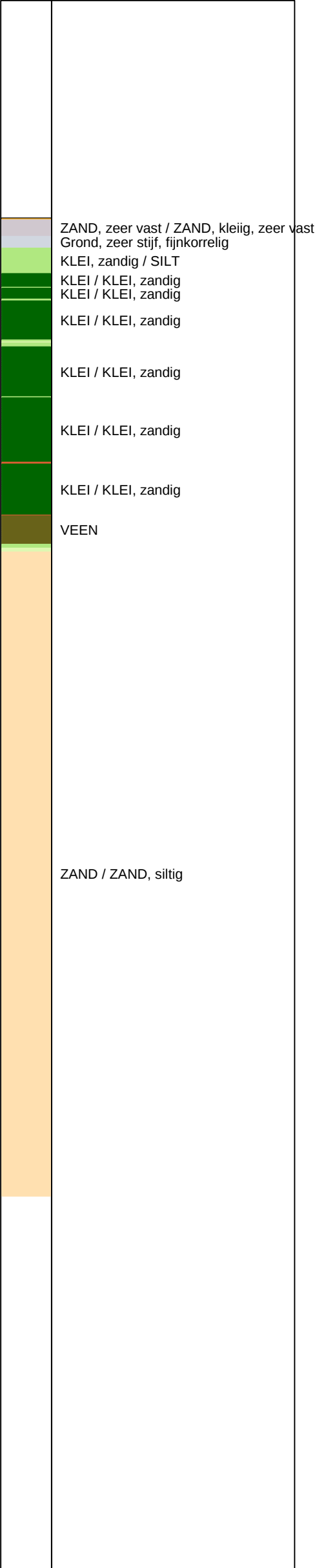
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GRONDONDERZOEK & ADVIES TUINDERIJ LEIMUIDEN

Opdr. 1319-148551
Sond. DKM1



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



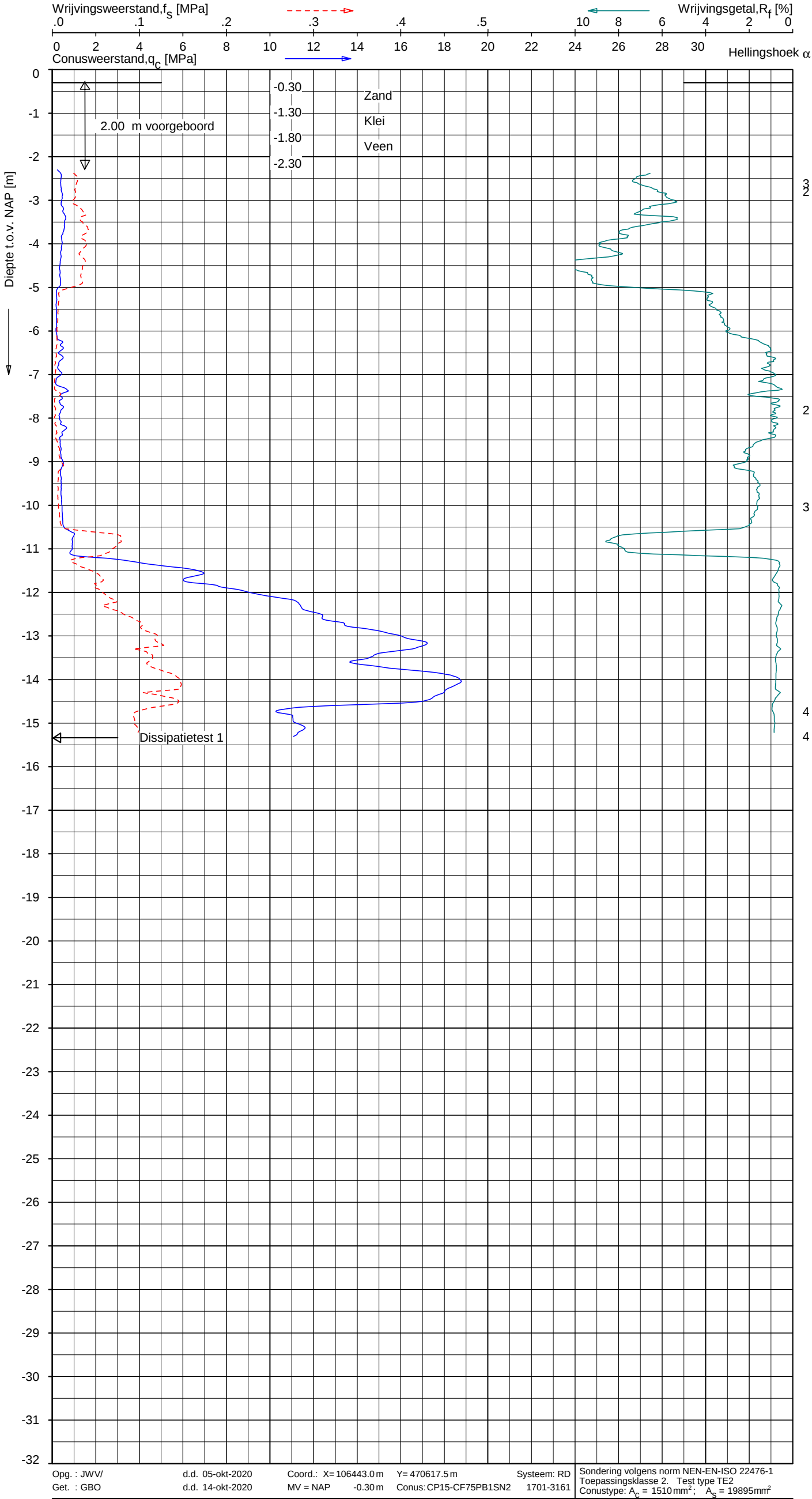
Opg.: AVS d.d. 03-aug-2020 Coord.: X=106393.6 m Y= 470643.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: UGU d.d. 13-okt-2020 MV = NAP -4.40 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2010 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

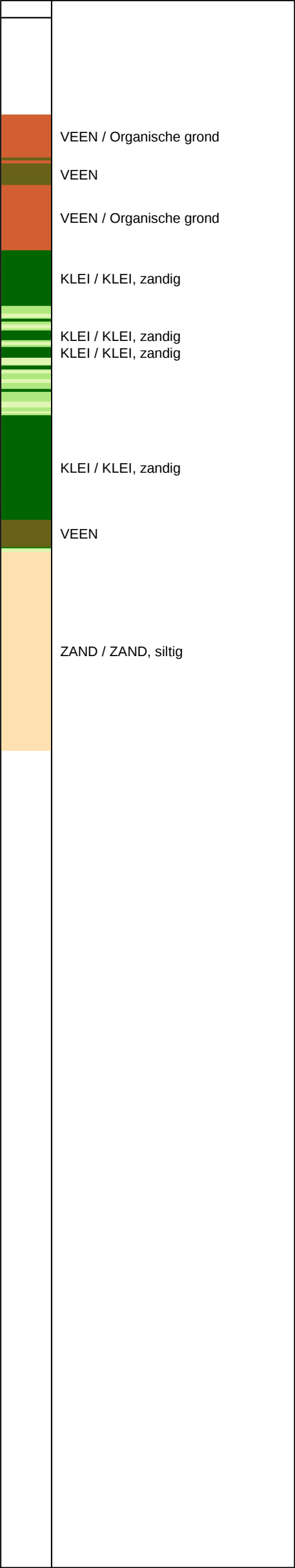
GRONDONDERZOEK & ADVIES TUINDERIJ LEIMUIDEN

Opdr. 1319-148551
Sond. DKM2





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



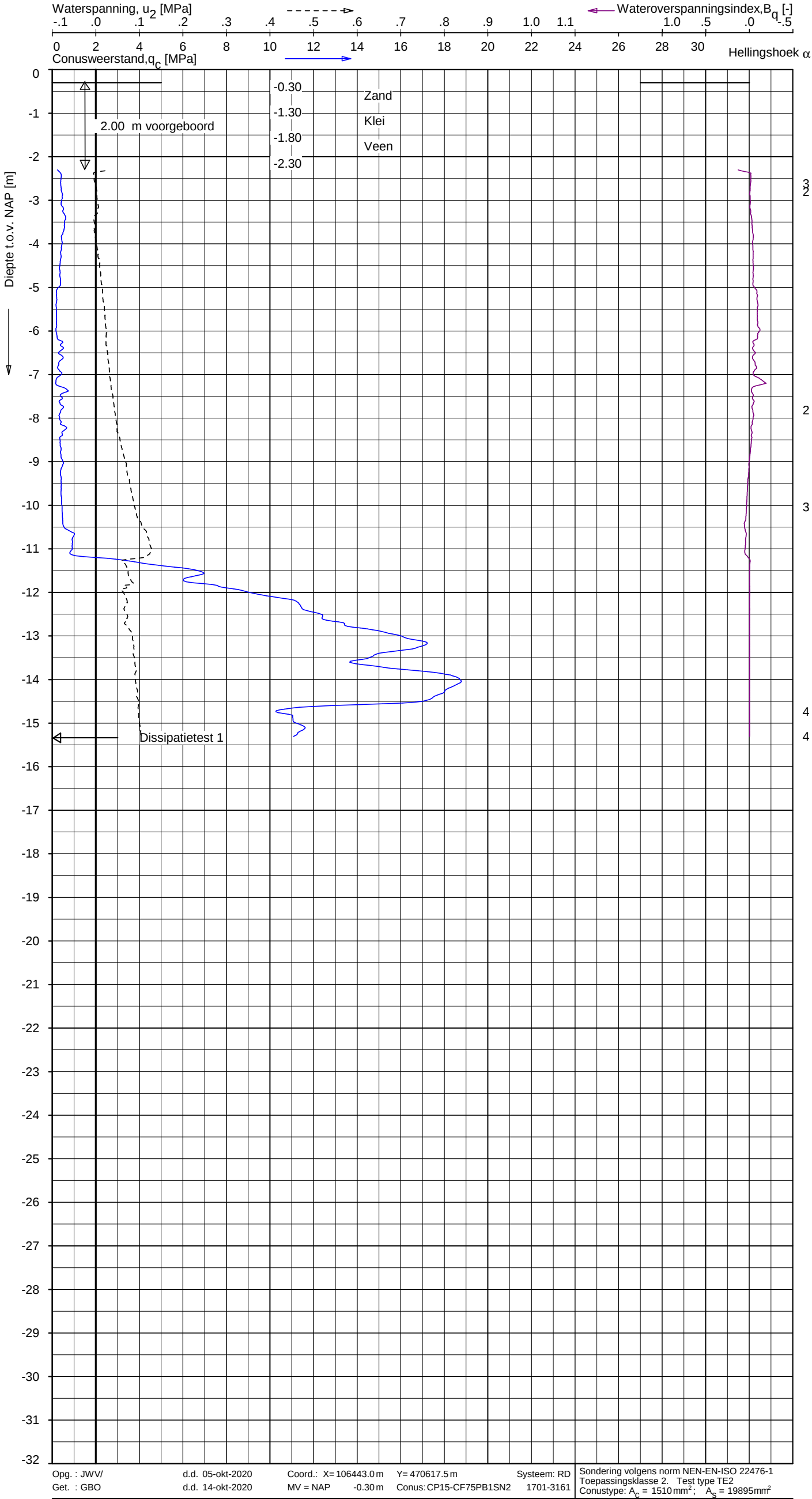
Opg.: JWW/ d.d. 05-okt-2020 Coord.: X=106443.0 m Y= 470617.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: GBO d.d. 14-okt-2020 MV = NAP -0.30 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-3161 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

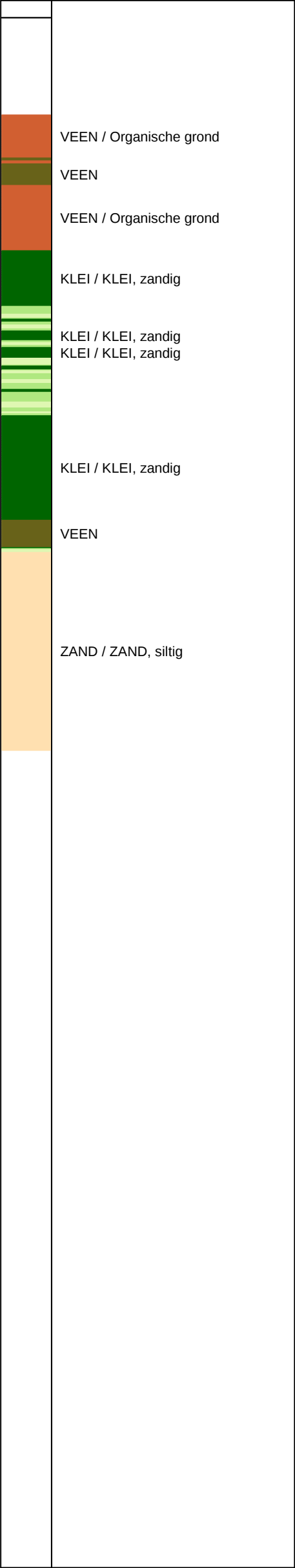
GRONDONDERZOEK & ADVIES TUINDERIJ LEIMUIDEN

Opdr. 1319-148551
Sond. DKMP3





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

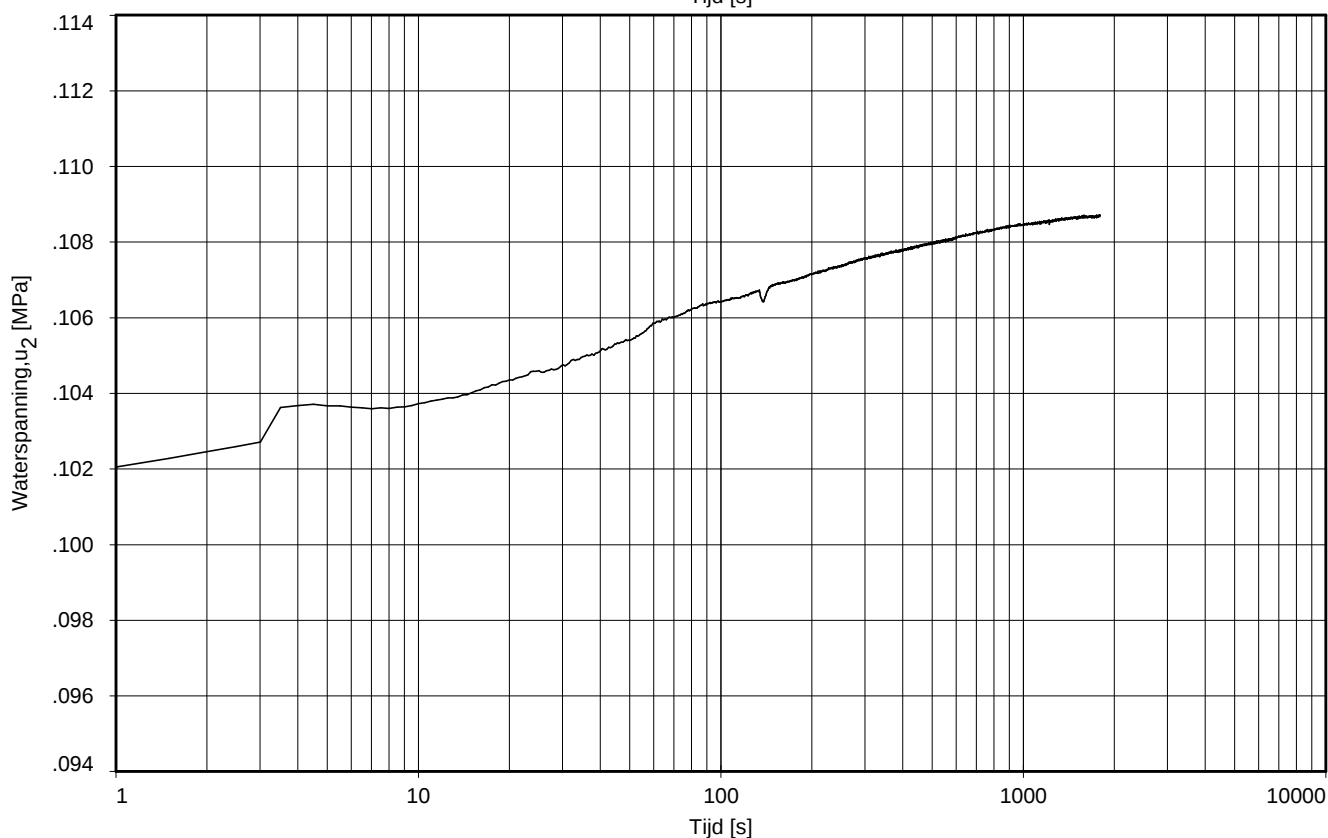
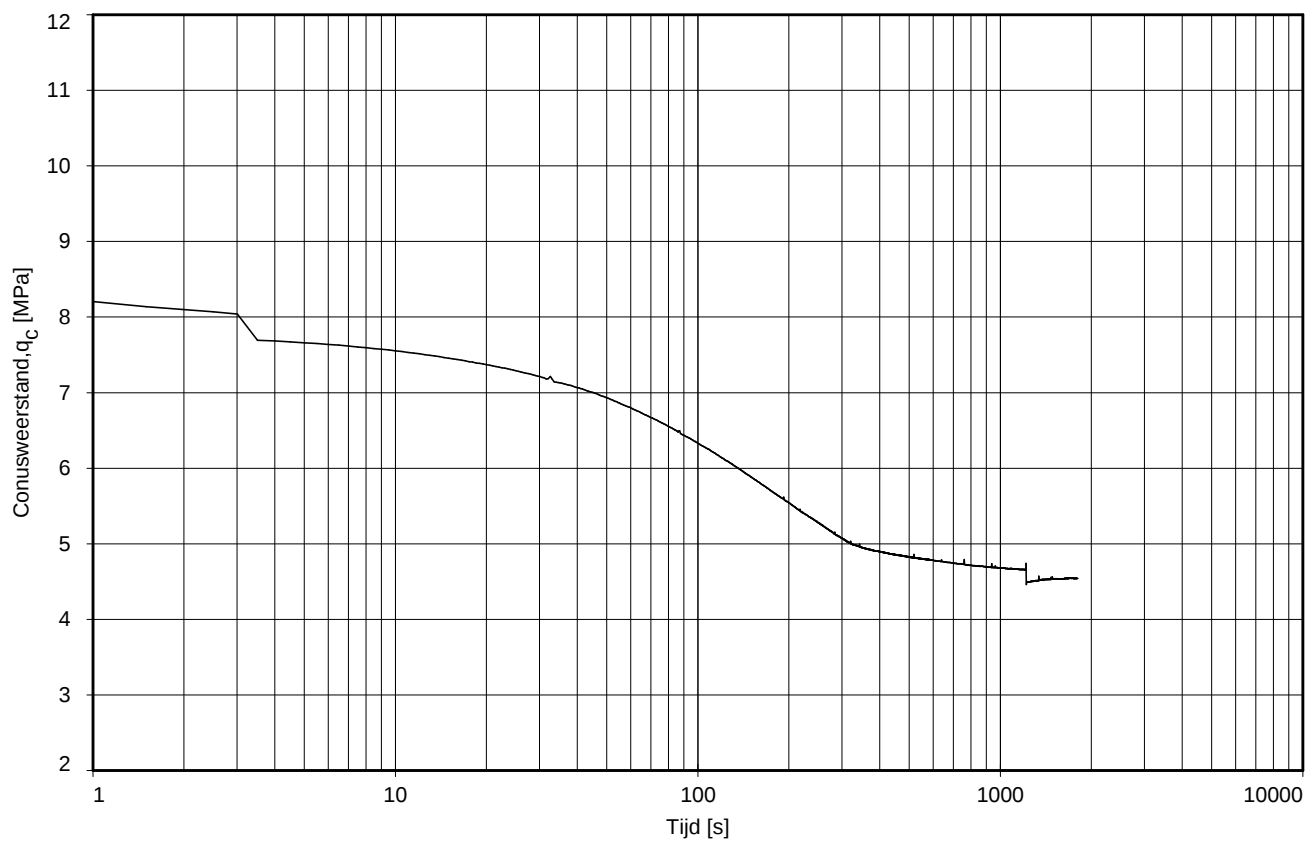


SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GRONDONDERZOEK & ADVIES TUINDERIJ LEIMUIDEN

Opdr. 1319-148551
Sond. DKMP3





Dissipatietest nummer	:	1			
Dissipatietest diepte	:	NAP	-15.36	m	MV = NAP -0.30 m
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.100	MPa	Opg. :	JWV/ d.d. 05-okt-2020
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.109	MPa	Get. :	GBO d.d. 14-okt-2020

DISSIPATIETEST

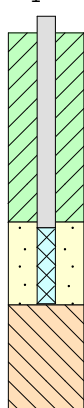
GRONDONDERZOEK & ADVIES TUINDERIJ LEIMUIDEN

Opdr. 1319-148551
Sond. DKMP3



Boring: HB1

Peilbuis 1 Referentie (m tov NAP)



Veldidentificatie

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN-EN-ISO 14688-1:2019+C:2020

1		-4.46 tot -4.76 Antropogeen HUMUS, siltig, donkergrijs
2	■ St1	-4.76 tot -5.76 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, geel
3	■ St2	-5.76 tot -5.86 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, geel
4	■ St3	-5.86 tot -6.86 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, grijs
5		-6.86 tot -7.86 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, grijs
6		-7.86 tot -8.86 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, donkergrijs
		-8.86 tot -8.96 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, donkergrijs
		-8.96 tot -9.46 KLEI, zwak zandig, niet-houtige plantenresten, zwak organisch, donkergrijs

Versie 2020-08

Algemene opmerking:

X: 106438.8

GWS (m tov NAP): -6.84

Y: 470651.7

GHG (m tov NAP):

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -4.46

bk PB1 (m tov NAP): -4.24

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 08-10-2020

Boormeester: JBD

Geïdentificeerd door: JBD

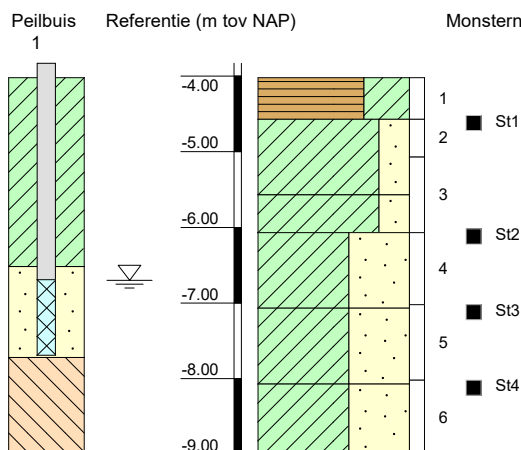
BORING VOLGENS ISO22475d1v2006

1319-148551

Grondonderzoek & advies Tuinderij Leimuiden



Boring: HB2



Veldidentificatie

Bodembeschrijving volgens NEN-EN-ISO 14688-1:2019+C:2020

1	-4.02 tot -4.57 Antropogeen HUMUS, kleiig, donkergroen
2	-4.57 tot -5.57 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, geel
3	-5.57 tot -6.07 KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, geel
4	-6.07 tot -7.07 KLEI, sterk zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, grijs
5	-7.07 tot -8.07 KLEI, sterk zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, grijs
6	-8.07 tot -9.02 KLEI, sterk zandig, schelpmateriaal (weinig), niet organisch, grijs

Versie 2020-08

Algemene opmerking:

X: 106440.1

Y: 470642.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -6.70

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -4.02

bk PB1 (m tov NAP): -3.83

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 08-10-2020

Boormeester: JBD

Geïdentificeerd door: JBD

BORING VOLGENS ISO22475d1v2006

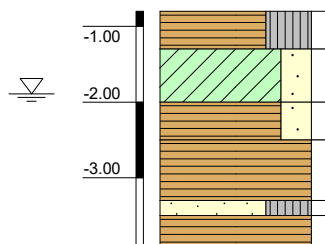
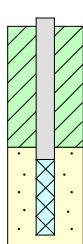
Grondonderzoek & advies Tuinderij Leimuiden

1319-148551

Boring: HB3

Peilbuis
1

Referentie (m tov NAP)



Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN-EN-ISO 14688-1:2019+C:2020

1
2
3
4
5
6
■ St1
■ St2

-0.80 tot -1.30	Antropogeen HUMUS, siltig, donkergroen
-1.30 tot -2.00	Antropogeen KLEI, zwak zandig, schelpmateriaal (weinig), zwak organisch, geel
-2.00 tot -2.50	Antropogeen VEEN, zwak zandig, donkergroen
-2.50 tot -3.30	Antropogeen VEEN, rood
-3.30 tot -3.50	Antropogeen ZAND, siltig, geel, afgerond, middelgrof, niet organisch
-3.50 tot -3.90	Antropogeen VEEN, bruin

Versie 2020-08

Algemene opmerking:

X: 106442.2

GWS (m tov NAP): -1.89

Y: 470622.0

GHG (m tov NAP):

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -0.80

bk PB1 (m tov NAP): -0.89

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 08-10-2020

Boormeester: JBD

Geïdentificeerd door: JBD

BORING VOLGENS ISO22475d1v2006

1319-148551

Grondonderzoek & advies Tuinderij Leimuiden



Toelichting geotechnisch onderzoek

Coördinaten en hoogte van de onderzoekspunten

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

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

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

Sonderen

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

Boren

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

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

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

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

Ongeroerde monsternamen bij het mechanisch boren kan plaatsvinden door:

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

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

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

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

(Grond)waterstand

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

Kwaliteitsborging

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

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

Continu elektrisch sonderen

Meettechniek

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

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm² met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm² boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag tussen 500 en 2000 mm² variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een manteloppervlak van 20000 mm².

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in NEN-EN-ISO 22476-1 vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen heeft een lengte van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek* heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepte-aanduiding als gevolg van 'scheef sonderen' wordt voorkomen.

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

Meting van zowel de conusweerstand q_c als de plaatselijke wrijvingsweerstand f_s maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de

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

plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *benen* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

Tabel 1: Wrijvingsgetal per grondsoort

Grondsoort	Wrijvingsgetal in %	Grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

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

Presentatie sondeergegevens

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

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

Genormaliseerde conusweerstand:

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

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal

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

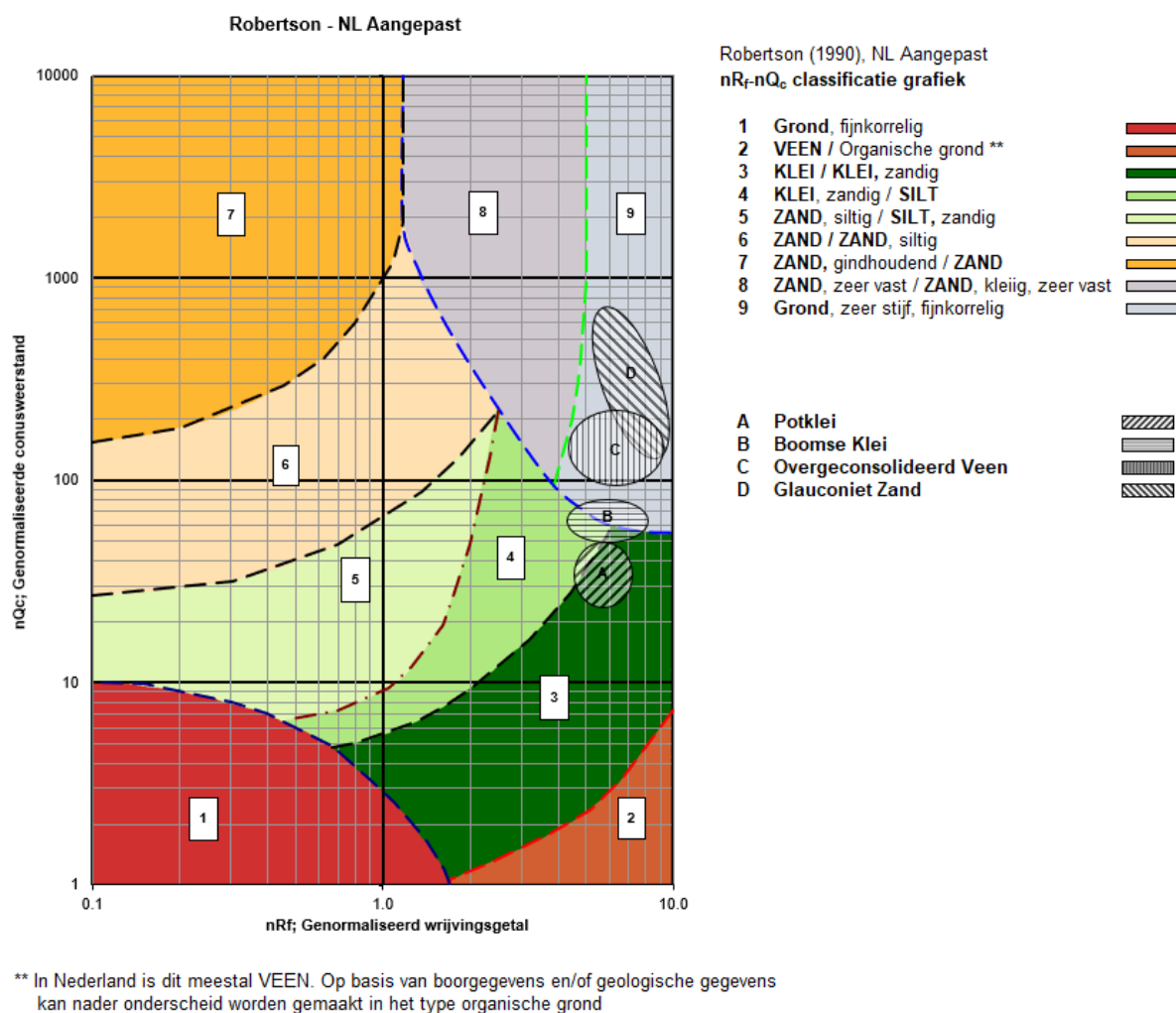
Vergelijking 2

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

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

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven;
- er is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5 \text{ MPa}$ en $R_f > 5 \%$ wordt de grond als veen geïnterpreteerd.



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 top lagen 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 top lagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

Andere conustypen

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

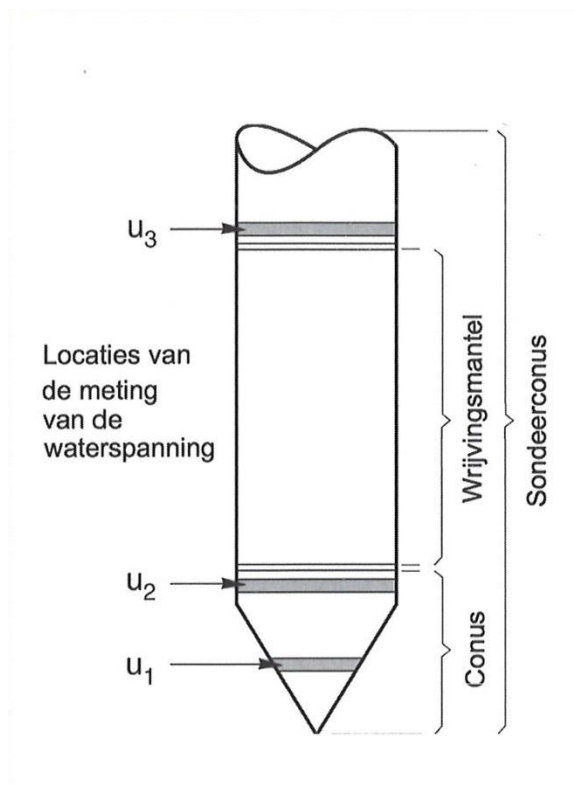
Tabel 2: Overzicht andere conustypen met toepassingsmogelijkheden

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	■ registreren waterremmende lagen; ■ indicatie stijghoogte grondwater; ■ classificatie / gelaagdheid bodem.
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	■ blindgangeronderzoek; ■ onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers); ■ onderzoek paalpuntniveau / schoorstand funderingspalen; ■ onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	■ indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens; ■ onderzoek verspreiding verontreiniging.
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	■ warmteoverdracht in de bodem; ■ bepaling temperatuurgradiënt.
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	■ machinefunderingen; ■ windturbinefunderingen.
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	■ heittrillingen; ■ verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
HPT (Hydraulic Profiling Tool)	Doorlatendheid	■ niet-stationaire grondwatermodellen ■ ontwerp bemalingen; ■ onderzoek infiltratiecapaciteit (DSI); ■ beoordeling pipinggevoeligheid dijken.

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (piëzo-conus) is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten.

Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen (zie figuur 1). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1: Schematische weergave sondeerconus met meting van waterspanning

Uitvoeringswijze

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

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

Interpretatie

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f^s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningsindex B_q .

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

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

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

Wateroverspanningsindex B_q

Met de wateroverspanningsindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net} , zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekening houdend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningsindex B_q wordt als volgt berekend:

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

Vergelijking 3

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

Vergelijking 4

Waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 . Standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand
- q_t = $q_c + (1 - a) \cdot \{\beta(u_1 - u_o) + u_o\}$ voor een filter in de conuspunt
- = $q_c + (1 - a) \cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m³ en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing in de punt;
- u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing achter de punt;
- u_o = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β -factoren in tabel 3 gegeven.

Tabel 3: β -factor per grondsoort

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

Dissipatietest

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

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

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

Klassenindeling EN-ISO 22476-1

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

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

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

Toepassing-klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort	Interpretatie
1	TE2	■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G,H
2	TE1 TE2	■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Waterspanning ^d ■ Helling ■ Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

Opmerking:

Uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

- a De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.
- b Volgens ISO 14688-2:
- A homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) (typische gronden met $q_c < 3$ MPa);
 - B gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand 5 MPa $\cdot$ $q_c < 10$ MPa);
 - C gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand 1,5 MPa $\cdot$ $q_c < 3$ MPa) en zeer dichte zanden ($q_c > 20$ MPa);
 - D zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3$ MPa) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20$ MPa).
- c G Vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid.
 G* Indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid.
 H Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid.
 H* Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid.
- d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b uit *NEN 9997-1* worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand niet realistisch om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en kalibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen.

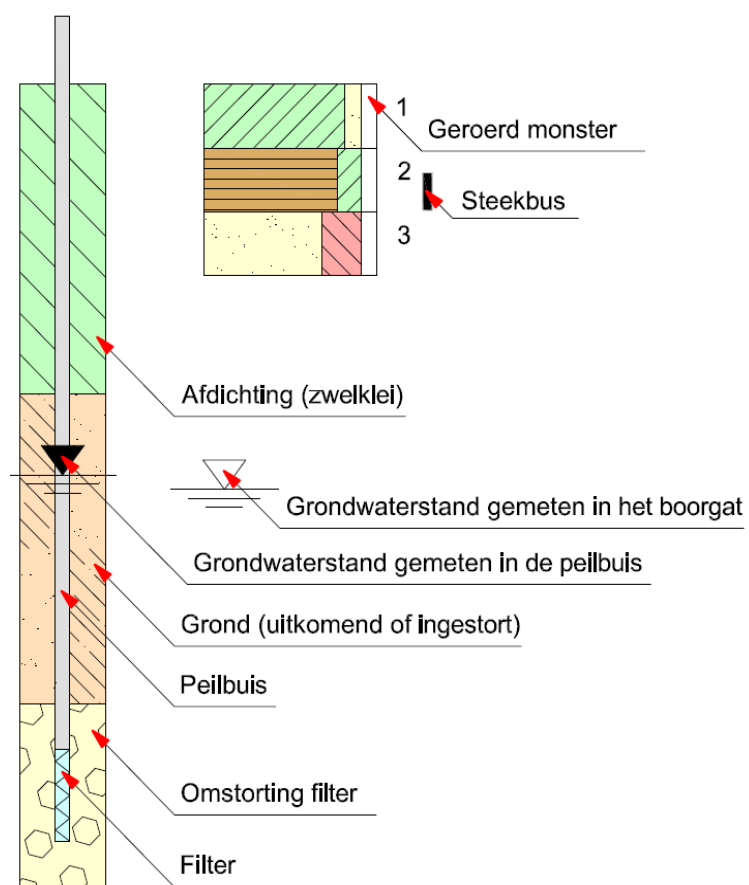
Voor sondering in toepassingklasse 1 worden speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik toegepast. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van recente kalibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

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) hoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan *EN-ISO 22476-1*.

Legenda terreinproeven

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

Peilbuis



B.2 Rapportage geotechnisch onderzoek Lankelma

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK
Kleinschalig wonen, Raadhuislaan
Leimuiden

Opdrachtgever: Lucassen Bouwconstructies BV
Jan Tinbergenstraat 103
7559 SP Hengelo

Rapportnummer: 2000382RG

Versie: 1

Rapportdatum: 30 juni 2020

Contactpersoon: S. Janssen-Serton 

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: W. Doeswijk 

Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
2	Veldonderzoek	2
2.1	Onderzoeksopzet	2
2.2	Sonderingen	2
2.3	Boringen	2
2.4	Hoogtemeting	2

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

1.1 Inleiding

In opdracht van Lucassen Bouwconstructies BV is door Lankelma Geotechniek Zuid B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “Kleinschalig wonen, Raadhuislaan te Leimuiden”. In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 29 juni 2020.

De onderzoeksopzet is bepaald door de opdrachtgever.

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 8 sonderingen gemaakt. Het betreft sondeernummers: D1 t/m D8. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 2.

In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten. Stopcriterium en eventuele opmerkingen ten aanzien van de uitvoering zijn per sondering weergegeven in de waterpasstaat (Bijlage 1).

2.3 Boringen

Om inzicht te krijgen in de grondsamenstelling en de actuele grondwaterstand is 1 handboring verricht. Het betreft boring B1, die is uitgevoerd nabij sondering D1.

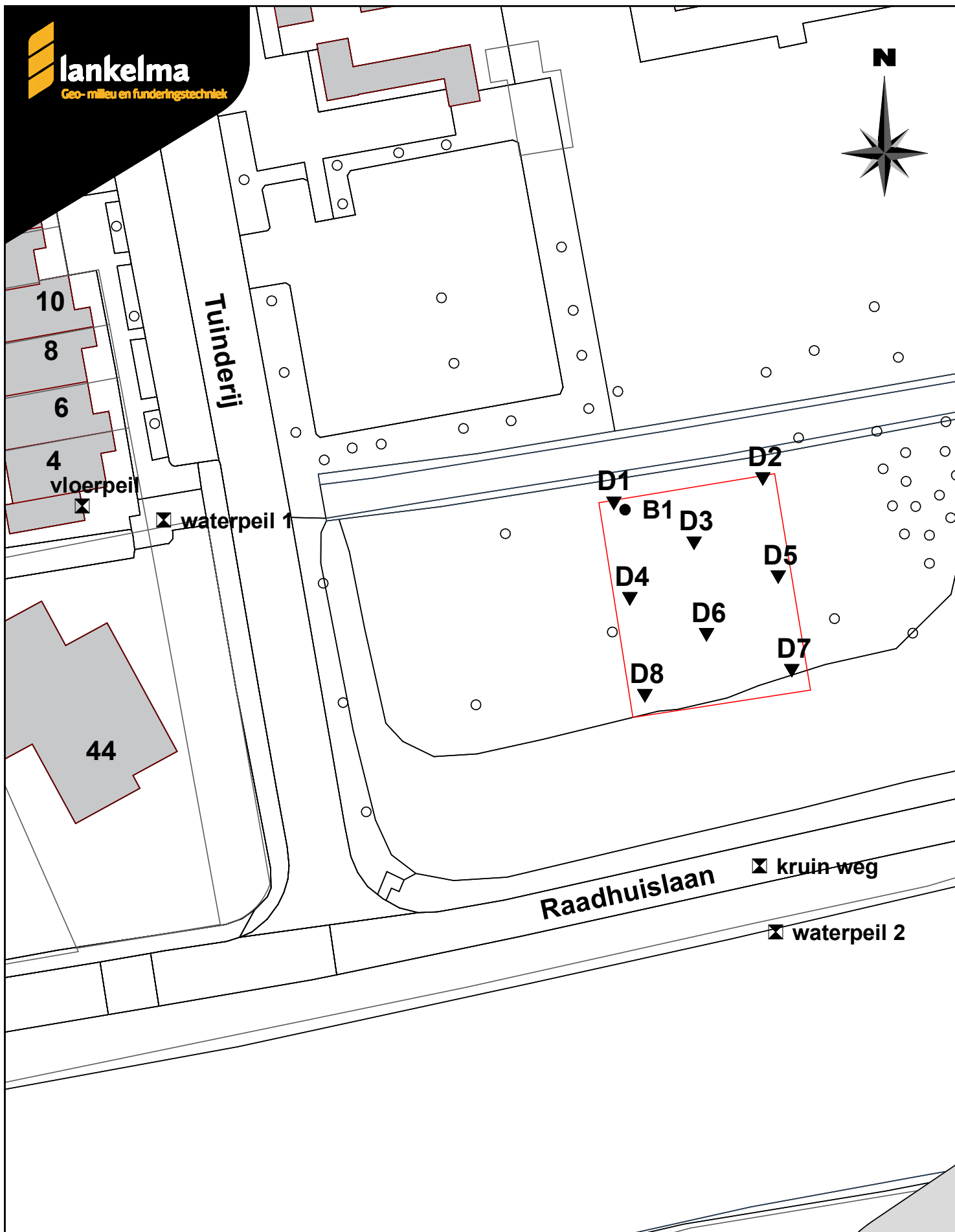
De boorstaat en de eventueel gemeten grondwaterstand is weergegeven in Bijlage 1. De situering van de boring is weergegeven op de situatietekening.

2.4 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten ten opzichte van NAP.

Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in Bijlage 1.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



Projectnummer: 2000382

Project: Kleinschalig wonen aan de Raadhuislaan te Leimuiden

Datum: 30 juni 2020

0 m 5 m 25 m

Situatietekening

Formaat: A4

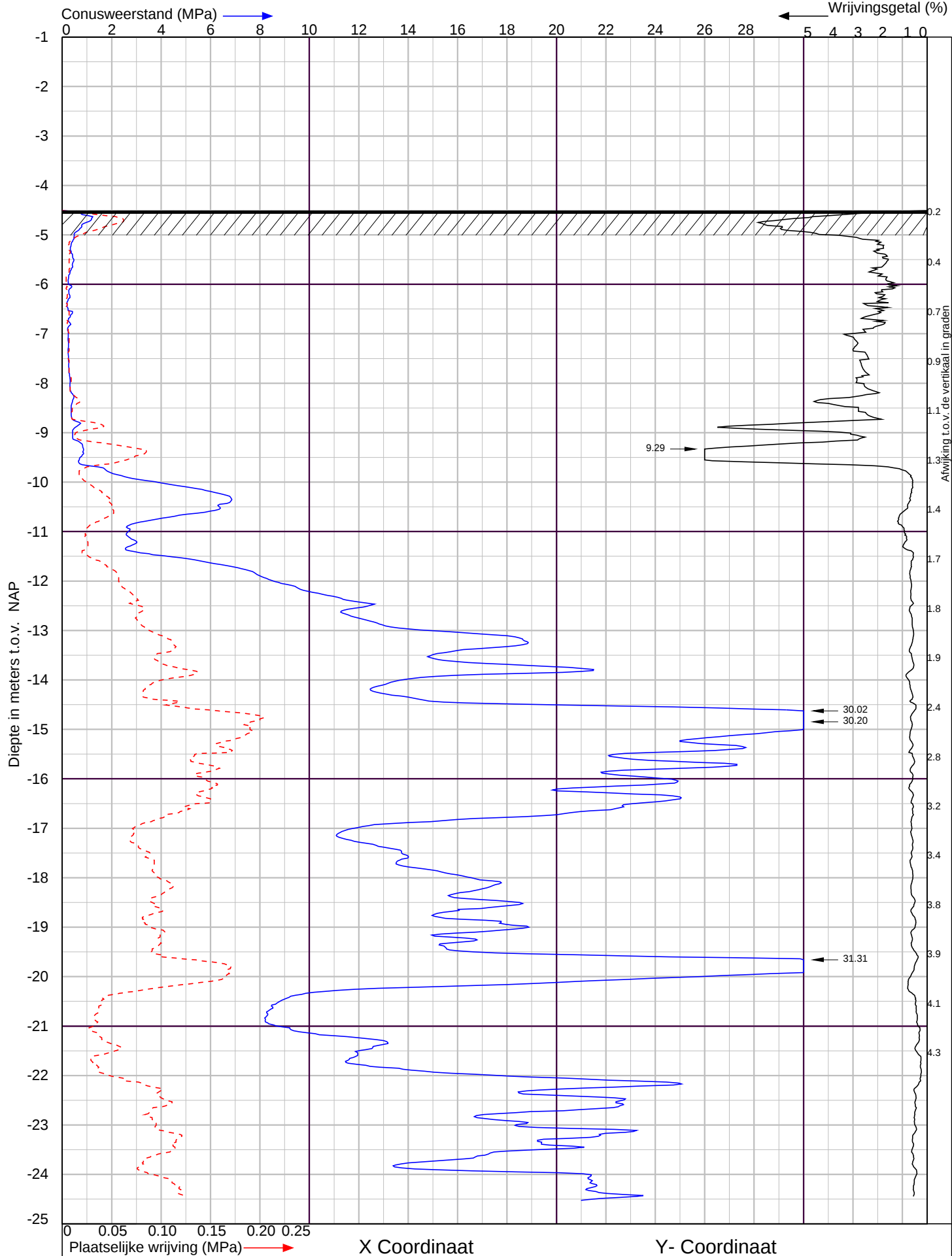


Getekend: JSP

Maten in meters

Schaal 1:500





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



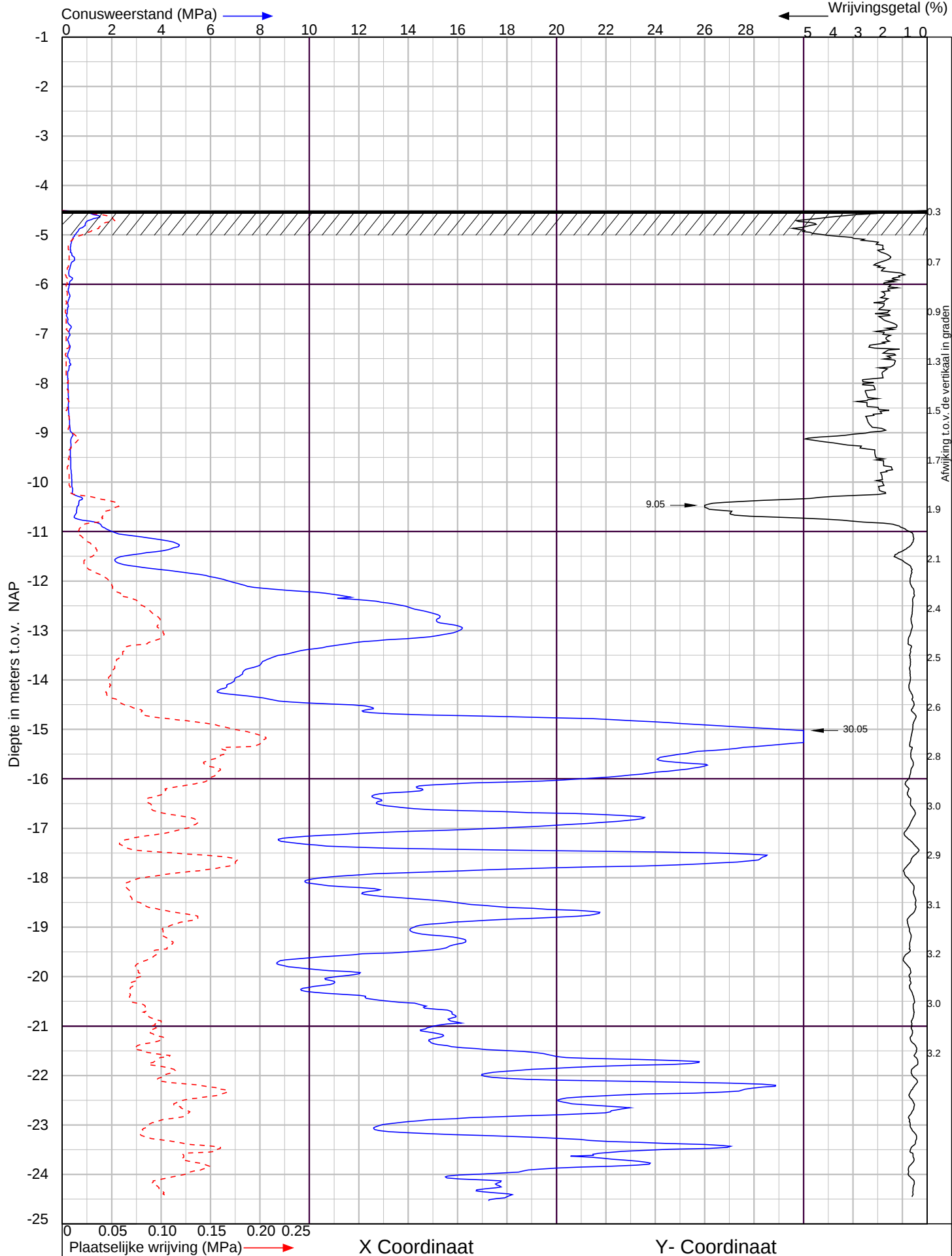
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -4.51 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **1**





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



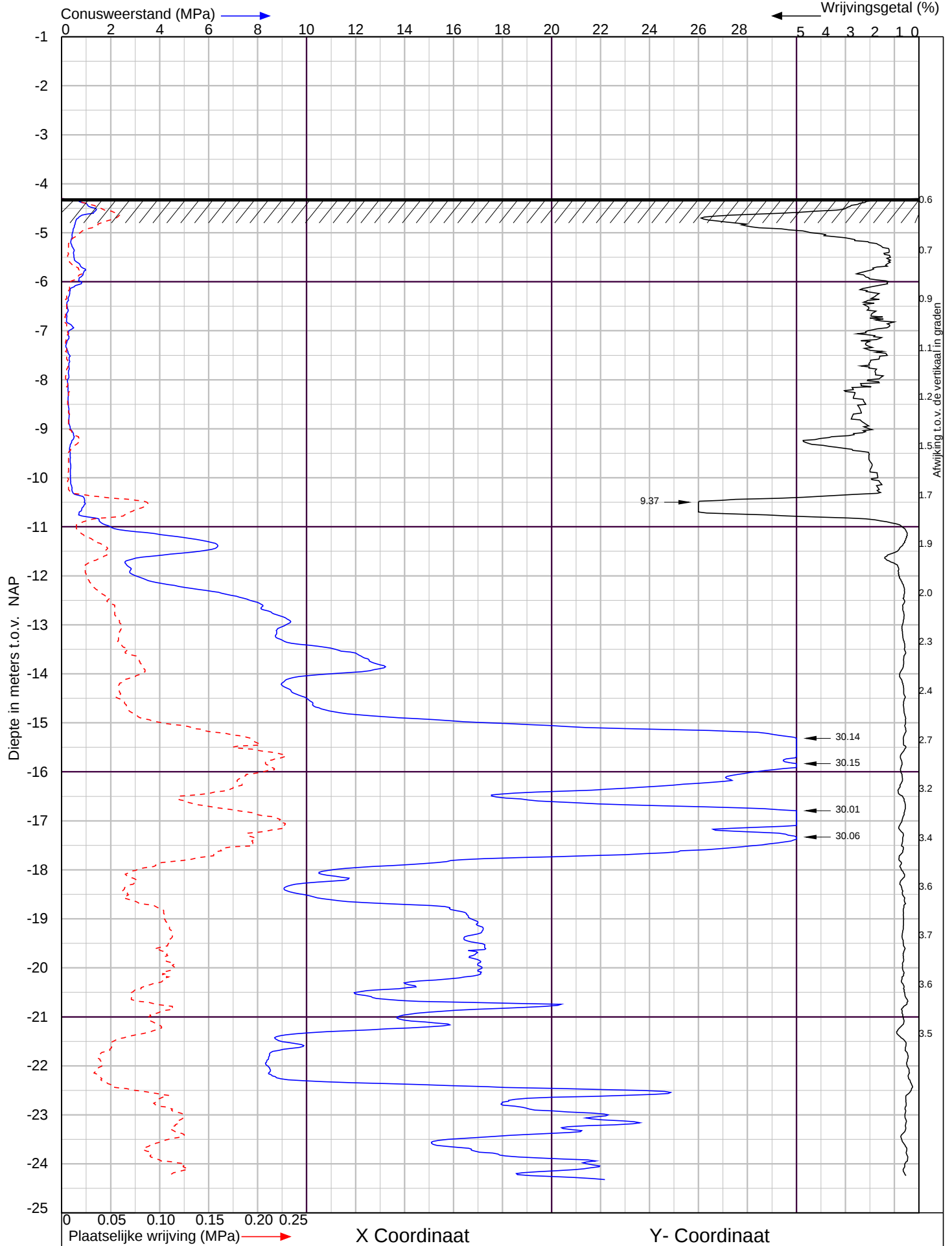
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -4.51 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **2**





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



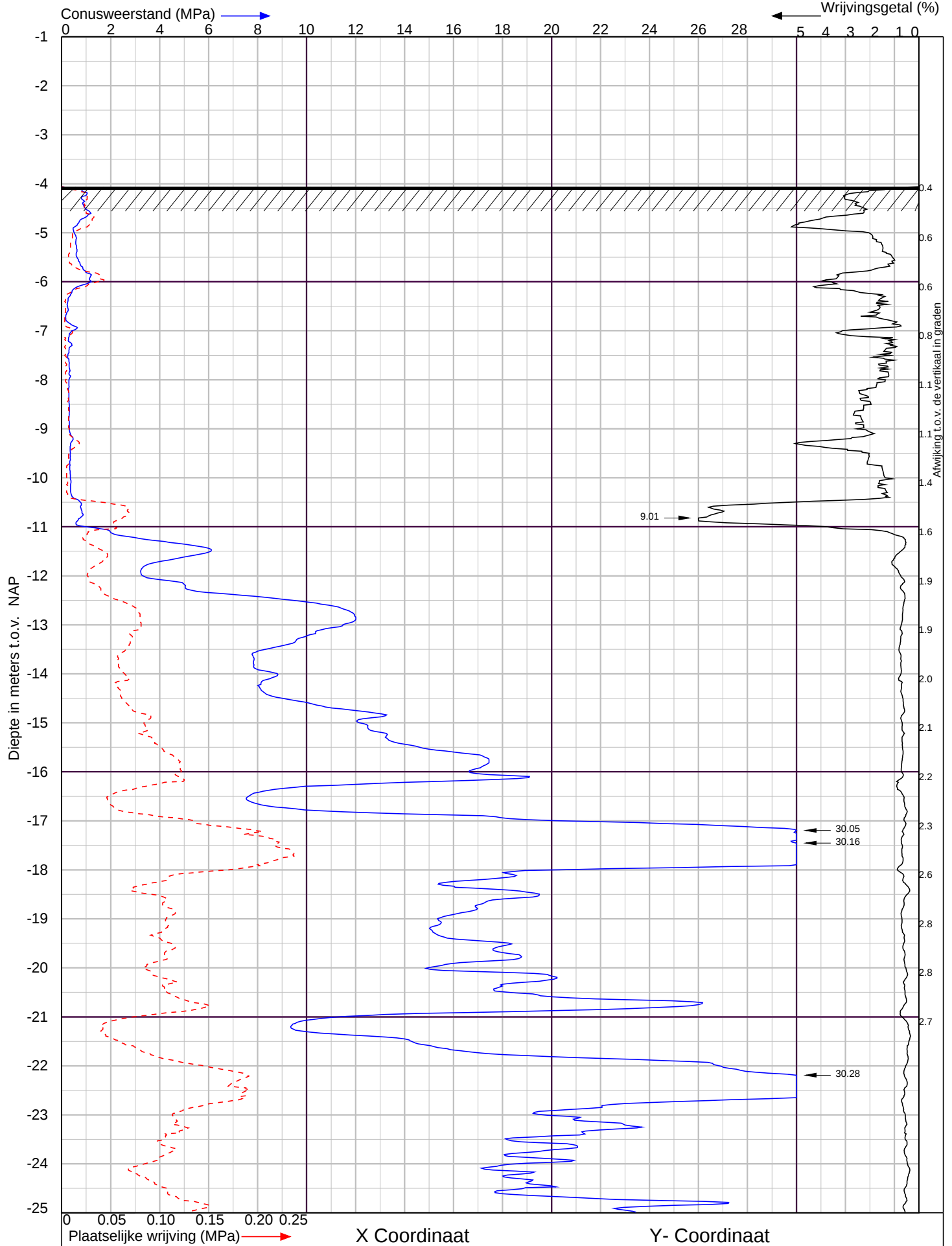
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -4.3 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **3**





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



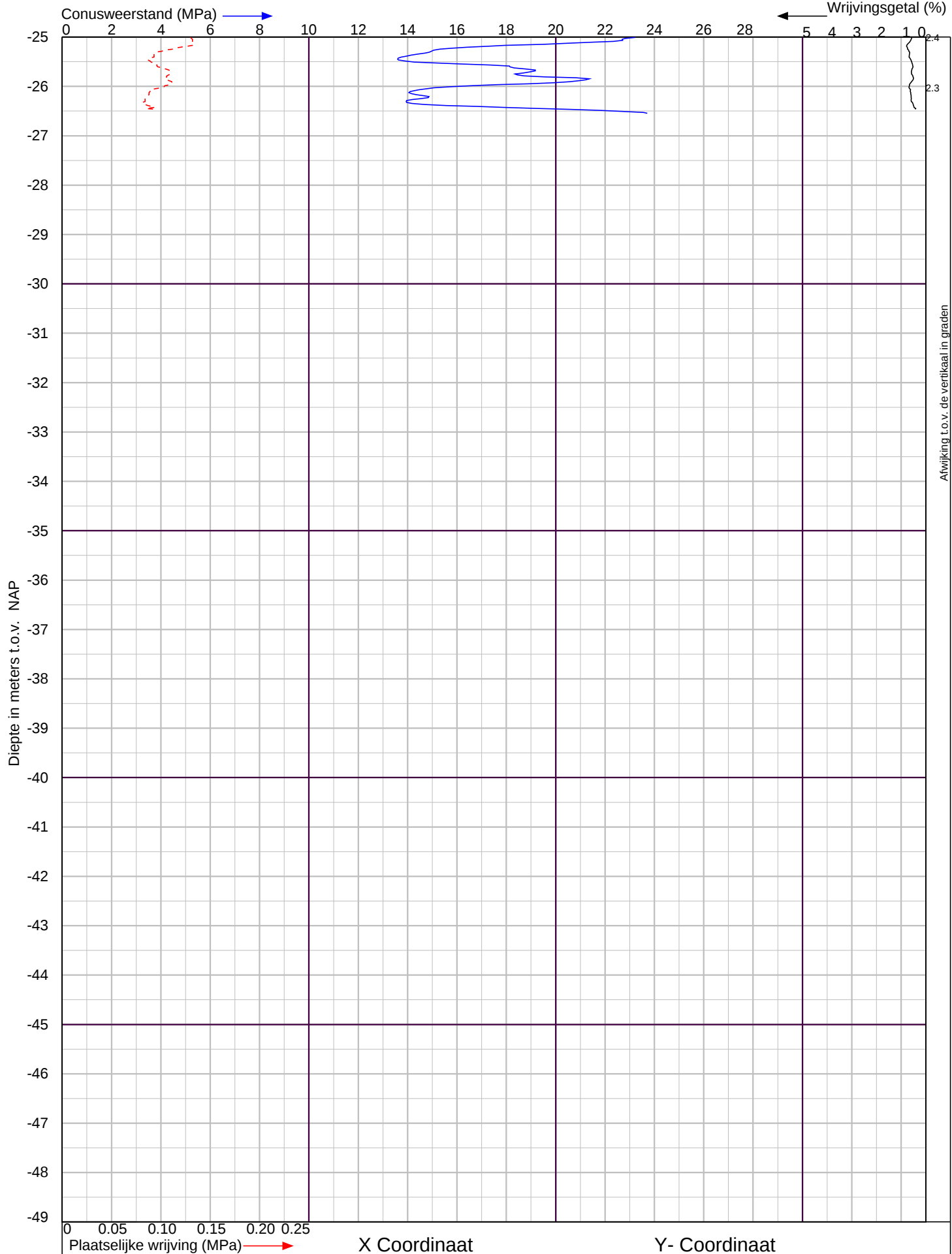
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -4.06 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **4**





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



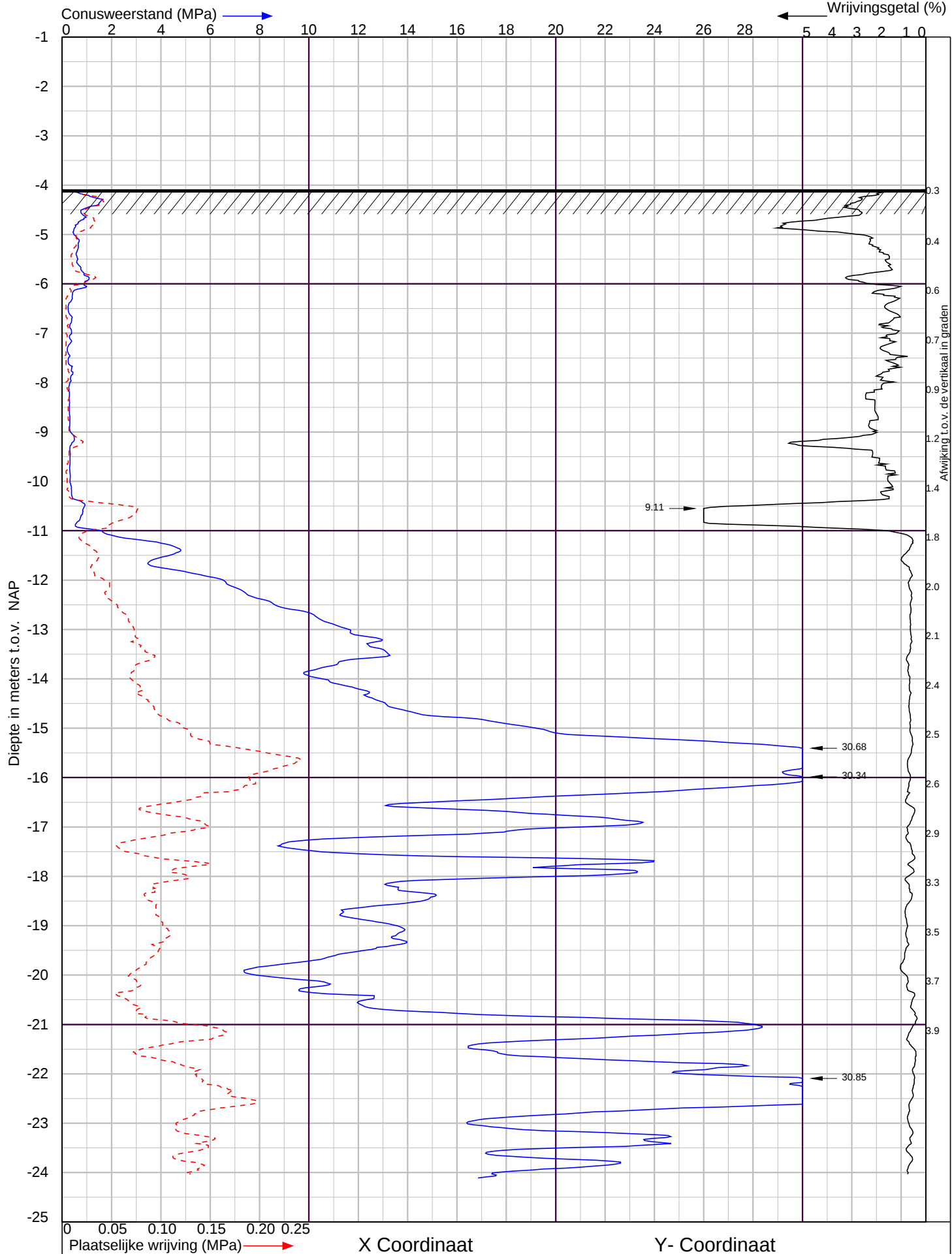
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -4.06 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **4**





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



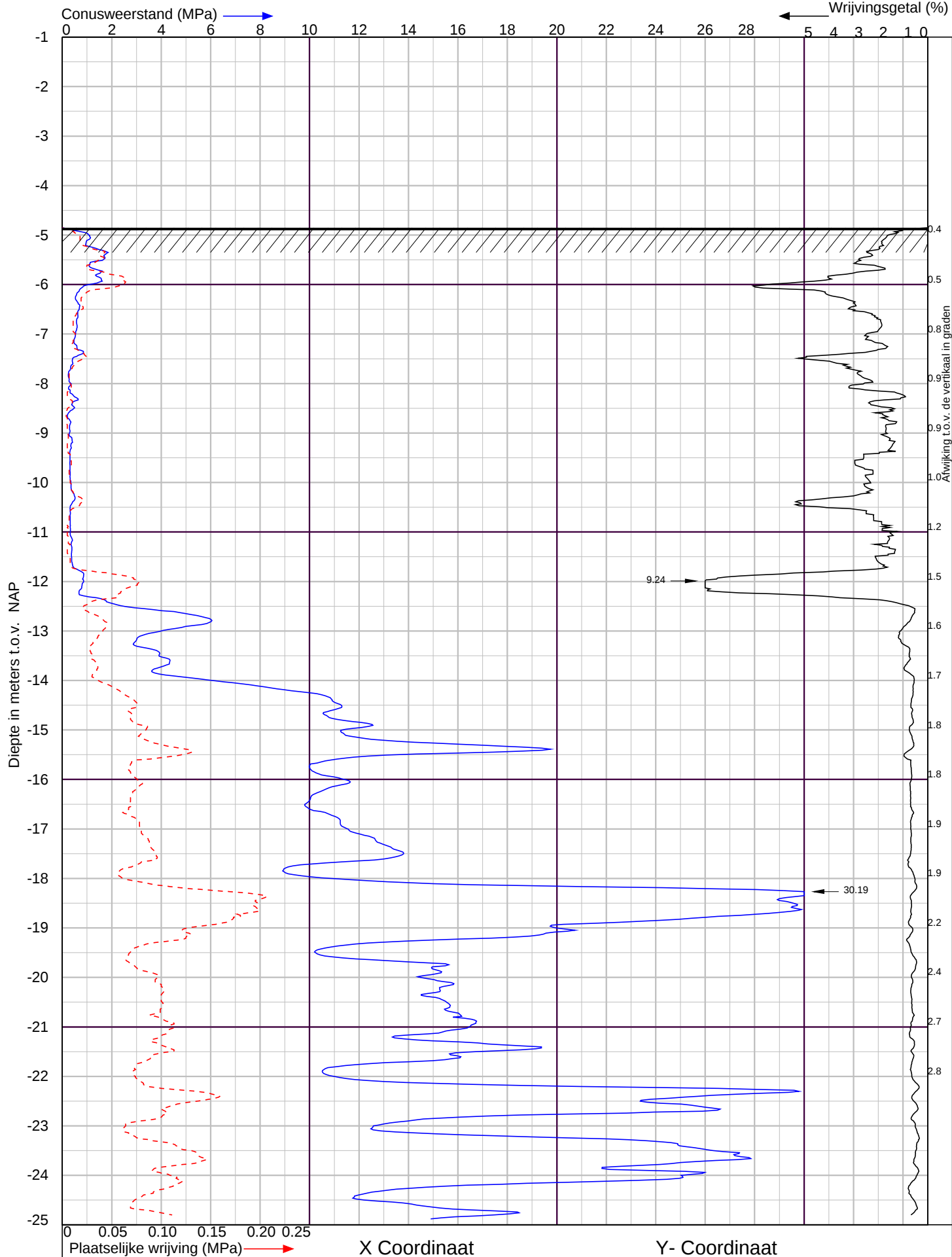
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -4.09 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **5**





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



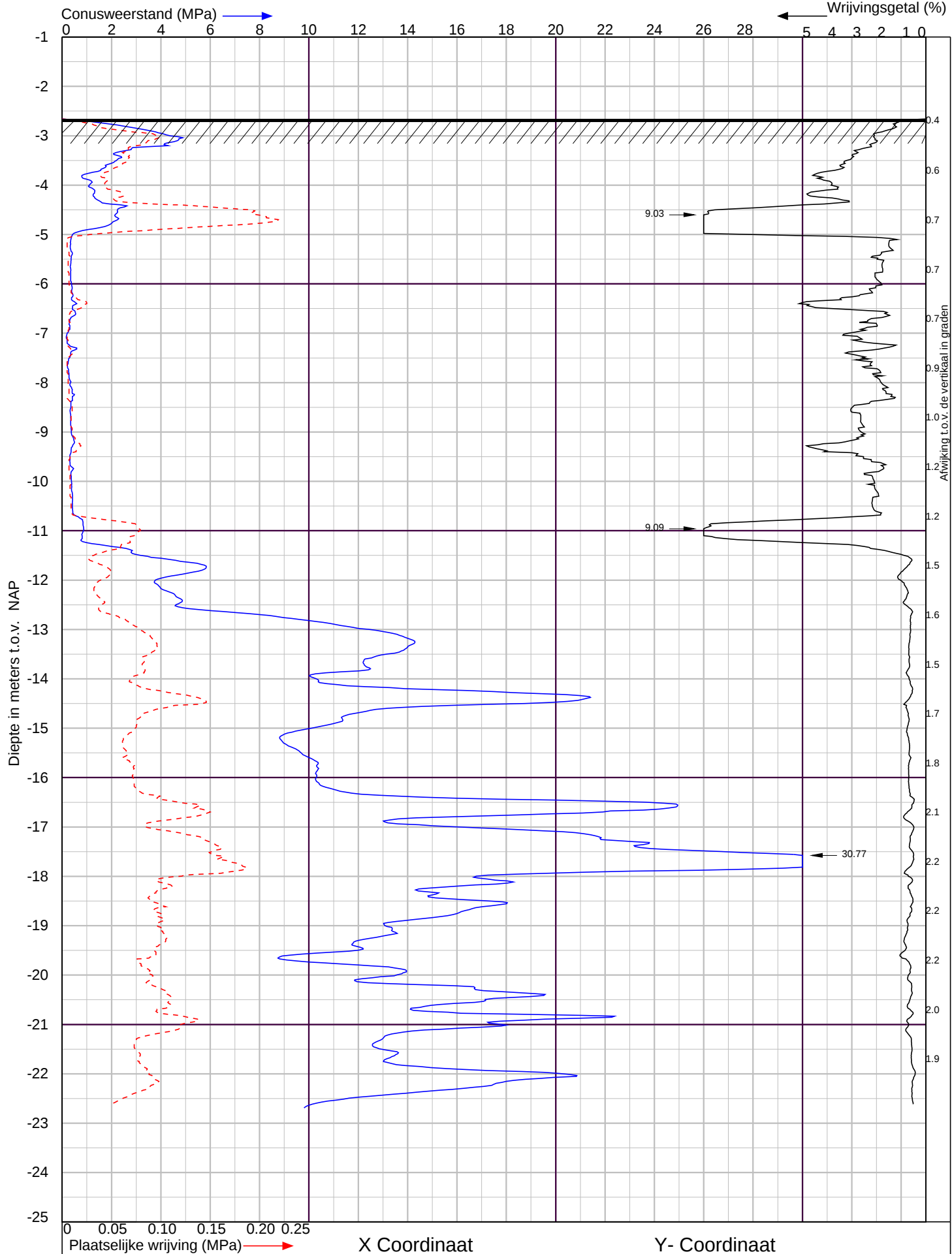
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -4.85 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **6**





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



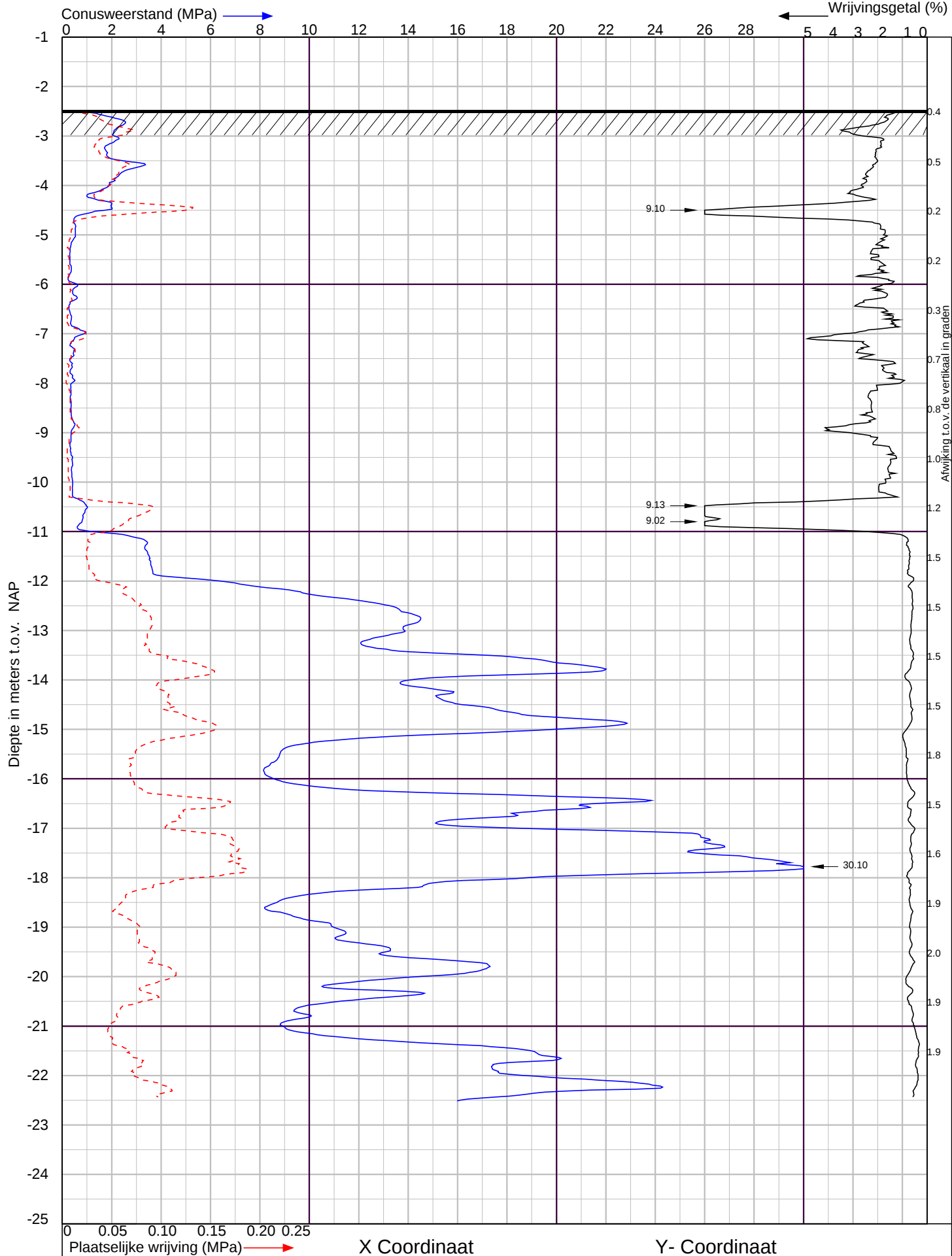
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -2.66 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : 7





Raadhuislaan te Leimuiden

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

Datum : 29-6-2020
Conusnr. : 071063
MV. is -2.48 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2000382**

Sondering : **8**



Waterpasstaat

(+ stopcriterium sonderingen)

 Hoogten ingemeten met behulp van dGPS
 Datum uitvoering : 29 juni 2020

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking / stopcriterium ¹
sondering 1	4,51 -	V
sondering 2	4,51 -	V
sondering 3	4,30 -	V
sondering 4	4,06 -	V
sondering 5	4,09 -	V
sondering 6	4,85 -	V
sondering 7	2,66 -	V
sondering 8	2,48 -	V
boring 1	4,51 -	
kruin weg	0,21 -	
waterpeil 1	5,08 -	
waterpeil 2	0,62 -	
vloerpeil	3,83 -	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt [nr.]	Stijghoogte* [m - mv]	[m t.o.v. NAP]
boorgat B1	1,90	6,41 -

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- o waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei).
- o de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuaties variëren per regio/gebied; in polders meestal ca. 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving.

¹ Toelichting :

- V: streefdiepte bereikt
- D: streefdiepte overschreden i.v.m. minimaal benodigd geachte pakketdikte
- N1: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. (afmeting) doorgang
- N2: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. obstakels, begroeiing
- N3: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. berijdbaarheid terrein
- O1: totaalweerstand overschrijdt de maximaal toelaatbare druk sondeerequipement
- O2: uitbuiging sondeerstangen overschrijdt maximaal toelaatbare waarde
- O3: overschrijding toelaatbare puntdruk sondeerconus

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen

Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleiig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen

Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting

Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreeerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreeerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef

Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis

Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring

Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)

Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond, water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)

Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode.

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsval wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h -waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode.

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h -waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatendheid worden afgeleid.

Legenda boorstaat

zand

	zand, kleilig
	zand, zwak siltig
	zand, matig siltig
	zand, sterk siltig
	zand, uiterst siltig

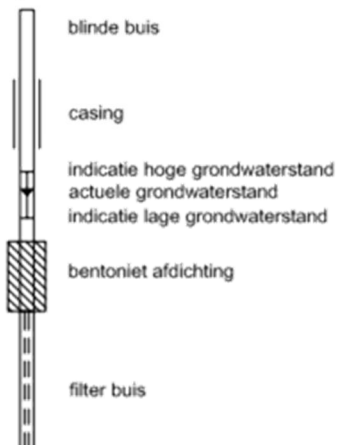
grind

	grind, siltig
	grind, zwak zandig
	grind, matig zandig
	grind, sterk zandig
	grind, uiterst zandig

veen

	veen, mineraalarm
	veen, zwak kleilig
	veen, sterk kleilig
	veen, zwak zandig
	veen, sterk zandig

peilbuis



klei

	klei, zwak siltig
	klei, matig siltig
	klei, sterk siltig
	klei, uiterst siltig
	klei, zwak zandig
	klei, matig siltig
	klei, sterk zandig

leem

	leem, zwak zandig
	leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig
	slib

monsternamen

	geroerd monster
	ongeroerd monster

overige tekens

	bijzonder bestanddeel
	gemiddelde hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddelde laagste grondwaterstand

Legenda situatietekening

sonderen

	sondering
	sondering niet uitgevoerd
	wegdrukpeilbuis
	handsondering

boren

	boring
	boring niet uitgevoerd
	boring met peilbuis
	boring met 2 peilbuizen
	boring met 3 peilbuizen

overig

	meetpunt
	fotopijl met richting
	sondering van derden
	boring van derden

faseringsonderzoek

	sondering fase 1
	sondering fase 2
	sondering fase 3
	sondering fase 4
	boring fase 1
	boring fase 2
	boring fase 3
	boring fase 4



lankelma

Geo- milieu en funderingstechniek

Technisch bodemonderzoek

- Sonderen in Nederland, België en Frankrijk.
- Sonderen met (track)truck, minirups, demontabel en hand
- Sonderen op het water (met hefeiland)
- Dissipatieproeven
- Peilbuizen wegdrukken
- Mechanisch (puls)boren conform protocol 'Mechanisch boren' (2101).
- Handboren (tot circa 5 m)
- Geotechnische monitoring
- Doorlatendheidsmetingen verzadigde en onverzadigde zone
- Palen doormeten (akoestisch)
- Onderzoek naar niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

Milieukunde

- Verkennend onderzoek
- Onderzoek naar asbest in de (water)bodem
- Nulsituatie-onderzoek
- Nader onderzoek
- Waterbodemonderzoek (monsternameboot)
- BUS-melding
- Saneringsplan
- Milieukundige begeleiding
- Second opinion
- Partijkeuring
- Bouwstoffenkeuring
- Onderzoek PFAS

Geotechnisch en geohydrologisch advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, barrièrewerking, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, vergunningsaanvraag, MER aanmeldnotitie
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies, inclusief voorbelasting, zettingsversnelling
- Zettingsrisico's bemaling t.b.v. CAR-verzekering
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Civieltechnisch hergebruik grond
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen en geostatistiek: (hoogtemodellen, zanddiepte kaarten, etc)
- Algemene expertise, controle grondverbetering

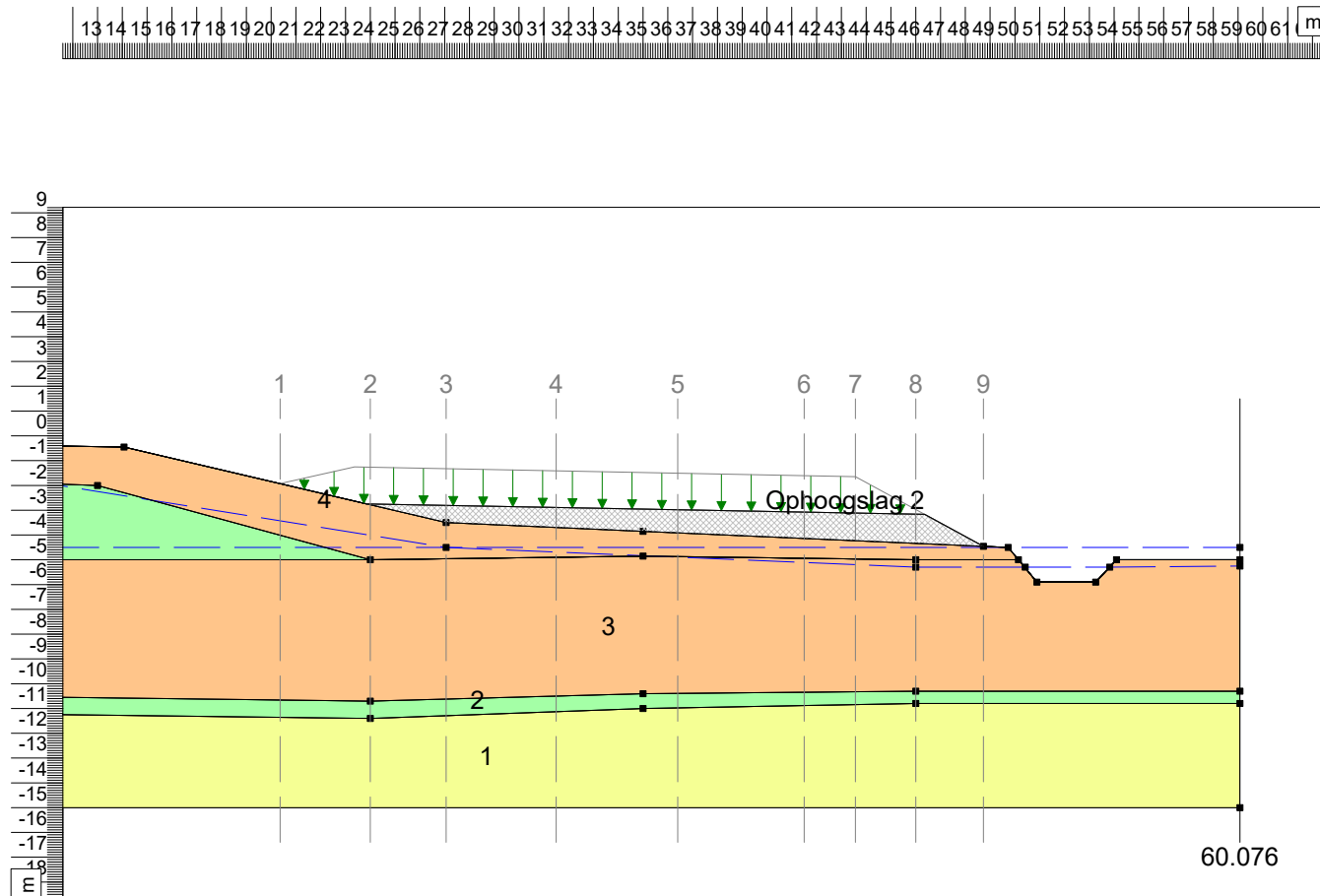
Geotechnisch laboratorium

- Classificatieproeven, volumegewicht, watergehalte
- Atterbergse grenzen (fallcone en Casagrande)
- Samendrukkingsproeven, CRS
- Korrelverdeling, -vorm en afleiding k-waarden
- Triaxiaalproeven
- Directe afschuifproef (DS), Direct Simple Shear (DSS)
- Diverse RAW-proeven (oa. 2, 9, 10, 11, 13, 14, 28, 35)
- Fotoboring
- Advies omtrent uitvoering (wijze) en belastingtrappen
- Digitaal bestel- en informatieportaal: www.siltlab.nl

Bijlage C

Geotechnische analyses

Input View



Materials

-  4. KLEI, uitgedroogd
-  5. VEEN
-  3. KLEI, siltig
-  2. BASISVEEN
-  1. ZAND, Pleistoceen

D-Settlement 20.1 : profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2).sli

Phone
Fax

date
4-11-2020

drw.
JBH

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuideren

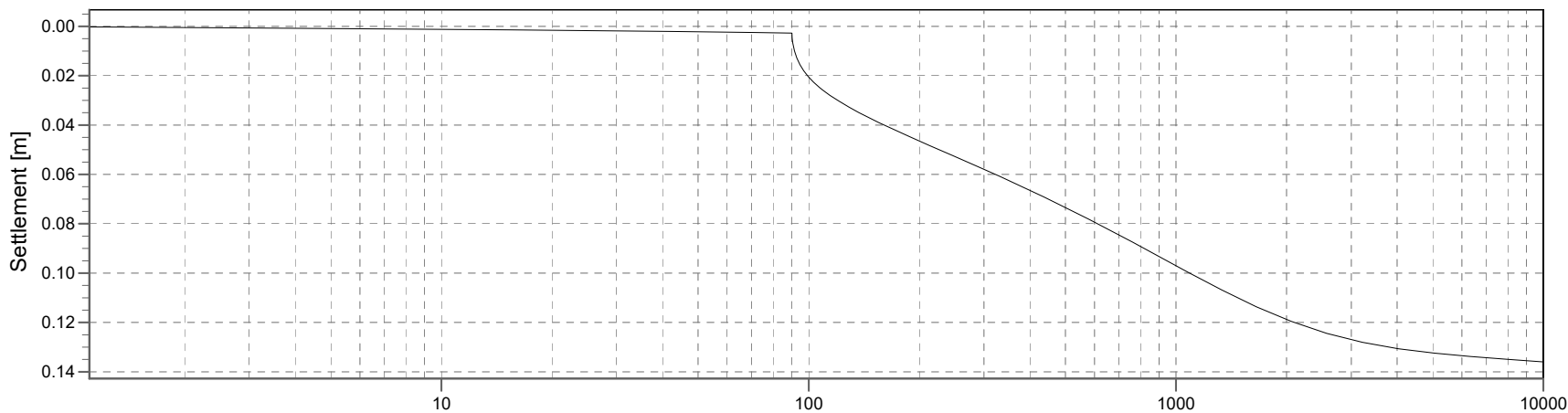
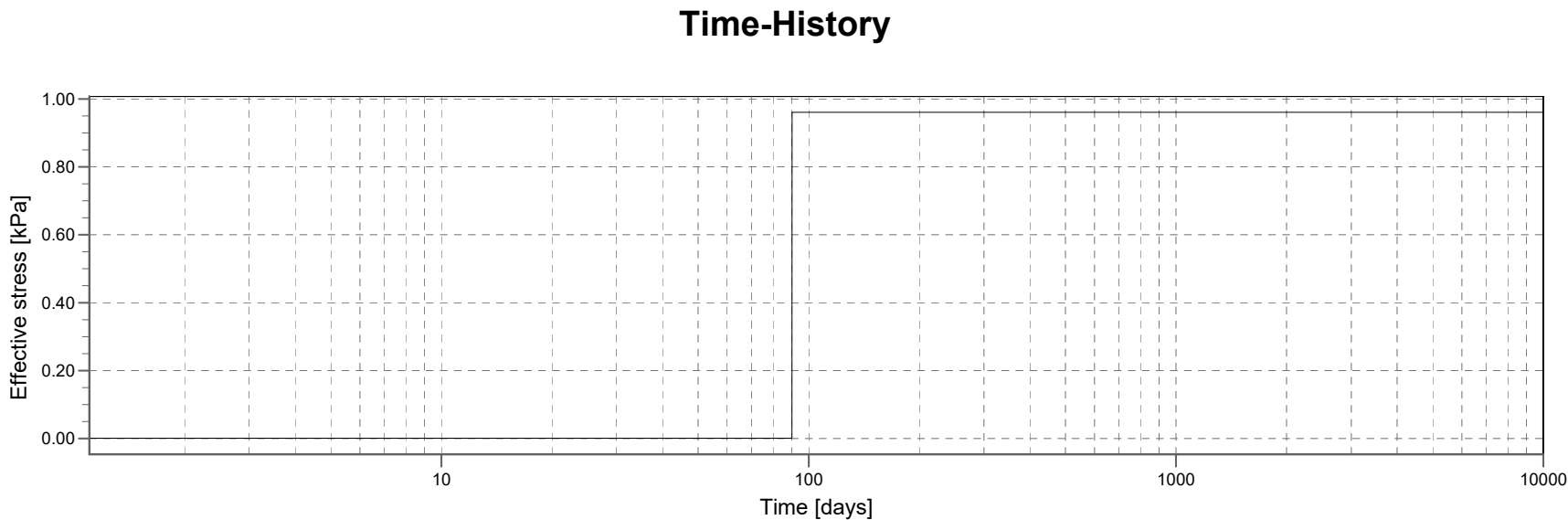
1220-176356

ctr.

Dwarsprofiel met locatie verticalen

Annex

A4

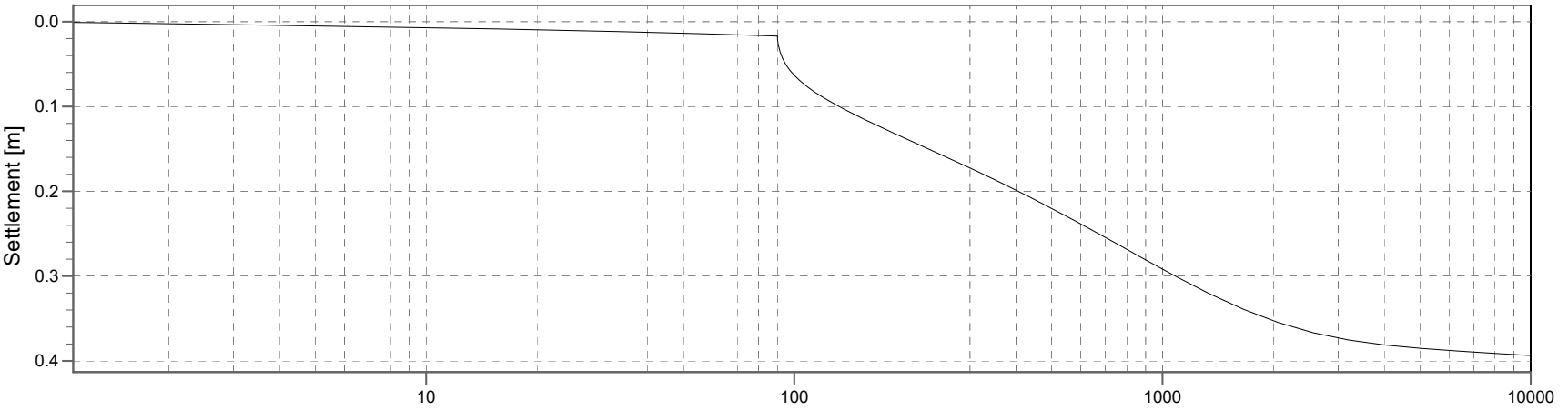
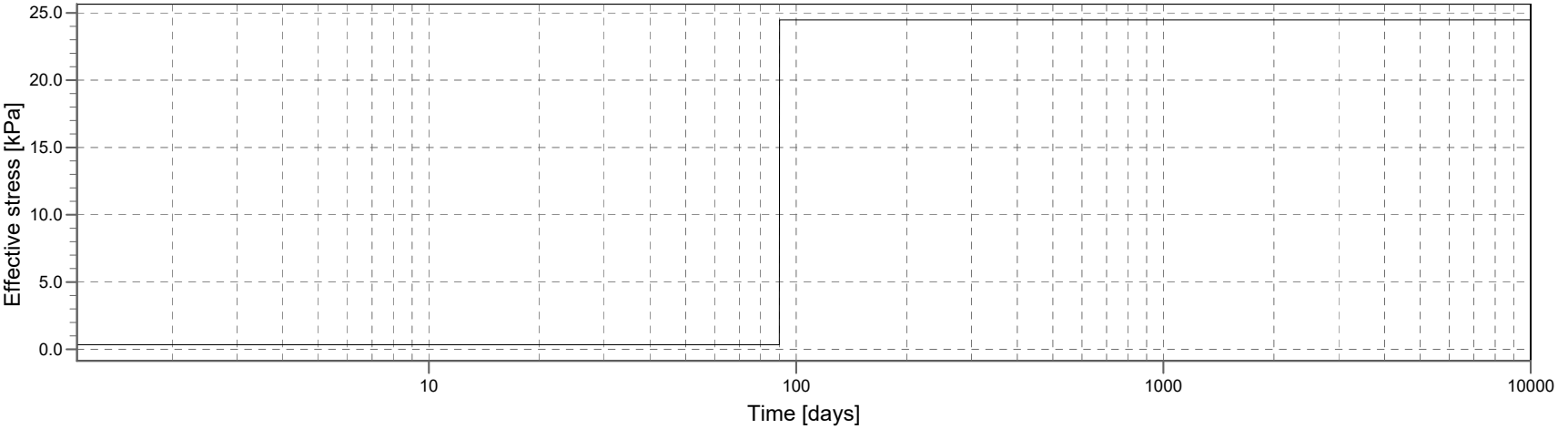


Vertical 1 (X = 21.366 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 1.929 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.136 [m]

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden		Phone Fax	D-Settlement 20.1 - profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2).slt	
Verticaal 1	4-11-2020		date	drv.
	1220-176356			JBH
	Annex -		ctf.	A4

Time-History



Vertical 2 (X = 25.000 m; Z = 0.000 m)

Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 2.782 (-) [m]

Settlement after 10000 days = 0.394 [m]

D-Settlement 20.1 : profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2). sli

Phone
Fax

date
4-11-2020

date
4-11-2020

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen

te Leimuiden

Vertical 2

dw.

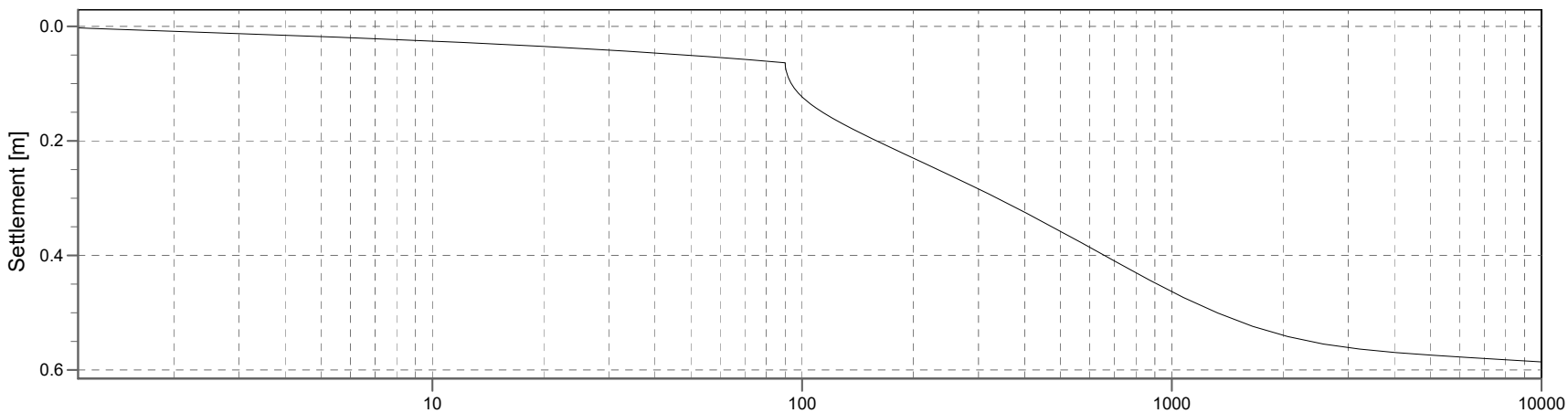
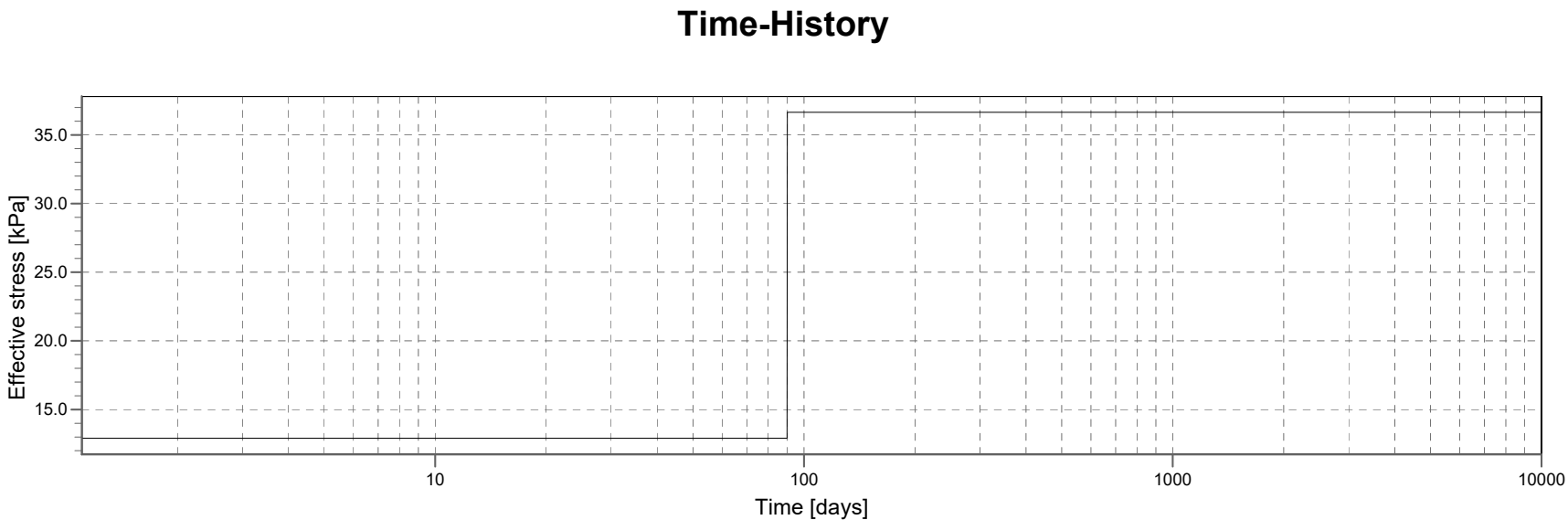
JBH

ctr.

1220-176356

Annex

A4



Vertical 3 (X = 28.060 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 3.500 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.586 [m]

D-Settlement 20.1 - profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2).slt

Phone
Fax

date
4-11-2020

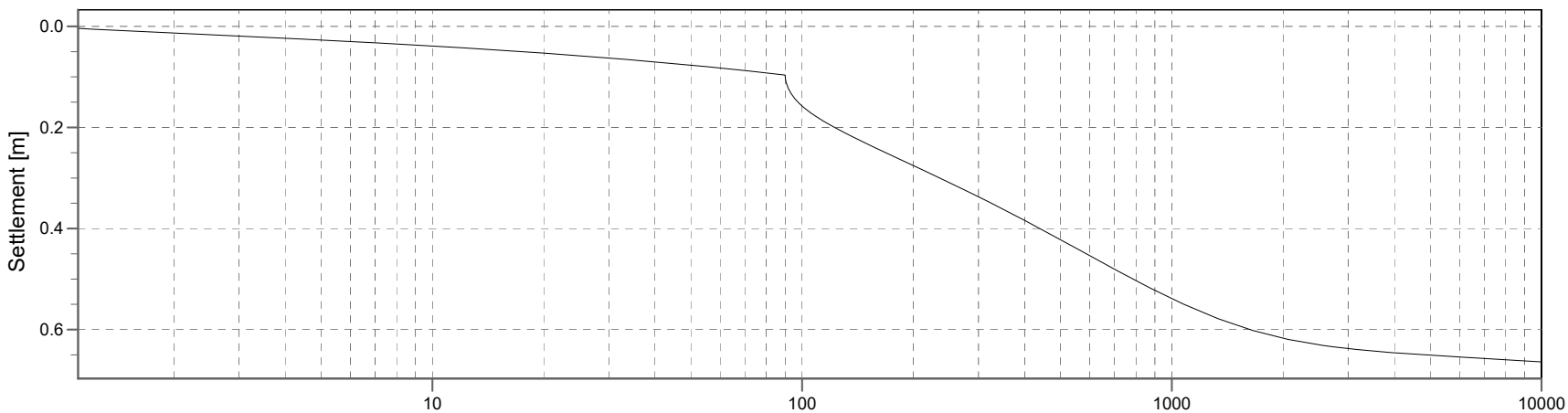
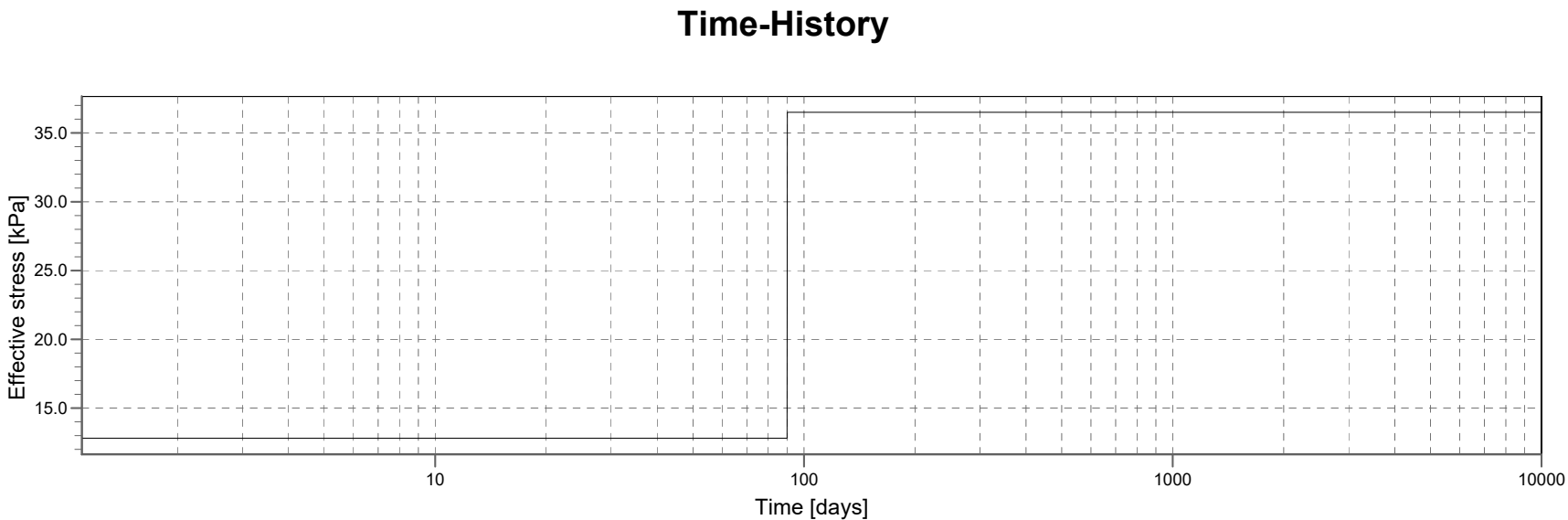
drv.
JBH

1220-176356

ctf.
A4

Annex -

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen
te Leimuiden
Verticaal 3

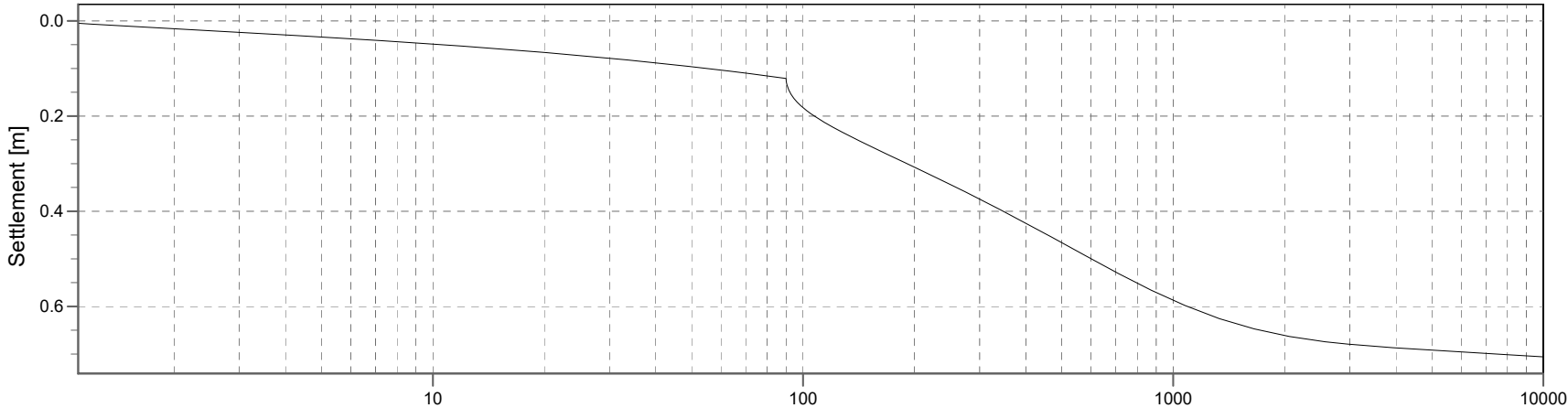
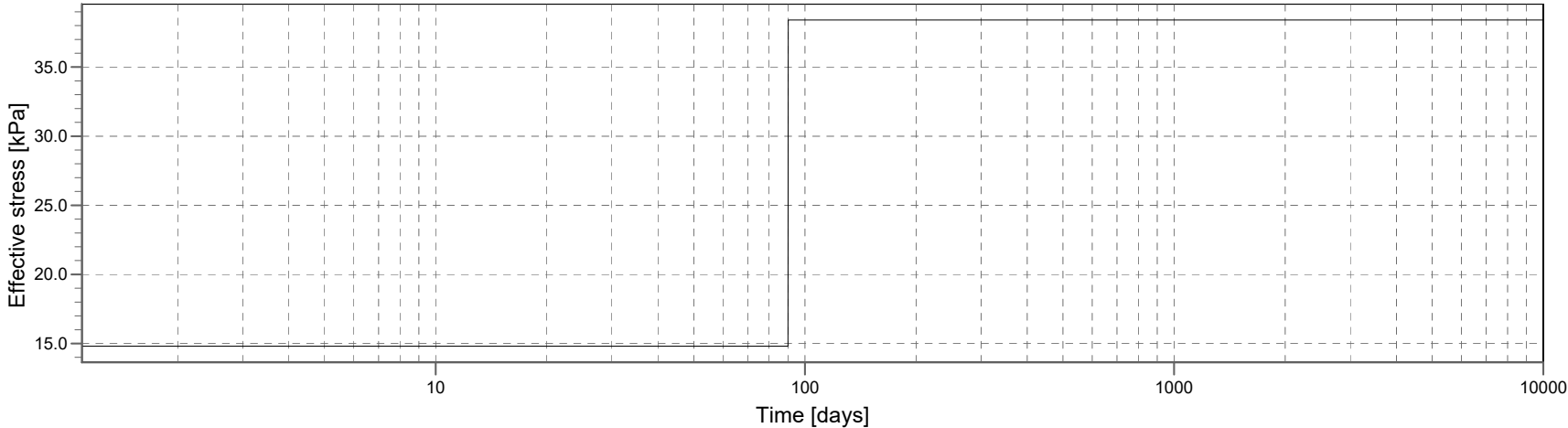


Vertical 4 (X = 32.500 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 3.696 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.664 [m]

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden		Phone Fax	D-Settlement 20.1 - profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2).slt	
Verticaal 4	1220-176356		date	div.
	Annex -		4-11-2020	JBH
	form.		ct.	A4

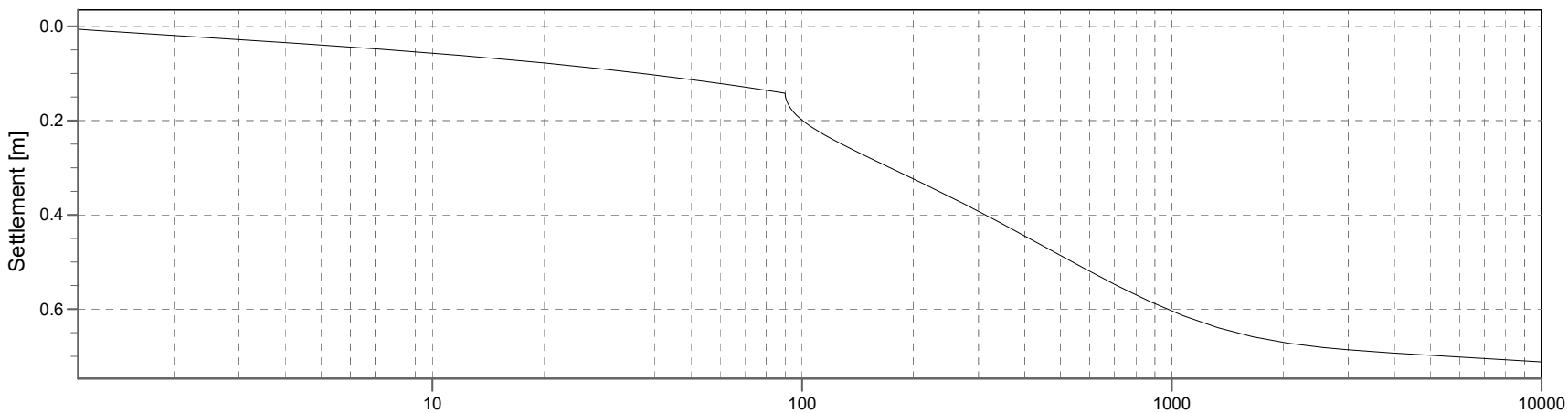
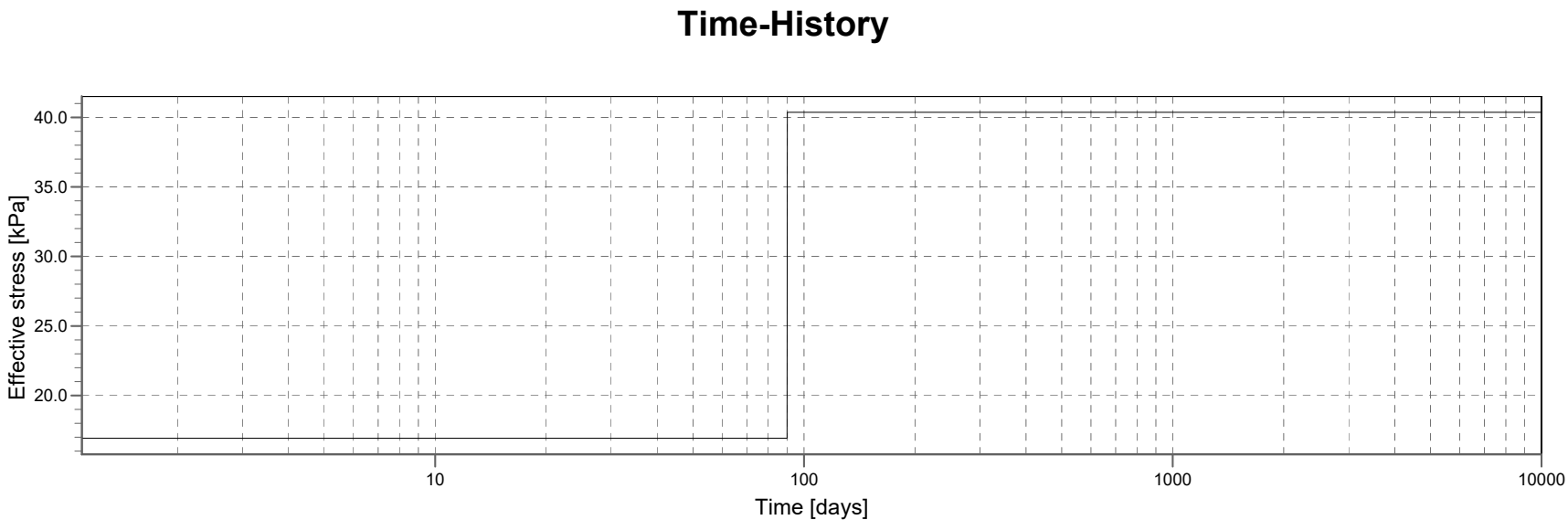
Time-History



Vertical 5 (X = 37.400 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 3.913 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.706 [m]

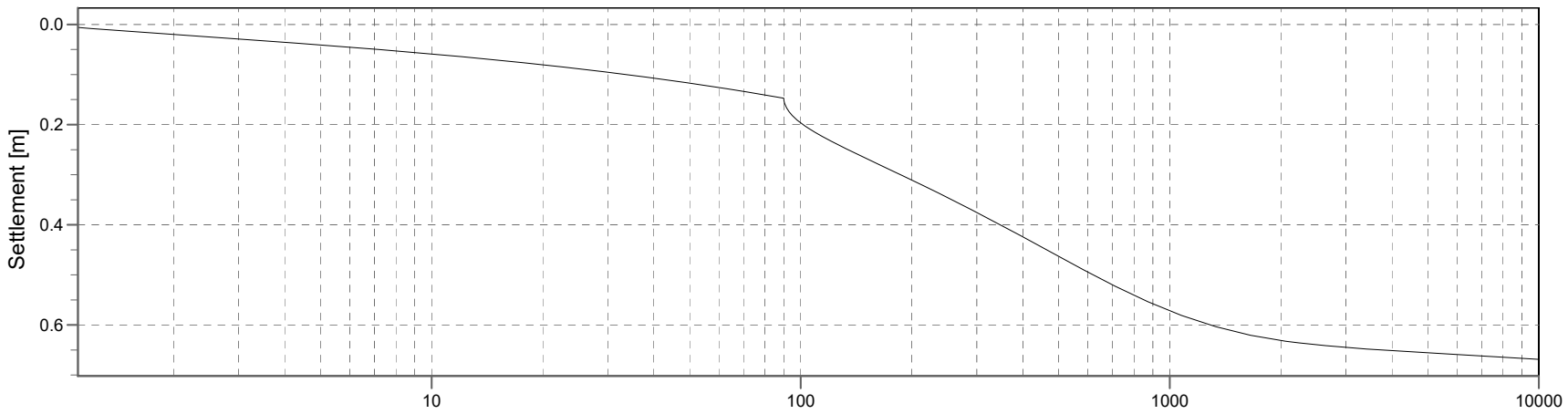
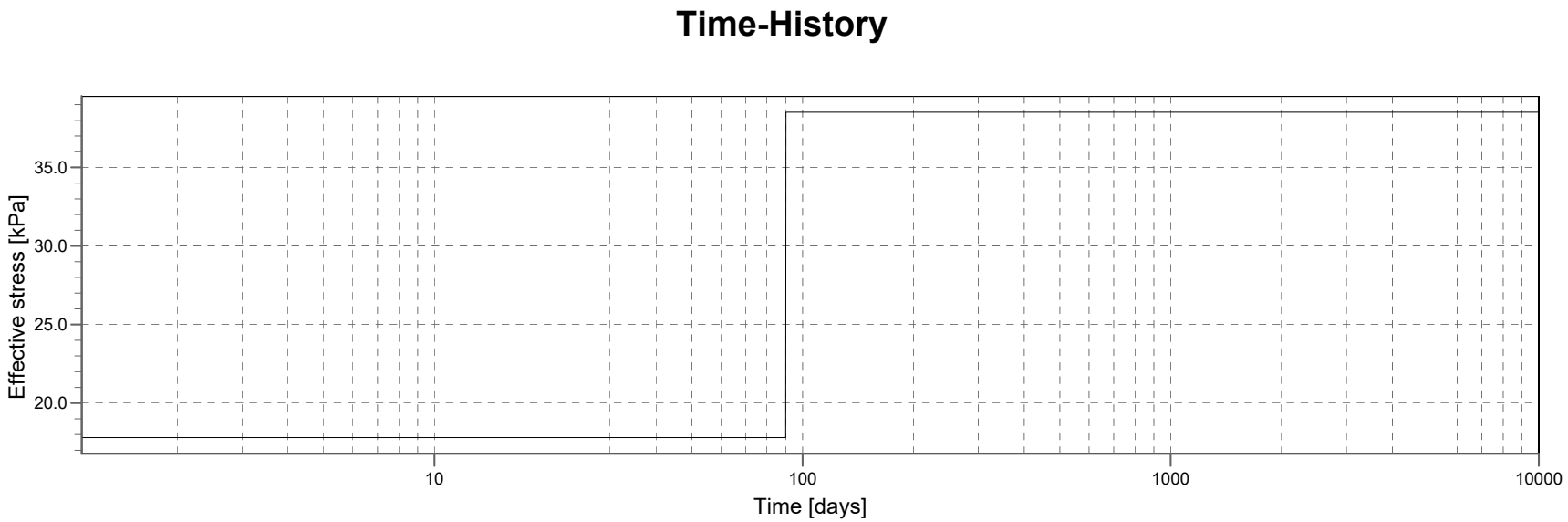
Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden		Phone Fax	D-Settlement 20.1 - profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2).slt	
Verticaal 5	4-11-2020		date	div.
	1220-176356			JBH
	Annex	-		A4
			ctf.	form.



Vertical 6 (X = 42.500 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 4.138 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.712 [m]

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden		Phone Fax	D-Settlement 20.1 - profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2) sll	
Verticaal 6			date	div.
			4-11-2020	JBH
			1220-176356	ctf.
	Annex -			form. A4



Vertical 7 (X = 44.568 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 4.230 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.669 [m]

D-Settlement 20.1 - profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2).slt

Phone
Fax

date
4-11-2020

div.
JBH

1220-176356

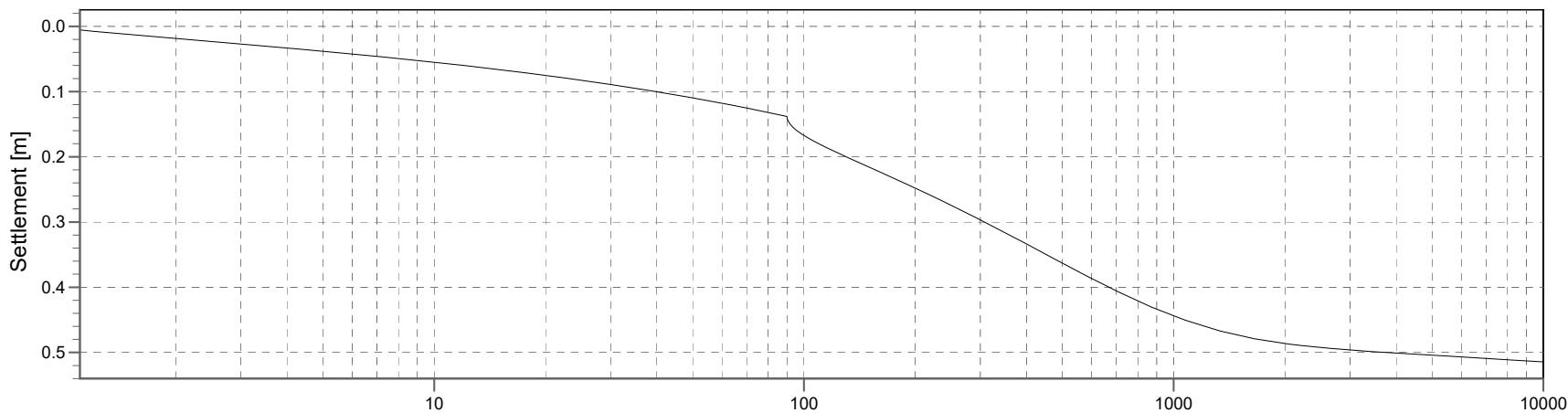
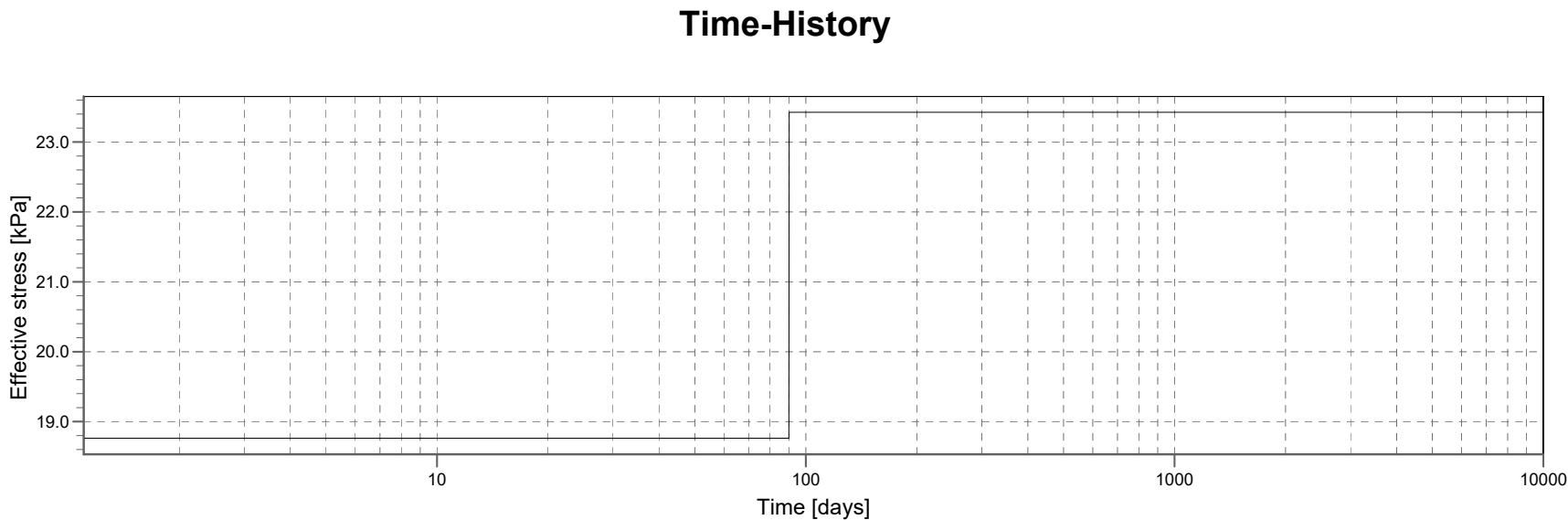
ctf.

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen
te Leimuiden

Annex -

form.
A4

Verticaal 7

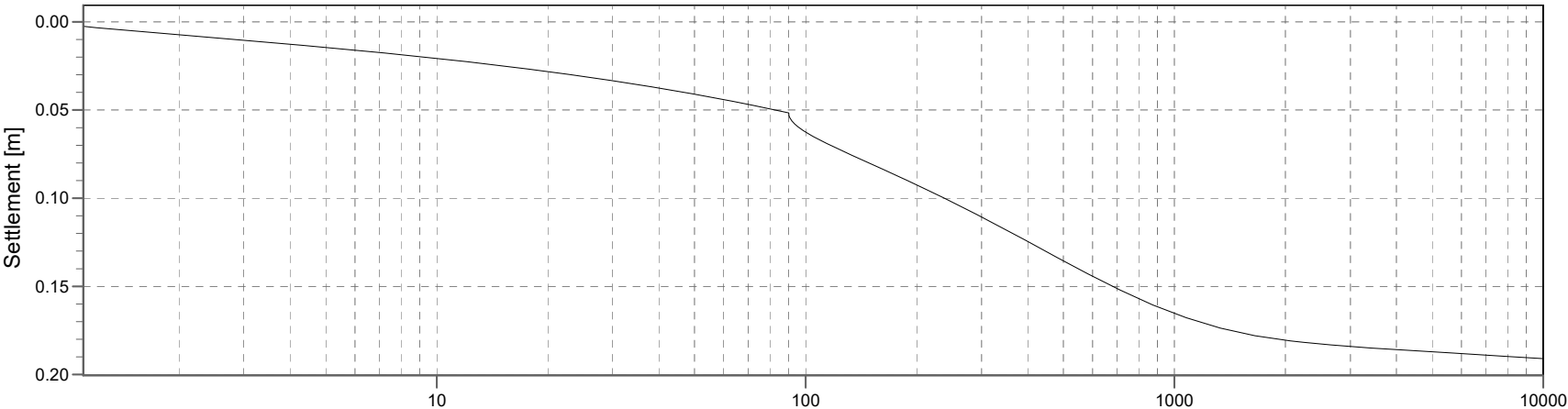
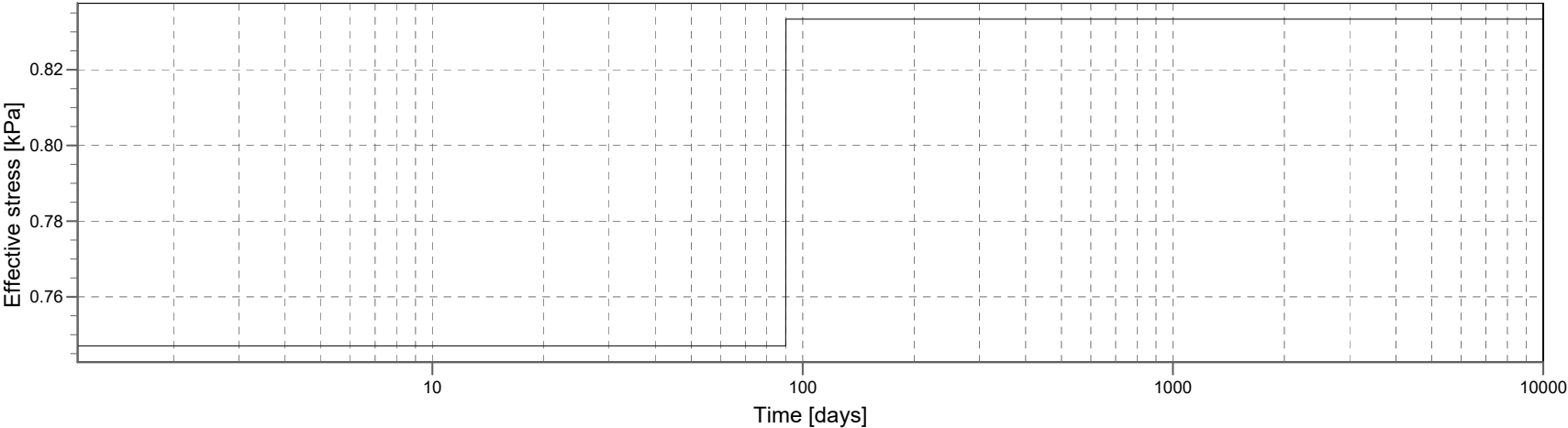


Vertical 8 (X = 47.000 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 4.337 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.515 [m]

Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden		Phone Fax	D-Settlement 20.1 - profiel AA met ophoging (ophoogslag 1+2) sll	
Verticaal 8	1220-176356		date	div.
	Annex -		4-11-2020	JBH
	A4		ctf.	form.

Time-History

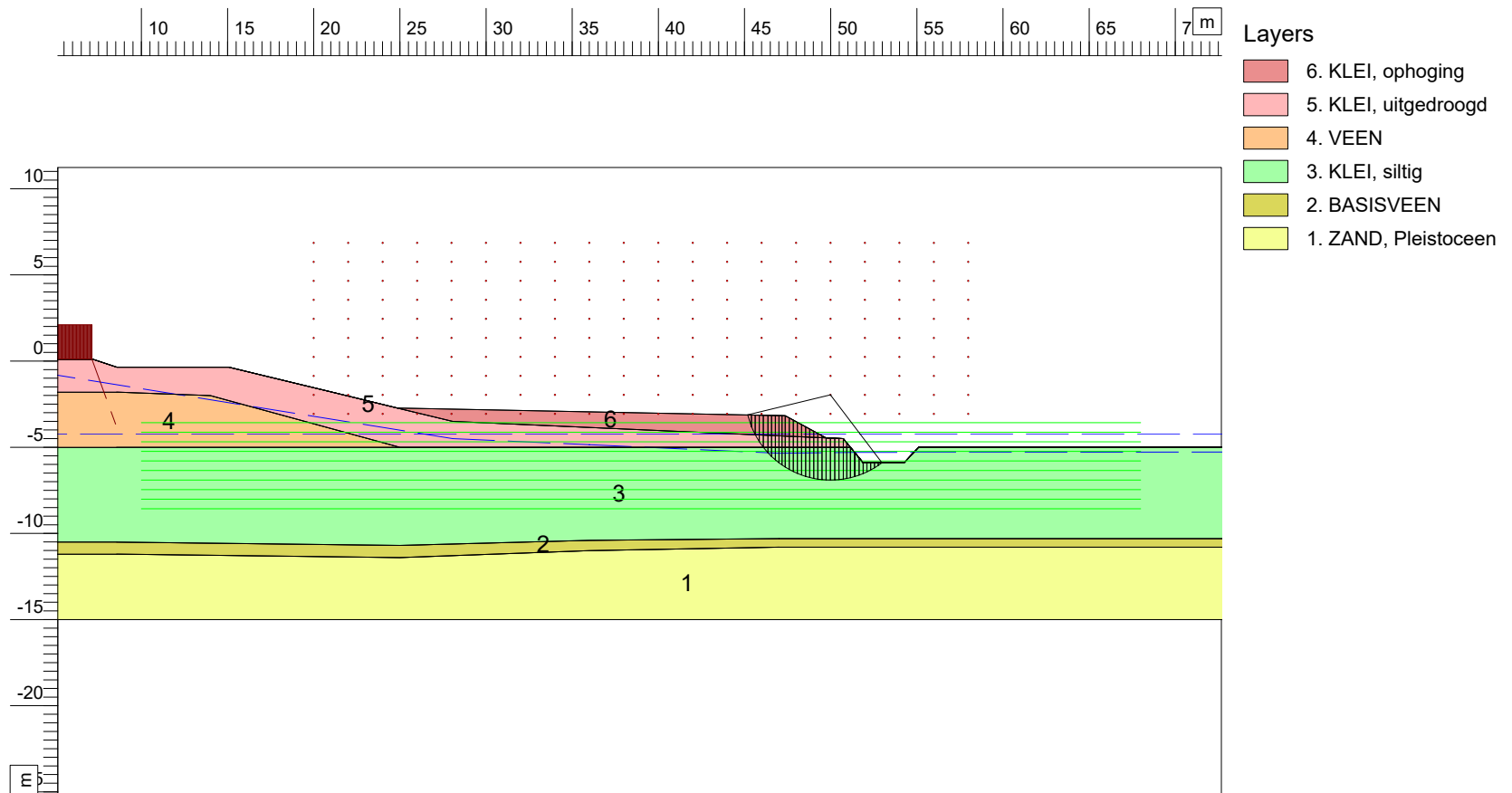


Vertical 9 (X = 49.730 m; Z = 0.000 m)
Method = NEN - Koppejan with Terzaghi (Natural strain)

Depth = 4.458 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0.191 [m]

D-Settlement 20.1 : profil AA met ophoging (ophoogslag 1+2) stil		
Zettingsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden Verticalaal 9	Phone Fax	date 4-11-2020
		1220-176356
	Annex -	form. A4

Critical Circle Bishop



Xm : 49.99 [m]
Ym : -1.96 [m]

Radius : 4.95 [m]
Safety : 1.18

D-Geo Stability 18.1 : Profiel AA ophoogslag 1.sti

Phone
Fax

date
4-11-2020

drw.
JBH

Stabiliteitsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen

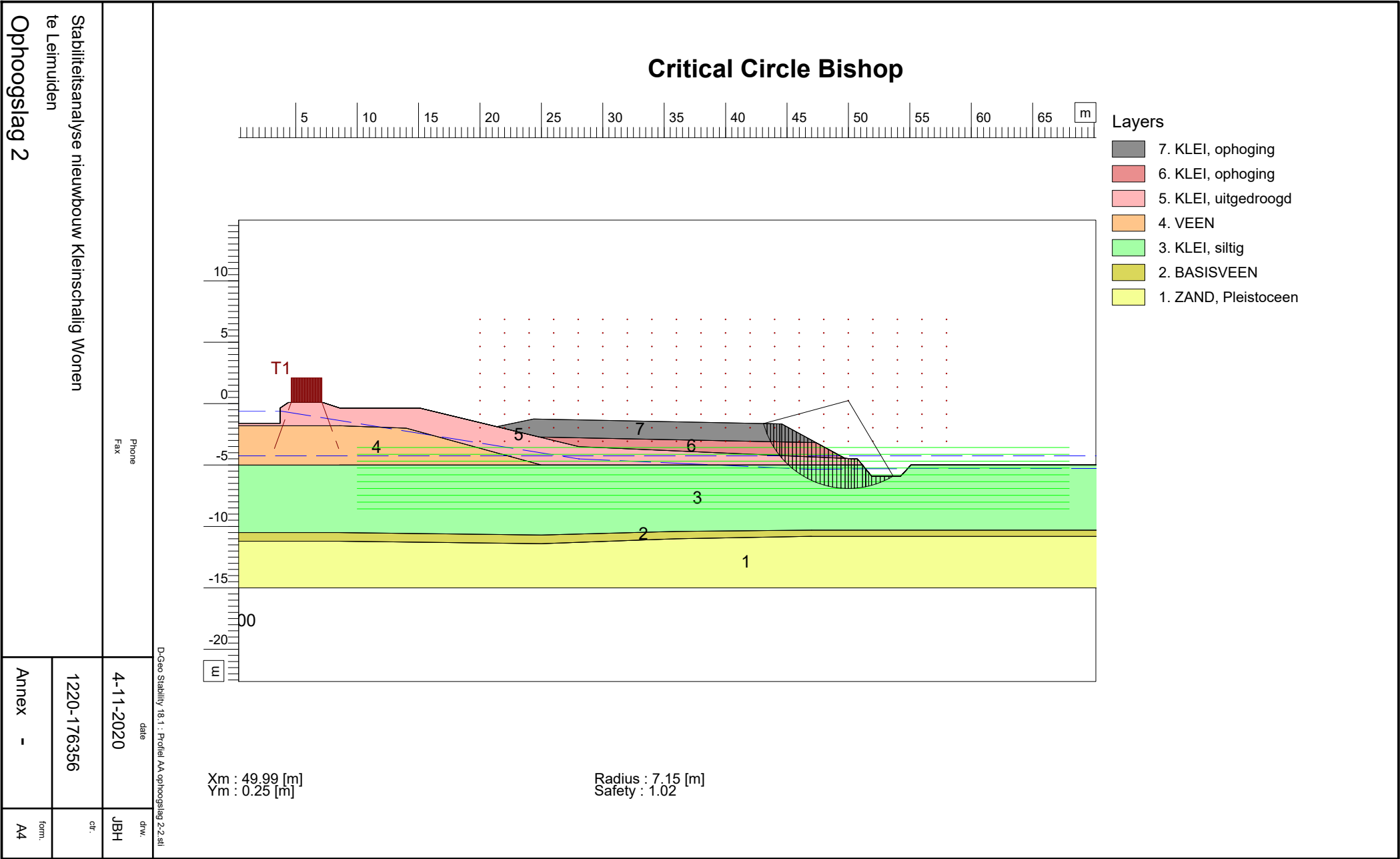
te Leimuiden

Ophoogslag 1

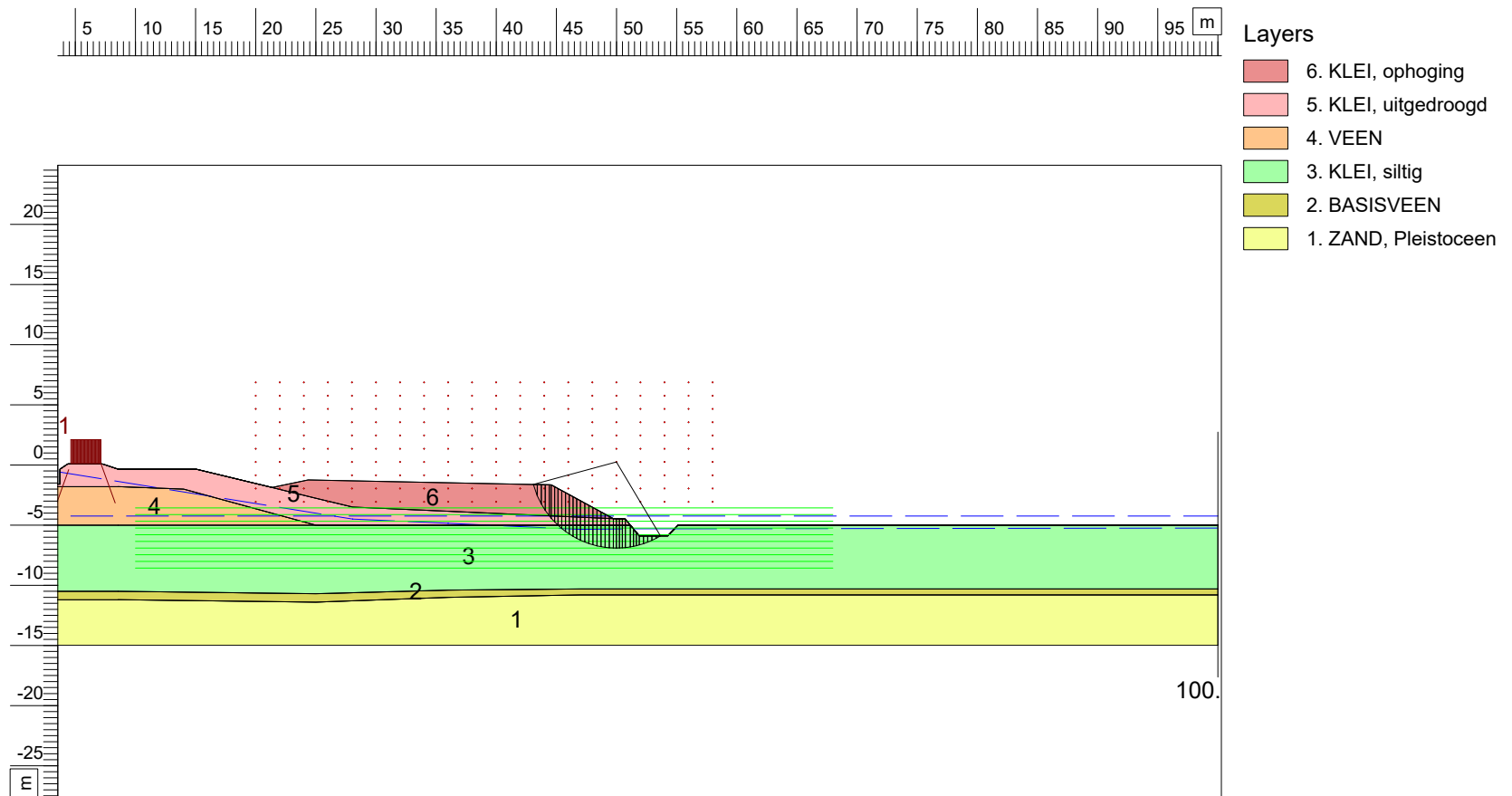
1220-176356

Ann

form.
A4



Critical Circle Bishop



Xm : 49.99 [m]
Ym : 0.25 [m]

Radius : 7.15 [m]
Safety : 1.01

Phone
Fax

D-Geo Stability 18.1 : Profiel AA ophoogslag 2-2-2.sti	
date	drw.

date
4-11-2020

drw.
JBH

1220-176356

Annex

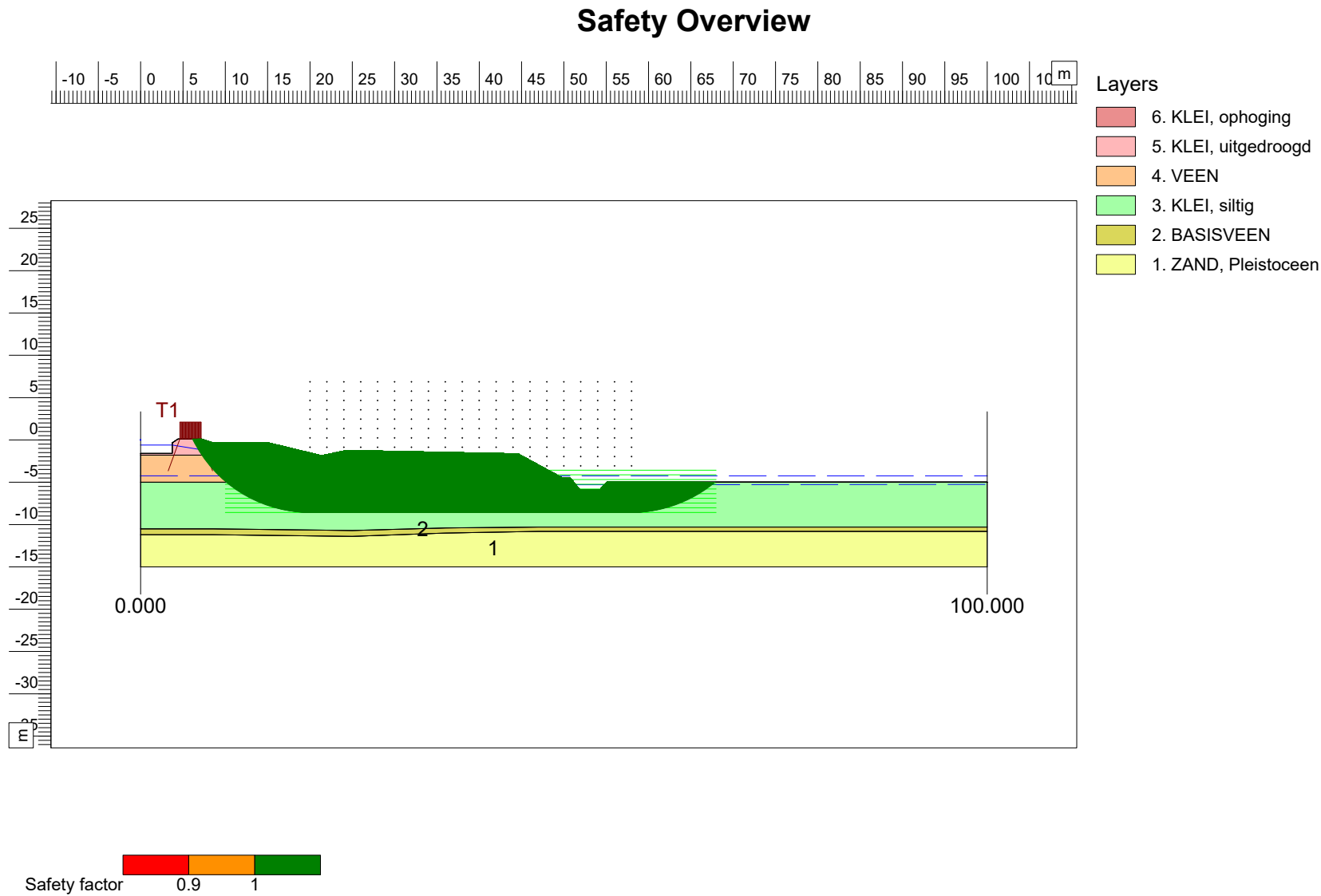
form.
A4

Stabiliteitsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden

Voorafgaand aan plaatsen damwand

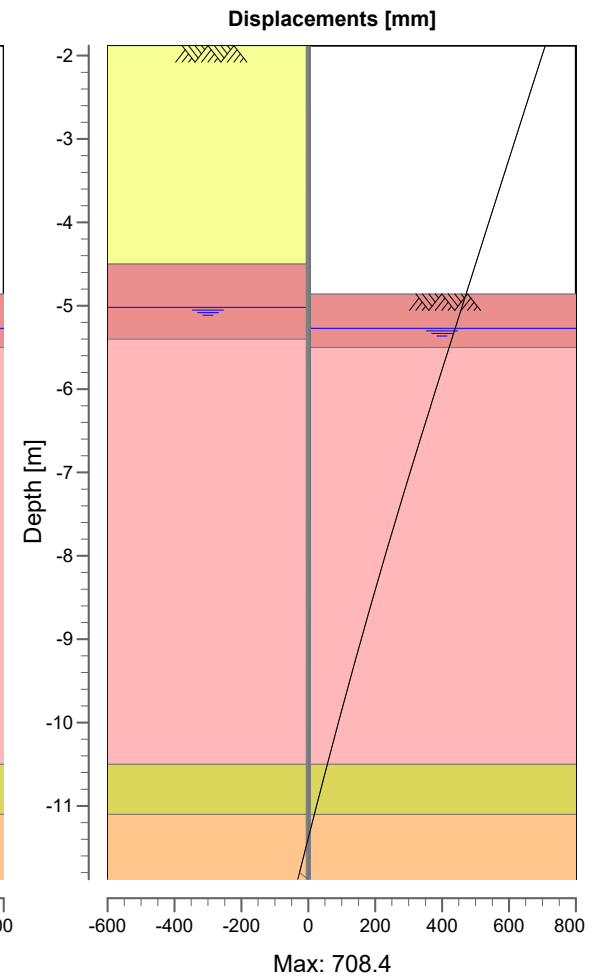
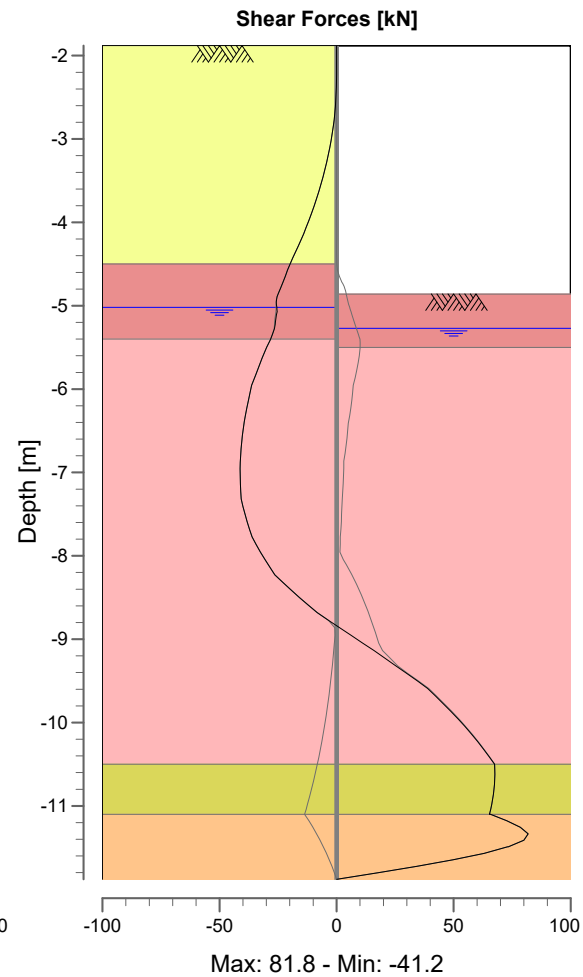
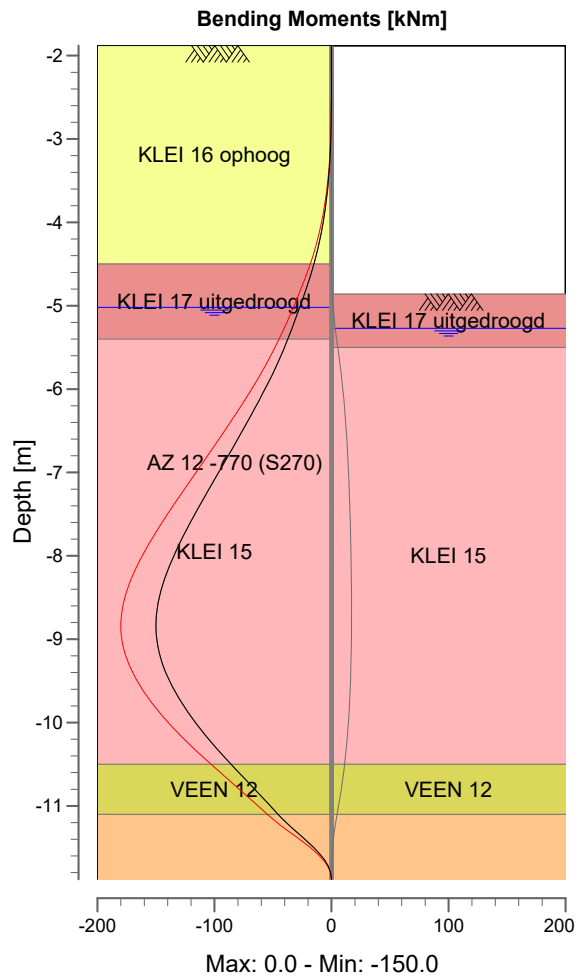
Stabiliteitsanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden			Phone Fax	
Safety overview			date 4-11-2020	drw. JBH
Annex -			1220-176356	cfr. A4

D-Geo Stability 18.1 : Profil AA ophoogslag 2-2-2 stil



Moments/Forces/Displacements - Stage 2: eindsituatie

Step 6.3 - Partial factor set: RC 1



D-Sheet Piling 19.3 : 1319-148551_Damwand_JBH_PKN.shi

Phone
Fax

date
4-11-2020

drw.
JBH

Darmwandanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen

te Leimuiden

UTG stap 6.3

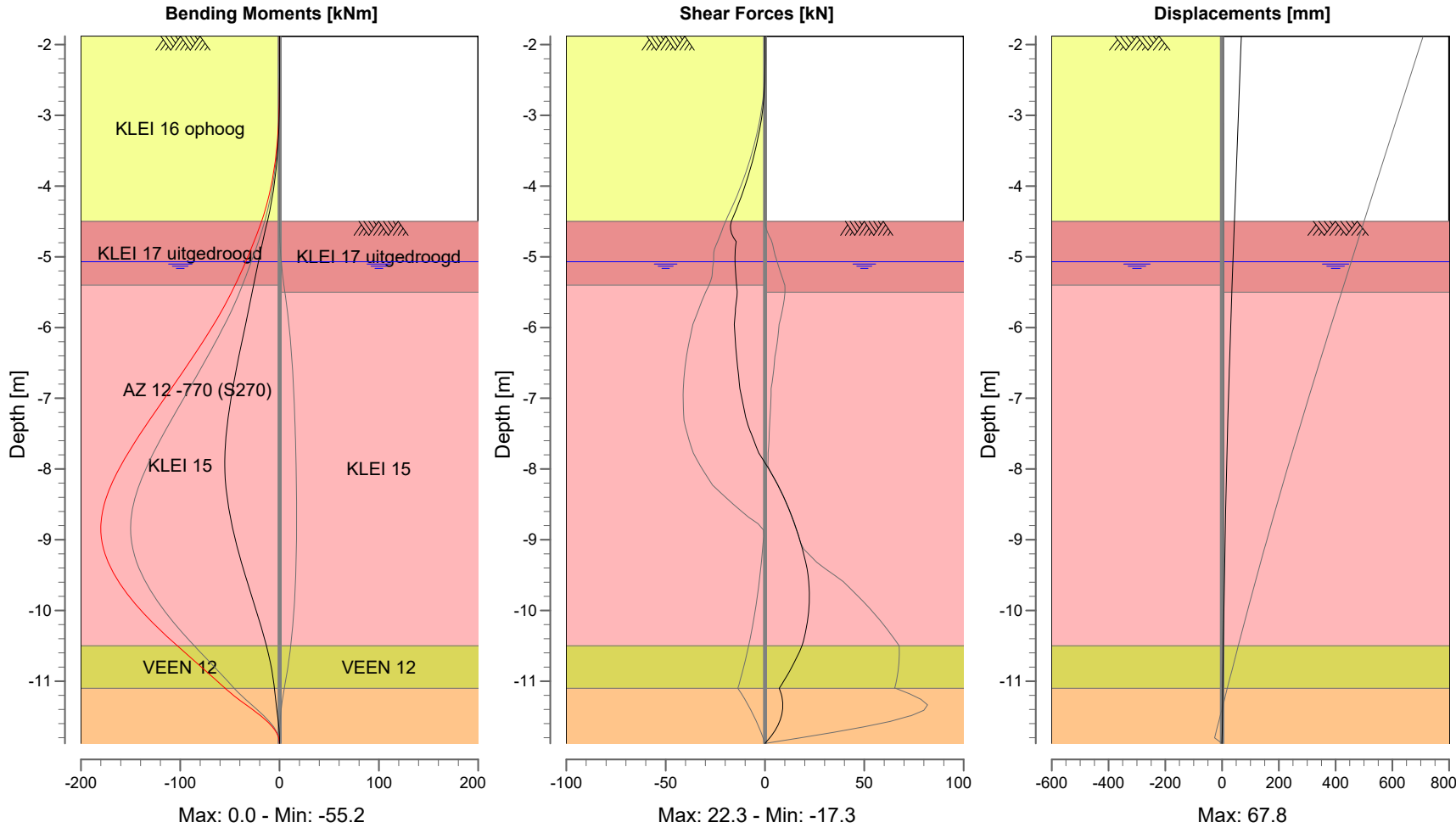
1220-176356

Annex

form.
A4

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: eindsituatie

Step 6.5 - Partial factor set: RC 1



Dammwandanalyse nieuwbouw Kleinschalig Wonen te Leimuiden			Phone Fax		D:\Sheet Piling 19.3 - 1319-14851_Dammwand_JBH_PKN.sht	
BTG stap 6.5			4-11-2020		date	
			1220-176356		div.	
Annex -			JBH		ctf.	
			A4		form.	