

## Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer

Onderzoeksvraag 4 Wrijvingskracht LDE in  
venige grond

projectnummer 413509  
definitief revisie 03  
1 maart 2019

# Inhoudsopgave

Blz.

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Situatie en achtergrond	1
1.2	Vraag- en doelstelling van de proeven en de pilotproef	1
1.3	Doel in situ proef in Broek in Waterland	1
1.4	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>Concept JLD-Dijkstabilisator</b>	<b>3</b>
2.1	Beschrijving van de JLD-Dijkstabilisator	3
2.2	Conceptuele werking	4
<b>3</b>	<b>Onderzoekopzet wrijvingskracht LDE in veen</b>	<b>6</b>
3.1	Locatie praktijkproeven	6
3.2	Praktijkproeven	7
3.3	Leemten in kennis	7
3.4	Onderzoeksvragen interactieproeven	8
<b>4</b>	<b>Situatiebeschrijving</b>	<b>9</b>
4.1	Bodemopbouw	9
4.1.1	Bodemkaart	9
4.1.2	Uitgevoerd veldonderzoek	9
4.1.3	Bodembeschrijving op basis van uitgevoerd onderzoek	10
4.1.4	Bodemopbouw op basis van langprofielen	11
4.2	Water	12
4.2.1	Oppervlaktewater	12
4.2.2	Grondwaterstand	12
<b>5</b>	<b>Opzet en uitvoering interactieproeven</b>	<b>13</b>
5.1	Plaatsingswijze JLD-Dijkstabilisator	13
5.2	Proefopstelling	15
5.3	Meetwijze	16
5.3.1	Meetapparatuur	19
5.4	Proevenserie: kort LDE 5,5 m	20
5.4.1	Algemeen	20
5.4.2	Kruip	20
5.4.3	Kracht	21
<b>6</b>	<b>Analyse</b>	<b>24</b>
6.1	Bepalen wrijvingskracht LDE-element in cohesieve lagen	24
6.2	Relatie pullout-kracht en wrijving in de grond	24
6.3	Verklarend model relatie sondering en pull-outkracht	25
6.4	Verplaatsing versus pull-outkracht in klei en veen	27

6.5	Nieuwe relatie interactie kracht	28
6.6	Beschouwing invloed droge zomer 2018	29
<b>7</b>	<b>Conclusie</b>	<b>32</b>
7.1	Hypothese	32
7.2	Praktijkproef	32
7.3	Resultaat	33
7.4	Controle omstandigheden	33

## **Bijlage 1 Boringen en sonderingen**

# 1 Inleiding

## 1.1 Situatie en achtergrond

De JLD-Dijkstabilisator is een nieuwe dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid, bewijsbaarheid van deze methode is een pilotproject in Watergraafsmeer met praktijkproeven opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een positief advies van de ENW voor het toepassen van de JLD-Dijkstabilisator in primaire en regionale keringen. Het pilotproject wordt uitgevoerd in samenwerking met het Hoogwaterbeschermingsprogramma, de POV-Macrostabieliteit en Waterschap Amstel, Gooi en Vecht.

Binnen het project Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer wordt naast het opstellen van een ontwerp en het aanbrengen van de JLD-Dijkstabilisatoren ook onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de verdere ontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator.

Dit document behandelt de resultaten en analyses van de proeven die uitgevoerd zijn in Broek en Waterland met betrekking tot onderzoeksvraag 4.

## 1.2 Vraag- en doelstelling van de proeven en de pilotproef

De hoofdvraag van de proeven en het pilotproject is de vraag of de JLD-Dijkstabilisator aantoonbare meerwaarde heeft bij het stabiel maken van dijken. Daarbij spelen twee zaken:

- De JLD-Dijkstabilisator dient ontwerpbaar te zijn;
- De JLD-Dijkstabilisator en het effect ervan dient aantoonbaar te zijn.

Daarnaast zijn er diverse kennisleemten met betrekking tot de optredende interactiekrachten bij het toepassen van de JLD-Dijkstabilisator. Doel van het geheel van de proeven is: het geven van een betrouwbaar beeld van de werking van de JLD-Dijkstabilisator. De proeven worden door middel van monitoring gevolgd.

De specifieke onderzoeksvraag 4 is als volgt geïnterpreteerd: *Wat is de interactie kracht (schuifkracht langs het LDE element) in venige grond?*

## 1.3 Doel in situ proef in Broek in Waterland

De interactiekrachten die optreden tussen het LDE en de (venige) ondergrond zijn onbekend. In de bestaande literatuur zijn er verschillende opvattingen over het verband tussen veenlagen en schuifkracht of –weerstand. In de NEN 9997-1 2016 wordt voor het bepalen van het schachtwrijvingsvermogen van heipalen nihil sterkte toegekend aan veenlagen. Dit zou betekenen dat aan het LDE geen wrijvingskracht mag worden toegekend voor de veenlagen.

Het belangrijkste doel van de proef in Broek in Waterland is dan ook het bepalen of, en zo ja hoeveel, wrijvingskracht aan het LDE toegekend mag worden. Concreet betekent dit dat de succesfactoren de volgende zijn:

- Uitvoeren van reproduceerbare proeven;
- Een relatie kunnen leggen tussen de sondeerwaarde en de meetresultaten en op basis hiervan de ontwerpregel, zoals gevonden bij de praktijkproef in Purmerend [1], valideren of aanpassen.
- Vergelijking maken tussen meetwaarden van de uittrekkkracht en predicties van de opneembare trekkkracht;

## 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk twee is de werking van de JLD JLD-Dijkstabilisator toegelicht. De kenmerken van de JLD JLD-Dijkstabilisator en de conceptuele werking van de elementen is verder uiteengezet. In hoofdstuk drie is de onderzoeksopzet van onderzoeksvraag 4 opgenomen en verder toegelicht. In hoofdstuk vier is de situatie ter plekke van de uitgevoerde proef beschreven. De locatie, bodemopbouw en grondwaterstanden zijn belangrijk om de resultaten van de proef op een goede manier te kunnen interpreteren. Vervolgens zijn in een hoofdstuk vijf de opzet en uitvoering van de proeven beschreven. Daarna zijn in hoofdstuk zes analyses gemaakt van de resultaten van de proeven. Als laatste is in hoofdstuk zeven de conclusie opgenomen.

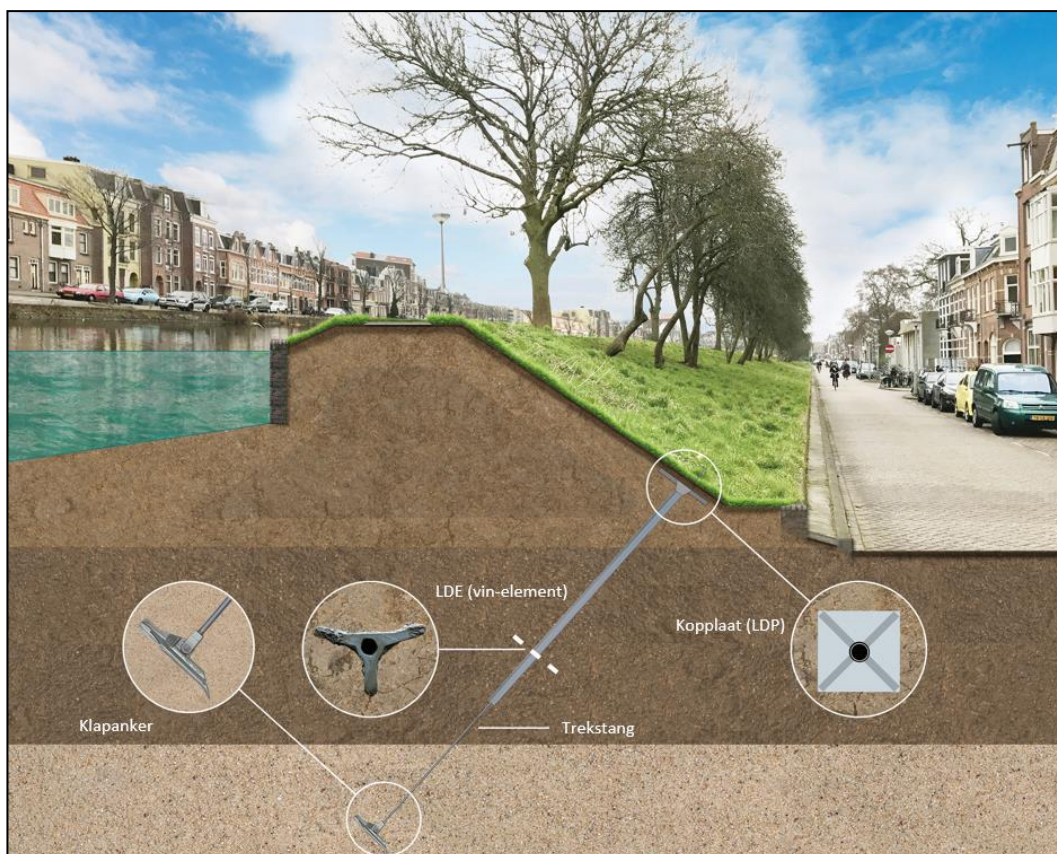
## 2 Concept JLD-Dijkstabilisator

### 2.1 Beschrijving van de JLD-Dijkstabilisator

De JLD-Dijkstabilisator is een vernagelingstechniek, die gebruik maakt van een klpanker de binnenwaartse stabiliteit van een dijk te verbeteren. Een klpanker wordt in het binnentalud onder een hoek in de bodem gebracht. Deze zorgt ervoor dat een trekkracht naar de ondergrond kan worden overgebracht. Daardoor wordt de JLD-Dijkstabilisator niet uit de grond getrokken.

Het systeem is opgebouwd uit vier onderdelen (zie Figuur 2-1):

1. Klpanker;
2. Trekstang (verbindt klpanker met kopplaat);
3. LDE (vin-element dat over de trekstang wordt geschoven);
4. LDP (kopplaat waaraan de trekstang op maaiveld wordt bevestigd).



*Figuur 2-1: Overzicht elementen JLD-Dijkstabilisator.*

Het klpanker is middels een schroefverbinding aan de trekstang verbonden. Het klpanker en de trekstang worden met een drijfslag op diepte gebracht. Over de trekstang wordt het LDE-element geschoven. De uitvoeringswijze is dus grondverdringend. Op het maaiveld wordt de trekstang bevestigd aan de kopplaat met een moer. Door met een moer op de kopplaat de trekstang aan te spannen kan voorspanning op het systeem worden gezet. Het LDE element kan

‘vrij’ over de trekstang schuiven (buiten de grondweerstand) en wordt dus niet onder voorspanning gezet. Hieronder wordt kort de werking van de verschillende onderdelen van de JLD-Dijkstabilisator beschreven.

### Trekstang en klapanker

De trekstang en het klapanker zorgen voor de verankering van het systeem in een vaste zandlaag. Samen met de kopplaat kan hiermee ook voorspanning op het systeem worden gezet.

### LDE (vin-element)

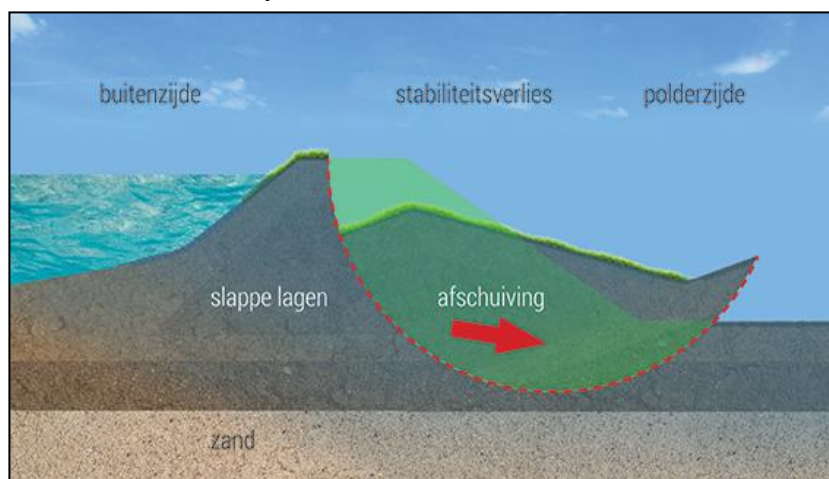
Het LDE steekt door het verwachte bezwijkvlak. Dit zorgt er voor dat een deel van de kracht van het afschuifvlak wordt overgebracht naar de trekstang en daarmee naar het klapanker en de kopplaat (LDP). Tevens zorgt het LDE voor een oppervlaktevergroting ten opzichte van de ankerstang waardoor de grond minder makkelijk langs het element kan vloeien/snijden. Hierdoor kan het LDE krachten vanuit het actieve deel van het bezwijkvlak opnemen. Dit betreft dwarskrachten (deuvelwerking) en schuifkrachten (nagelwerking).

### LDP (kopplaat)

Op het maaiveld wordt de LDP kopplaat geplaatst. Deze zorgt ervoor dat het actieve deel van het bezwijkvlak ‘aan de kopplaat kan gaan hangen’. De kopplaat zet de krachten vanuit de grond om in een normaalkracht op de trekstang en het anker. Daarnaast zorgt de kopplaat er samen met de trekstang en het klapanker voor dat er voorspanning op het systeem gezet kan worden. Hierdoor kan actief sterkte aan de kering worden toegevoegd zonder dat de trekstang eerst moet rekken voordat deze weerstand gaat bieden.

## 2.2 Conceptuele werking

De JLD-Dijkstabilisator is geënt op het verbeteren van de binnenwaartse stabiliteit. Bij binnenwaartse stabiliteit wil het binnentalud van de dijk afschuiven. Een typische Nederlandse situatie is weergegeven in Figuur 2-2. Daar is te zien dat de dijk bestaat uit slappe lagen op een zandige ondergrond. Wanneer belastingen, zoals hoge waterstanden en verkeer, groter zijn dan de sterkte zal een bezwijkvlak ontstaan.



Figuur 2-2: Werking bezwijkmechanisme binnenwaartse (in)stabiliteit.

De JLD-Dijkstabilisator bestaat uit een reeks constructieve elementen die in de dijk worden geplaatst. Door de JLD-Dijkstabilisator dwars op het potentiële glijvlak te plaatsen wordt een constructief element toegevoegd aan de dijk. Dit element zal krachten leveren die het bezwijken van de dijk tegengaan. Dit is weergegeven in de onderstaande opsomming.

De JLD-Dijkstabilisator verhoogt de weerstand tegen afschuiven op een aantal manieren:

1. Bij verplaatsing van de grond langs het LDE ontwikkelen zich schuifkrachten (nagelwerking).
2. Het LDE fungeert in de grond als een stijf element dat dwarskrachten op kan nemen. Het LDE zal vervorming in het actieve deel van het bezwijkvlak tegen willen gaan. Hierdoor ontwikkelt zich dwarskracht in het LDE. Boven het LDE ontstaat boogwerking in de grond. Het gevolg hiervan is dat het invloedsgebied van het LDE op het afschuifgedrag groter is dan de breedte van het LDE zelf. Bij het toepassen van de JLD-Dijkstabilisator in serie met een vaste h.o.h.-afstand wordt het gehele afschuifvlak hierdoor versterkt. In het ontwerp dient wel te worden gecontroleerd dat de spanningen in de grond niet zo hoog worden dat het LDE door de grond gaat 'snijden'.
3. Door de grond tussen het klapanker en de kopplaat voor te spannen, wordt de effectieve korrelspanning vergroot. Aangezien de voorspanning langere tijd op het systeem staat zal ook de grensspanning toenemen. Door beide effecten neemt ook de opneembare schuifkracht in de grond toe. Het effect van de verhoging van de grensspanning is blijvend, ook als de voorspanning op termijn door consolidatie uit de JLD-Dijkstabilisator verdwijnt. Voor het effect van de verhoogde effectieve korrelspanning is het noodzakelijk dat de voorspanning aanwezig blijft. Dit betekent ook dat samendrukbare grond blijvend op spanning gehouden moet worden. Daardoor is een permanente periodieke beheerinspanning nodig om de voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator terug te brengen op het oorspronkelijke niveau. De voorspanning 'verbetert' derhalve de grondeigenschappen rondom een LDE waardoor de schuifsterkte langs het anker kan worden vergroot. Daarnaast zorgt de voorspanning ervoor dat het systeem direct reageert en er niet eerst vervormingen van de ondergrond nodig zijn om de schuifspanning te mobiliseren. Door de voorspanning wordt de JLD-Dijkstabilisator namelijk tegen de dijk aangetrokken.
4. Het talud kan door het klapanker aan de kopplaat 'gaan hangen'. Het klapanker zit immers verankerd in de vaste zandlaag. Hierdoor moet de grond bij bezwijken of langs de kopplaat vloeien of een grotere trekkracht uitoefenen dan het klapanker kan opnemen.



### 3 Onderzoekopzet wrijvingskracht LDE in veen

Voor het bepalen van de wrijvingskracht LDE in veen is een stappenplan gevolgd, namelijk:

- Predictie van wrijvingskracht in veen op basis van literatuur en vergelijking van Purmerend
- Uitvoeren van proef
- Vergelijken predictie en resultaten proef
- Fitten van vergelijking van Purmerend

#### 3.1 Locatie praktijkproeven

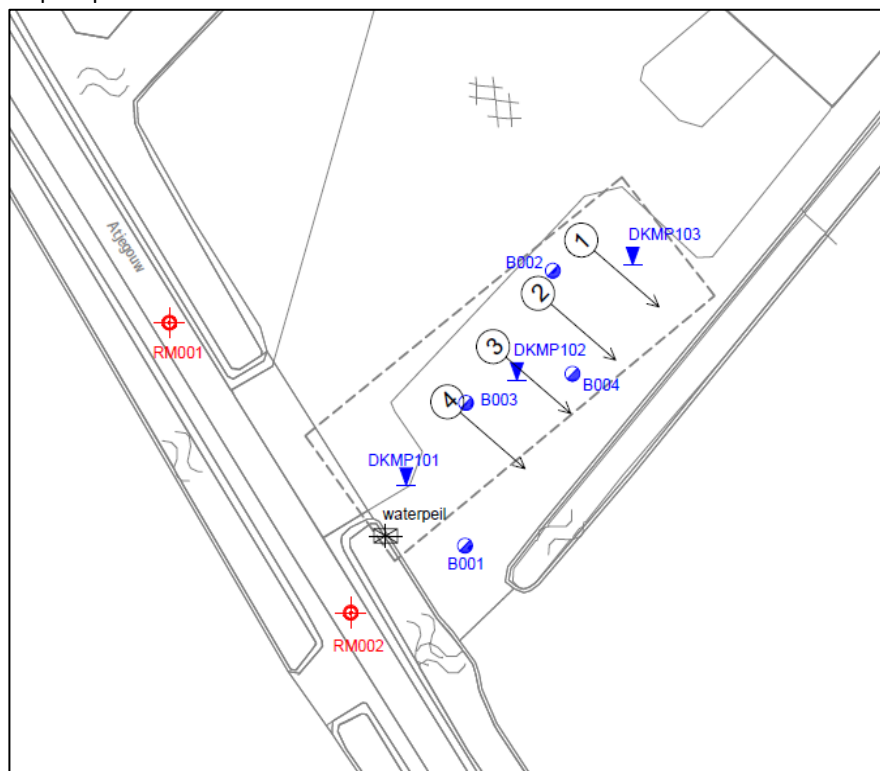
Figuur 3-1 geeft een impressie van de locatie waar de proeven te Broek in Waterland hebben plaatsgevonden. De locatie bevindt zich op een agrarisch terrein aan de Atjehgouw in de gemeente Broek in Waterland.



Figuur 3-1: Impressie locatie interactieproeven

## 3.2 Praktijkproeven

Er is 1 type praktijkproef uitgevoerd voor het bepalen van de interactiekracht in venige grond, namelijk interactieproeven. Er zijn vier interactieproeven uitgevoerd en deze zijn weergegeven in Figuur 3-2. Daarin is de richting van het LDE aangegeven met een pijl. De plek van de pijl is het diepste punt.



Figuur 3-2: Plattegrond nieuw onderzoek, met positie JLD JLD-Dijkstabilisator

## 3.3 Leemten in kennis

De interactiekrachten die optreden tussen het LDE en de (venige) ondergrond zijn onbekend. In de bestaande literatuur zijn er verschillende opvattingen over het verband tussen veenlagen en schuifkracht of –weerstand. In de NEN 9997-1 2016 wordt voor het bepalen van het schachtwrijvingsvermogen van heipalen nihil sterkte toegekend aan veenlagen. Dit zou betekenen dat aan het LDE geen wrijvingskracht mag worden toegekend voor veenlagen. Voor klei met een conusweerstand onder de 2MPa mag wel sterkte worden toegekend, echter aan dat criteria zit geen ondergrens. Dat zou kunnen betekenen dat voor zeer slappe klei wel sterkte mag worden toegekend en voor ('sterk')veen nooit.

Bovenstaande duidt op verschil in opvattingen, het is daarom voor het bepalen van de schuifweerstand van het LDE en het in rekening brengen van deze schuifweerstand niet

eenvoudig om een eenduidig antwoord te geven. Wel is een predictie gemaakt van de te verwachten schuifweerstand op basis van verschillende literatuurbronnen zie hieronder.

### Maximale trekkracht

Voorafgaand aan het uitvoeren van de praktijkproeven is op locatie grondonderzoek uitgevoerd (Wiertsema & Partners, 2017). Op basis van de uitkomsten van deze proeven is een predictie van de pull-out kracht uitgevoerd. In de basis wordt uitgegaan van de relatie tussen de sondeerweerstand en de maximale trekkracht die gevonden is bij de interactieproeven in Purmerend 2015 (Antea Group, 2015). Daarnaast is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de bandbreedte in beeld te brengen. Deze analyse wordt gemaakt op basis van vigerende literatuur (Dijkvernageling en NEN9997-1).

Tabel 3-1 bevat de resultaten van de gevoeligheidsanalyse voor de maximale trekkracht.

Tabel 3-1: Predictie pull-out kracht Broek in Waterland

Method	Lengte	Omtrek	Qc	a	c	F	Toelichting [bron]
[-]	[m]	[m]	[Mpa]	[-]	[Mpa]	[kN]	[-]
A	5,5	0,68	0,15	0,009	0,1	8,4	Correlatie Purmerend (Antea Group, 2017)
B	5,5	0,68	0,15	0,016	0	9,0	Dijkvernageling Vianen (Witteveen+Bos)
C	5,5	0,68	0,15	0,055	0	30,9	NEN9997-1 o.b.v. wrijvingsgetal (waarde voor sterk zandige leem, zonder de bovengrens) (NEN9997-1)
D	5,5	0,68	0,15	0,020	0	11,2	NEN9997-1 max. slappe klei (waarde voor klei < 2 Mpa.) (NEN9997-1)
E (nihil)	5,5	0,68	0,15	0,000	0	0,0	NEN9997-1 nihil sterkte voor veen (NEN9997-1)

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de maximale trekkracht zich tussen de nihil en de 30 kN bevind. Hierbij geven de meeste resultaten een maximale trekkracht van 9 – 11 kN. Daarom werd bij de proeven een maximale pull-out kracht van 10kN verwacht.

Echter de bandbreedte tussen de verschillende resultaten van de vigerende literatuur geeft aan dat nog veel onzekerheid bestaat voor het bepalen van de schuifweerstand van veen. Mede daarom is deze proef uitgevoerd.

## 3.4 Onderzoeksvragen interactieproeven

De hoofdvraag wordt concreet gemaakt in de volgende doelstelling:

- Het bepalen schuifweerstand van LDE in venige grond;

Naast deze hoofdoelstelling zijn er twee secundaire doelen namelijk:

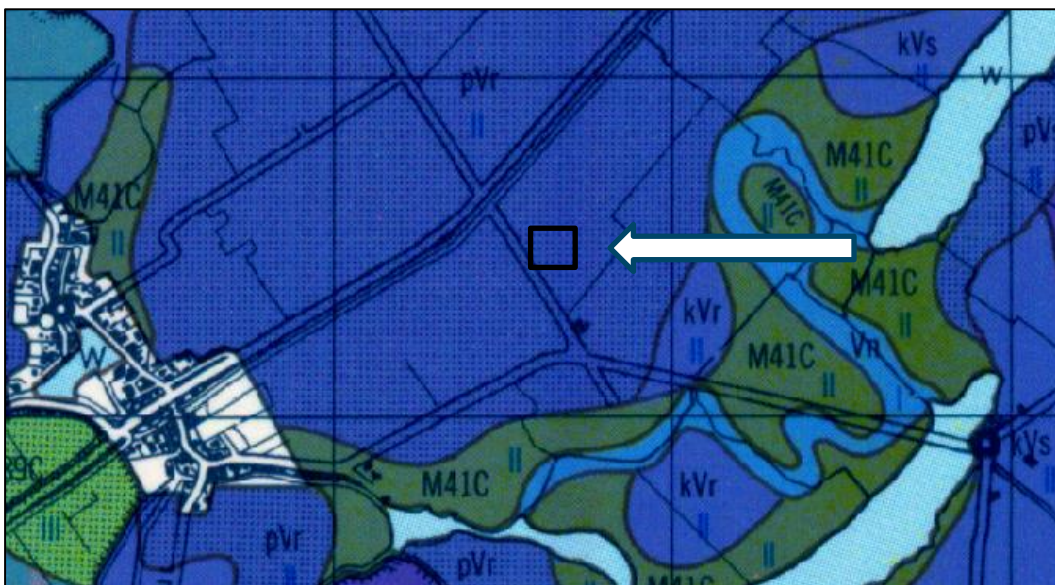
- Verifiëren schuifweerstand bij lage sondeerweerstand;
- Verifiëren van de bestaande methode van Purmerend;

## 4 Situatiebeschrijving

### 4.1 Bodemopbouw

#### 4.1.1 Bodemkaart

De bodemkaart geeft inzicht in de opbouw van de bovenste 1,2 m van de bodem. In Figuur 4-1 is de bodemkaart weergegeven rondom de locatie. Uit deze kaart blijken de volgende zaken. De bodem bestaat voornamelijk uit veen (pVr). Rondom de proeflocatie wordt hoofdzakelijk veen aangetroffen. Iets ten zuiden wordt zware klei op veen aangetroffen.



Figuur 4-1: Bodemkaart proeflocatie

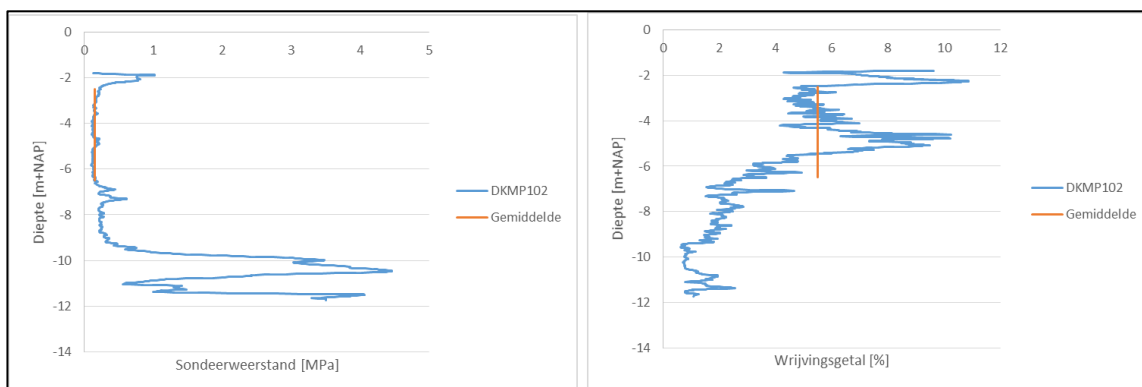
Uit de grondwatertrap ter plekke van de proeflocatie blijkt dat de grondwaterstand dicht onder het maaiveld ligt. Dit is ook te verwachten aangezien het een (veen)polder betreft. Ook rondom de proeflocatie is dezelfde grondwatertrap aangegeven, dit betekent dat de grondwaterstand bij de proeflocatie niet afwijkend is met de omgeving.

#### 4.1.2 Uitgevoerd veldonderzoek

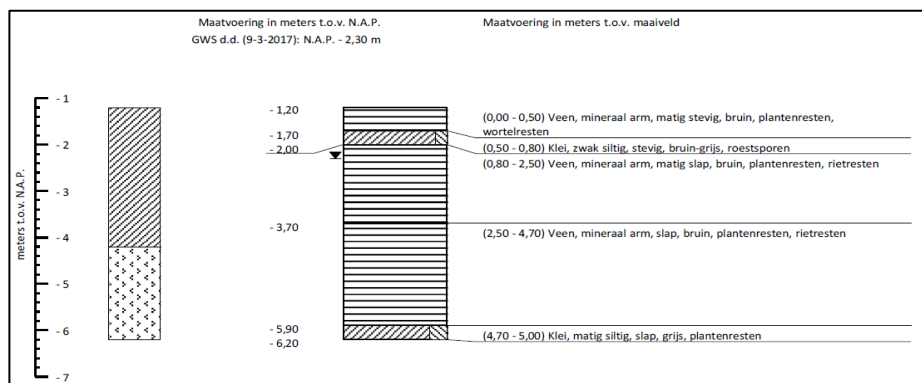
Vooraf van het uitvoeren van de praktijkproeven is eerst aanvullend grondonderzoek uitgevoerd. Er zijn 3 sonderingen en 7 handboringen geplaatst om zo een voldoende onderbouwde grondschematisatie op te stellen. De resultaten van het aanvullend grondonderzoek zijn opgenomen in Bijlage 1. In Figuur 3-2 is een gedeelte van het uitgevoerde aanvullende grondonderzoek te zien.

### 4.1.3 Bodembeschrijving op basis van uitgevoerd onderzoek

Uit de boringen en sonderingen van het aanvullend grondonderzoek blijkt dat de aanwezige veenlaag minimaal 4 meter dik is (tussen NAP -2,0 m en NAP -6,0 m). Onder deze veenlaag is humeuze klei aangetroffen. De dikte van de veenlaag is door het technisch team beoordeeld als voldoende dik om de gewenste resultaten uit de interactieproef te kunnen halen. Voor het bepalen van de interactiekracht tussen het LDE element en de veenlaag zijn er klasse 1 sonderingen uitgevoerd. Hieronder staat in Figuur 4-2 het sonderingsresultaat van sondering DKM102 weergegeven. Daarnaast staat in Figuur 4-3 het boringresultaat van boring B004 beschreven. Overige sonderingen en boringen staan in Bijlage 1.



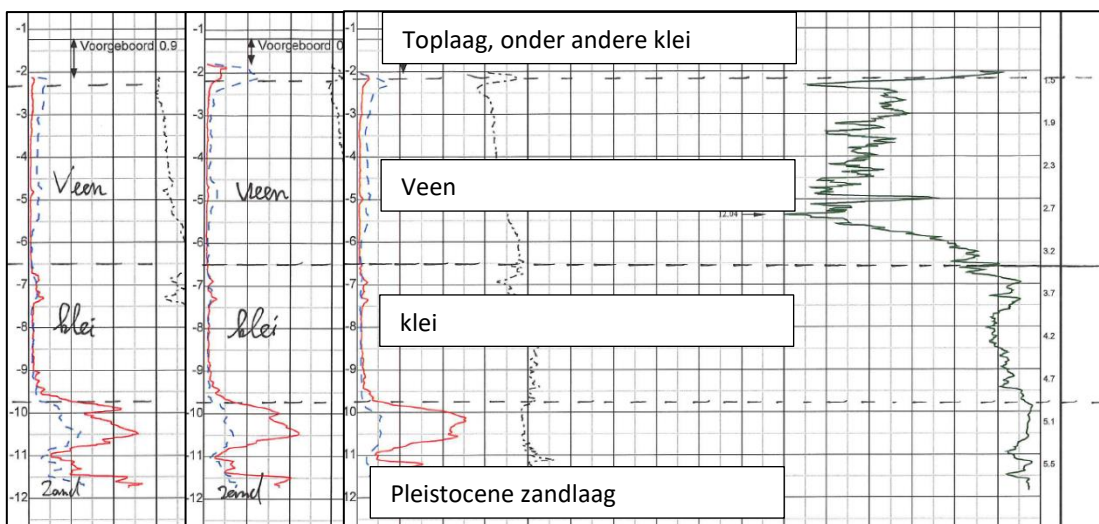
Figuur 4-2: Resultaten sondering DKM102 (bovenste 0,6m onder maaiveld is voorgeboord)



Figuur 4-3: Resultaten boring B004

#### 4.1.4 Bodemopbouw op basis van langspromen

Op basis van het aanvullend grondonderzoek kan een langspromen opgesteld worden. Dit langspromen bestaat uit sondering DKMP101, 102 en 103. De sonderingen zijn weergegeven in Figuur 4-4



Figuur 4-4: van links naar rechts, sondering DKMP101, 102 en 103

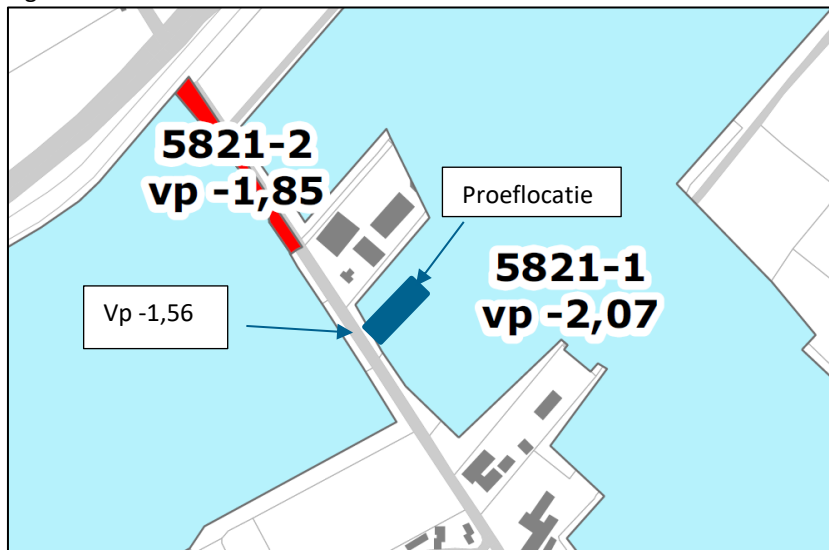
Uit Figuur 4-4 blijkt dat de bovenste laag (uitgezonderd de toplaag) uit veen bestaat. Dit is af te leiden uit het hoge wrijvingsgetal en de boringen. Deze laag veen loopt van maaiveld tot circa NAP -6,5 m. Uit boringen B001, B002, B003 en B004 blijkt dat de veenlaag iets eerder stopt namelijk rond NAP -6,0 m.

Verder blijkt dat vanaf NAP -6,5 m tot NAP -9,75 m een kleilaag aanwezig is, en onder NAP -9,75 een zandlaag aanwezig is.

## 4.2 Water

### 4.2.1 Oppervlaktewater

De oppervlaktewaterpeilen zijn geïnventariseerd aan de hand van de peilenkaart van Hoogheemraadschap Hollands Noorder Kwartier (Peilbesluit Waterlanden, 2013). Daaruit blijkt dat het waterpeil in de sloten aan drie kanten van de proeflocatie een vast waterpeil is van NAP -2,07 m. Aan één kant is het peil een halve meter hoger en bedraagt het NAP -1,56 m zie Figuur 4-5.



Figuur 4-5: Peilbesluit waterlanden, ter plaatse van de Atjehgouw

### 4.2.2 Grondwaterstand

Voor het bepalen van de grondwaterstand in de ondiepe lagen is gebruikt gemaakt van de bodemkaart. De bodemkaart geeft voor het gebied grondwatertrap II aan, zie Figuur 4-1. Dit betekent dat de GHG zich tussen de 0,00 en 0,25 m onder het maaiveld bevindt. Het gebied heeft een maaiveld wat schommelt tussen NAP -1,7 m en NAP -1,9 m. Dit betekent dat de GHG zich op een niveau tussen NAP -1,7 m tot NAP -2,0 m bevindt.

Voor het bepalen van de stijghoogte in de diepe lagen zijn de isohypsen gebruikt. De isohypsen geven aan dat de GWS zich rond NAP -2,5 m zich bevindt, dit komt overeen met de boringen B001 tot B004 welke waarden voor de GWS tussen de -2,2 en -2,5 geven. Omdat de het slootpeil aan alle zijden hoger is dan de GWS is er sprake van wegzijging.

Op basis van deze gegevens kan worden gesteld dat de GHG zich bevindt tussen NAP -1,7 en NAP -2,0 m en de GWS zich bevindt tussen NAP -2,2 en NAP -2,5 m. Aangezien het maaiveld ter plekke van het de proeflocatie is opgehoogd betekent ( maaiveld is NAP -1,0 m) dat de GHG minimaal rond de 70 cm lager is dan het maaiveld.

## 5 Opzet en uitvoering interactieproeven

### 5.1 Plaatsingswijze JLD-Dijkstabilisator

Het proefveld is opgezet als een rechthoek van 25 x 10 m. Daarbij is rekening gehouden met een h.o.h. afstand van 5 m tussen de individuele proeven. Als gekeken wordt naar de onderlinge beïnvloeding van de LDE's is een hart op hart afstand van 2,5 meter voldoende om beïnvloeding uit te sluiten. Echter het te gebruiken trekraam dient aan beide zijden van het LDE minimaal 2,5 meter afstand te houden om beïnvloeding te voorkomen. Daarom zijn de LDE's minimaal 5 meter uit elkaar geplaatst.

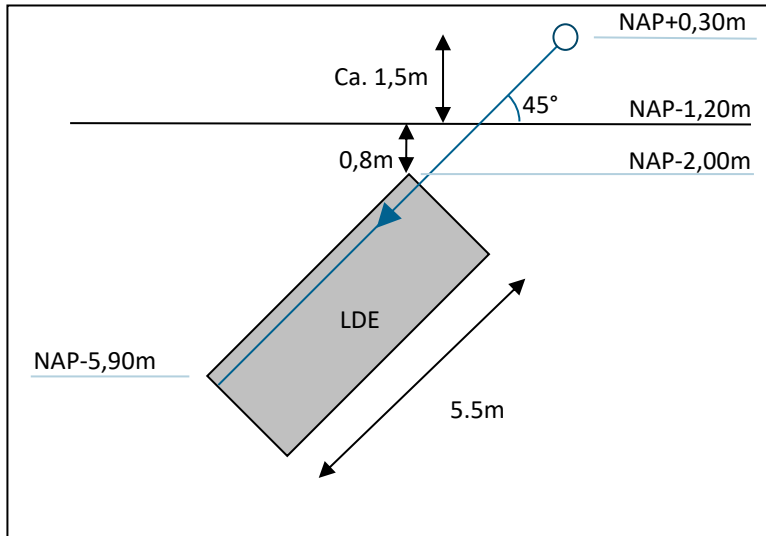
Eerst is de bovenste 0,8m onder het maaiveld in een stuk van 0,5 x 0,5m open gegraven. Dit was nodig om de bovenste kleilaag uit kunnen sluiten in de toetsresultaten zie Figuur 5-1. Vervolgens zijn de LDE elementen van 5,5 m met daarin een GEWI-stang (van ca. 7,5m) geplaatst onder een hoek van 45 graden. De bovenzijde van het LDE element is tot 0,8m onder het oorspronkelijke maaiveld ingebracht.



Figuur 5-1: Weggegraven toplaag bij het LDE, (op moment van einde van de proef)

Er zijn 4 LDE's met een lengte van circa 5,5 meter in de grond aangebracht (zie Figuur 5-2). Omdat ze onder een hoek van 45° worden ingebracht, komen ze tot een diepte van NAP-5,90m.





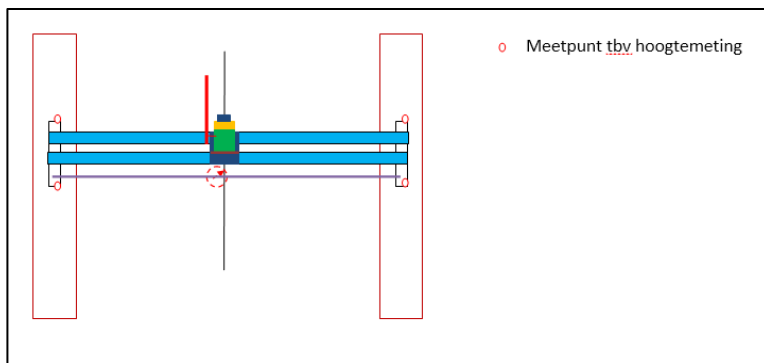
Figuur 5-2: Schets van diepte van het LDE (zij aanzicht) conform monitoringsplan



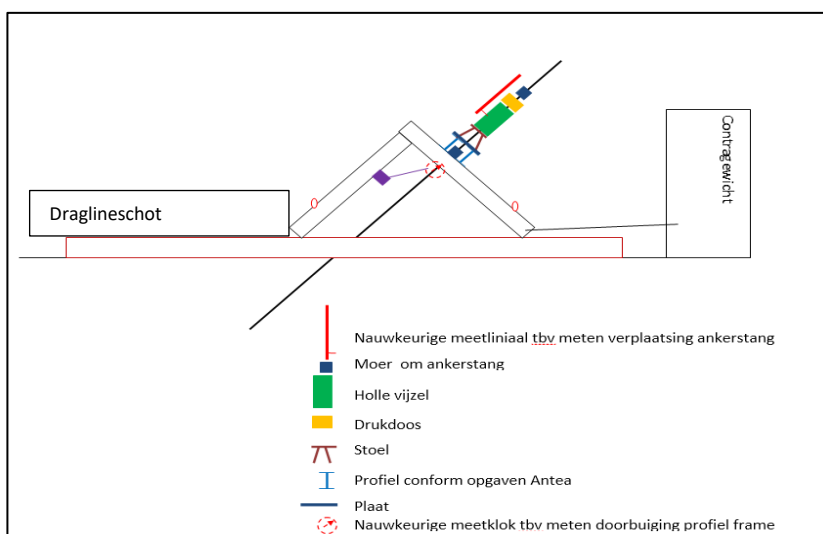
Figuur 5-3: Opstelling proef in de praktijk, diepte LDE

## 5.2 Proefopstelling

De LDE elementen met daarin een GEWI-stang van 7,5m zijn geplaatst onder een hoek van 45 graden ingebracht. Dit is in overeenstemming met de eerder uitgevoerde proeven met de JLD-Dijkstabilisator (Antea Group, 2015). Echter is in tegenstelling tot de interactieproef in een klei ondergrond in deze opstelling een oog boven op het LDE element geplaatst, waaraan het LDE uit de grond getrokken kan worden.

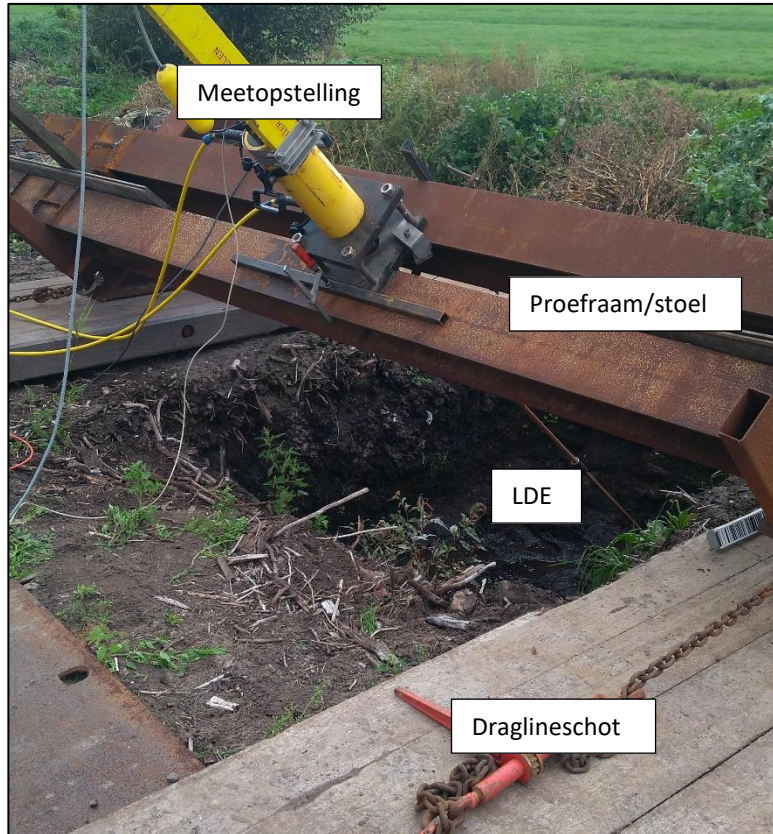


Figuur 5-4: Meetopstelling proefraam



Figuur 5-5: Opstelling van proef zij aanzicht conform monitoringsplan

Tussen het plaatsen en beproeven zat 76 dagen. Deze rustperiode is ruimschoots langer dan de rustperiode die wordt gehanteerd bij trekproeven met trekankers van grout.



Figuur 5-6: Opstelling van proef in de praktijk

### 5.3 Meetwijze

De te meten variabelen bestaan voor het beantwoorden van de hoofddoelstelling uit de trekkrachten die het element kan opnemen voordat deze bezwijkt en verplaatsing. De maximale trekkracht is de kracht die wordt geleverd bij/vlak voor doorgaande verplaatsing.

Bezijken is gedefinieerd als een verplaatsing die groter is dan de vastgestelde kritieke waarde (100 mm). De verplaatsing wordt veroorzaakt door meerdere onderdelen, deze bestaan uit: rek van het materiaal (trekstaaf, LDE), verplaatsing die benodigd is om wrijving te mobiliseren en bij bezijken doorgaande verplaatsing. Er is gekozen om in het veld zowel de totale verplaatsing als de verplaatsing van het LDE te meten.

Concreet zijn gedurende de proef de volgende zaken gemeten:

- De kracht per belastingtrap én de kracht bij bezijken. Dit is de spankracht die op de vijzel wordt gezet en wordt gemeten met een drukdoos. Deze trekkracht is continue gemeten tijdens het verloop van de proeven;

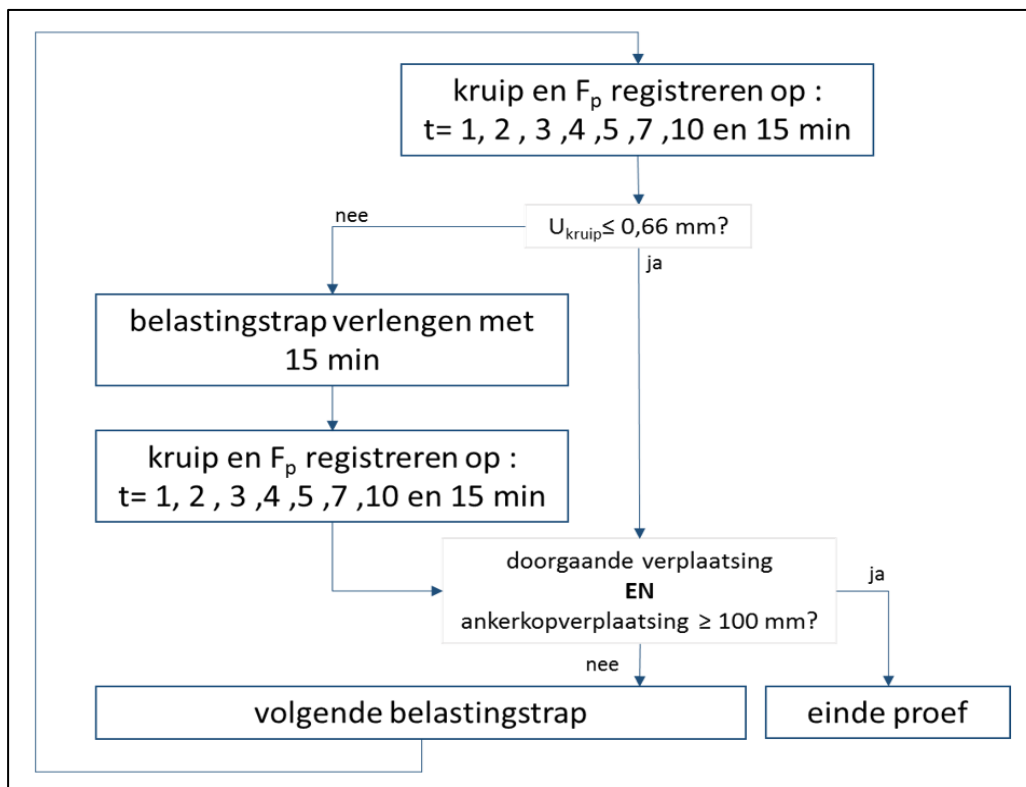
- De verplaatsing van de trekstang. Deze is tijdens de proeven continu automatisch uitgelezen van de meetliniaal van de vjzel;
- Vlak voor de beproeving en na belastingstap 2, 4, 6, 8 en 10 (zie Tabel 5-1) zijn de hoekpunten van de draglineschottten, het meetframe en de locatie waar de trekstang uit het maaiveld komt met GPS ingemeten (X,Y,Z-bepaling);
- De verplaatsing van het LDE. Deze is conform frequentie uit Tabel 5-1 handmatig afgelezen met een meetklokje;
- De doorbuiging van het trekraam. Deze is na de proef handmatig afgelezen met een meetklokje conform frequentie uit Tabel 5-1.
- Plaatsingshoek van het LDE. Dit is gedaan door het uitstekende deel van de inbrenghoek te meten.
- Er is tijdens de hele proefperiode een logboek bijgehouden om waarnemingen en bijzonderheden te beschrijven.
- Aan het einde en aan het begin van de beproeving zijn foto's genomen van de proefopstelling. Daarnaast zijn foto's genomen bij bijzondere gebeurtenissen.

In Tabel 5-1 is het belasting schema weergegeven voor interactieproef. Hierbij is uitgegaan van een maximale pull-out kracht van  $F_p = 10$  kN. Zie paragraaf 3.3.

Er is gestart met 10% van de verwachte maximale trekkracht. Hierna is telkens de trekkracht met 1 kN verhoogd (+10% van de verwachte maximale trekkracht). De verwachte doorlooptijd van de serie proeven is 3-5 dagen. Deze wijze van beproeving is gelijk aan de proeven in 2015 in Purmerend (Antea Group, 2015). Na de eerste proef bleek dat de maximale trekkracht boven de 10 kN uit komt, daarom is de startwaarde van de trekkracht in de andere proeven verhoogd naar 5 kN.

Tabel 5-1: Belasting schema ( $F_p = 10$  kN)

stap	belasting	Tijdperiode kruipmeting	Opmerkingen
1	10% $F_p$	15 min	Kruip [mm] en $F_p$ [kN] conform belastingsdiagram
2	20% $F_p$	15 min	
3	30% $F_p$	15 min	
4	40% $F_p$	15 min	
5	50% $F_p$	15 min	
6	60% $F_p$	15 min	
7	70% $F_p$	15 min	
8	80% $F_p$	15 min	
9	90% $F_p$	15 min	
10	100% $F_p$	15 min	
11	110% $F_p$	15 min	bezwijken treedt op bij: doorgaande ankerkopverplaatsing <b>EN</b> ankerkopverplaatsing $\geq 100$ mm
n (tot destructief)	$n \cdot 10\% F_p$	15 min	



Figuur 5-7: Belasting diagram

### Werkstappen vóórafgaand aan de start beproeving

De onderstaande stappen zijn uitgevoerd als voorbereiding op de beproeving van interactieproef.

#	Actie	Actiehouder
1	Uitgraven toplaag rondom JLD-Dijkstabilisator (tot NAP -2 m, breedte 0,3 x 0,3 m).	JLD International
2	Waterpassing NAP-hoogte	Wiertsema & Partners
3	Plaatsen draglineschotten (2 stuks);	JLD International
4	Plaatsen trekraam met telescoopkraan;	JLD International
5	Verankeren trekraam aan kraan (doodgewicht);	JLD International
6	Plaatsen meetopstelling;	JLD International
7	Controle meetapparatuur voorafgaand aan elke test;	Wiertsema & Partners
8	Bevestigen stabilisator aan vizel (met speciale klem voor de LDE);	JLD International

### Werkstappen tijdens beproeving

De onderstaande stappen zijn uitgevoerd tijdens de interactieproef.

#	Actie	Actiehouder
9	Uitvoering conform belasting schema van monitoringsplan	Wiertsema & Partners
10	Na afloop proef bovenste 2 m van de achtergebleven gaten dichten met zwelklei.	Wiertsema & Partners

### 5.3.1 Meetapparatuur

De meetapparatuur om de verplaatsing, kracht e.a. te meten voor de interactieproef is vergelijkbaar met de meetapparatuur wat is gebruikt bij de interactieproeven in Purmerend (Antea Group, 2015).



*Figuur 5-8: Meetapparatuur bij de proef*

## 5.4 Proevenserie: kort LDE 5,5 m

### 5.4.1 Algemeen

Tussen 1-10-2018 en 4-10-2018 zijn de interactieproeven uitgevoerd. Dit betreft vier korte LDE's. Deze LDE's zijn op 17-07-2018 geplaatst. Deze zijn geplaatst in de grond onder een hoek van ca. 45°. Tussen plaatsen en beproeven zit 76 dagen. Zie Tabel 5-2 voor de locatie en tijd van de proeven.

Bij deze proeven is getrokken aan de GEWI staaf. Aan de onderzijde van deze staaf is een plaat bevestigd. Deze plaat draagt de kracht over op de LDE.

Tabel 5-2: Overzicht van uitgevoerde proeven bij kort LDE

Nr.	Proef	Lengte LDE [m]	X-coörd in RD [m]	Y-coörd in RD [m]	Z-coörd [m+NAP][1]	Datum plaatsing	Datum proef
1	Kort LDE	5,5	129638	494404	-2,20	17-07-2018	1-10-2018
2	Kort LDE	5,5	129634	494399	-2,29	17-07-2018	2-10-2018
3	Kort LDE	5,5	129630	494395	-2,35	17-07-2018	3-10-2018
4	Kort LDE	5,5	129626	494390	-2,05	17-07-2018	4-10-2018

[1] Dit betreft de bovenzijde van de LDE. Dit is bepaald door de hoogte van de linker en rechter vleugel te meten en deze waarden te middelen.

### 5.4.2 Kruip

De proeven zijn uitgevoerd door de belasting steeds verder op te voeren. Na iedere belastingverhoging, is er sprake van verplaatsing. Wanneer de verplaatsing doorgaat bij gelijk blijvende belasting, is er sprake van bezwijken. Er zijn twee criteria voor bezwijken toegepast:

- Kruip: meer dan 0,66 mm tussen het midden en eind van de belastingtrap (conform kruipcriterium uit CUR166);
- Verplaatsing meer dan 100 mm.

Het kruipcriterium is afgeleid van de volgende vergelijking:

$$k = \frac{u_2 - u_1}{\text{Log } t_2 - \text{Log } t_1}$$

Waarin:

- k is 2 mm
- $u_1$  is de ankerkopverplaatsing in mm op tijdstip
- $u_2$  is de ankerkopverplaatsing in mm op tijdstip
- $t_1$  is het tijdstip na aanvang belasting stap in minuten
- $t_2$  is het tijdstip einde waarnemingsperiode van de belastingstap in minuten

Wanneer het de tijdstippen ingevuld worden dan leidt dit tot de volgende vergelijking:

$$2 \text{ mm} = \frac{u_2 - u_1}{\text{Log } x - \text{Log } 0,5x} \rightarrow 2 \text{ mm} = \frac{u_2 - u_1}{\text{Log } \frac{x}{0,5x}}$$

Ofwel

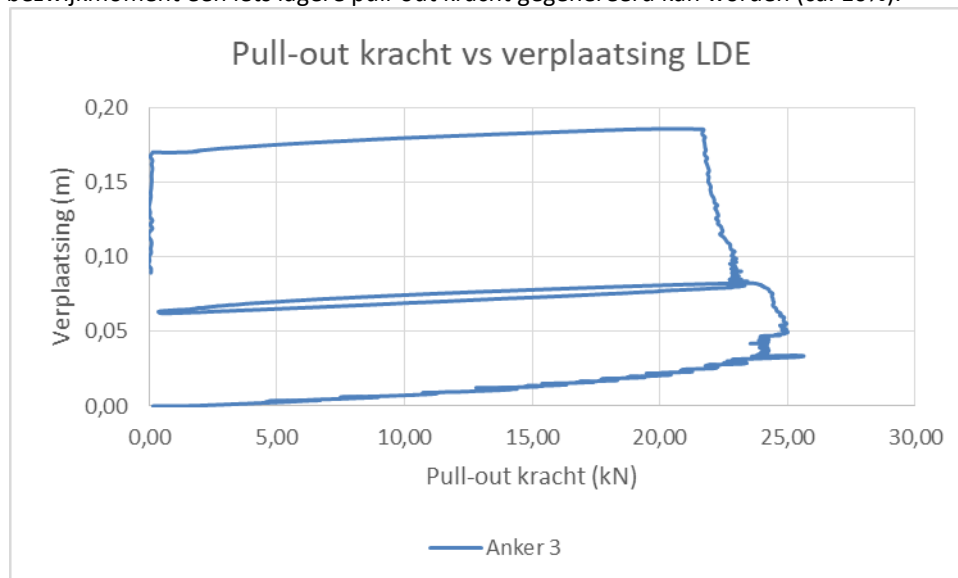
$$2 \text{ mm} = \frac{u_2 - u_1}{0,33} \rightarrow 0,66 \text{ mm} = u_2 - u_1$$

Een aandachtspunt hierbij is de verplaatsing die ontstaat door de rek van de GEWI staaf. Echter de rek van de GEWI staaf treedt direct op wanneer een belastingtrap wordt opgevoerd en het kruipcriterium wordt gemeten tussen het midden en einde van de belastingtrap. Daarom kan het effect van de rek van de GEWI staaf bij het kruipcriterium buiten beschouwing gelaten worden.

### 5.4.3 Kracht

In Figuur 5-9 zijn ter illustratie de resultaten te zien van proef nummer 3. In de figuur zijn de verplaatsing en de pull-out kracht tegen elkaar afgezet. In de figuur is duidelijk te zien dat het LDE bij een kracht van bijna 25 kN bezwijkt.

Vervolgens is na het eerste bezwijkmoment het LDE herbelast en het blijkt dat na het eerste bezwijkmoment een iets lagere pull-out kracht gegenereerd kan worden (ca. 10%).



Figuur 5-9: Pull-out kracht versus verplaatsing van LDE in proef 3

De resultaten van de pull-out kracht van de vier proeven zijn weergegeven in Figuur 5-10. Daarin is de kracht weergegeven waarbij de LDE's net voldoen ( $F_{\text{voldoet}}$ ). Ook is de kracht weergegeven waarbij de LDE's net de grond uit worden getrokken ( $F_{\text{bezwijken}}$ ). Te zien is dat voor de LDE's een kracht van 17 á 25 kN nodig is voor bezwijken. Zie Figuur 5-11 voor het bezwijken van het LDE in de praktijk. Op de foto is te zien dat ook de grond rondom de het LDE in kleine mate bezwijkt, (dat wil zeggen dat het bovenste laagje grond los getrokken wordt)





Figuur 5-10: Pull-out kracht per proef en bezwijkcriteria



Figuur 5-11: Bezwijkmechanisme trekkraft van het LDE

Tabel 5-3 geeft een overzicht van de proefresultaten. In de analyse is gebruik gemaakt van de gemiddelde kracht. Dit is het gemiddelde van de kracht waarbij de LDE net voldoet en waar deze net bezwijkt

Tabel 5-3: Overzicht van de benodigde pull-out kracht per proef en metingen tijdens de proeven

Nr.	Proef	Datum proef	Diepte LDE t.o.v. mv [m]	Fvoldoet [kN]	Fbezwijken[1] [kN]	Fgemiddeld [kN]	Hoek [°]
1	Kort LDE	1-10-2018	0,98	19	21	20,0	45
2	Kort LDE	2-10-2018	1,06	23	24	23,5	45
3	Kort LDE	3-10-2018	1,13	22	23	22,5	45
4	Kort LDE	4-10-2018	0,83	17	18	17,5	45

[1]Bezwijken is hier wanneer niet aan de kruipcriteria wordt voldaan.

## 6 Analyse

### 6.1 Bepalen wrijvingskracht LDE-element in cohesieve lagen

Bij de analyse is gekeken hoe goed de resultaten van de proeven te voorspellen. In de basis is aangesloten bij de NEN9997-1.

### 6.2 Relatie pullout-kracht en wrijving in de grond

Voor het bepalen van de pullout kracht is het belangrijk om te weten welk deel van het LDE daadwerkelijk in de grond zit. Dit is gedaan in Tabel 6-1. De tweede stap van de analyse maakt gebruik van de parameter  $F_{\text{gemiddeld}}$ / oppervlak (=wrijving langs LDE).

Tabel 6-1: Overzicht van de uitgevoerde proeven, krachten, contactoppervlak en wrijving.

Nr.	Proef	Fgemiddeld [kN]	Lengte in grond [m][1]	Oppervlak [m2][2]	Wrijving langs LDE in proef [kPa]	Opmerking
1	Kort LDE	20,0	5,5	3,74	5,35	
2	Kort LDE	23,5	5,5	3,74	6,28	
3	Kort LDE	22,5	5,5	3,74	6,02	
4	Kort LDE	17,5	5,5	3,74	4,68	

[1] Het gehele LDE zit bij deze proeven in de grond. Deze waarde is dan ook gelijk aan de lengte van het LDE.

[2] Het oppervlak van de LDE is de lengte dan in de grond zit vermenigvuldigd met de omtrek. Voor de omtrek is hier een waarde van 0,68 m aangehouden. Dit is de omtrek van puur het LDE.

Op basis van de literatuur voor schroefankers wordt een relatie verwacht tussen de conusweerstand en de proefresultaten. Daarom is de conusweerstand geanalyseerd. Daarvoor is de volgende methode toegepast:

- Er is gebruik gemaakt van sonderingen dicht bij de proef. Sonderingen op grotere afstand zijn niet meegenomen;
- Bij de selectie van relevante sonderingen is rekening gehouden met de locatie van de bovenzijde en de onderzijde van de LDE;
- Wanneer een proef tussen twee sonderingen in ligt, is de conusweerstand van de twee sonderingen gemiddeld. Daarbij is een weging toegepast op basis van de afstand van de sondering tot de proef;
- De toplaag geeft soms afwijkend hoge conusweerstand. Dit komt mogelijk door zaken zoals onverzadigd gedrag. Daarmee zijn deze meetwaarden niet representatief voor de sterkte van de ondergrond. Van de bovenste 2 m zijn de conuswaarden gemaximeerd op 0,5 MPa.

De weging van de sonderingen per proef is weergegeven in Tabel 6-2. De diepte, wrijvingskracht en gemiddelde conusweerstand is weergegeven in Tabel 6-3.

Tabel 6-2: Sonderingen per proef

Nr.	Proef	Aantal sonderingen	Nr. 1	Nr. 2	Weging
1	Kort LDE	1	DKMP103		DKMP103: 100%
2	Kort LDE	2	DKMP102	DKMP103	DKMP102: 50% DKMP103: 50%
3	Kort LDE	1	DKMP102		DKMP102: 100%
4	Kort LDE	2	DKMP102	DKMP101	DKMP101: 33% DKMP102: 67%

Tabel 6-3: Bepaling Qc<sub>gem</sub>

Nr.	Proef	Weging	Qc <sub>gem</sub> [MPa]	Wrijving langs LDE in proef [kPa]
1	Kort LDE	DKMP103: 100%	0,185	5,35
2	Kort LDE	DKMP102: 50% DKMP103: 50%	0,154	6,28
3	Kort LDE	DKMP102: 100%	0,151	6,02
4	Kort LDE	DKMP101: 33% DKMP102: 67%	0,152	4,68

### 6.3 Verklarend model relatie sondering en pull-outkracht

De vergelijking waarmee een predictie van de pull-out kracht van het LDE is gemaakt, is gebaseerd op resultaten van de proeven in Purmerend. Deze proeven zijn op slappe klei en matig vaste klei uitgevoerd. De resultaten van de proeven in Purmerend zijn kort weergegeven in Tabel 6-4.

Tabel 6-4: Resultaten proeven in Purmerend

Proef [-]	F <sub>gem</sub> [kN]	Omtrek [m]	Lengte [m]	Oppervlak [m <sup>2</sup> ]	Wrijving [kPa]	Qc <sub>gem</sub> [MPa]
3a	9,8	0,68	5,35	3,64	2,69	0,21
3b	10,4	0,68	5,16	3,51	2,96	0,22
3c	10,7	0,68	5,39	3,67	2,92	0,26
3d	13,9	0,68	5,66	3,85	3,61	0,26
3e	15	0,68	5,97	4,06	3,69	0,26
4a	21,25	0,68	9,35	6,36	3,34	0,39
4b	28	0,68	9,54	6,49	4,32	0,40
4c	31,25	0,68	9,61	6,53	4,78	0,42
4d	28,75	0,68	9,59	6,52	4,41	0,39
4e	35	0,68	9,60	6,53	5,36	0,40

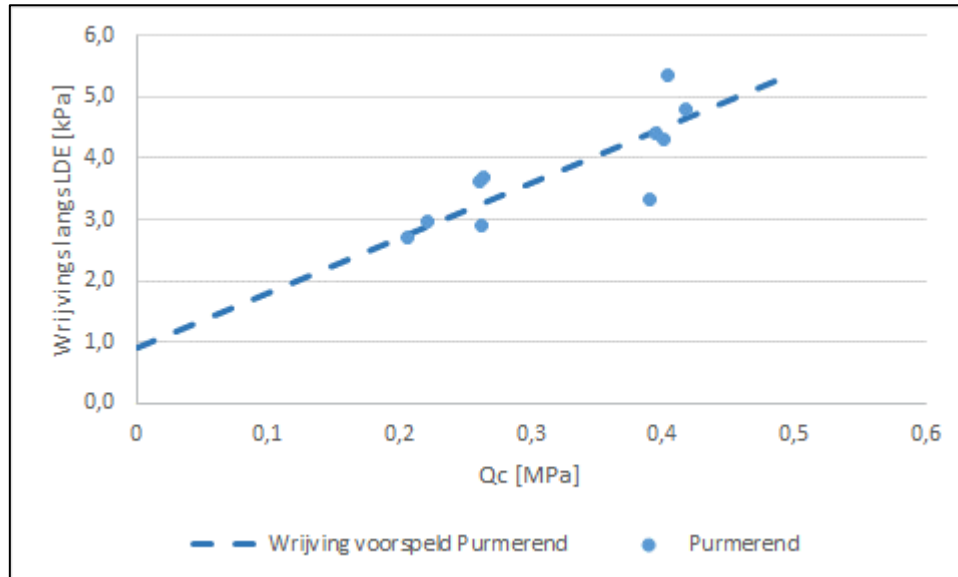
Met deze resultaten is de volgende vergelijking opgesteld en geijkt:

$$F = \alpha \cdot O \cdot (q_c + c)$$

-  $\alpha = 0,009$  [-]

- $O = 0,68$  (omtrek LDE) \* lengte LDE in de grond.
- $c = 0,10$  [MPa]

In de bovenstaande analyse is een zo goed mogelijke relatie gegeven tussen de sondeerwaarde en de pull-out kracht. De relatie vergelijking en proefresultaten van Purmerend is weergegeven in Figuur 6-1.



Figuur 6-1: Relatie pull-out kracht vergelijking en proefresultaten Purmerend

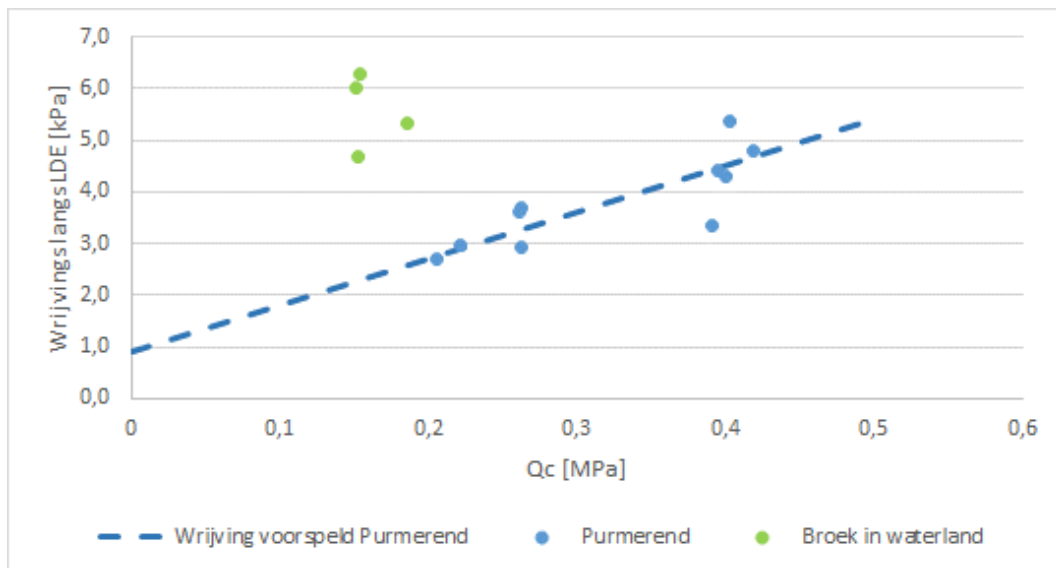
De predictie van de pull-out kracht in veen gebaseerd op de vergelijking is in Tabel 6-5 vergeleken met de resultaten van de proeven in Broek in Waterland. Wanneer de resultaten vergeleken worden met de predictie dan blijken de resultaten tot een factor twee hoger te zijn dan voorspeld zie Tabel 6-5.

Tabel 6-5: Resultaten praktijkproef Broek in Waterland

Nr.	Proef	Fgemiddeld voorspeld [kN]	Fgemiddeld [kN]	$\frac{F_{\text{gemiddeld}}}{F_{\text{gemiddeld voorspeld}}}$
1	Kort LDE	8,4 <sup>[1]</sup>	20,0	2,4
2	Kort LDE	8,4 <sup>[1]</sup>	23,5	2,8
3	Kort LDE	8,4 <sup>[1]</sup>	22,5	2,7
4	Kort LDE	8,4 <sup>[1]</sup>	17,5	2,1

<sup>[1]</sup>De kracht is gebaseerd op de correlatie die afgeleid is uit de praktijkproeven in Purmerend. De kracht berekend met een  $Q_c$  van 0,15 MPa. De plaatselijke  $Q_c$  bedraagt tussen de 0,15 en 0,18.

Uit Tabel 6-5 blijkt dat de resultaten van de proeven in Broek in Waterland positiever uitvallen dan de vergelijking die gebaseerd is de proeven van Purmerend, zie ook Figuur 6-2. Dit betekent dat de vergelijking die opgesteld is, conservatief is wat betreft de wrijvingskracht van veen op het LDE. Daarmee is de vergelijking voldoende veilig voor het bepalen van de wrijvingskracht van het LDE in veen.



Figuur 6-2: Relatie pull-out kracht vergelijking proefresultaten Broek in Waterland

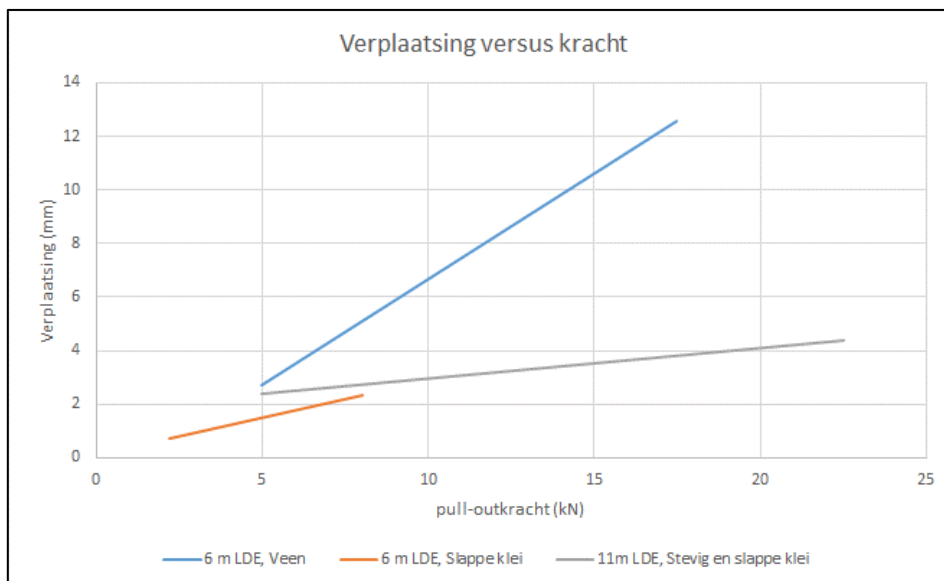
#### 6.4 Verplaatsing versus pull-outkracht in klei en veen

De verplaatsing en pull-outkracht van de verschillende proeven in klei en veen kunnen met elkaar vergeleken worden. Dit kan onder andere gedaan worden door dezelfde procentuele krachtstoename te nemen met de daarbij horende verplaatsing.

Bij de vergelijking wordt de krachtstoename (en bijbehorende verplaatsing) tussen 20 en 70% van de maximale pull-outkracht genomen. Dit om te voorkomen dat aan de onderzijde en bovenzijde ruis in de resultaten komt. De verplaatsing op het tijdstip waarbij de kracht op 20% zit wordt vervolgens afgetrokken van de verplaatsing op tijdstip waarbij de kracht 70% is.

Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat de rek van de GEWI staaf van deze verplaatsing afgetrokken worden. Dit verschilt namelijk per LDE doordat soms het LDE langer is, of een andere pull-outkracht gegenereerd wordt.

In Figuur 6-3 is het resultaat van de vergelijking te zien. Uit de figuur is duidelijk op te maken dat het LDE dat in de stevigere klei zit, een flauwere helling heeft dan de andere twee LDE's. Dit betekent dat in stevigere klei bij eenzelfde verplaatsing meer kracht opgewekt kan worden dan in slappere klei of veen.



Figuur 6-3: Verplaatsing versus kracht, vergelijking tussen verschillende proeven van 20%-70% van maximale pull-outkracht

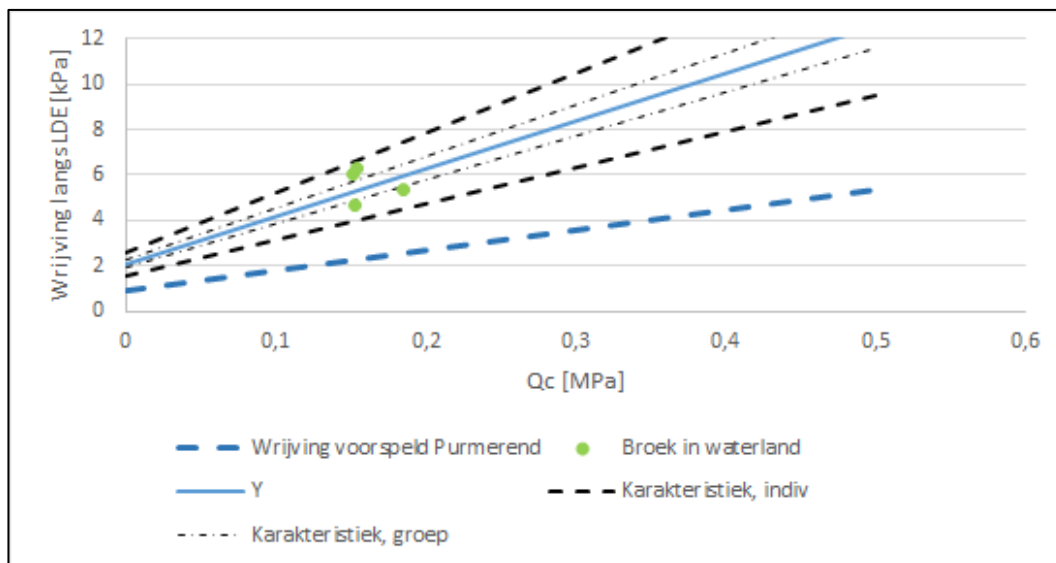
## 6.5 Nieuwe relatie interactie kracht

De proeven in Broek in Waterland laten zien dat de pull-out weerstand van veen substantieel hoger is, dan de sterkte zoals aangetroffen in klei.

Analoog aan de proeven in Purmerend is een relatie gezocht tussen de sondeerweerstand en de wrijving met een  $\alpha$  en een  $c$  parameter. Daarbij is de eerste gevarieerd en de laatste constant gehouden ( $c = 0,1$  MPa). Dit leidt tot een verhoging van de  $\alpha$  van 0,009 naar 0,021. Dit is een toename van meer dan 100%.

De proeven laten ook zien dat de pull-out weerstand van de ondergrond op korte afstand kan variëren. Deze variatie is deels toe te wijzen aan de sondeerweerstand. Maar daarnaast is ook andere onzekerheid in de sterkte aanwezig die niet te correleren is aan de sondeerweerstand. In Purmerend is de onzekerheid bepaald op  $VC = 12\%$ . Dit is bepaald door de twee meest extreme uitbijters niet mee te nemen. Wanneer de nieuwe relatie wordt getoetst voor veen, dan wordt een afwijking van ca.  $VC = 14\%$  gevonden. Wanneer de twee extreme uitbijters worden weggelaten, dan is de afwijking ca.  $VC = 13\%$ . In het vervolg is verder gerekend met  $VC=14\%$  voor veen, zie Figuur 6-4.

De variatie in de meetresultaten vindt plaats over een korte afstand. Daardoor kunnen de individuele sterktes van de pull-out weerstand variëren. Maar de sterkte van een groep JLD-Dijkstabilisatoren zal meer uitmiddelen. Daarom is zowel de karakteristieke ondergrens bepaald voor een individueel element als voor een groep LDE-elementen. Analoog aan Purmerend is er vanuit gegaan dat er 10 JLD-Dijkstabilisatoren staan binnen een groep. Dit komt overeen met een 3D-bezwijkvlak van 25 m lang en een h.o.h. afstand tussen de JLD-Dijkstabilisatoren van 2,5 m. Bij kleinere h.o.h. afstanden en grotere 3D bezwijkvlakken staan meer JLD-Dijkstabilisatoren in een groep en is het groepseffect logischerwijs sterker.



Figuur 6-4: Aangepaste  $\alpha$  op basis van Broek in Waterland

### Merk op

Er zijn proeven uitgevoerd bij alleen een sondeerweerstand tussen de 0,15 en 0,18 MPa. Het gebruik van de gevonden relatie bij sondeerweerstand die daar substantieel van afwijken leidt dan ook tot onzekerheid. Een andere manier om een relatie te vinden tussen de sondeerweerstand en de wrijving is het gebruik van "lineaire regressie" op de meetdata. Een dergelijke "lineaire regressie" valt bij de huidige set aan meetdata ongunstig uit. Deze voorspelt namelijk dat een toename van de sondeerweerstand leidt tot een afname van de sterkte van de grond (er wordt dan een  $\alpha$  waarde van -0,008 bepaald). Een dergelijke relatie (afname van de sterkte bij hogere sondeerwaarden) staat haaks op alle theorie rondom de wrijvingsweerstand. Deze evident onjuiste werkwijze is dan ook niet toegepast. Maar het geeft wel een beeld van de aanwezige onzekerheid.

## 6.6 Beschouwing invloed droge zomer 2018

De sondeerweerstand is bepaald in maart 2017 onder de toen geldende omstandigheden. De proeven zijn uitgevoerd op een later moment, namelijk in oktober 2018. In 2018 was sprake van een zeer droge zomer.

Het is mogelijk dat het verschil in tijd heeft geleid tot veranderingen in de bodem (hogere sondeerweerstand en daarmee een hogere wrijvingsweerstand) en daarmee een verklaring kunnen zijn voor de fors hogere sterkte in veen ten opzichte van klei. In deze paragraaf wordt duiding gegeven aan de invloed van de tijd en wisseling in grondwaterstand. In het specifiek de invloed van de droge zomer van 2018.



### Verschil in grondwaterstand

Door de droge zomer is sprake geweest van een noemenswaardige daling van de grondwaterstand. De proeven zijn echter niet uitgevoerd tijdens de zomer, maar in oktober. De grondwaterstand is bepaald ten tijde van de sonderingen in de handboringen. Ten tijde van de veldproeven is de toplaag ontgraven, daarbij is (grond)water aangetroffen. Dat betekent dat het grondwater niveau minimaal op diepte van de ontgraving moet zijn. Zie Figuur 5-1 en Figuur 6-5 voor het opwellen van grondwater tijdens het ontgraven van de toplaag.



*Figuur 6-5: Grondwaterstand ten tijde van het ontgraven van de toplaag*



*Figuur 6-6: Foto van proef 3 (2 dagen voor beproeven), hieruit blijkt dat ten tijde van de proef er grondwater aanwezig was ter plaatse van de ontgraving. De grondwaterstand is daarmee ongeveer gelijk aan het niveau van de ontgraving (ca. NAP -2 m) of hoger.*



Figuur 6-7: Foto van proef 3, hieruit blijkt dat ten tijde van de proef er grondwater aanwezig was ter plaatse van de ontgraving. De grondwaterstand is daarmee ongeveer gelijk aan het niveau van de ontgraving (ca. NAP -2 m).

In Tabel 6-6 is een overzicht gepresenteerd waarin te zien is dat de grondwaterstanden ten tijde van het plaatsen van de boringen in ieder geval niet lager zijn dan het uitvoeren van de proeven. Daaruit kan opgemaakt worden dat ten tijde toen de proeven uitgevoerd werden het invloedsgebied van het LDE volledig verzadigd was (ondanks de droge zomer van 2018).

Tabel 6-6: Overzicht grondwaterstand ter plekke van proeven

Proef	handboring	Grondwaterstand maart 2017	Grondwaterstand oktober 2018	Conclusie
1	B002	NAP -2,49 m <sup>[2]</sup>	Water aangetroffen in ontgraving tot NAP -2 m	Even droog, of natter
2	B002	NAP -2,49 m		
3	B003	NAP -2,24 m <sup>[1]</sup>		
4	B003	NAP -2,24 m		

[1] Deze locatie ligt ook dicht bij boring B001. Echter ligt B001 dichter bij de rand van het perceel en daarmee de watergang. De grondwaterstand was in B001 NAP 2,24 m.

[2] Deze locatie ligt ook dicht bij boring B004. Echter ligt B004 dichter bij de rand van het perceel en daarmee de watergang. De grondwaterstand was in B004 NAP -2,30 m.

## 7 Conclusie

De JLD-Dijkstabilisator is een innovatieve dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid, bewijsbaarheid van deze methode zijn een aantal onderzoeksvragen en praktijkproeven binnen de Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een positief advies van de ENW voor het toepassen van de JLD-Dijkstabilisator in primaire en regionale keringen. Het pilotproject wordt uitgevoerd in samenwerking met het Hoogwaterbeschermingsprogramma, de POV-Macrostabieliteit en Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht.

Een belangrijk aspect van de JLD-Dijkstabilisator is de wrijving die zich kan ontwikkelen langs het LDE element. Deze wrijving is afhankelijk van de aanwezige grondsoorten. In 2015 is daartoe een proef uitgevoerd om de schijfkracht in kleiige grond te bepalen (Antea Group, 2015). In de voorliggende rapportage staat onderzoeksvraag 4 centraal:

*‘Wat is de interactie kracht (schuifkracht) langs het LDE element in venige grond?’*

### 7.1 Hypothese

In de bestaande literatuur zijn er verschillende opvattingen over het verband tussen veenlagen en schuifkracht of –weerstand. In de praktijkproeven in Purmerend (Antea Group, 2015) is een relatie gelegd tussen de wrijvingskracht langs het LDE en de sondeerwaarde, namelijk:

$$F [kN] = \alpha * O * (q_{c,gem} + c)$$

- $\alpha = 0,009$  [-]
- $O = 0,68$  (omtrek LDE) \* lengte LDE in de grond.
- $c = 0,10$  [MPa]

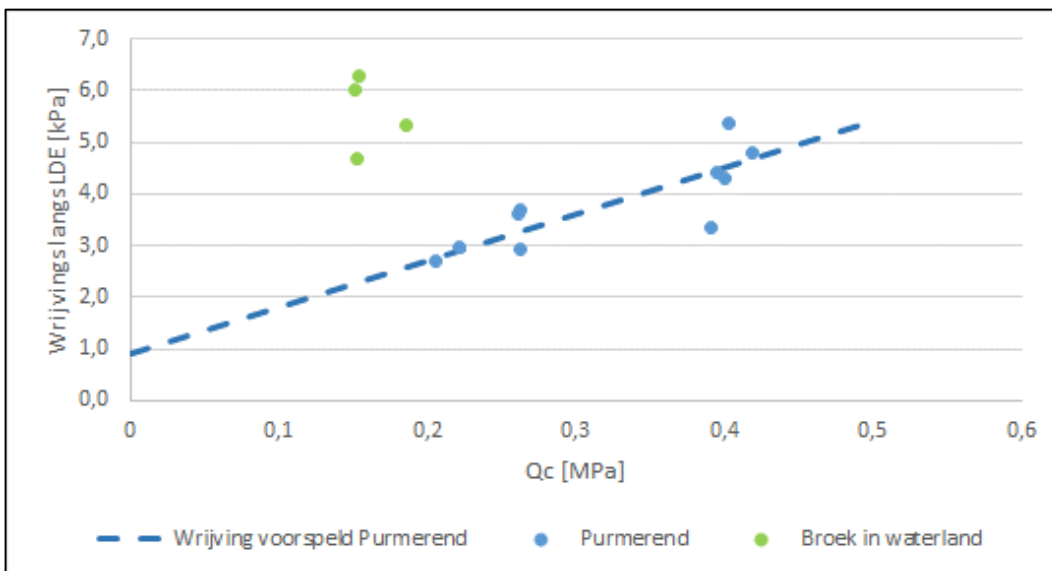
*De hypothese voor onderzoeksvraag 4 is: De relatie tussen de wrijving langs het LDE element en de sondeerwaarde in venige ondergrond is het zelfde als in kleiige ondergrond.*

### 7.2 Praktijkproef

Om de hypothese te testen zijn praktijkproeven uitgevoerd in venige ondergrond te Broek in Waterland. De praktijkproef bestaat uit 4 interactieproeven. Het LDE is in de grond aangebracht en is vervolgens een aantal weken met rust gelaten. Dit om de spanningen in de grond te laten normaliseren. Vervolgens zijn de LDE elementen gecontroleerd uit de grond getrokken, waarbij de interactiekracht en verplaatsing is gemeten. De resultaten van de praktijkproef zijn vergeleken met de predicties conform de hypothese. De resultaten zijn in Figuur 7-1 opgenomen.

Uit de praktijkproeven in Broek in Waterland blijkt dat de pull-out kracht van het LDE element hoger is dan op voorhand voorspeld. Op basis van de predictie is een waarde van 2,5 kPa

voorspelt. De proefresultaten laten een interactiekracht van 5,0 tot 6,0 kPa zien. De interactiekracht is dus circa 2 keer zo groot dat voorspeld met de hypothese.



Figuur 7-1: Resultaten praktijkproef in veen in relatie tot de predictie

### 7.3 Resultaat

De hypothese was dat de relatie tussen de sondeerweerstand en de wrijving langs het LDE in venige ondergrond gelijk is aan de relatie in kleiige ondergrond. Uit de viertal proeven volgt dat de wrijving in veen twee maal groter is dan voorspeld. Omdat er slechts 4 proeven zijn uitgevoerd is het nog niet mogelijk de relatie te optimaliseren voor venige ondergrond. De conclusie van het onderzoek is: De wrijving in venige ondergrond is gelijk aan of groter dan de wrijving in kleiige ondergrond (op basis van een gelijke sondeerwaarde). Voor de draagkracht van de grond onder de kopplaat is de ondergrens van de wrijving van belang. De ondergrens van de wrijving in veen kan voorspeld worden met onderstaande vergelijking:

$$F [kN] = 0,009 * O [m^2] * (q_{c, gem} [Mpa] + 0,10)$$

Ten behoeve van de uitvoerbaarheid is de bovengrens van de wrijving van belang. Dit dient projectspecifiek te worden bepaald aan de hand van lokaal grondonderzoek.

### 7.4 Controle omstandigheden

Om de resultaten van de praktijkproef in Broek in Waterland beter te onderbouwen is ook gekeken naar de invloed van de droge zomer van 2018. Uit de analyse is gebleken dat de omstandigheden betreft grondwater ten tijde van het beproeven vergelijkbaar zijn met de omstandigheden ten tijde van het grondonderzoek ondanks de droge zomer.

## **Bijlage 1 Boringen en sonderingen**



# Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Raadgevend Ingenieursbureau  
Wiertsema & Partners B.V.  
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert  
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert  
Tel.: 0594 51 68 64  
Fax: 0594 51 64 79  
E-mail: [info@wiertsema.nl](mailto:info@wiertsema.nl)  
Internet: [www.wiertsema.nl](http://www.wiertsema.nl)

## Geotechnisch onderzoek

pilot JLD dijkstabilisator te Broek in Waterland

VN-67907-1 | 23 mei 2017



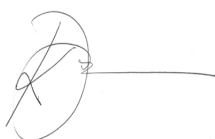
# Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau  
Wiertsema & Partners B.V.  
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert  
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert  
Tel.: 0594 51 68 64  
Fax: 0594 51 64 79  
E-mail: info@wiertsema.nl  
Internet: www.wiertsema.nl

Onderwerp: Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator  
te Broek in Waterland  
Projectnummer: VN-67907-1  
Opdrachtgever: JLD International BV  
Postbus 147  
1135 ZK Edam  
Datum: 23 mei 2017

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	23 mei 2017	

Opgesteld door:	R. Smid
Handtekening:	
Documentnummer:	R50192
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	drs. C.J.A.W. van der Made



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>4</b>
1.1	Aanleiding en doel.....	4
1.2	Kwaliteitswaarborging .....	4
1.3	Toelichting.....	4
1.4	Leeswijzer .....	4
<b>2</b>	<b>Sonderingen.....</b>	<b>4</b>
2.1	Werkzaamheden sonderen.....	4
2.2	Handboringen.....	5
<b>3</b>	<b>Inmeting.....</b>	<b>5</b>

Bijlagen:

1	Situatietekening
2	Sondeergrafieken
3	Boorstaten
4	Tabel X-, Y- en Z-coördinaten
5	Voorboringen





## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding en doel

In opdracht van JLD International BV te De Goorn heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een geotechnisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de interactieproeven pilot JLD dijkstabilisator te Broek in Waterland.

### 1.2 Kwaliteitswaarborging

Het onderzoek is verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieu-managementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA\*\*.

De sonderingen zijn uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22476-1 (klasse 1).

Eventuele afwijkingen van de verticaal van de sondeerstreng zijn gecontroleerd met behulp van een in de conus ingebouwde hellingmeter.

### 1.3 Toelichting

De resultaten van dit geotechnisch onderzoek zijn gebaseerd op de aan ons verstrekte opdracht en de in dit rapport beschreven uitgangspunten. De gerapporteerde resultaten van het onderzoek mogen alleen worden gehanteerd voor het doel dat in de opdracht is beschreven.

### 1.4 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk, staat in het tweede hoofdstuk een omschrijving van de sondeerwerkzaamheden. Tot slot staat in hoofdstuk 3 een omschrijving van de inmetingen.

In de bijlagen zijn de situatietekening, sondeergrafieken, boorbeschrijvingen, X-, Y- en Z-coördinaten en de voorboringen opgenomen.

## 2 Sonderingen

### 2.1 Werkzaamheden sonderen

De veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd op 8 mei 2017 met een sondeerwagen en hebben bestaan uit:

- ▲ 3 sonderingen met meting van de plaatselijke kleef en de waterspanning (code 'DKMP') tot een diepte van maximaal 10 m- maaiveld.

Het aantal en de locaties van de sonderingen zijn door ons bureau vastgesteld. De locaties van de sonderingen zijn aangegeven op de situatietekening in bijlage 1.



In verband met de mogelijke ligging van kabels en/of leidingen zijn 3 sonderingen voorgeboord. De bijbehorende boorbeschrijvingen zijn weergegeven in bijlage 5.

De sonderingen met code 'DKMP' zijn uitgevoerd met behulp van een elektrische waterspanningsconus type  $U_2$  (filter achter de punt) welke, naast de punt- en wrijvingsweerstand, tevens de waterspanning (uitgedrukt in MPa) continu meet en registreert.

In bijlage 2 zijn de verkregen sondeerresultaten grafisch gepresenteerd waarbij de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand uitgezet zijn tegen de diepte in meters ten opzichte van N.A.P. Het wrijvingsgetal (plaatselijke wrijvingsweerstand uitgedrukt in % van de conusweerstand) is kenmerkend voor de verschillende grondsoorten en geeft derhalve een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. In de sondeergrafieken zijn de diepten gecorrigeerd voor de gemeten afwijking van de verticaal.

## 2.2 Handboringen

Om een beter inzicht te krijgen in de samenstelling van de bovenste lagen en in de hoogte van de grondwaterspiegel zijn er 7 boringen (B001 t/m B007) uitgevoerd op 9 maart 2017. Het opgeboorde materiaal is in het veld geïdentificeerd en aan de hand daarvan zijn de boorprofielen vastgelegd (zie bijlage 3). De locaties van de boringen zijn aangegeven op de situatietekening in bijlage 1. Op basis van deze boorlocaties zijn door de opdrachtgever de sondeerlocaties vastgesteld.

## 3 Inmeting

Met behulp van 06-GPS zijn de Rijksdriehoekscoördinaten (nauwkeurigheid 0,5 m) en de hoogte ten opzichte van N.A.P. (nauwkeurigheid 0,05 m) van de onderzoekspunten bepaald. Deze X-, Y- en Z-coördinaten staan vermeld in de tabel in bijlage 4.

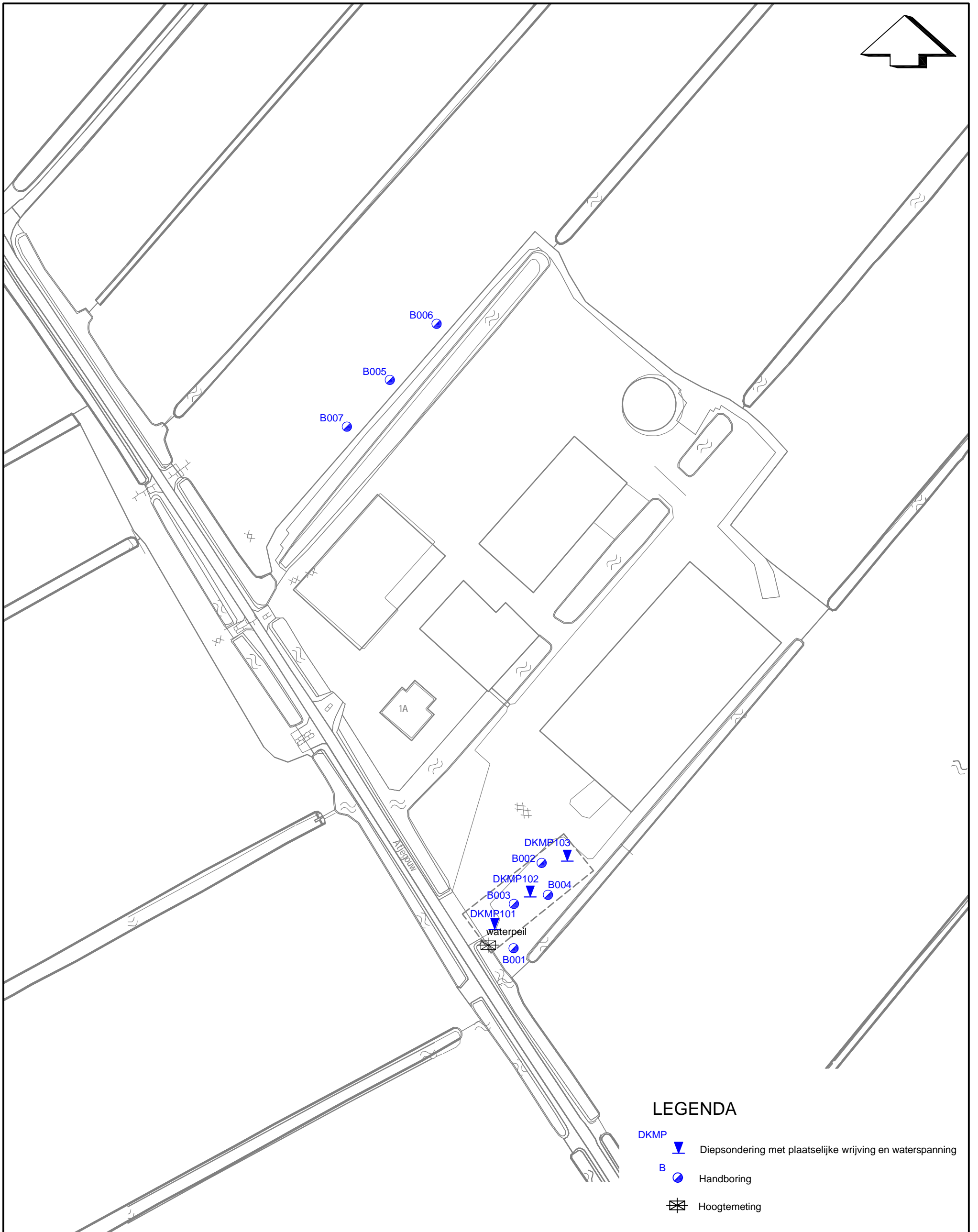
Alle gegevens van de inmetingen en waterpassingen genoemd in deze rapportage zijn een momentopname en alleen te gebruiken voor het grondonderzoek.



# Bijlage 1



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



**LEGENDA**

- DKMP Diepsondering met plaatselijke wrijving en waterspanning
- B Handboring
- Hoogtemeting

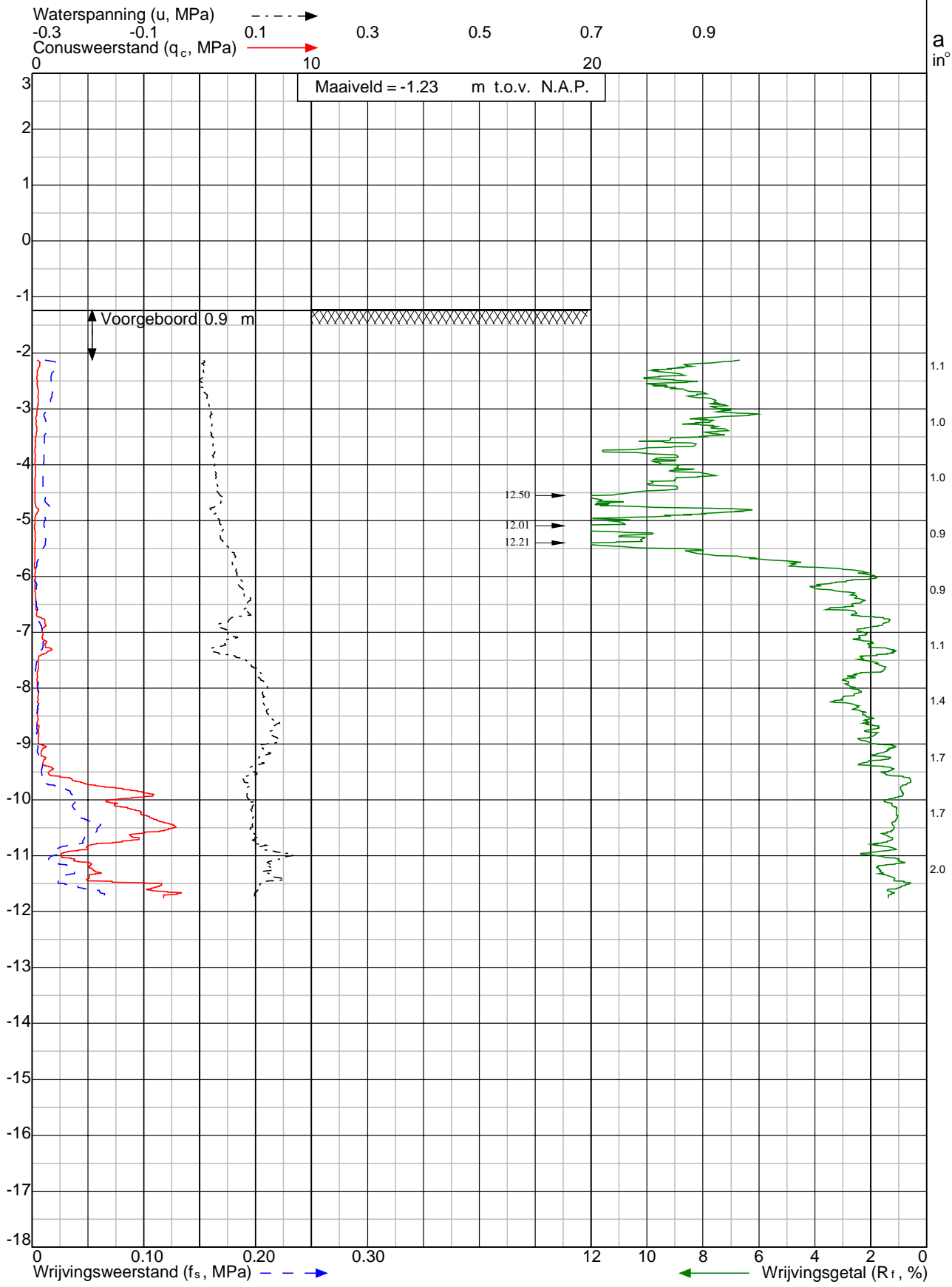
Situatietekening	Datum : 13.03.17	Gew: 15.05.17 JB
Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator te Broek in Waterland	Getekend : CL	Gew: 22.05.17 JB
	Schaal : 1: 1000	Gew:
	Formaat : A3	Gew:
Blad : 1-1	Opdracht: VN-67907-1	

# Bijlage 2



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

Klasse: 1  
 Conus type: cilindrisch elektrisch I-CFXYP20-10 Conusserienummer: 151212  $\alpha$ : Afwijking van de verticaal  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator te Broek in Waterland

Sondering: DKMP101



**Wiertsema & Partners**  
 RAADGEVEND INGENIEURS

x = 129621

y = 494384

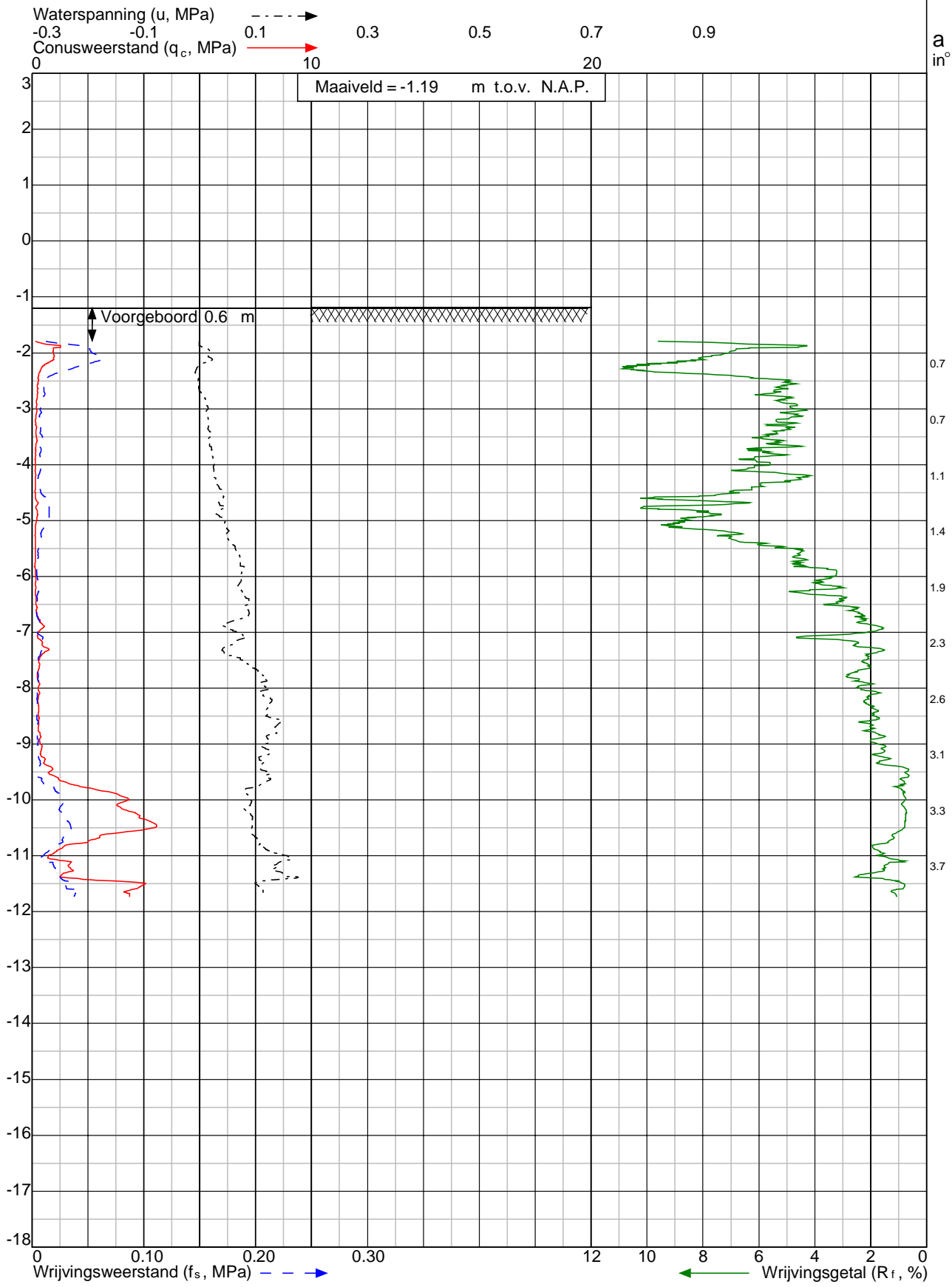
Blad:1 van 1

Opdr.nr: VN-67907-1

Datum: 8-5-2017



Klasse: 1  
 Conustype: cilindrisch elektrisch I-CFXYP20-10  
 Conusserienummer: 151211  
 Conusserienummer: 151211  
 Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1



Project: Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator te Broek in Waterland

Sondering: DKMP102



**Wiertsema & Partners**  
 RAADGEVEND INGENIEURS

x = 129631

y = 494393

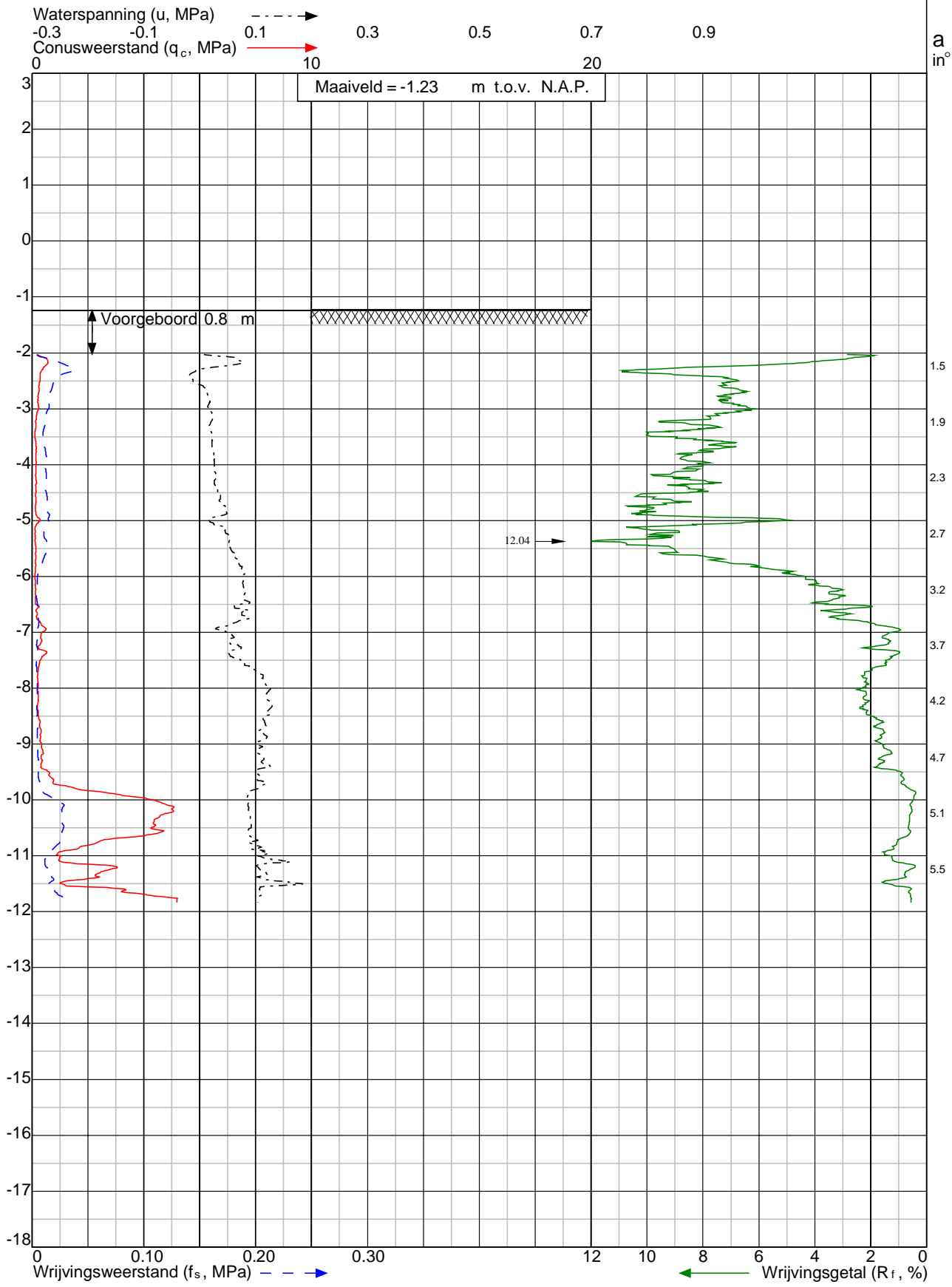
Blad:1 van 1

Opdr.nr: VN-67907-1

Datum: 8-5-2017



Klasse: 1  
 Conusstype: cilindrisch elektrisch I-CFXYP20-10 Conusserienummer: 161214  $\alpha$  : Afwijking van de verticaal  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator te Broek in Waterland

Sondering: DKMP103



**Wiertsema & Partners**  
 RAADGEVEND INGENIEURS

x = 129642

y = 494402

Blad:1 van 1

Opdr.nr: VN-67907-1

Datum: 8-5-2017





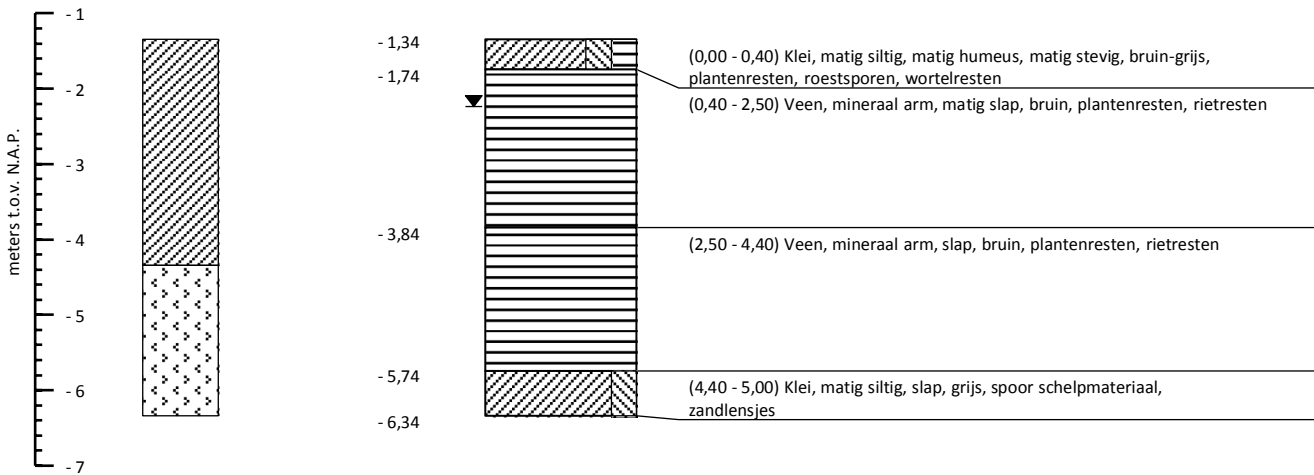
# Bijlage 3



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.  
 GWS d.d. (9-3-2017): N.A.P. - 2,24 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

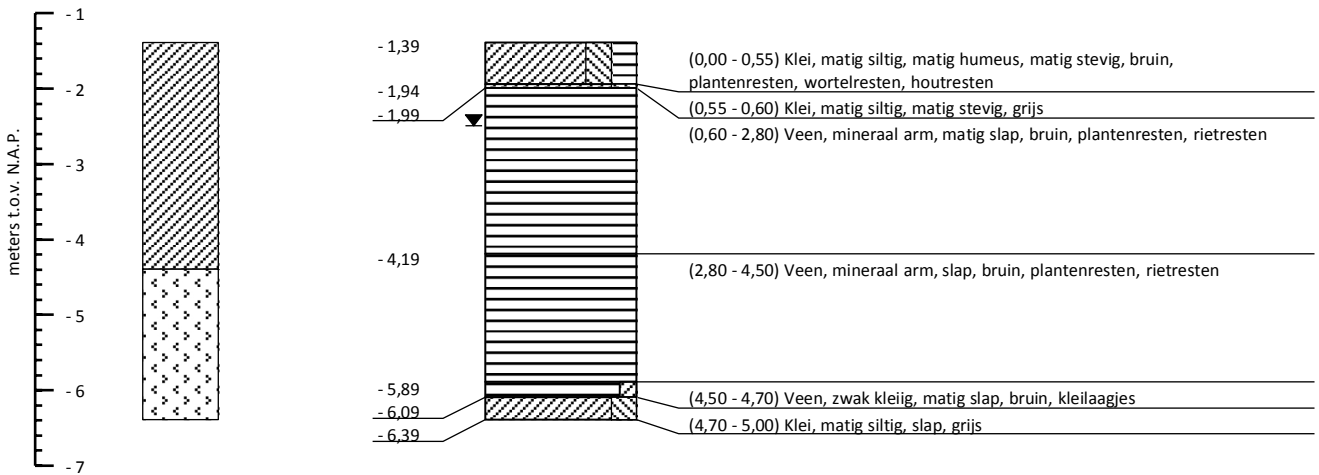
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator	RD coördinatensysteem	Broek in Waterland	
Antea Group	X = 129 627	Edelmanboring	
 <b>Wiertsema &amp; Partners</b> <small>RAADGEVEND INGENIEURS</small>	Y = 494 378	Boormeester: Jan Berends	
	Uitgevoerd: 9-3-2017	Opdrachtnr.: 67907	
	Blad 1 van 1	Boornummer: B001	

V:\67907-1-6001.000 & 67907\_0001\_C1001.000

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.  
GWS d.d. (9-3-2017): N.A.P. - 2,49 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

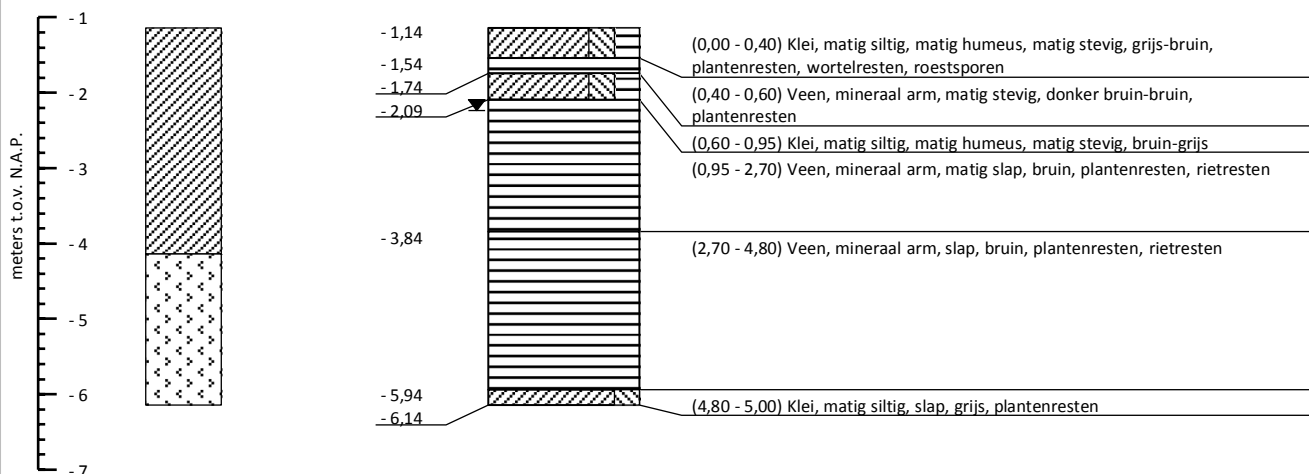
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator	RD coördinatensysteem	Broek in Waterland
Antea Group	X = 129 634	Edelmanboring
 <b>Wiertsema &amp; Partners</b> <small>RAADGEVEND INGENIEURS</small>	Y = 494 402	Boormeester: Jan Berends
	Uitgevoerd: 9-3-2017	Opdrachtnr.: 67907
	Blad 1 van 1	Boornummer: B002
		

VN67907-1-R002.00 & 67907\_R002\_C101.00



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.  
GWS d.d. (9-3-2017): N.A.P. - 2,24 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

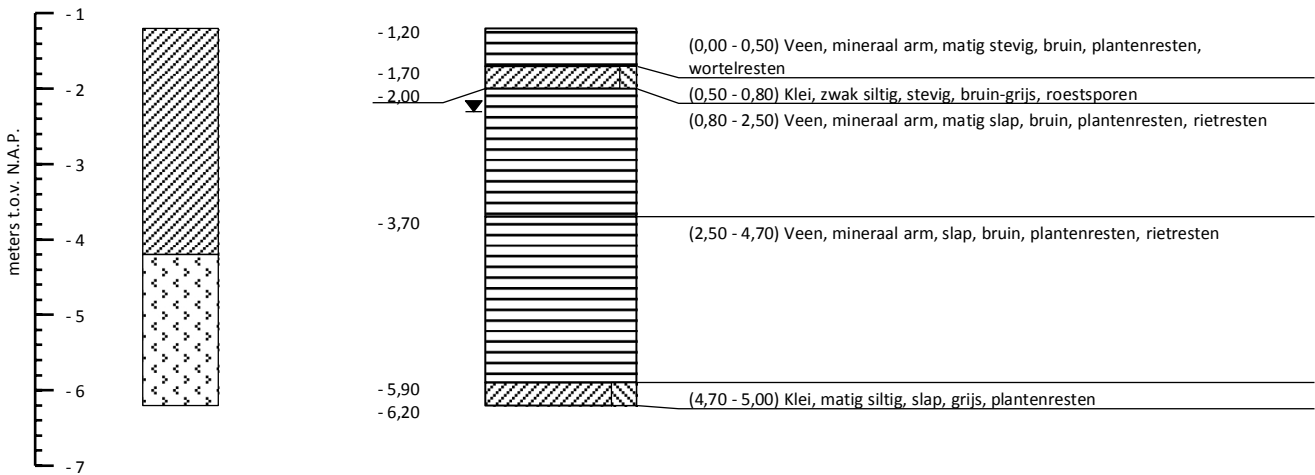
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator	RD coördinatensysteem	Broek in Waterland	
Antea Group	X = 129 627	Edelmanboring	
 <b>Wiertsema &amp; Partners</b> <small>RAADGEVEND INGENIEURS</small>	Y = 494 391	Boormeester: Jan Berends	
	Uitgevoerd: 9-3-2017	Opdrachtnr.: 67907	
	Blad 1 van 1	Boornummer: B003	

V:\67907-1-6003-100 & 67907\_0003\_C101-100

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.  
GWS d.d. (9-3-2017): N.A.P. - 2,30 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

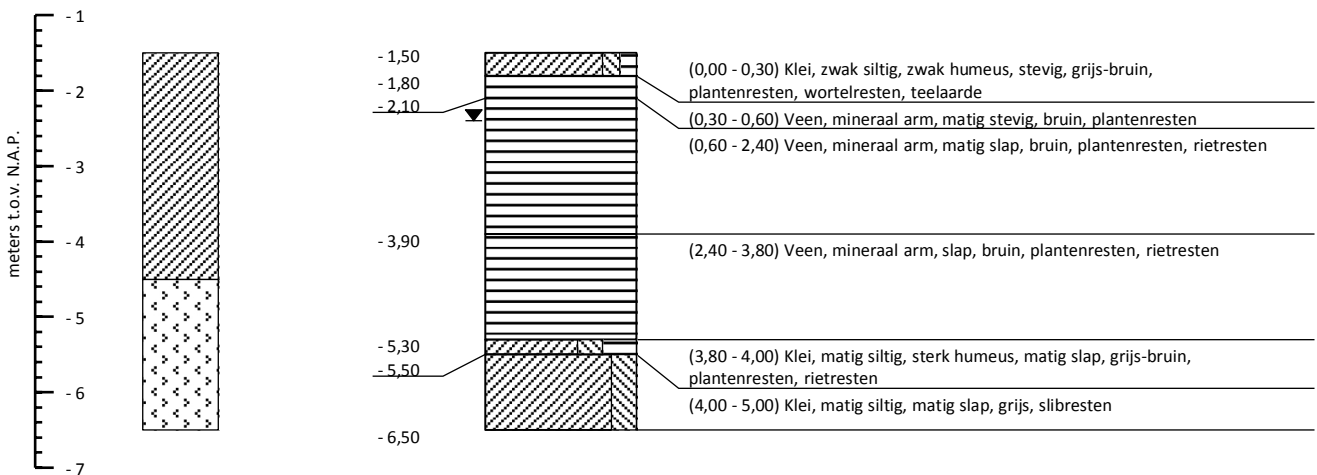
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator	RD coördinatensysteem	Broek in Waterland	
Antea Group	X = 129 636	Edelmanboring	
 <b>Wiertsema &amp; Partners</b> <small>RAADGEVEND INGENIEURS</small>	Y = 494 393	Boormeester: Jan Berends	
	Uitgevoerd: 9-3-2017	Opdrachtnr.: 67907	
	Blad 1 van 1	Boornummer: B004	

VN67907-1-8004-100 & 67907\_8004\_C101-100

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.  
GWS d.d. (9-3-2017): N.A.P. - 2,40 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

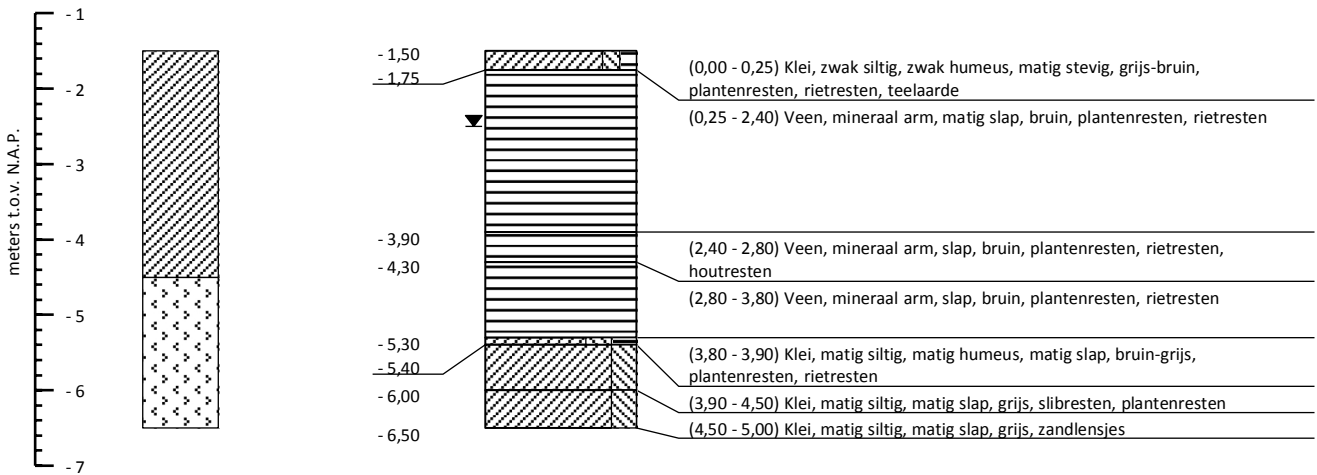
Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator	RD coördinatensysteem	Broek in Waterland
Antea Group	X = 129 592	Edelmanboring
 <b>Wiertsema &amp; Partners</b> <small>RAADGEVEND INGENIEURS</small>	Y = 494 536	Boormeester: Jan Berends
	Uitgevoerd: 9-3-2017	Opdrachtnr.: 67907
	Blad 1 van 1	Boornummer: B005



V:\67907-1-B005-100 & 67907\_B005\_C101.100

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.  
 GWS d.d. (9-3-2017): N.A.P. - 2,50 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

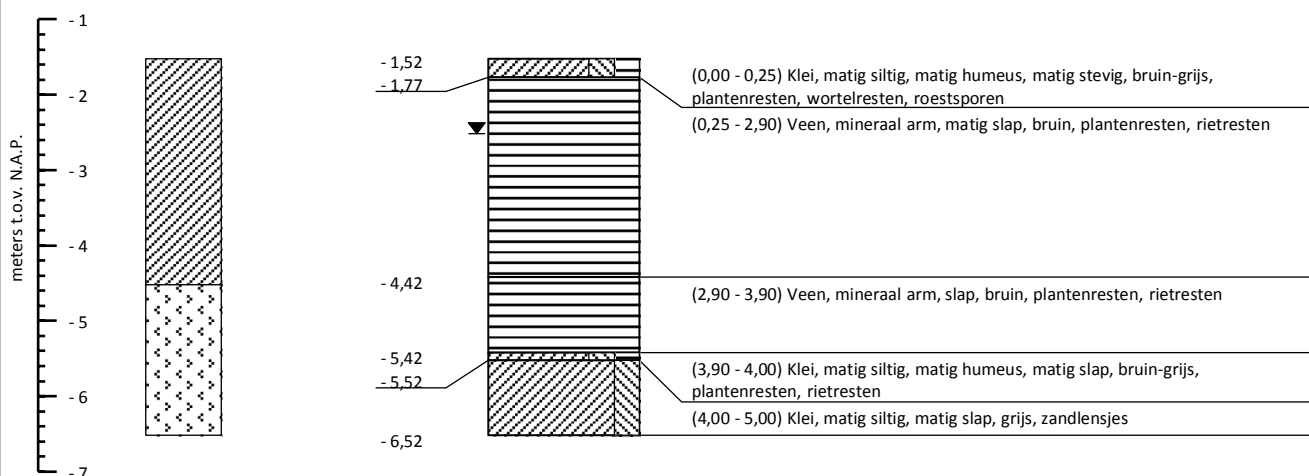
Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator	RD coördinatensysteem	Broek in Waterland
Antea Group	X = 129 605	Edelmanboring
 <b>Wiertsema &amp; Partners</b> RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 494 551	Boormeester: Jan Berends
	Uitgevoerd: 9-3-2017	Opdrachtnr.: 67907
	Blad 1 van 1	Boornummer: B006



V:\67907-1-8006-00 & 67907\_8006\_C101.00


Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.  
 GWS d.d. (9-3-2017): N.A.P. - 2,52 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

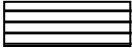
Interactieproeven t.b.v. pilot JLD dijkstabilisator	RD coördinatensysteem	Broek in Waterland
Antea Group	X = 129 581	Edelmanboring
 <b>Wiertsema &amp; Partners</b> <small>RAADGEVEND INGENIEURS</small>	Y = 494 523	Boormeester: Jan Berends
	Uitgevoerd: 9-3-2017	Opdrachtnr.: 67907
	Blad 1 van 1	Boornummer: B007








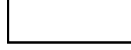
V:\67907-1-B007\00 & 67907\_B007\_C101.100






**NEN 5104 Grondsoorten  
Hoofdgrondsoort / bijmenging**

	Grind / grindig
	Zand / zandig
	Leem / siltig
	Klei / kleiig
	Veen / humeus



**Niet NEN 5104 hoofdbestanddelen**

	Gesloten verharding
	Puin
	Schelpen
	Hout
	Water
	Overige niet binnen NEN 5104 gedefinieerde hoofdbestanddelen

**Geohydrologische gegevens**

	Actuele grondwaterstand direct na boren bepaald
	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)
	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)




**Monsternamen**

	Geroerd monster
	Ongeroerd monster

**Aanvullingen**

	Filterzand
	Filtergrind / Aanvulgrind
	Zwelkleikorrels
	Mikolit / Mikolit 00 / Mikolit 300
	Mikolit B / Bentoniet
	QSE
	Grond (vrijgekomen / opgeboord)
	Aanvulzand
	Klei
	Grout

**Peilbuizen**

	Blinde buis / stijgbuis
	Filter
	Zandvang

**Hellingmeetbuizen**

	Hellingmeetbuis
---	-----------------

Legenda boorprofiel met aanvullende gegevens



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

AKKOORD  
**GEM**

# Bijlage 4



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

Tabel X-, Y-, en Z-coördinaten

Meetpunt	X-coördinaten	Y-coördinaten	Z-coördinaten (N.A.P. +/- m)
DKMP101	129.621	494.384	- 1,23
DKMP102	129.631	494.393	- 1,19
DKMP103	129.642	494.402	- 1,23
B001	129.627	494.378	- 1,34
B002	129.634	494.402	- 1,39
B003	129.627	494.391	- 1,14
B004	129.636	494.393	- 1,20
B005	129.592	494.536	- 1,50
B006	129.605	494.551	- 1,50
B007	129.581	494.523	- 1,52
Waterpeil	129.620	494.379	- 1,61



# Bijlage 5



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

## Voorboringen

Voorboring is gemaakt bij DKMP101, d.d. 8 mei 2017:

0,00 - 0,30	m- maaiveld	ZAND, matig fijn, zeer weinig silthoudend, sterk humushoudend, (teelaarde), bruin.
0,30 - 0,80	m- maaiveld	KLEI, matig vast, weinig humushoudend, weinig puinresten, veenhoudend, bruin/grijs.
0,80 - 0,90	m- maaiveld	VEEN, matig slap, bruin.

Voorboring is gemaakt bij DKMP102, d.d. 8 mei 2017:

0,00 - 0,60	m- maaiveld	VEEN, matig slap, bruin.
-------------	-------------	--------------------------

Voorboring is gemaakt bij DKMP103, d.d. 8 mei 2017:

0,00 - 0,30	m- maaiveld	VEEN, matig slap, weinig zandhoudend, weinig puinhoudend, bruin.
0,30 - 0,50	m- maaiveld	VEEN, matig slap, wortelresten, weinig puinhoudend, bruin.
0,50 - 0,80	m- maaiveld	VEEN, matig slap, weinig kleihoudend, houtresten, bruin.



---

## Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

---

## Contactgegevens

### **Antea Group**

Rivium Westlaan 72  
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL  
Postbus 8590  
3009 AN ROTTERDAM

E. [www.anteagroup.nl](http://www.anteagroup.nl)

### **JLD Contracting BV**

Wieder 23  
1648 GA DE GOORN  
Postbus 144  
1135 ZK EDAM

E. [www.JLDcontracting.com](http://www.JLDcontracting.com)

#### **Copyright © 2018**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.