



---

# **Nieuwbouw woning aan de Haakweg te Hoek van Holland**

Geotechnisch onderzoek en advies op palen | Hoek van Holland

9020-0222-000 | 2 november 2020

Definitief

# Documentbeheer

## Documentgegevens

Projectnaam	Nieuwbouw woning aan de Haakweg te Hoek van Holland
Documentnaam	Geotechnisch onderzoek en advies op palen
Fugro-projectnr.	9020-0222-000
Fugro-documentnr.	9020-0222-000-90-R02-v1.0
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Veurse Achterweg 10 Postbus 63 2260 AB Leidschendam T 070 31 11333

## Klantgegevens

Klant	Tuprotec B.V.
Adres klant	ABC Westland 206 k4 2685 DC Poeldijk
Contactpersoon klant	De heer ■■■

## Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	02-11-2020	Definitief	Initiële versie	SVD	EV	SVD

## Projectteam

Initialen	Naam	Rol
SVD	ing. ■■■	Adviseur Geotechniek
EV	ir. ■■■	Senior Adviseur Geotechniek

---

## Inhoudsopgave

<b>1. Algemene toelichting</b>	<b>1</b>
1.1 Inleiding	1
1.2 Projectomschrijving	1
<b>2. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid</b>	<b>2</b>
2.1 Algemeen	2
2.2 Globale bodemgesteldheid	2
<b>3. Funderingsadvies</b>	<b>3</b>
3.1 Algemeen	3
3.2 Uitgangspunten	3
3.3 Op druk belaste palen	3
<b>4. Uitvoering heiwerk</b>	<b>6</b>
4.1 Prefab betonpalen	6

## Bijlagen

### **Bijlage A**    Geotechnisch onderzoek

---

A.1    Rapportage geotechnisch veldwerk

### **Bijlage B**    Uitvoering

---

B.1    Uitvoering heiwerk

---

# 1. Algemene toelichting

## 1.1 Inleiding

In september 2020 ontving Fugro te Leidschendam van Tuprotec de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek alsmede het uitbrengen van een funderingsadvies voor de nieuwbouw van een woning aan de Haakweg te Hoek van Holland.

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

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

Dit rapport bevat:

- Een korte projectomschrijving;
- Een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid (hoofdstuk 2);
- Een funderingsadvies (hoofdstuk 3);
- Aanbevelingen met betrekking tot de uitvoering (hoofdstuk 4).

## 1.2 Projectomschrijving

De projectlocaties zijn gelegen aan de Haakweg in Hoek van Holland en is globaal weergegeven in Figuur 1.1. Bovenstaande gegevens zijn door de opdrachtgever verstrekt. Voor nadere gegevens omtrent de constructie verwijzen wij u naar de berekeningen en tekeningen van de constructeur.



Figuur 1.1: Projectlocatie te Hoek van Holland (ondergrond: Google Earth)

## 2. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid

### 2.1 Algemeen

Het geotechnisch onderzoek voor dit project heeft bestaan 2 sonderingen.

De resultaten hiervan, eventuele afwijkingen van de opdracht en opmerkingen zijn gepresenteerd in de bijlage "Rapportage Geotechnisch Veldwerk".

De aard en omvang van het geotechnisch onderzoek voldoet aan 3.2.3 van NEN 9997-1 voor de toetsing van geotechnische constructies.

### 2.2 Globale bodemgesteldheid

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties bedroegen ten tijde van het onderzoek van NAP +1,21 m tot NAP +1,15 m.

Op basis van het geotechnisch onderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in Tabel 2.1 is weergegeven.

Tabel 2.1: Globale bodemgesteldheid

Diepte in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving	
+1,2 à +1,0	tot	+0,5 à 0,0	ZAND / KLEI	Uitgedroogde toplaag
+0,5 à 0,0	tot	-2,0	KLEI	zandig
-2,0	tot	-2,5	ZAND	Los gepakt
-2,5	tot	-6,5 à -7,5	KLEI	
-6,5 à -7,5	tot	-12,5 à -13,0	ZAND	
-12,5 à -13,0	tot	-13,5 à -14,0	KLEI	zandig
-13,5 à -14,0	tot	-17,5	ZAND	
-17,5	tot	-20,0	KLEI	
-20,0	tot	-23,5	ZAND	Kleilaagje aanwezig
-23,5			Maximale verkende diepte	

Opmerkingen:

- In het sondeergaten bedroeg de grondwaterstand NAP +0,65 m;
- Het slootpeil is gemeten op NAP +0,44 m;
- De waterpeilen betreffen éénmalige waarnemingen en dienen te worden beschouwd als een oriënterend gegeven. Een betrouwbare grondwaterstand dient met periodieke peilbuiswaarnemingen of met lokale kennis te worden vastgesteld.

---

## 3. Funderingsadvies

### 3.1 Algemeen

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de bebouwing komt voor dit project een fundering op palen in aanmerking.

Op verzoek van de constructeur is uitgegaan van de toepassing van prefab betonpalen. Deze funderingsoplossing is in de volgende paragrafen van dit hoofdstuk nader uitgewerkt.

Bij het opstellen van het advies was niet bekend of trillingsgevoelige bebouwing in de nabije omgeving aanwezig is. Indien dit het geval is, dient te worden overwogen een trillingsvrij paalsysteem toe te passen teneinde gevolgschade tijdens het heien te voorkomen.

Het funderingsadvies voor dit project is opgesteld conform de norm geotechniek NEN 9997-1. Conform 1.5.2.127 van NEN 9997-1 dient de minimale paallengte ten minste  $5 \times D_{eq}$  te bedragen. Het mede op basis van dit advies gemaakte funderingsontwerp dient achteraf te worden getoetst aan de geldende geotechnische normen.

In het ontwerpstadium zijn in het algemeen geen gedetailleerde gegevens beschikbaar met betrekking tot het palenplan, de exacte paalbelastingen, de gebouwtijfheid en de vervormingseisen. Derhalve wordt in dit stadium van het project volstaan met de toetsing van de uiterste grenstoestand (UGT) type B op sterkte. Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen en avegapalen met relatief kleine diameter, is deze grenstoestand veelal maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstostanden worden ondervangen.

Voor de paalfundering is uitgegaan van verticaal, centrisc en op druk belaste palen. Momenten, trekbelastingen en horizontale belastingen zijn niet beschouwd.

### 3.2 Uitgangspunten

Voor de uitwerking van het funderingsadvies voor dit project zijn de volgende door de constructeur verstrekte uitgangspunten gehanteerd:

- De rekenwaarden (UGT) voor de paalbelastingen vanuit de constructie ( $F_{cd}$ ) is niet bekend.
- Het PEIL van de nieuwbouw is niet bekend.
- Het terrein zal niet significant worden opgehoogd of ontgraven.

### 3.3 Op druk belaste palen

Voor het funderingsadvies voor op druk belaste palen is voor diverse schachtafmetingen van prefab betonpalen op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	R <sub>c,net;d</sub> in kN		
			Prefab betonpalen		
			▣ 220 mm	▣ 250 mm	▣ 290 mm
DKM101	+1,15	-8,5	165	205	220
		-9,0 nd	170	205	185
		-11,0	220	260	320
		-11,5 nd	250	280	360
		-14,0	370	440	540
		-14,5	440	520	640
		-15,0	480	570	680
		-15,5 nd	490	570	680
DKM102	+1,21	-8,5	145	160	210
		-9,0 nd	160	140	175
		-10,5	170	205	255
		-11,0	195	230	285
		-11,5 nd	230	255	300
		-14,5 nd	320	370	410

Opmerkingen:

R<sub>c,net;d</sub>

nd

rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef ( = R<sub>c,d</sub> - F<sub>nk;d</sub>)  
niet dieper heien/installeren. Op een dieper paalpuntniveau is de theoretische draagkracht minder dan de  
in de tabel vermelde waarde

Geadviseerd wordt de haalbaarheid van met name de diepere paalpuntniveaus voorafgaand aan de uitvoering met de paalleverancier te overleggen.

Bij het indelen van het palenplan, dient het verschil in paalpuntniveau van naast elkaar gelegen vakken bij voorkeur niet groter dan ca. 2,0 m te worden gekozen.

De aard en omvang van het geotechnisch onderzoek voldoet aan 3.2.3 van NEN 9997-1 voor de toetsing van geotechnische constructies.

De in de tabel gepresenteerde waarden voor de paal draagkracht zijn grondmechanische waarden. Door de constructeur dient te worden gecontroleerd of de bijbehorende paalschachtspanningen toelaatbaar zijn. Hierbij kan als bijdrage voor de rekenwaarde van de negatieve kleef (F<sub>nk;d</sub>) ca. 65 kN à 75 kN per m<sup>1</sup> paalomtrek worden gehanteerd. Bij heiafwijkingen kunnen de schachtspanningen in de paal maatgevend worden.

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van de UGT type B volgens 7.6.2.3 van NEN 9997-1 zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het project is geplaatst in geotechnische categorie 2.
- Omdat in dit stadium van het ontwerp de stijfheid van de constructie nog niet exact bekend is, is de stijfheid van de constructie niet in rekening gebracht. Volgens tabel A.10a van NEN 9997-1 is voor de factoren  $\xi_3$  en  $\xi_4$  een waarde van 1,39 gehanteerd.
- Bij de draagkrachtberekeningen is rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef langs de paalschacht. Deze kan ontstaan door het optreden van zettingen in de samendrukbare lagen tot een diepte van NAP -6,5 m à NAP -7,5 m.
- Bij de draagkrachtberekeningen zijn de volgende paalfactoren aangehouden:

$\alpha_p$	0,7
$\alpha_s$	0,010
$\beta$	1,0
$s$	1,0
- Toetsing volgens de UGT type B houdt in dat voldaan moet worden aan:  $F_{cd} \leq (R_{cd} - F_{nk;d})$ . De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.



---

## 4. Uitvoering heiwerk

### 4.1 Prefab betonpalen

Voor algemene richtlijnen betreffende de installatie van deze grondverdringende prefab palen wordt verwezen naar NEN-EN 12699 'Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Verdringingspalen'.

Het heiwerk van de prefab betonpalen dient te worden uitgevoerd door een gerenommeerd en op dit terrein gespecialiseerd bedrijf.

Toezicht dient plaats te vinden op basis van CUR Aanbeveling 114 "Toezicht op de realisatie van paalfunderingen".

Voor algemene aanbevelingen, heivolgorde, heiblok-paal-draagkracht verhouding en afwijkende kalenders wordt verwezen naar de bijlage "Uitvoering Heiwerk".

Door het heien van prefab betonpalen zullen trillingen worden opgewekt. De invloed van deze trillingen op de belendingen is afhankelijk van onder meer de staat en funderingswijze van deze belendingen. Desgewenst kunnen door Fugro tijdens het heien de trillingen gemeten en op basis van de richtlijnen van de Stichting Bouw Research (SBR) geïnterpreteerd worden.

# Bijlage A

---

Geotechnisch onderzoek

## A.1 Rapportage geotechnisch veldwerk



---

# **Nieuwbouw kassencomplexen aan het Haakpad te Hoek van Holland**

Rapportage geotechnisch onderzoek | Hoek van Holland

9020-0222-000 | 27-10-2020

Definitief

**Tuprotec**

# Documentbeheer

## Documentgegevens

Projectnaam	Nieuwbouw kassencomplexen aan het Haakpad te Hoek van Holland
Documentnaam	Rapportage geotechnisch onderzoek
Fugro-projectnr.	9020-0222-000
Fugro-documentnr.	9020-0222-000-21-R02-v1.0-20201027
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitief
Fugro Entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Veurse Achterweg 10 Postbus 63 2260 AB Leidschendam T 070 31 11333

## Klantgegevens

Klant	Tuprotec
Adres klant	ABC Westland 206 k4, 2685 DC Poeldijk
Contactpersoon klant	■■■ ■■■ ■■■

## Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	27-10-2020	Definitief	Initiële versie	FDV	KKN	SVD

## Projectteam

Initialen	Naam	Rol
SVD	ing. ■■■ ■■■ ■■■	Adviseur Geotechniek

---

## Inhoudsopgave

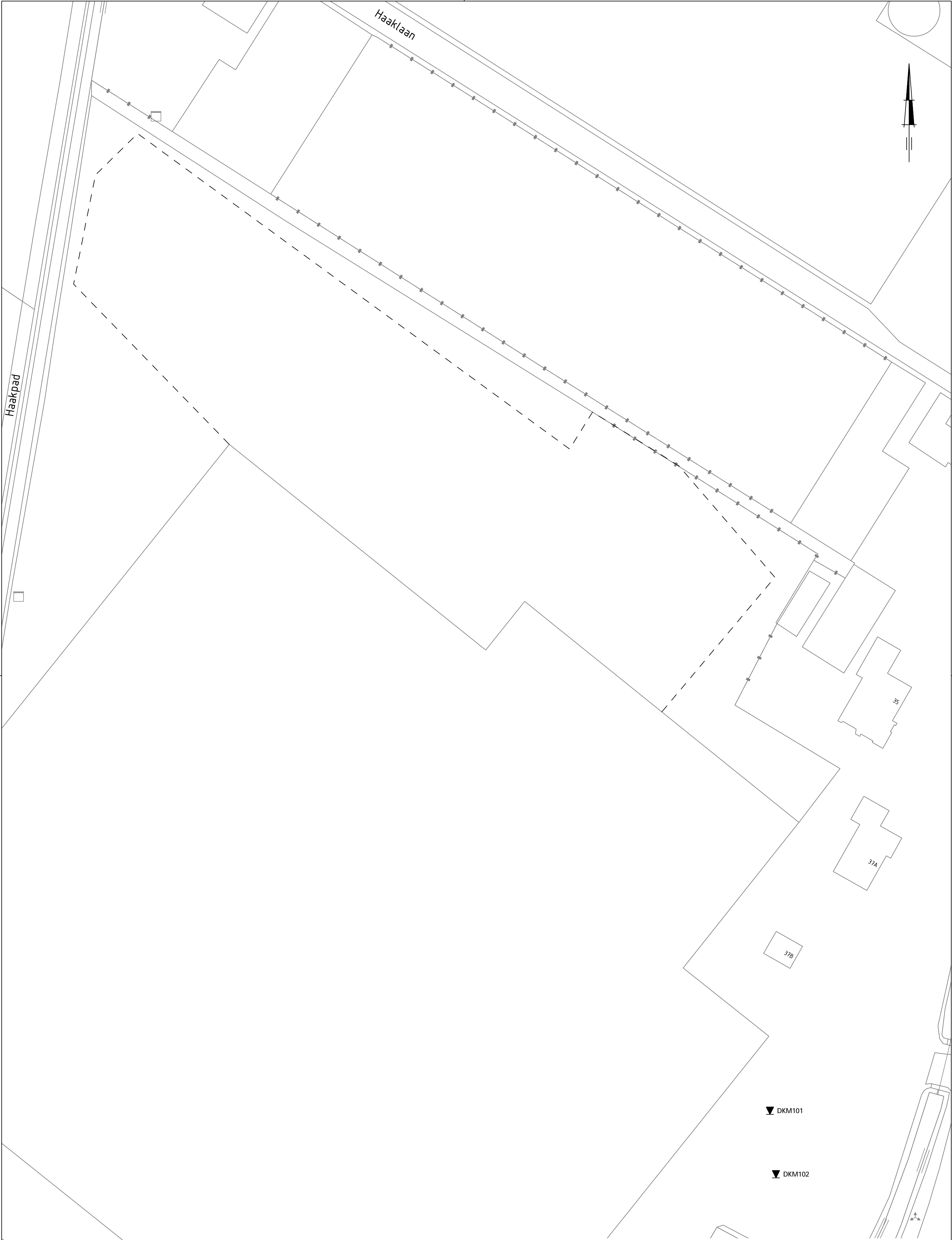
1. Rapportageoverzicht
2. Situatiekening(en)
3. Onderzoeksdata
4. Toelichting geotechnisch onderzoek
5. Continu elektrisch sonderen
6. Legenda terreinproeven

---

## Rapportageoverzicht

**Projectnaam:** Nieuwbouw woning aan het Haakpad te Hoek van Holland  
**Fugro-projectnr.:** 9020-0222-000

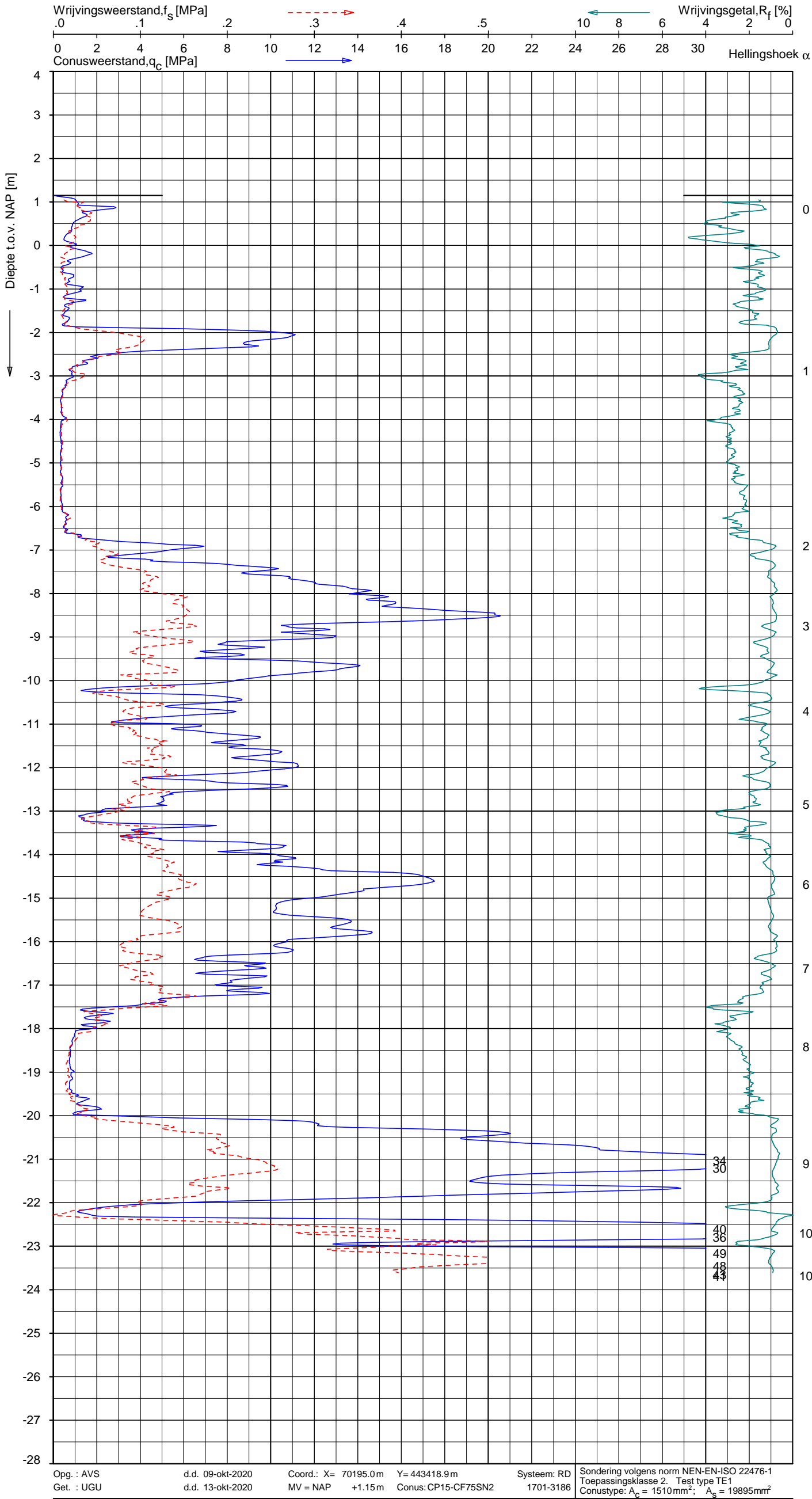
Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m)	Grondwater- stand (m)	Opmerking
	X	Y	t.o.v. NAP	t.o.v. NAP	
DKM101	70195.0	443418.9	+1.15	+0.65	
DKM102	70196.2	443405.9	+1.21		



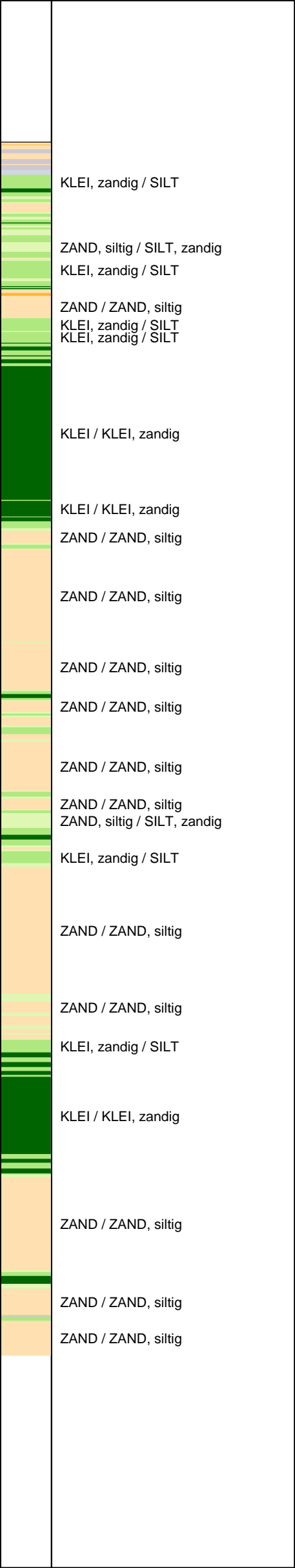
<div><div>Fugro</div><div>Kantoor Leidschendam Veurse Achterweg 10 2264 SG Leidschendam</div><div>Tel: 070 - 3 111 333 Fax: 070 - 3 277 091 www.fugro.nl</div></div>			Revisie
			Schaal 1 : 500
SITUATIE			0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 m
NIEUWBOUW KASSENCOMPLEXEN AAN HET HAAKPAD			Formaat A2 594x420
Getekend LM	Datum 12-10-2020	Status DEFINITIEF	Projectnummer 9020-0222-000 Bijlage 1.3

V:\psb\4601\ad\Fugro.com\FG5BV\data\Projecten\90\9020-0222-000\21\_Uitvoering\_Terreinonderzoek\10\_Basisgegevens\9020-0222-000\_1.dwg





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

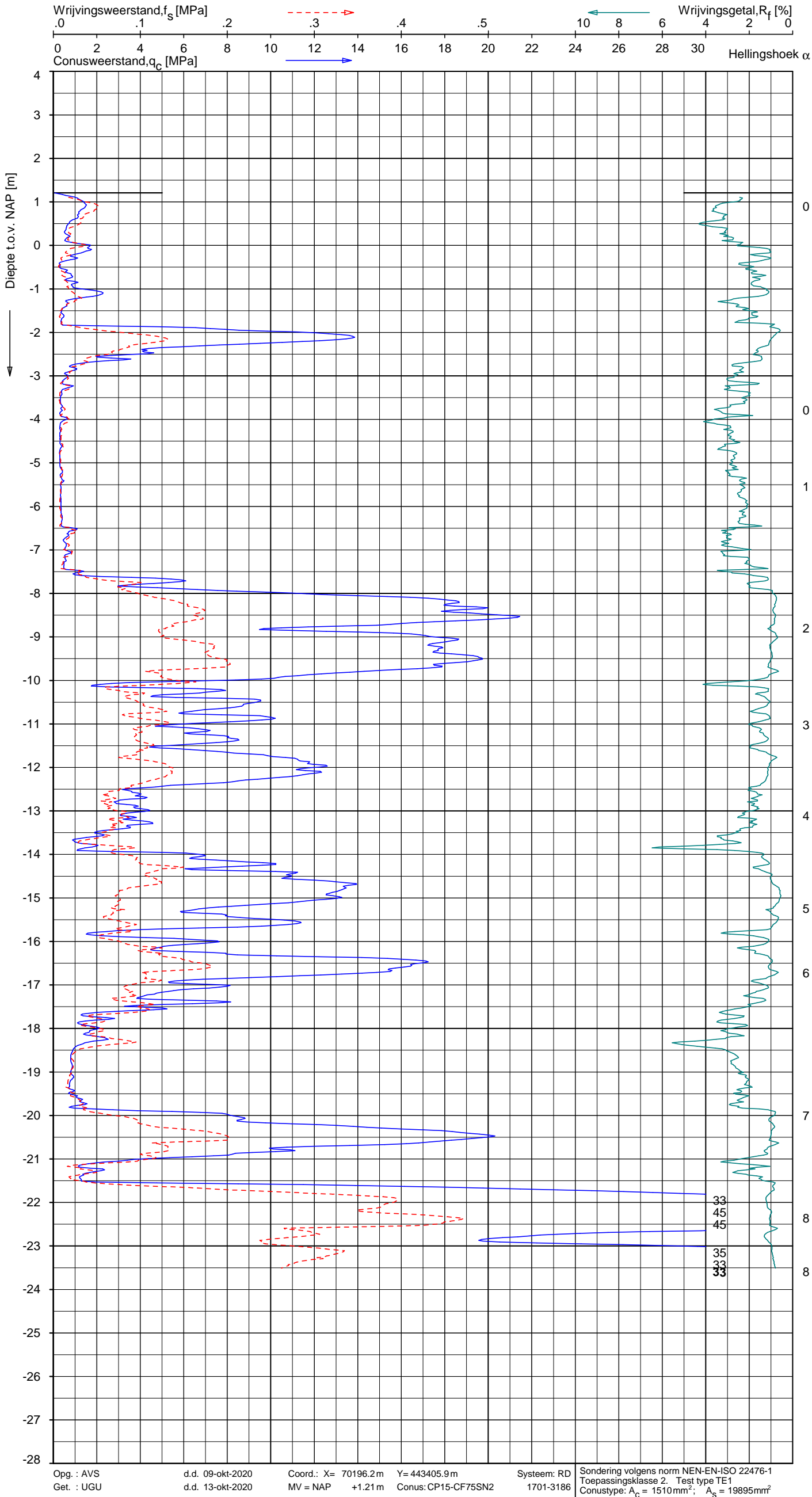


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

NIEUWBOUW KASSENCOMPLEXEN AAN HET HAAKPAD TE HOEK VAN HOLLAND

Opdr. 9020-0222-000  
Sond. DKM101





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

---

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

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 *beneden* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

Tabel 1: Wrijvingsgetal per grondsoort

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

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

## Presentatie sondeergegevens

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens Robertson [1990]<sup>†</sup>, 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:

$$= \frac{\sigma'_{v0}}{q_c}$$

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal

$$= \frac{100 \cdot f_s}{q_c}$$

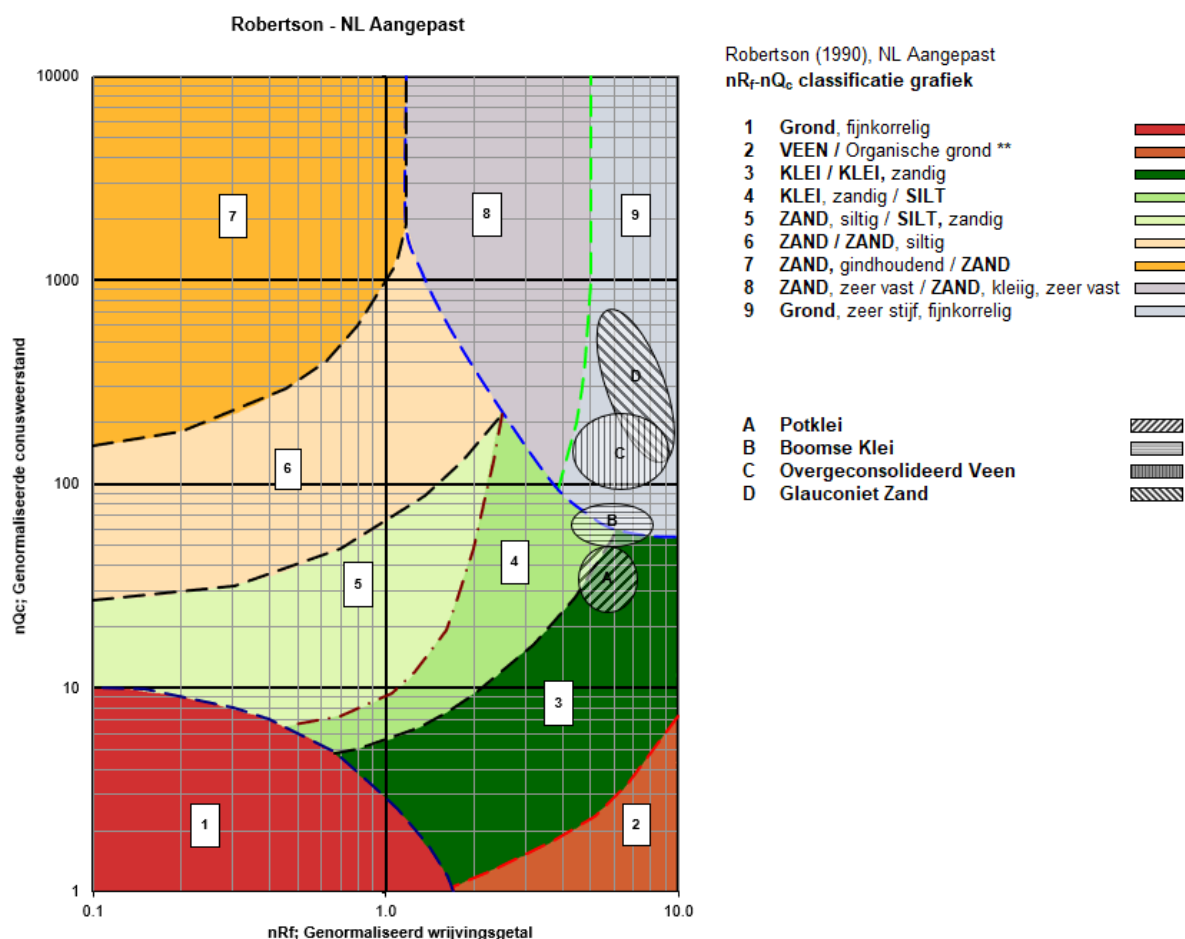
Vergelijking 2

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

<sup>†</sup> 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.



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

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

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

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

## Andere conustypen

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

Tabel 2: Overzicht andere conustypen met toepassingsmogelijkheden

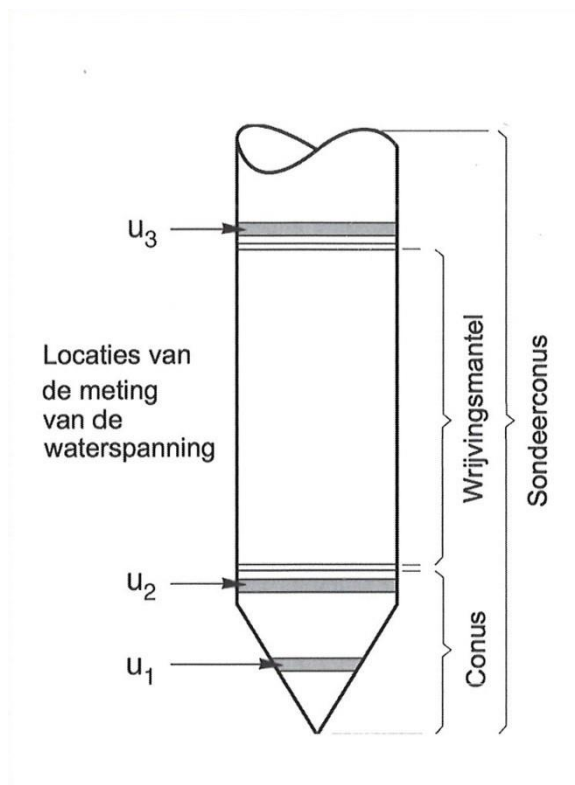
Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen; indicatie stijghoogte grondwater; classificatie / gelaagdheid bodem.
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	blindgangeronderzoek; onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers); onderzoek paalpuntniveau / schoorstand funderingspalen; onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens; onderzoek verspreiding verontreiniging.
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem; bepaling temperatuurgradient.
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen; windturbinefunderingen.
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen; verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/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 ontlucht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraam, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

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

### Interpretatie

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

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

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

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

### Wateroverspanningsindex $B_q$

Met de 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:

$$= \frac{\beta \cdot (u_1 - u_2)}{q_c - q_0}$$

Vergelijking 3

$$= \frac{(u_1 - u_2)}{q_c - q_0}$$

Vergelijking 4

Waarin:

- = 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);
- =  $q_0$  = netto conusweerstand
- =  $q_c + (1 - \beta) \cdot \{ (u_1 - u_2) + q_0 \}$  voor een filter in de conuspunt
- =  $q_c + (1 - \beta) \cdot u_2$  voor een filter direct achter de conuspunt
- $u_0$  = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m<sup>3</sup> en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- $u_1$  = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing in de punt;
- $u_2$  = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing achter de punt;
- $u_0$  = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de  $\beta$ -factoren in tabel 3 gegeven.

**Tabel 3:  $\beta$ -factor per grondsoort**

Grondgedrag	$\beta$ -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
<b>Opmerking:</b> * = 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 <sup>a</sup>	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 <sup>d</sup> 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.

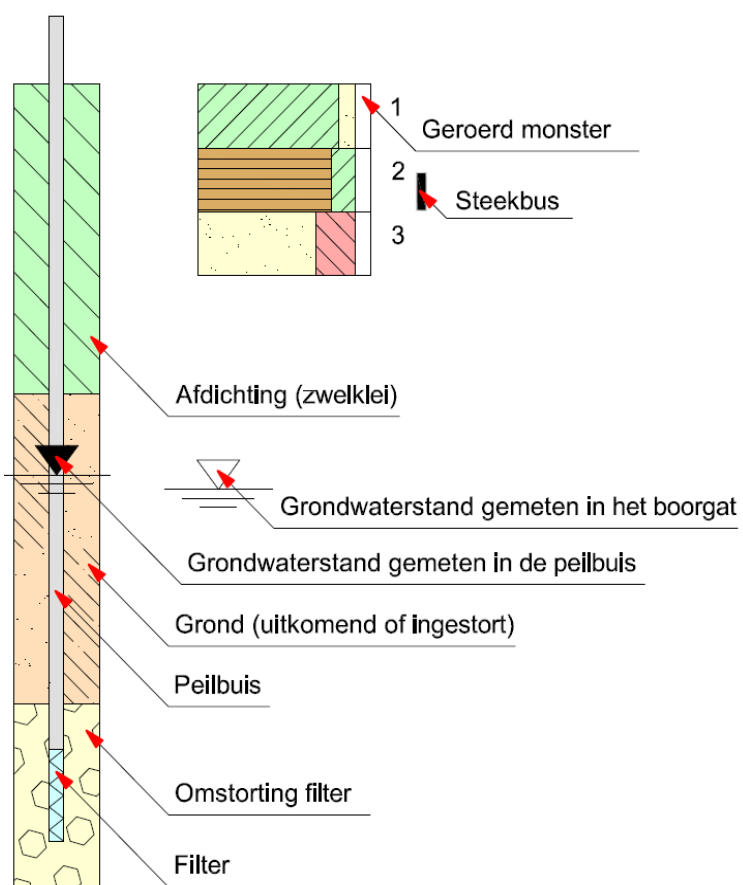
Voor sondering in toepassingklasse 1 worden speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik toegepast. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van recente kalibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

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
<b>Overige symbolen</b>			Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
	Meetpunt		Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
	Hoogtemaat		Hellingmeterbuis uitgevoerd
<b>Type sonderingen</b>		<b>Toegevoegde metingen</b>	
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



# Bijlage B

---

## Uitvoering



## B.1 Uitvoering heiwerk

---

## Uitvoering heiwerk

### Algemene richtlijnen

Voor algemene richtlijnen betreffende het heien van de palen wordt verwezen naar *NEN-EN 12699 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen*.

Daarnaast wordt verwezen naar de principes:

- voor prefab betonpalen: de KIWA beoordelingsrichtlijn BRL 2357 d.d. 14-03-2002;
- voor vibropalen: de KIWA beoordelingsrichtlijn BRL 2356 d.d. 01-06-1992, bijlage C *Werkwijze bij het vervaardigen van ingeheide en schokkend of trillend getrokken palen* en de Nederlandse voornorm NVN 6724, maart 2001, *Voorschriften Beton – In de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel*.

Toezicht dient plaats te vinden op basis van CUR Aanbeveling 114 'Toezicht op de realisatie van paalfunderingen'. In het bijzonder dient op de volgende aspecten te worden gelet.

### Heivolgorde

De eerste paal van het project dient te worden geheid ter plaatse van een sondering aangezien de draagkracht van de palen berekend is met behulp van sonderingen.

De relatie van het heigedrag met het sondeerbeeld kan worden vastgesteld door het aantal slagen per 0,25 m paalzakking te registreren (kalenderen). Het bij de eerste sondering gevonden kalenderbeeld wordt als maatstaf voor de overige palen genomen. Van iedere paal dient derhalve, over het traject in de draagkrachtige zandlaag, de kalender te worden opgenomen. Voor iedere volgende sondering is het noodzakelijk om het kalenderbeeld te controleren en zo nodig de maatstaf bij te stellen.

Bij een verschil in inheiniveau tussen de sonderingen, verdient het aanbeveling het heiwerk aan te vangen bij het diepste niveau. Aangezien dan van "laag naar hoog" wordt geheid is een betere controle mogelijk op het benodigde inheiniveau voor de overige palen.

Bij het heien van grote groepen palen dient 'van binnen naar buiten' te worden gewerkt. Door het verdichten van zandlagen, kan een andere volgorde onnodig zwaar heiwerk tot gevolg hebben.

### Heibaarheid en kalenderwaarden (slagcijfers)

Voor de onderhavige grondslag dient een zodanige configuratie van paal en heiblok te worden gekozen, dat tijdens de uitvoering van het heiwerk kalenderwaarden of slagcijfers van ca. 15 à 25 slagen per 0,25 m worden genoteerd.

Voor een goede beoordeling van het heigedrag en controle op de juiste inheidiepte, dienen de kalenderwaarden bij voorkeur over de gehele hoogte van de draagkrachtige zandlaag (positieve kleeft zone) te worden genoteerd. Mede omdat de positieve kleeft veelal een geringe invloed op de kalender heeft, maar wel een grote bijdrage in de draagkracht kan hebben, dient de maatgevende kalender te

worden bepaald aan de hand van het heigedrag ter plaatse van de sonderingen. Het kalenderbeeld bij de sonderingen is dan een referentie voor de paallocaties tussen de sonderingen.

Aanbevolen wordt om voorafgaand aan het heiwerk een indicatie van de te verwachten kalenderwaarden te bepalen, zodat een goede heikbaarheid en probleemloos heigedrag te verwachten is. Desgewenst kan Fugro een heikbaarheidsprognose uitvoeren.

## Afwijkende kalenderwaarden

Een afwijkende kalender kan worden veroorzaakt door de bodemopbouw of door paalbreuk. Ook andere factoren kunnen van invloed zijn op de kalenderwaarde, waarbij niet altijd sprake hoeft te zijn van een afwijkende draagkracht, zoals hieronder is aangegeven:

Factor	Kalender	
	Hoger	Lager
■ natte of oude mutsvulling		x
■ wisselende energieafgifte van het blok	x	x
■ andere pompzetting	x	x
■ wijziging in de weersomstandigheden waardoor de koeling verandert: ■ warmer weer ■ kouder weer	x	x
■ verdichting zandpakket	x	
■ tijdelijke wateroverspanning tijdens het heien		x

Een in vastheid wisselende tussen- of bovenzandlaag kan eveneens tot afwijkende kalenderwaarden leiden. Bij houten palen met betonopzetter kan een vaste bovenzandlaag leiden tot een hoge kalender zonder dat sprake is van een hogere draagkracht.

Bij een lage kalenderwaarde kan sprake zijn van een te lage draagkracht. Bij twijfel is het noodzakelijk contact op te nemen met de constructeur en de grond mechanisch adviseur. In onderling overleg kan dan tot één of meer van de volgende maatregelen worden besloten:

- het na-heien van palen, waarbij over een traject van 0,25 m het aantal slagen per 0,05 m paalzakking wordt geregistreerd; op deze wijze kan worden onderzocht in hoeverre wateroverspanning de oorzaak is;
- het uitvoeren van controlesonderingen, om te onderzoeken in hoeverre een afwijkende bodemopbouw de oorzaak is;
- het akoestisch doormeten van de paal om eventuele paalbreuk op te sporen;
- het uitvoeren van een dynamische en/of statische proefbelasting om de werkelijke draagkracht van de paal vast te stellen.

Uitgebreide informatie over de uitvoering van paalfunderingen, het dynamisch proefbelasten en het akoestisch doormeten van palen is gegeven in onze brochures, welke op aanvraag beschikbaar zijn.

Gezien de vele factoren die een heiwerk kunnen beïnvloeden, is deskundig toezicht een vereiste. Van iedere paal dienen alle van belang zijnde gegevens te worden geregistreerd. Dit betreft niet alleen de

kalender en het uiteindelijke inheinniveau, doch ook zaken als het type heiblok, de afstelling van het heiblok, de heivolgorde, het tijdstip, het gebruik van een nieuwe mutsvulling, de paallengte, het eventueel doorheien met een stalen oplanger, het maaiveld- resp. werkniveau, een eventuele bemaling tijdens het heiwerk en andere relevante gegevens.