

GRONDONDERZOEK
EN STABILITEITSANALYSE
betreffende

**ZANDWINNING BIJLANDSE WAARD
TE PANNERDEN**

Opdrachtnummer: 6013-0252-000

Opdrachtgever : Van Nieuwpoort Bouwgrondstoffen B.V.
Postbus 120
2800 AC GOUDA

Projectleider : ir. W.H.J. van der Velden
Afdelingshoofd Regio Oost

Opgesteld door : ir. J.H.M. Vloemans
Adviseur Geotechniek

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	29 oktober 2013	concept	
2	18 november 2013	definitief	WHV
3			

FILE: 6013-0252-000.R01v2.doc.

INHOUDSOPGAVE

Blz.

1. INLEIDING	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Projectomschrijving	1
2. Verstrekte gegevens	3
2.1 Tekeningen	3
2.2 Grond- en laboratoriumonderzoek	3
2.3 Algemene uitgangspunten	3
3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID	5
3.1 Bodemopbouw	5
3.2 (Grond-)waterstanden en stijghoogten	5
4. TALUDAFSCHUIVING	6
4.1 Beoordeling taludafschuiving: eenvoudige methode CUR-113	6
4.2 Uitgangspunten	6
4.3 Berekeningsresultaten	9
4.4 Toetsing op taludafschuiving	9
5. VERWEKINGSVLOEIING	10
5.1 Beoordeling verwekingsvloeiing: eenvoudige methode CUR-113	10
5.2 Uitgangspunten	11
5.3 Relatieve dichtheid	11
5.4 Rekenwaarde van de putdiepte en het rekentalud	12
5.5 Toetsing verwekingsvloeiing	13
6. BRESVLOEIING	14
6.1 Beheerst bressen	14
6.2 Eenvoudige beoordeling CUR 113	15
6.2.1 Voorwaarde 1	15
6.2.2 Voorwaarde 2	15
6.2.3 Voorwaarde 3, 4 en 5	16
6.3 Toetsing bresvloeiing	16
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	17
7.1 Conclusies	17
7.2 Aanbevelingen met betrekking tot de uitvoering	17
7.3 Aanvulmateriaal	18

BIJLAGEN

Nr.

Grondonderzoek

- Rapportage Geotechnisch Veldwerk 6013-0252-000_21.KR01
- Rapportage boringen 6010-0440-000.R01 van 3 november 2010

Analyse macrostabiliteit

- Geometrie doorsneden
- Resultaten stabiliteitsberekening uitvoeringssituatie
- Resultaten stabiliteitsberekening eindsituatie (2 pagina's)

A1

A2

A3

Analyse verwekingsvloeiing

- Relatieve dichtheid sonderingen

A4

1. INLEIDING

1.1 Algemeen

Op 26 augustus 2013 ontving Fugro te Arnhem van Van Nieuwpoort Bouwgrondstoffen B.V. te Gouda de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek alsmede het uitbrengen van een stabiliteitsanalyse van de oevers en onderwatertaluds ten behoeve van het project "Zandwinning Bijlandse Waard te Pannerden"

Voor dit project is in een eerder stadium door Fugro onder opdrachtnummer 6010-0440-000 een grondonderzoek uitgevoerd, bestaande uit 3 mechanische boringen. Voor de resultaten hiervan wordt verwezen naar het rapport met kenmerk 6010-0440-000.R01 van 3 november 2010. Ter volledigheid is deze rapportage als bijlage toegevoegd aan dit rapport.

In voorliggend rapport zijn de resultaten gepresenteerd van de sonderingen die zijn uitgevoerd ter plaatse van de voorziene zandwinput en wordt een beoordeling gedaan van de oeverstabiliteit op basis van CUR 113.

Dit rapport bevat:

- een korte projectomschrijving en overzicht van de verstrekte gegevens;
- een omschrijving van de terrein- en bodemgesteldheid (H2);
- beoordeling op taludafschuiving van het onderwatertalud (H3);
- beoordeling op verwekingsvloeiing van het onderwatertalud (H4);
- beoordeling op bresvloeiing van het onderwatertalud (H5);
- conclusies en aanbevelingen (H6).

1.2 Projectomschrijving

Ten zuidoosten van Pannerden zal als onderdeel van de herinrichting, naast de plas De Bijland, een nieuwe plas worden gerealiseerd. Deze plas wordt gerealiseerd middels zandwinning en heeft afmetingen van circa 500 bij 1200 m. De maximale diepte van de uitbreiding bedraagt MV -21,0 m, hetgeen overeenkomt met circa NAP -10,0 m. Een overzicht van de projectlocatie is weergegeven in figuur 1-1.

De toetsing van de oeverstaluds is uitgevoerd conform CUR 113 'Oeverstabiliteit bij zandwinputten' volgens de eenvoudige methode. Voor de analyse van de stabiliteit van het onderwatertalud dienen 3 faalmechanismen te worden beschouwd, te weten:

- taludafschuiving bij cirkelvormige glijvlakken;
- verwekingsvloeiing;
- bresvloeiing.

Andere bezwijkmechanismen, zoals microstabiliteit, golfaanval en de invloed van de zandwinput op de omgeving, maken geen deel uit van de werkzaamheden. De wijze van winning bepaalt in sterke mate de veiligheid tijdens de uitvoering (langs de oever). Dit dient vooraf te worden vastgelegd in een baggerplan. Het opstellen van een baggerplan maakt geen deel uit van de opdracht.

Voor zover bekend is geen bebouwing nabij de voorziene zandwinput aanwezig. Wel ligt er op circa 70 m van de voorziene put een camping. Gezien de afstand van de camping tot de zandwinput en de beperkte winddiepte van de put (maximaal NAP -10 m) is geen risicoanalyse met betrekking tot objecten in de omgeving uitgevoerd.



Figuur 1-1: Globale projectlocatie Bijlandse Waard (bron: Google Earth).

2. VERSTREKTE GEGEVENS

2.1 Tekeningen

Voor het opstellen van het advies zijn de volgende, door de opdrachtgever verstrekte, tekeningen gehanteerd:

- [tek. 1] Tekening 141101301, d.d. 2 juli 2013, Meet B.V., "Herinrichting Bijlandse Waard – Uitbreiding Plas".
- [tek. 2] Tekening 2_Rev A, d.d. 17 januari 2013, Meet B.V., "Bijlandse Waard: starttekening meet naar gemiddelde maaiveldhoogte"
- [tek. 3] Tekening 5a_Rev A, bladen 1 en 2, d.d. 4 oktober 2012, Meet B.V., "Bijlandse Waard: Herinrichting tot maaiveld NAP"
- [tek. 4] Tekening 6, d.d. oktober 2012, Meet B.V., "Bijlandse Waard: Doorsnede Dijk Bijlandse Waard"

2.2 Grond- en laboratoriumonderzoek

Naast het door Fugro uitgevoerde grondonderzoek, zijn voor het opstellen van dit rapport boringen en korrelverdelingen van derden gehanteerd. De opdrachtgever heeft de volgende grond- en laboratoriumonderzoeken verstrekt:

- Boringen 2006-01 t/m 2006-10 (uitgevoerd door derden). De korrelverdelingen zijn uitgevoerd door het Europees Laboratorium voor Bouwgrondstoffen Onderzoek gehanteerd (ELABO, rapportnummer onbekend, rapport datum onbekend), waarvan de proefresultaten door de opdrachtgever zijn verstrekt;
- Uit de monsters uit boringen 6010-0440-000 zijn korrelverdelingen bepaald door de opdrachtgever en deze zijn in Excel formaat aangeleverd.

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

2.3 Algemene uitgangspunten

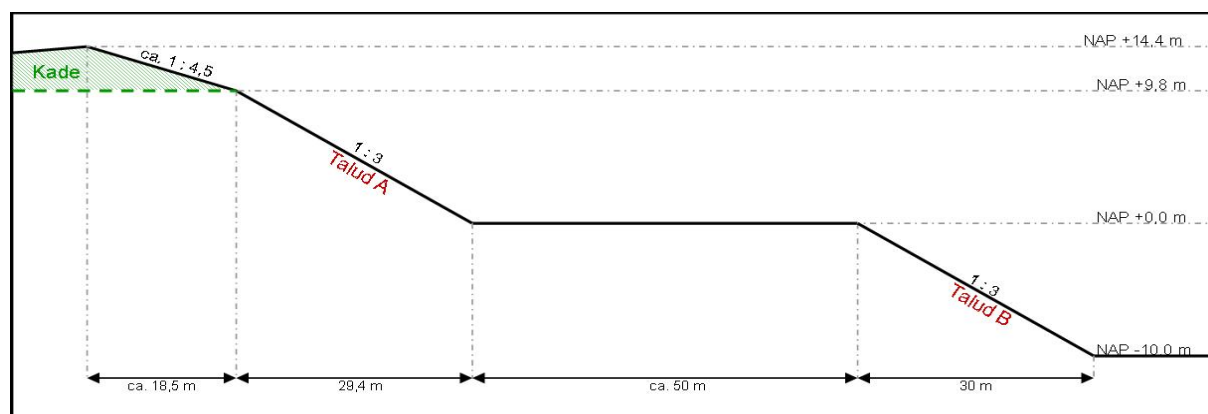
Voor het uitvoeren van de analyses zijn de volgende door de opdrachtgever verstrekte algemene uitgangspunten gehanteerd voor de zandwinput:

- Het maaiveldniveau van de oever bedraagt circa NAP +9,8 m tot NAP +11,0 m. Aan de zuidoostzijde komt het maaiveldniveau tot circa NAP +13,9 m, waar de kade komt te liggen tussen de bestaande plas "De Bijland" en de nieuwe zandwinning
- De maximale diepte van de ontgraving bedraagt NAP -10 m, hetgeen overeenkomt met circa MV -20 m tot MV -24 m.
- De stabiliteitsanalyse is uitgevoerd voor één principe doorsnede. Hiervoor is het talud aan de zuidoostzijde van de put ter plaatse van de voorziene kade als maatgevend gehanteerd. Het toekomstige maaiveldniveau is op deze locatie het hoogst. Voor het ontwerptalud is uitgegaan van de geometrie in de doorsneden van tekeningen [tek. 3] en [tek. 4]. Het gehanteerde ontwerptalud is weergegeven in figuren 2-1 en 2-2 voor respectievelijk de uitvoeringssituatie en eindsituatie.
- Er wordt een gronddepot gerealiseerd op minimaal 125 m afstand van de insteek van de zandwinput met een maximale hoogte van circa 7,5 m. Op een dergelijke afstand en met een dergelijke hoogte heeft een gronddepot geen nadelige invloed op de taludstabiliteit van de zandwinput. Uitgangspunt is dat er geen gronddepots gerealiseerd worden dichterbij de zandwinput. De stabiliteit van het gronddepot zelf is niet beschouwd.
- Voor de herinrichting wordt na zandwinning de taludhelling boven de middenberm verflauwd naar 1:5 met restspecie. Daarnaast worden delen van de put volledig aangevuld tot ongeveer het bestaande maaiveldniveau.

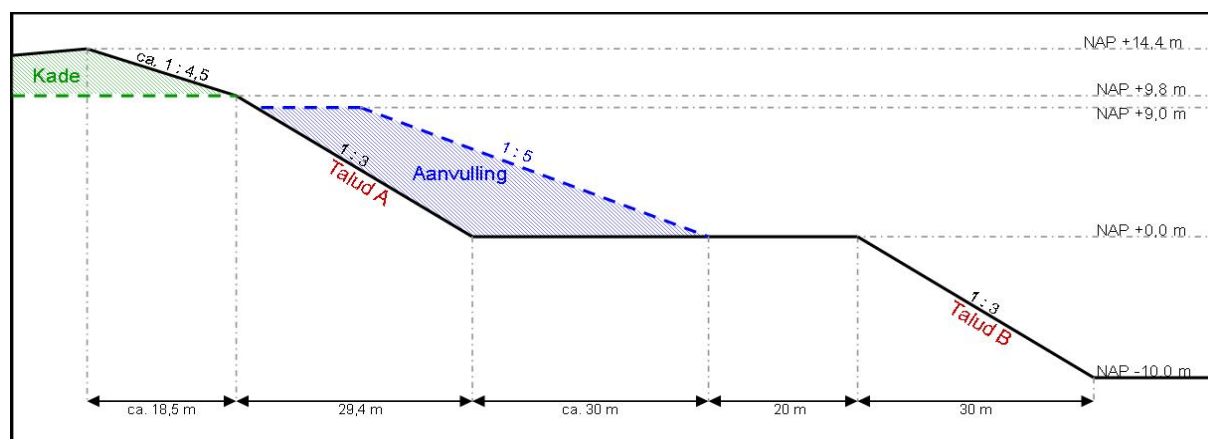
- De beoordeling van de oeverstabiliteit is uitgevoerd voor zowel de uitvoeringssituatie (zandwinning) als de eindsituatie (natuurgebied). Daarbij worden het onderwatertalud na winning en reconstructie plaatselijk verflauwd door middel van een aanvulling. Ter plaatse van de beschouwde doorsnede wordt het talud boven de middenberm verflauwd naar 1:5. De samenstelling van het aanvulmateriaal is niet bekend. Volgens opgave van de opdrachtgever zal de aanvulling bestaan uit de fijnere zandfractie uit de winning en deels uit zandig klei van de te verwijderen toplaag. De eigenschappen van dit materiaal en de haalbaarheid van een talud 1:5 zijn afhankelijk van de kwaliteit van het teruggestorte materiaal en de wijze van uitvoering. Meer bijmenging van kleiig materiaal levert een mogelijk wat lagere sterkte en daarmee een flauwere taludhelling op. Verdere opmerkingen en aanbevelingen met betrekking tot het aanvulmateriaal zijn gegeven in paragraaf 7.3.

Voor de desbetreffende analyses in voorliggend rapport, waar gekeken is naar de eindsituatie, zijn aannames gedaan betreffende de eigenschappen van het aanvulmateriaal, uitgaande van zeer fijn los gepakt zand of zandige klei. De beoordeling van de stabiliteit van dit aanvulmateriaal in de eindsituatie is in voorliggend rapport derhalve oriënterend.

De gehanteerde uitgangspunten dienen te worden geverifieerd door de opdrachtgever. Voor de nadere gegevens omtrent het ontwerp wordt verwezen naar de tekeningen van de opdrachtgever.



Figuur 2-1: Schematische afbeelding van de gehanteerde geometrie in de uitvoeringssituatie (NIET OP SCHAAL)



Figuur 2-2: Schematische afbeelding van de gehanteerde geometrie in de eindsituatie (NIET OP SCHAAL)

3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

3.1 Bodemopbouw

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP +14,44 m tot NAP +10,71 m.

Op basis van het grondonderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 3-1 is weergegeven.

tabel 3-1: Globale bodemgesteldheid

Diepte bovenkant laag in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
+14,4 à +10,7	KLEI, plaatselijk zandig, toplaag uitgedroogd
+10,0 à +6,5	Afwisselend ZAND en GRIND lagen, los tot matig vast gepakt Ter plaatse van boring 2006-01 doorsneden met een klei/leemlaag van circa NAP +1,0 m tot -1,0 m.
-5,0 à -10,0	KLEI/LEEM, slap tot matig vast tot vast, plaatselijk doorsneden met zandlaagjes, niet aangetroffen in DKMP1 en boring 2006-01
-10,0 à -14,5	ZAND, vast tot zeer vast gepakt, plaatselijk doorsneden met stoorlaagjes, niet aangetroffen in DKM5
-13,0 à -18,5	KLEI/LEEM, slap tot matig vast tot vast, plaatselijk doorsneden met zandlaagjes, niet aangetroffen in DKMP1
ca. -24,0	Maximaal verkende diepte

3.2 (Grond-)waterstanden en stijghoogten

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in de sondeergaten aangetroffen op 1,1 m tot 2,1 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP +9,9 m tot NAP +9,0 m. Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid, de rivierwaterstand en de seizoenen.

De (grond)waterstand op de projectlocatie zal grotendeels bepaald worden door de rivierstand van de Rijn. Conform de gegeven waterstanden van Rijkswaterstaat (<http://www.rijkswaterstaat.nl/water>) zijn de volgende waterstanden als uitgangspunt gehanteerd voor de stabiliteitsanalyse:

- Het hoge waterpeil (MHW) in de uitwaarden is aangenomen op NAP +17,6 m (overschrijdingsfrequentie 1x per 1250 jaar);
- Het gemiddelde waterpeil is aangenomen op NAP +9,8 m (gemiddelde afvoer);
- Het lage waterpeil is aangenomen op NAP +7,5 m (overeengekomen lage afvoer).

4. TALUDAFSCHUIVING

Onder een taludafschuiving, ofwel verlies aan macrostabiliteit van een talud, wordt verstaan het statisch evenwichtsverlies van een grondmassa onder een helling, onder invloed van de aandrijvende kracht van het eigen gewicht en de maximaal mobiliseerbare afschuifweerstand langs potentiële diepe glijvlakken.

Opgemerkt moet worden dat naast de schade die ontstaat tengevolge van de afschuiving zelf, de afschuiving ook andere faalmechanismen kan inleiden.

4.1 Beoordeling taludafschuiving: eenvoudige methode CUR-113

In eerste instantie zal een toetsing worden uitgevoerd volgende de eenvoudige beoordeling voor het faalmechanisme taludafschuiving.

Voor de eenvoudige beoordeling moet voldaan worden aan (alle van) de volgende drie voorwaarden:

- 1) géén gronddepot of andere bovenbelasting langs de oever;
- 2) géén slappe cohesieve lagen;
- 3) helling flauwer dan 1:3.

Indien niet aan één of meerdere van bovenstaande voorwaarden wordt voldaan, dient een stabiliteitsberekening volgens de methode Bishop, met grondparameters geschat volgens NEN 9997-1, te worden uitgevoerd.

In dit geval kan niet aan de bovenstaande eisen worden voldaan. De helling wordt niet flauwer dan 1:3 en er worden enkele slappe tot matig stijve leemlagen aangetroffen. Daarom zijn voor de eenvoudige beoordeling stabiliteitsberekeningen uitgevoerd.

4.2 Uitgangspunten

Naast de in paragraaf 2.3 aangegeven algemene uitgangspunten zijn voor de berekening van de macrostabiliteit daarnaast de hieronder aangegeven uitgangspunten gehanteerd. De voor de stabiliteitsberekeningen gehanteerde geometrie, bodemopbouw, (grond-) waterstanden en bovenbelastingen zijn ook grafisch weergegeven in bijlage A1.

Geometrie:

De macrostabiliteit is voor de uitvoeringssituatie berekend voor de doorsnede uit figuur 2-1 en voor de eindsituatie voor de doorsnede uit figuur 2-2.

Grondparameters:

De bodemopbouw ter plaatse van sondering DKM3 is als maatgevend beschouwd. De representatieve waarden van de grondparameters en de bodemopbouw zijn gegeven in tabel 4-1. Deze waarden zijn afgeleid uit correlaties van de conusweerstand uit de sonderingen met tabel 2.b van de NEN 9997-1.

De stabiliteitsberekeningen zijn gemaakt voor uiterste grenstoestand (UGT) met de rekenwaarde van de sterkteparameters. De minimaal vereiste stabiliteitsfactor ($SF_{\min}$) bedraagt in dat geval 1,0.

De partiële factoren, welke zijn verdisconteerd op de in tabel 4-1 gepresenteerde representatieve waarden van de sterkteparameters, zijn aangehouden conform NEN 9997-1 (veiligheidsklasse RC1):

- 1,0 op het volumiek gewicht
- 1,3 op de cohesie c'
- 1,2 op de tangens van de hoek van inwendige wrijving ϕ'

Tabel 4-1: representatieve waarden van de sterkteparameters ten behoeve van de stabiliteitsberekening

Diepte bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	Grondsoort	$\gamma_{dr} / \gamma_{sat}$ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
+13,9	KLEI, deklaag	16/16	17,5	3,0
+8,5	ZAND/GRIND, los gepakt	17/19	30,0	0,0
+2,5	ZAND/GRIND, matig vast gepakt	18/20	32,5	0,0
+0,5	ZAND, los gepakt	17/19	30,0	0,0
-3,0	ZAND, matig vast gepakt	18/20	32,5	0,0
-7,5	LEEM	20/20	27,5	1,0
-11,0	ZAND, vast gepakt	19/21	35,0	0,0
-13,0	LEEM	20/20	27,5	1,0
-22,0	ZAND, matig vast gepakt	18/20	32,5	0,0

Opmerkingen:

- γ_{dr} = droog volumiek gewicht in kN/m³
 γ_{sat} = nat volumiek gewicht in kN/m³
 ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving in °
 c' = effectieve cohesie in kN/m²

Voor de eindsituatie zijn twee berekeningen uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van een aanvulling met los gepakt zand en met zandige klei. Daarvoor zijn de volgende eigenschappen gehanteerd:

Los gepakt zand:

- γ_{dr}/γ_{sat} : 17/19 kN/m³
- ϕ' : 25,0 °
- c' : 0,0 kN/m²

Zandige klei

- γ_{dr}/γ_{sat} : 16/16 kN/m³
- ϕ' : 20,0 °
- c' : 1 kN/m²

De opdrachtgever dient zorg te dragen dat het aanvulmateriaal aan deze samenstelling kan voldoen. Zoals reeds aangegeven in paragraaf 2.3 is de haalbaarheid van een helling 1:5 sterk afhankelijk van het materiaal en de werkwijze. Meer bijmenging van kleig nat materiaal levert een mogelijk wat lagere sterkte en daarmee een flauwere taludhelling op.

(Grond-)waterstanden en stijghoogten:

Voor bepaling van de macrostabiliteit zijn 2 maatgevende situaties beschouwd.

Er is een laagwater situatie beschouwd, waarbij de volgende uitgangspunten voor het schematiseren van de waterspanningen zijn gehanteerd:

- De waterstand in de zandwinput is gelijk aan de lage waterstand: NAP +7,5 m;
- De grondwaterstand gelijk aan de gemiddelde waterstand: NAP +9,8 m;
- Het verloop van de freatische lijn in het talud is aangenomen als een lineair verloop (tussen insteek en snijpunt water/talud);
- De stijghoogte in de zand- en grindlagen onder de deklaag is gelijk aan de waterstand in de put van NAP +7,5 m.

Daarnaast is een val na hoogwater situatie beschouwd, waarbij een hoge rivierstand terugvalt naar een gemiddelde waterstand. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten voor het schematiseren van de waterspanningen gehanteerd:

- De waterstand in de zandwininput is gelijk aan de gemiddelde waterstand: NAP +9,8m;
- De grondwaterstand ligt tot net onder maaiveld van de kade;
- Het verloop van de freatische lijn in het talud is aangenomen als een lineair verloop (tussen insteek en snijpunt water/talud);
- De stijghoogte in de zand- en grindlagen onder de deklaag is gelijk aan de waterstand in de put van NAP +9,8 m.

Terrein- en verkeersbelastingen:

Voor de terrein- en bovenbelastingen is uitgegaan van een verkeersbelasting en een aardbevingsbelasting. Enkele van deze bovenbelastingen zijn niet in de uitvoerings- of eindsituatie aanwezig. Hieronder zijn de bovenbelastingen toegelicht. Een overzicht is gegeven in tabel 4-2.

Tabel 4-2: Overzicht aangehouden bovenbelastingen

Bovenbelasting	Aanwezig in:	
	Uitvoeringssituatie (zandwinning)	Eindsituatie (natuurgebied)
Verkeersbelasting werkverkeer / landbouwverkeer (13,3 kN/m ² over 2,5 m breedte)	Ja	Ja
Aardbevingbelasting	Nee	Ja

Verkeersbelasting:

In de uitvoerings- en eindsituatie is rekening gehouden met een bovenbelasting op de rand van het talud van 13,3 kN/m² over een breedte 2,5 m voor zwaar (werk)verkeer. De verkeersbelasting is aangenomen als ongedraineerd met een aanpassingspercentage in de samendrukbare lagen van 20%.

Aardbevingsbelastingen:

Er is een aardbevingsbelasting in rekening gebracht. De intensiteit is bepaald op basis van figure 2 uit Th. Crook (1996) 'A seismic zoning map conforming to Eurocode 8, and practical earthquake parameter relations for the Netherlands', Geologie en Mijnbouw 75: 11-18, 1996. Hieruit blijkt dat de projectlocatie in een gebied ligt waarvoor een horizontale piekversnelling van 0,5 m/s² geldt bij een overschrijdingskans van 10% in een periode van 50 jaar. Deze ontwerpversnelling komt overeen met de betrouwbaarheidsniveau zoals beschreven in par. 2.1 van Eurocode 8, deel 1.

De invloed van deze versnelling zal, met behulp van de pseudo-statische methode conform par. 4.1.3.3 uit Eurocode 8, deel 5, in DGeoStability worden verdisconteerd. De horizontale traagheidskracht op het grondmassief kan berekend worden volgens:

$$F_h = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W$$

Waarin:

- α : ratio tussen de ontwerp grondversnelling (a_g) en de gravitatieconstante (g);
- S : grondparameter volgens EN 1998-1:2004, par. 3.2.2.2;
- W : gewicht van de grondmassa.

In dit geval geldt dat $\alpha = 0,5 \text{ m/s}^2 / 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,05$. De grondparameter is in dit geval, conform tabel 3.3 uit Eurocode 8, deel 1, gelijk aan $S = 1,8$. Hierbij is er vanuit gegaan dat de

magnitude M_s kleiner is dan 5,5 (Type 2 spectrum) en de bodem uit los tot matig vast gepakt zand (Grondtype D) bestaat. De horizontale versnellingscoëfficiënt is in dit geval gelijk aan $a_h = 0,5 \cdot \alpha \cdot S = 0,045$.

Aangezien een pseudo-statische verticale versnelling voor een lang talud een beperkte invloed op de stabiliteit van het talud heeft en verticale versnellingen (nog) niet goed in de gebruikte software (DGeo Stability, versie 10.1) kunnen worden gemodelleerd, is alleen de horizontale versnelling in rekening gebracht.

4.3 Berekeningsresultaten

Voor het bepalen van de macrostabiliteit zijn berekeningen uitgevoerd met het computerprogramma DGeo Stability. Het resultaat van de berekening is de minimale evenwichts- of stabiliteitsfactor (SF). Deze factor volgt uit iteraties van berekeningen van de aandrijvende belasting op het glijvlak en de weerstandbiedende schuifsterkte langs een glijvlak. De berekende stabiliteitsfactoren van de glijcirkels zijn grafisch weergegeven in bijlagen A2 en A3. De resultaten zijn samengevat in tabel 4-3.

Tabel 4-3: Samenvatting en beoordeling resultaten stabiliteitsberekeningen

Fase	Aanvulmateriaal	Situatie	Stabiliteitsfactor	Beoordeling	Bijlage
Uitvoeringssituatie	n.v.t.	Laagwater	1,42	Voldoende	A2.1
		Val na Hoogwater	1,25	Voldoende	A2.2
Eindsituatie	Los gepakt zand	Laagwater	1,21	Voldoende	A3.1
		Val na Hoogwater	1,05	Voldoende	A3.2
	Zandige klei	Laagwater	1,09	Voldoende	A3.3
		Val na Hoogwater	1,05	Voldoende	A3.4

4.4 Toetsing op taludafschuiving

Uit de stabiliteitsberekeningen volgt een maatgevende stabiliteitsfactor van $SF = 1,05$. Derhalve wordt voor de beschouwde doorsnede (talud A en B) **voldaan** aan de toets op **taludafschuiving** in de uitvoerings- en eindsituatie volgens de eenvoudige methode van CUR 113.

5. VERWEKINGSVLOEIING

De term verwekingsvloeiing kan worden omschreven als een verschijnsel waarbij een verzadigd pakket losgepakt zand plotseling verweekt: er ontstaat een soort drijfzand. Verweking impliceert een dramatische vermindering van het onderlinge contact tussen de zandkorrels en van de schuifsterkte van het zandlichaam. Als het zandpakket oorspronkelijk in een helling aanwezig is, dan zal de verweekte massa naar beneden vloeien en pas weer onder een zeer flauwe helling tot rust komen. De mate van verweking waarbij de zandkorrels in het geheel geen onderling contact meer hebben (volledige verweking), treedt niet zo vaak op. Maar gedeeltelijke verweking kan het vermogen van het zand om schuifspanning op te nemen al zodanig doen verminderen dat het talud instabiel wordt en er een grote massa zand naar beneden vloeit.

Als de verweking aan de teen van het talud begint, zal het zand eerst daar wegvloeien. Doordat de steun van de teen dan verloren gaat, is de kans groot dat ook hoger gelegen delen instabiel worden. Op deze wijze ontstaat een terugschrijdend proces, ervaringen uit de praktijk onderschrijven dit proces.

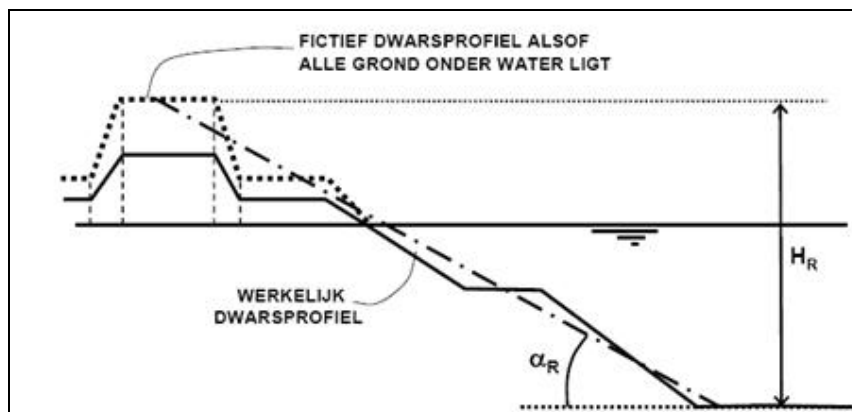
5.1 Beoordeling verwekingsvloeiing: eenvoudige methode CUR-113

De beoordeling van het faalmechanisme verwekingsvloeiing kan op verschillende detail niveaus worden uitgevoerd. In eerste instantie wordt aanbevolen om een eenvoudige beoordeling uit te voeren.

Deze eenvoudige beoordeling wordt uitgevoerd door het ontwerptalud te toetsen aan één van de volgende drie voorwaarden:

1. Alleen het verwekingsgevoeligheid-criterium wordt beschouwd. De kans op het optreden van een verwekingsvloeiing is verwaarloosbaar als voor alle sonderingen geldt dat er geen losgepakte lagen met een relatieve dichtheid lager dan 50% aanwezig zijn, die dikker zijn dan 1 m.
2. Alleen het geometrie-criterium wordt beschouwd. De kans op het optreden van verwekingsvloeiing is verwaarloosbaar als de rekentaludhelling α_R flauwer is dan $1 : 7(H_R/30 \text{ m})^{1/3}$, waarbij H_R de rekenputdiepte is.
3. Er wordt een combinatie van het verwekingsgevoeligheid-criterium en het geometrie-criterium beschouwd. De maximaal toelaatbare dikte van de losgepakte lagen is vergroot tot 3 m en het geometriecriterium is verruimd tot de eis dat de rekentaludhelling α_R flauwer moet zijn dan $1 : 4(H_R/30 \text{ m})^{1/3}$.

De definities van de rekenputdiepte H_R en de rekentaludhelling α_R zijn weergegeven in figuur 5-1. Aangezien bij verwekingsvloeiing de grond en het profiel onder de verwekingsgevoelige laag geen rol spelen, mogen H_R en α_R berekend worden voor een diepte van de putbodem gelijk aan de diepte van de onderkant van de verwekingsgevoelige laag.



figuur 5-1: Fictief onderwaterdwarsprofiel, definitie van rekenputdiepte en rekentaludhelling

5.2 Uitgangspunten

Naast de in paragraaf 2.3 aangegeven algemene uitgangspunten zijn voor de beoordeling van het faalmechanisme verwekingsvloeiing daarnaast de hieronder aangegeven uitgangspunten gehanteerd:

- Gemiddelde (grond)waterstand van NAP +9,8 m voor het bepalen van de relatieve dichtheid;
- Lage (grond)waterstand van NAP +7,5 m voor het bepalen van de rekenputdiepte H_R en rekentaludhelling en α_R ;
- Bepaling relatieve dichtheid met de correlatie volgens Baldi (1986), zie bijlage A4.

5.3 Relatieve dichtheid

De relatieve dichtheid R_n is een maat voor de pakkingsdichtheid van het zand. De relatieve dichtheid is, conform CUR 113, geschat op basis van de correlatie van Baldi. De resultaten van deze analyse zijn gepresenteerd in bijlage A4.

Op basis van de berekende relatieve dichtheid is de verwekingsgevoeligheid van de bodemlagen onderzocht. Volgens CUR 113 is de relatieve dichtheid R_{n1} en/of R_{n3} van invloed op de verwekingsgevoeligheid van een talud. Voor alle beschikbare sonderingen zijn de lagen bepaald waarvoor geldt dat:

- de relatieve dichtheid gemiddeld over een dikte van 1 m kleiner is dan 50% ($R_{n1} < 0,5$);
- de relatieve dichtheid gemiddeld over een dikte van 3 m kleiner is dan 50% ($R_{n3} < 0,5$).

In tabel 5-1 zijn de lagen weergegeven waarvan de relatieve dichtheid R_n kleiner is dan 50%.

Tabel 5-1: Locatie zandpakketten met een relatieve dichtheid R_{n1} en R_{n3} kleiner dan 50%.

Sondering	Diepte (m t.o.v. NAP)	Gemiddelde relatieve dichtheid R_n (%)	Dikte laag (m)
DKMP1	-	-	-
DKM2	-	-	-
DKM3	+6,0 tot +5,0	45	1,0
DKMP4	-	-	-
DKM5	-	-	-
DKM6	-1,7 tot -4,2	25	2,5

Relatieve dichtheid aanvulmateriaal (eindsituatie)

Voor de eindsituatie wordt tegen het talud boven de middenberm aangevuld, waarbij voor de toekomstige taluds voornamelijk zandig materiaal wordt gebruikt. Voor deze doorsneden is de kans op het optreden van verwekingsvloeiing afhankelijk van de kwaliteit van het teruggestorte materiaal en de wijze van uitvoering. Zoals hiervoor is beschreven is met name de relatieve dichtheid van het aanvulmateriaal van belang. De relatieve dichtheid kan bepaald worden uit sondeerresultaten, welke in dit stadium logischerwijs niet voor het nog aan te brengen materiaal beschikbaar zijn.

Door de opdrachtgever is aangegeven dat grotendeels de fijne fractie van het zand uit de put als aanvulmateriaal zal worden gebruikt. Plaatselijk zal worden aangevuld met zandige klei uit de afgegraven toplaag. Klei is in principe niet gevoelig voor verwekingsvloeiing. Fijn zand heeft een relatief lage doorlatendheid. Aangezien het teruggebrachte zand een uitgezeefde fractie betreft zal de gradering naar verwachting minder van kwaliteit zijn. Uitgegaan is dat het zand zal worden aangebracht door het van onderaf op te spuiten, wat over het algemeen leidt tot een beperkte verdichting. Daarnaast bevindt het grootste gedeelte van het talud zich onder water, ofwel in de verzadigde zone. Over het algemeen geldt dat een relatief lage doorlatendheid, ronde korrelvorm, mindere gradatie 180 – 200 µm, verzadiging en beperkte verdichting leiden tot een hogere verwekingsgevoeligheid van het zand. Hieruit kan worden opgemaakt dat het moeilijk op voorhand te bepalen is of het zand na aanbrengen verwekingsgevoelig is ($R_{n3} < 0,5$). Vooralsnog dient te worden uitgegaan dat de aanvulling tegen talud A volledig verwekingsgevoelig is voor de toets op verwekingsvloeiing.

5.4 Rekenwaarde van de putdiepte en het rekentalud

In tabellen 5-2 en 5-3 zijn de berekende waarden voor H_R en de maximale toelaatbare rekentaludhellingen voor de aangetroffen verwekingsgevoelige zandlagen (uit tabel 5-1) aangegeven ten behoeve van de toetsing aan de 3 voorwaarden uit de CUR 113. In tabel 5-2 is het talud tussen de insteek en middenberm beschouwd (talud A), waarbij onderscheid gemaakt is tussen de uitvoeringssituatie en de eindsituatie. In tabel 5-3 is het talud tussen de middenberm en putbodembeschouwd (talud B), waarbij de uitvoerings- en eindsituatie hetzelfde zijn aangehouden.

Tabel 5-2: Toe te passen taludhelling met betrekking tot verwekingsvloeiing voor talud A.

Situatie	Maatgevende sondering	Diepte laag (m t.o.v. NAP)	H_R (m)	Voorwaarde van toepassing (2 of 3)	Toe te passen gemiddelde taludhelling
Uitvoering	DKM3	+6,0 tot +5,0	15,3	3	1 : 3,2
Eindsituatie	n.v.t. *	+9,0 tot +0,0 *	10,5 *	2	1 : 4,9

* De aanvulling is over de volledige diepte verwekingsgevoelig beschouwd. De rekenputdiepte is berekend vanaf de bovenzijde van de aanvulling op NAP +9,0 m tot aan de middenberm op NAP +0,0 m.

Tabel 5-3: Toe te passen taludhelling met betrekking tot verwekingsvloeiing voor talud B.

Situatie	Maatgevende sondering	Diepte laag (m t.o.v. NAP)	H_R *	Voorwaarde van toepassing (2 of 3)	Toe te passen gemiddelde taludhelling
Uitvoering- en eindsituatie	DKM6	-1,7 tot -4,2	4,7 *	3	1 : 2,1

* De rekenputdiepte is berekend vanaf het niveau van de middenberm op NAP +0,0 m. Vanwege de middenberm van minstens 50 m breedte in de uitvoeringssituatie en 20 m breedte in de eindsituatie, worden de verwekingsgevoelige zandlagen niet beïnvloed door het gewicht van de grond in het talud boven de middenberm. De middenberm wordt effectief gezien het maaiveld voor de toets op verwekingsvloeiing van talud B.

5.5 Toetsing verwekingsvloeiing

Op basis van de in de voorgaande paragrafen bepaalde waarden voor de relatieve dichtheid, de rekenwaarde van de putdiepte en het rekentalud, wordt hieronder beoordeeld of het ontwerp van het talud aan één van de 3 voorwaarden van de eenvoudige toetsing op verwekingsvloeiing uit de CUR 113 wordt voldaan.

Voor de 6 beoordeelde sondeerlocaties kan niet overal aan de relatieve dichtheidseis van voorwaarde 1 ($R_{n1} < 0,5$) worden voldaan. Bij alle 6 sonderingen voldoet het bodemmateriaal wel aan de relatieve dichtheidseis van voorwaarde 3.

Voor talud A wordt een toelaatbare gemiddelde taludhelling van 1 : 3,2 berekend in de uitvoeringssituatie. De gemiddelde taludhelling in het ontwerp tussen de bovenzijde van de kade (op NAP +13,9 m) en de middenberm bedraagt circa 1 : 3,4. In de eindsituatie wordt een toelaatbare gemiddelde taludhelling van 1 : 4,9 berekend voor de aanvulling. De aanvulling wordt onder een talud van 1 : 5 aangelegd. Daarmee wordt voor talud A voldaan aan de voorwaarde.

Voor talud B wordt een toelaatbare gemiddelde taludhelling van 1 : 2,1 berekend. De gemiddelde taludhelling in het ontwerp tussen de middenberm en de putbodem bedraagt 1 : 3. Daarmee wordt voor talud B voldaan aan de voorwaarde.

Derhalve wordt voor de beschouwde doorsnede (talud A en B) **voldaan** aan de toets op **verwekingsvloeiing** in de uitvoerings- en eindsituatie volgens de eenvoudige methode van CUR 113.

6. BRESVLOEIING

Bresvloeiing is een autonoom terugschrijdend erosieproces door een zand-water suspensiestroom op een onderwaterhelling dat uiteindelijk tot een oeverinscharing kan leiden. Het bresvloeiingsproces is een vorm van oppervlakte-erosie, waardoor het talud wordt uitgesleten en niet als geheel bezwijkt zoals het geval is bij een afschuiving of verwekingsvloeiing. Voorwaarde voor de uitvoering is dat er sprake is van een beheerst bresproces, zodat een ongecontroleerde erosieproces wordt voorkomen.

6.1 Beheerst bressen

De omstandigheden waaronder beheerst bressen met een stationaire taludontwikkeling mogelijk is, zijn met de huidige kennis goed bekend. Afhankelijk van de bodemsamenstelling is het vervolgens mogelijk om op een eenvoudige, dan wel meer gedetailleerde of geavanceerde methode deze taludontwikkeling te voorspellen.

Er wordt in de analyse van bresvloeiing uitgegaan van een beheerst bresproces. Voor een beheerst bresproces dient te worden voldaan aan de volgende voorwaarden:

- er treedt geen afschuiving op (zie hoofdstuk 3);
- er zijn geen lagen die kunnen verweken (zie hoofdstuk 4);
- de grond bestaat uit silt, zand of grind, ofwel uit niet-cohesief, bressend materiaal;
- er bestaat een horizontale laagopbouw van de grond;
- de dikte van stoorlagen van klei of veen bedraagt ten hoogste 0,5 m.

Ten aanzien van de uitvoering en het materieel dient aan de volgende voorwaarden te worden voldaan, in ieder geval wanneer gezogen wordt langs de oevers:

- er wordt gebruik gemaakt van natte ontgraving met het natuurlijk toestromen van zand naar de zuigmond;
- er wordt een constante zuigdiepte en verhaalsnelheid gehandhaafd;
- stoorlagen met een dikte groter dan 0,5 m worden verwijderd met daartoe geschikt materieel;
- er wordt van te voren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld;
- het zand wordt gezogen in lagen evenwijdig aan de oever of banen vanuit het midden van de plas naar de oeverlijn toe, onder monitoring van taludsteilten.

Daarnaast wordt aanbevolen tijdens de uitvoering rekening te houden met de volgende aspecten:

- aanbevolen wordt om bij de keuze van het type en capaciteit van de zuiger (de maximale zuigproductie) deze zo goed mogelijk af te stemmen op de gewenste taludproductie;
- om informatie over taludvorming te verkrijgen wordt geadviseerd om vanuit het midden van de zandwinlocatie naar de oevers te werken;
- door in evenwijdige stroken steeds dichters langs de oever te werken, op steeds dezelfde zuigdiepte, kan worden nagegaan of de vastgestelde ontwerptaludlijnen ook daadwerkelijk worden gerealiseerd;
- nadat een laag is gezogen en de te handhaven taludlijn is bereikt mag het gevormde talud niet meer verstoord worden met het baggerwerktuig, ook al ligt het zand plaatselijk nog boven het toegestane profiel. Dit zogenoemde afwerken van het talud wordt afgeraden, omdat hiermee een ongebeheerst bresproces in gang gezet kan worden.

Om te kunnen vaststellen dat er inderdaad sprake is van een stationair beheerst bresproces, zijn de volgende maatregelen met betrekking tot de controle van de uitvoering benodigd:

- het zuigproces wordt continu gemonitord (positie zuigmond en productie);

- de gezogen taluds worden regelmatig gepeild.

Zoals eerder opgemerkt wordt er in de beschouwing van bresvloeiing uitgegaan van een beheerst bresproces. De opdrachtgever dient er derhalve zorg voor te dragen dat aan bovengenoemde eisen wordt voldaan.

6.2 Eenvoudige beoordeling CUR 113

Voor een eenvoudige beoordeling op het mechanisme bresvloeiing conform CUR 113 dient voldaan te worden aan (alle) vijf voorwaarden:

- 1) dikke stoorlagen (>1 m), indien aanwezig, worden met geschikt materieel verwijderd;
- 2) zand is grof genoeg: gemiddeld over 5 m of minder $d_{50} > 200 \mu\text{m}$ en $d_{15} > 100 \mu\text{m}$;
- 3) er wordt van te voren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld;
- 4) zuigproces wordt beheerst door monitoring van de positie van de zuigbuis en productie;
- 5) gezogen taluds worden regelmatig (zo frequent dat de taludvorm voortdurend bekend is, met een nauwkeurigheid van ongeveer 2 m verticaal) gepeild.

De toets is uitgevoerd voor de uitvoeringssituatie. Voor de gebruikssituatie is het faalmechanisme bresvloeiing niet nader beschouwd. Voor deze situatie kan onder normale omstandigheden een zand-water suspensiestroom langs de onderwater helling met voldoende zekerheid worden uitgesloten, mits voldoende veiligheid met betrekking tot de faalmechanismen afschuiving en verwekingsvloeiing aanwezig is.

6.2.1 Voorwaarde 1

De toplaag in het projectgebied bestaat tot een diepte van circa NAP +10 m à NAP +6,5 m uit cohesief materiaal. Daarnaast worden in het projectgebied stoorlagen aangetroffen. De voornaamste stoorlaag, welke in bijna het gehele projectgebied wordt aangetroffen, wordt aangetroffen vanaf een diepte van circa NAP -5 m à -10 m. Uitgegaan wordt dat de zandwinning niet dieper zal plaatsvinden dan tot de bovenzijde van deze stoorlaag, omdat de stoorlaag tot onder de maximale putdiepte van NAP -10 m reikt.

Alleen in de zuidwestelijke hoek van de zandwinning wordt ter plaatse van DKMP1 geen stoorlaag aangetroffen. In diezelfde hoek wordt bij boring 2006-01 juist een ondiepere stoorlaag tussen circa NAP +1 m en NAP -1 m aangetroffen.

In de sonderingen met waterspanningsmeting (DKMP1 en DKMP4), worden geen verdere waterremmend laagjes aangetroffen in het zand- en grindpakket tussen de kleiige toplaag en de bovenkant van de stoorlaag op circa NAP -5 m à -10 m.

In het vervolg wordt ervan uitgegaan dat de stoorlaag die begint vanaf een diepte van NAP -5 m à -10 m niet wordt verwijderd en dat de overige aanwezige stoorlagen met geschikt materieel verwijderd zullen worden. Deze voorwaarde dient door de opdrachtgever geborgd te worden en vormt hierna een uitgangspunt voor de verdere analyse.

6.2.2 Voorwaarde 2

Voor voorwaarde 2 is gekeken naar de boorstaten en de resultaten van de korrelverdelingen welke door de opdrachtgever zijn aangeleverd (zie paragraaf 1.3.2). De locaties van de boringen zijn aangegeven in [tek. 1] van de opdrachtgever.

Aan de hand van beschikbare zeefresultaten zijn de eisen ten aanzien van de korrelgroottes D50 en D15 getoetst. In tabel 6-1 staan de boorlocaties en diepten van zandlagen met $D50 < 200 \mu\text{m}$ en/of $D15 < 100 \mu\text{m}$.

Tabel 6-1: Locaties en diepten van zandlagen, waarvan $D50 < 200 \mu\text{m}$ en/of $D15 < 100 \mu\text{m}$

Boring	Bovenkant laag (m t.o.v. NAP)	Onderkant laag (m t.o.v. NAP)	Dikte laag (m)	D50 (μm)	D15 (μm)
6010-0440-000-B3	+10,2	+9,7	0,5	193	119
2006-03	-5,6	-6,6	1,0	<63	<63

Uit de toetsing volgt dat slechts op twee boorlocaties lagen zijn aangetroffen, welke strikt genomen niet voldoen aan de korrelgrootte-eis. Het betreft bij boring 6010-0440-000-B3 echter een laagje van slechts 0,5 m dikte, welke in de toplaag (MV -0,5 m) is aangetroffen en welke geclassificeerd is als klei. De kleiige toplaag dient met behulp van geschikt materieel te worden verwijderd en is derhalve niet relevant voor de toets op bresvloeiing.

In boring 2006-03 betreft het een laagje van slechts 1 m dikte dat op de grens van de zandlaag met de stoorlaag is genomen. Het monster is op de resultaten van de korrelverdelingen geclassificeerd als klei en betreft derhalve de bovenzijde van de stoorlaag. Uitgangspunt is dat deze stoorlaag niet wordt verwijderd. Derhalve is ook dat monster niet relevant voor de toets op bresvloeiing.

Op basis van het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat voor de te bressen grondlagen wordt voldaan aan voorwaarde 2.

6.2.3 Voorwaarde 3, 4 en 5

Voorwaarden 3, 4 en 5 hebben betrekking op de uitvoering van het zandwinproces. Deze voorwaarden dienen door de opdrachtgever gewaarborgd te worden.

6.3 Toetsing bresvloeiing

In de beschouwde boringen wordt voldaan aan voorwaarde 2. Op basis daarvan dient het taludontwerp te voldoen aan de voorwaarden in tabel A4.2 van de CUR 113. Bij het toepassen van een platberm van 50 m breedte gedurende de uitvoering op een niveau van NAP +0,0 m, kan een talud van 1:3 worden gehanteerd voor zowel talud A als talud B.

Derhalve wordt **voldaan** aan de toets op **bresvloeiing** volgens de eenvoudige methode van CUR 113, mits de stoorlaag die begint vanaf een diepte van NAP -5 m à -10 m niet wordt verwijderd en dat de overige aanwezige stoorlagen met geschikt materieel verwijderd zullen worden.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

Voor de zandwinning bij de Bijlandse Waard is de taludstabiliteit beoordeeld conform CUR 113. De beoordeling is uitgevoerd voor 1 maatgevende doorsnede voor zowel de uitvoeringssituatie (zandwinning) als de eindsituatie (natuurgebied). De resultaten van deze beoordeling zijn samengevat in tabel 7-1. Voor de uitgangspunten van de analyses wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken.

Tabel 7-1: Samenvatting beoordelingsresultaten taludstabiliteit conform CUR 113

<i>Fase</i>	<i>Taludafschuiving Eenvoudig</i>	<i>Verwekingsvloeiing Eenvoudig</i>	<i>Bresvloeiing Eenvoudig</i>	<i>Eindoordeel</i>
Uitvoeringssituatie	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
Eindsituatie	Voldoende	Voldoende	n.v.t. *	Voldoende

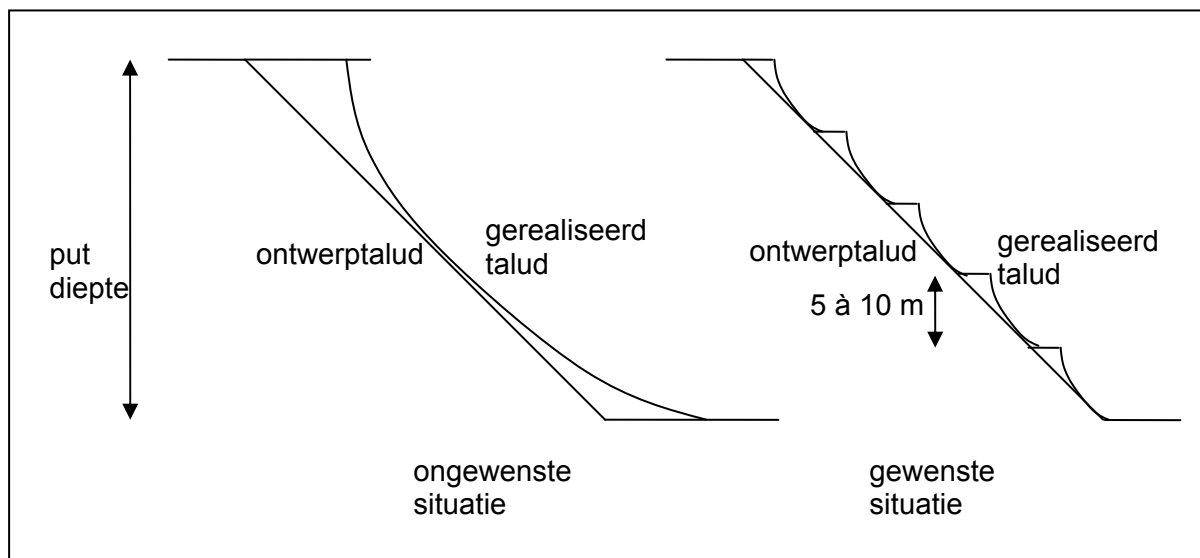
* Voldoende indien andere faalmechanisme voldoende veilig zijn.

Uit de beoordeling volgt dat wordt **voldaan** aan de eisen voor de oeverstabiliteit volgens de eenvoudige methode van CUR 113, mits de stoorlaag die begint vanaf een diepte van NAP -5 m à -10 m niet wordt verwijderd en dat de overige aanwezige stoorlagen met geschikt materieel verwijderd zullen worden. In dat geval voldoet het ontwerptalud uit figuren 2-1 en 2-2.

Voor de eigenschappen van het aanvulmateriaal zijn in voorliggend rapport voor de beoordeling van de taludstabiliteit globale aannames gedaan. De beoordeling van de stabiliteit van dit aanvulmateriaal in de eindsituatie is in voorliggend rapport derhalve oriënterend.

7.2 Aanbevelingen met betrekking tot de uitvoering

Geadviseerd wordt om het zand in lagen van ca. 5 à 10 m te winnen op een dusdanige wijze dat de gemiddelde *gerealiseerde* taludhelling niet veel steiler is dan de *ontwerp* taludhelling. De taludhelling die tijdens het bresproces ontstaat is namelijk (met name bovenaan het talud) vaak veel steiler dan het (gemiddelde) ontwerptalud. Indien de gerealiseerde taludhelling echter significant steiler is dan de ontwerp taludhelling kan dit een nadelige invloed hebben op de andere faalmechanismen (macrostabiliteit, verwekingsvloeiing etc.). Een schematische weergave van een gewenste en ongewenste situatie met betrekking tot het gerealiseerde talud in relatie tot het ontwerptalud is gegeven in figuur 7-1.



Figuur 7-1: Schematische weergave ongewenste en gewenste situatie gerealiseerd talud, niet op schaal

7.3 Aanvulmateriaal

Tegen het talud van de zandwinning tussen de insteek en de middenberm (talud A) wordt na de winning aangevuld. Dit talud wordt daardoor verflauwd tot circa 1:5. Volgens opgave van de opdrachtgever wordt aangevuld met voornamelijk zandig materiaal (restspecie) of plaatselijk zandige klei (afgegraven toplaag). De eigenschappen van dit materiaal zijn afhankelijk van de kwaliteit van het teruggestorte materiaal en de wijze van uitvoering. Aangezien het teruggebrachte zand een uitgezeefde fractie betreft zal het naar verwachting voornamelijk zeer fijn zand betreffen met een gradering van mindere kwaliteit zijn.

De haalbaarheid van een talud 1:5 is sterk afhankelijk van de voornoemde materiaaleigenschappen. Meer bijmenging van kleilig materiaal levert een mogelijk flauwere taludhelling op. Rekening dient te worden gehouden dat bij bepaalde samenstellingen van het materiaal het wellicht niet mogelijk is om een talud 1:5 te realiseren en dat het materiaal onder een flauwer uitvloeit tijdens het aanbrengen. Geadviseerd wordt de gerealiseerde taluds na aanleg te peilen en bij sterke afwijkingen van het ontwerp een geotechnisch adviseur te raadplegen.

Opgemerkt wordt dat de aanvulling geleidelijk van onder af dient te worden opgebouwd en dat voorzichtigheid bij het aanvullen geboden is. Bij het onzorgvuldig aanbrengen van aanvullingen bestaat er een risico tot het inleiden van instabiliteit of verwekings- of bresvloeiing. Voorkomen dient te worden dat het aanvulmateriaal bij het aanbrengen over het gezogen talud schuift of rolt.

Daarnaast dient voor eventueel toekomstige projecten in dit gebied, bij los gestort onder water aangebracht materiaal, rekening te worden gehouden met extra zettingen, die ook lang na aanbrengen kunnen optreden. Bij het optreden van bijvoorbeeld trillingen, zoals bijvoorbeeld een aardbeving maar ook heiwerkzaamheden, kunnen plotselinge maaiveldzakkingen optreden. Daarnaast kunnen grote wateroverspanningen (verweking) van het materiaal optreden.

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Realisatie zandwinput Bijlandsewaard te Pannerden	Opdrachtnummer	6013-0252-000
Opdrachtgever	Van Nieuwpoort Bouwgrondstoffen Postbus 120 2800 AC Gouda	Datum rapportage	14 oktober 2013
		Uitvoeringsperiode	1 t/m 3 oktober 2013
Opgesteld door	F. de Valk		
Gecontroleerd door	R. Hoegee		
Projectleider	ir. W.H.J. van der Velden		
Documentnaam	6013-0252-000_21.KR01.doc		

Deze rapportage bevat de resultaten van het geotechnisch veldwerk dat ten behoeve van bovengenoemd project door Fugro GeoServices B.V. is uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten van dit onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Tot deze rapportage behoren de volgende bijlagen:

- Situatietekening
- Sonderingen
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit 6 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand waarvan 2 sondering(en) met meting van de waterspanning tijdens het sonderen (DKMP).

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De bijgevoegde situatietekening is gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocaties.

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.

3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

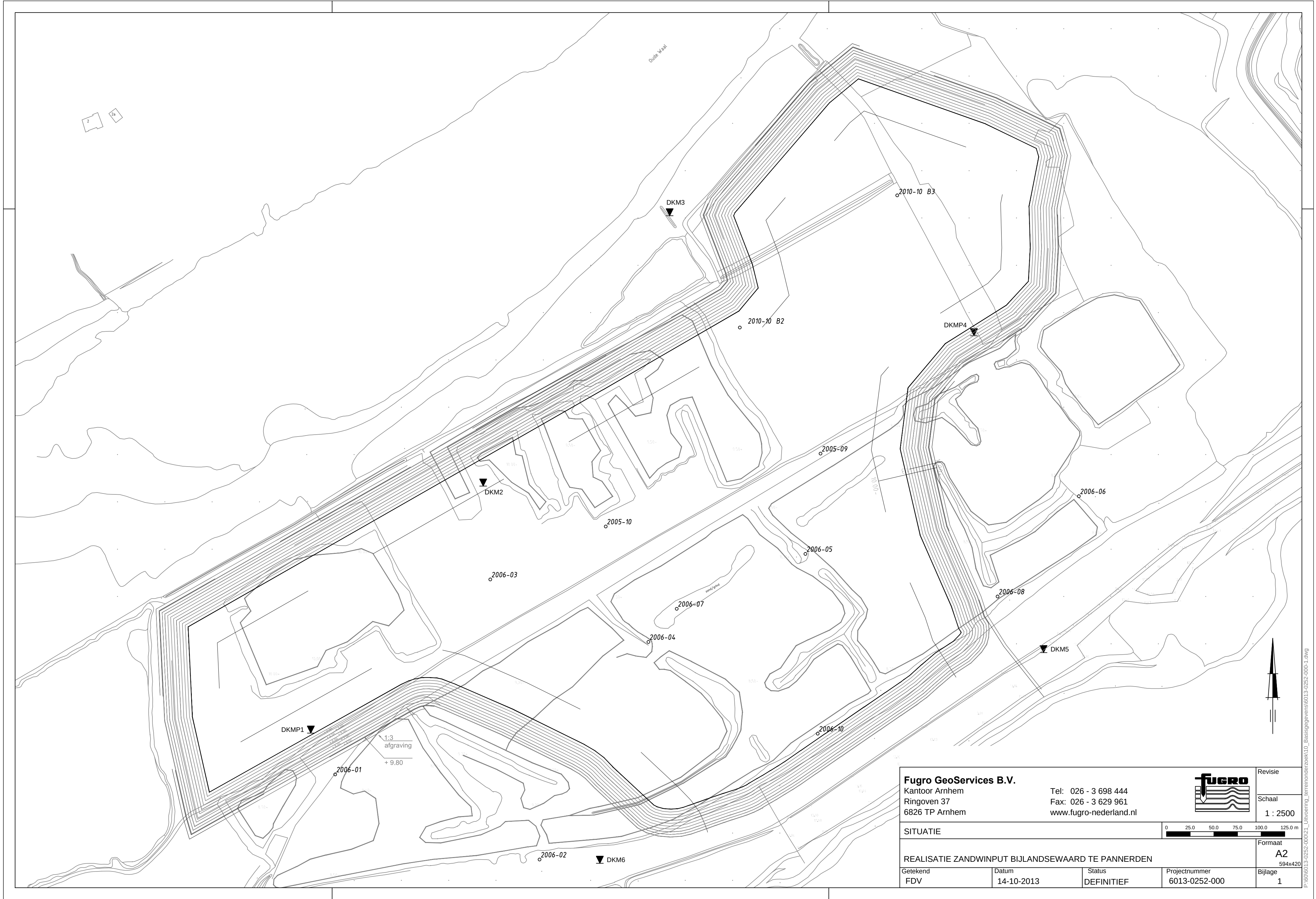
Sondering DKM6 kon niet dieper gemaakt worden dan 30,4 m – MV, op deze diepte werd de maximale capaciteit van het equipement bereikt. Hierdoor was een sondeerstang afgebroken.

4. GRONDWATERSTAND

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in de sondeergaten aangetroffen op 1,1 m tot 2,1 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP +9,9 m tot NAP +9,0 m. Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

5. KWALITEITSBORGING

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro GeoServices B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.



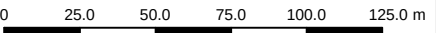
Fugro GeoServices B.V.
Kantoor Arnhem
Ringoven 37
6826 TP Arnhem

Tel: 026 - 3 698 444
Fax: 026 - 3 629 961
www.fugro-nederland.nl



Revisie
Schaal
1 : 2500

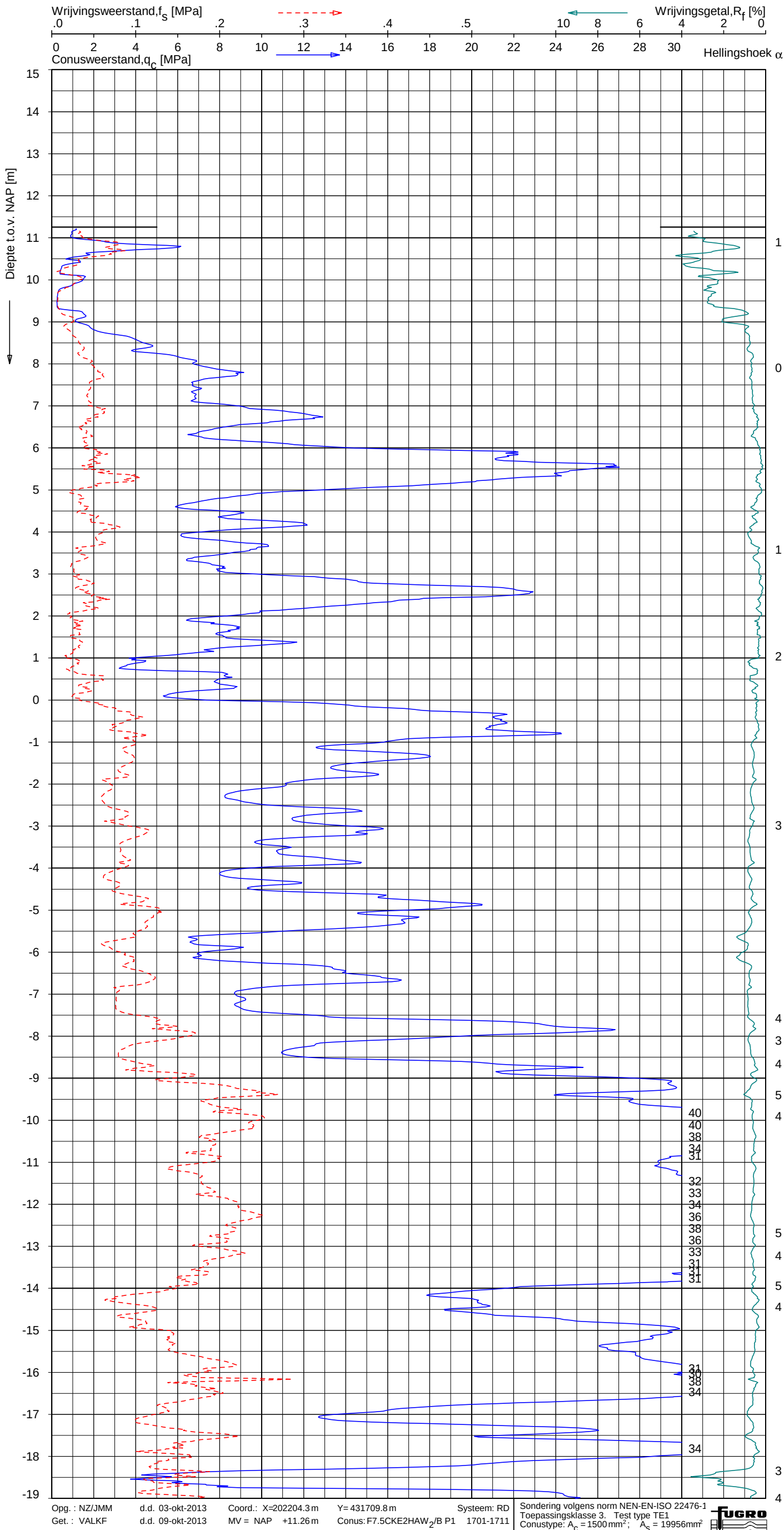
SITUATIE



REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

Getekend FDV	Datum 14-10-2013	Status DEFINITIEF	Projectnummer 6013-0252-000	Formaat A2 594x420
				Bijlage 1

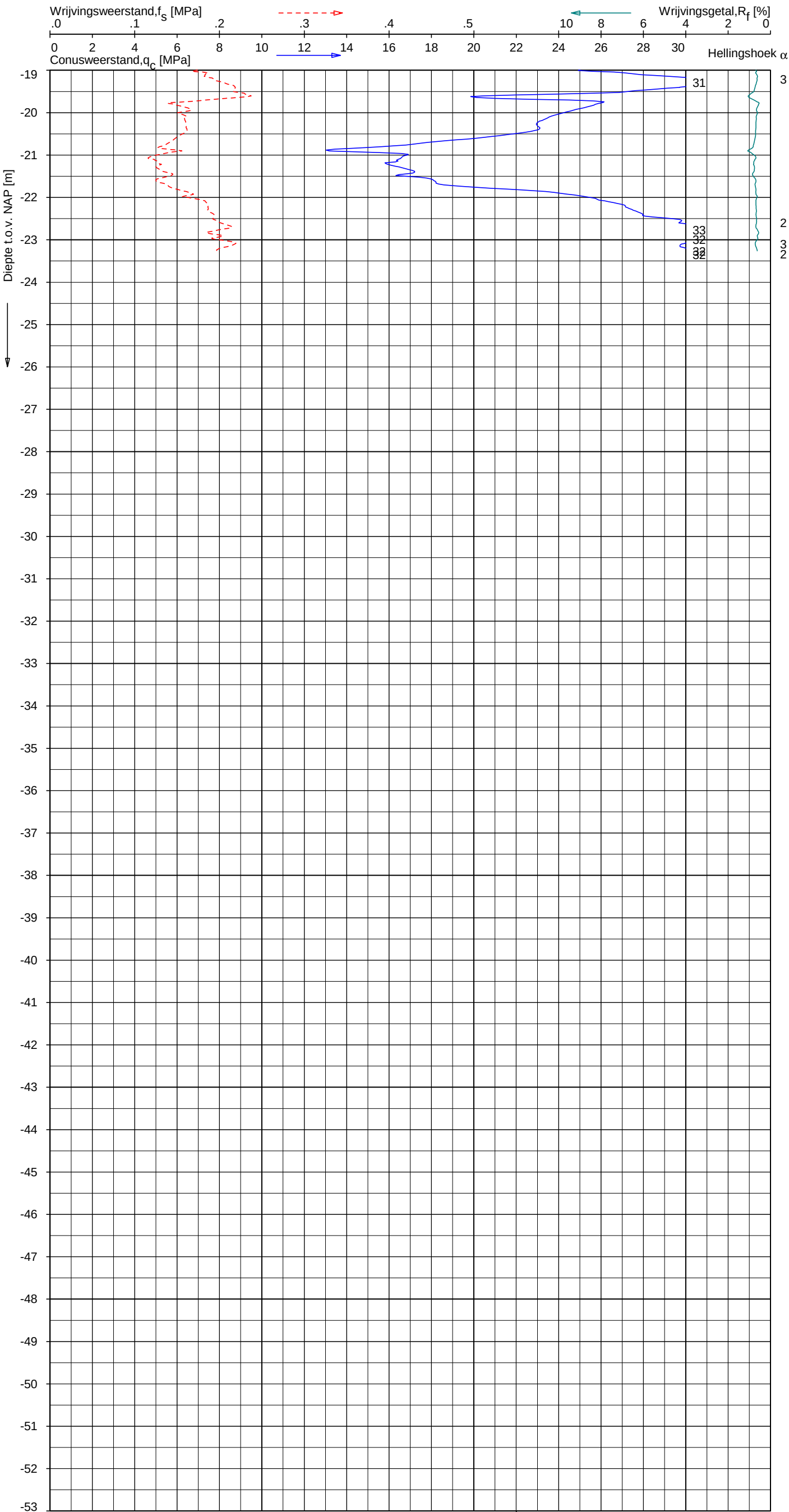
P:\6013-0252-000\21_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\6013-0252-000-1.dwg



UNIPILOT 05.23.nl / QcFclass-N3.cnd / 2013-10-09 14:55:16

6013-0252-000

DKMP1 - 2



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

ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202204.3 m Y= 431709.8 m Systeem: RD
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +11.26 m Conus: F7.5CKE2HAW₂/B P1 1701-1711
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

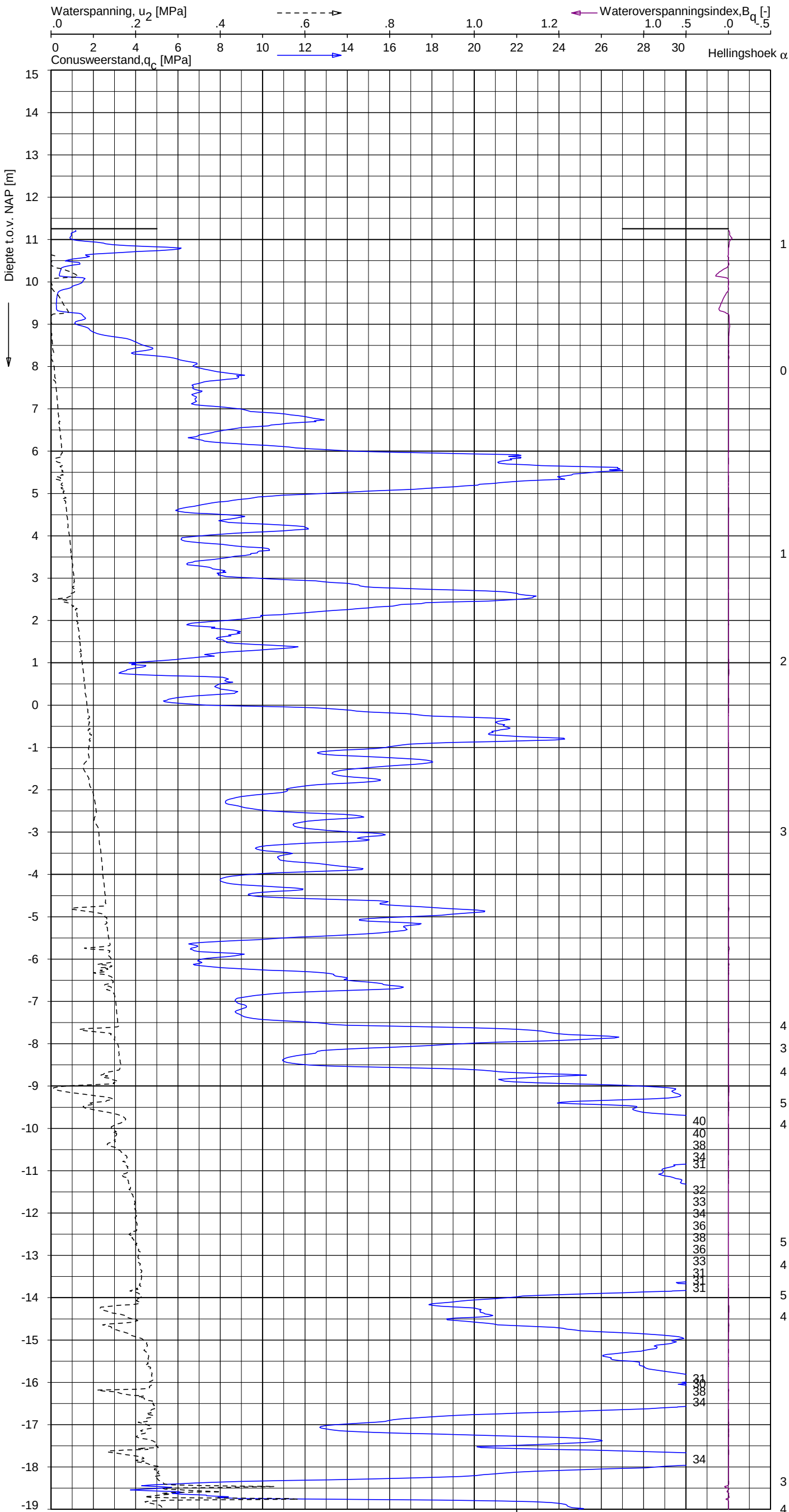
Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKMP1



UNIPLOT 05.23.nl / QcU2Class-N3.cmd / 2013-10-09 14:56:41

6013-0252-000

DKMP1 - 1



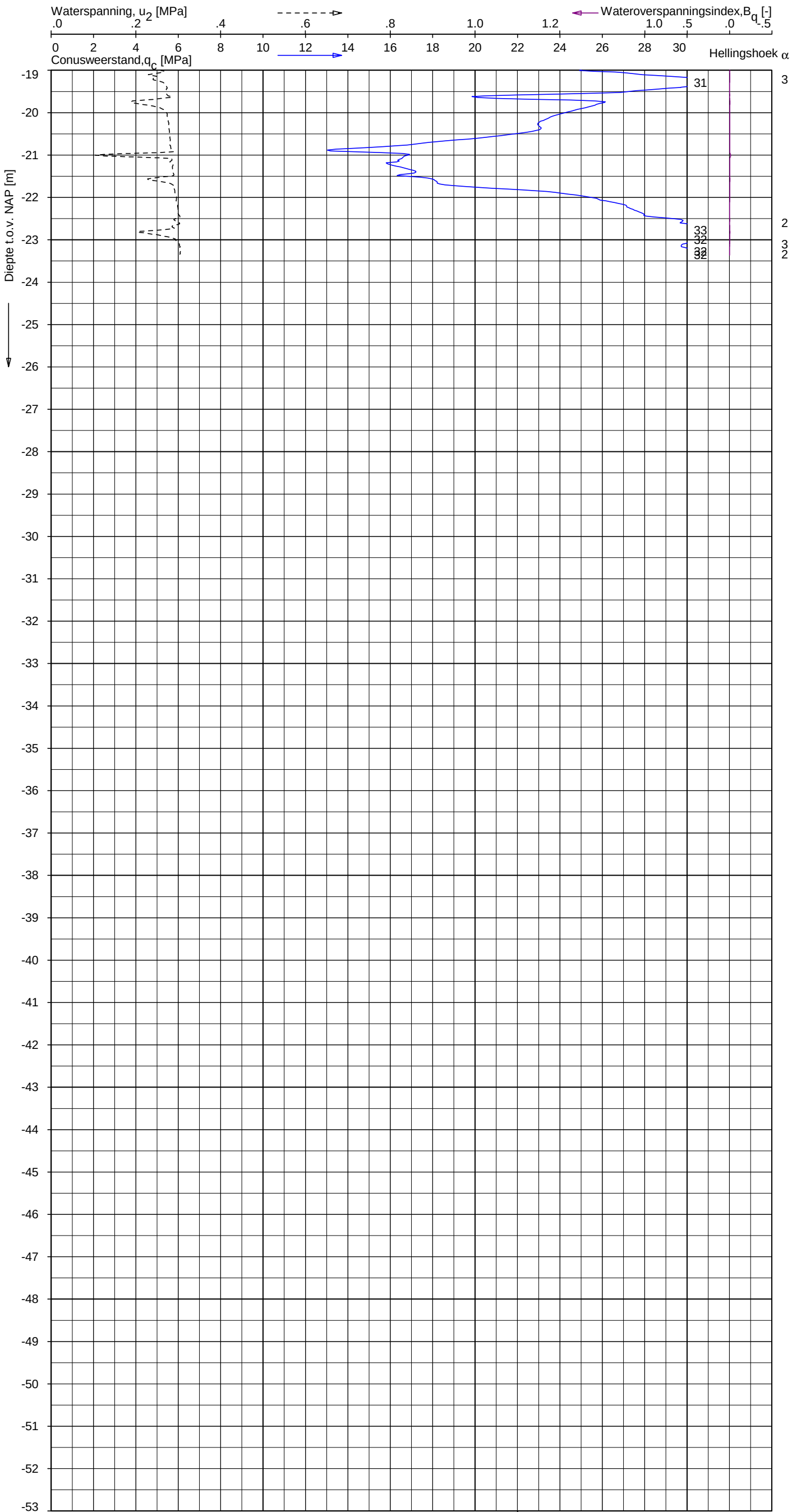
Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202204.3m Y= 431709.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +11.26m Conus: F7.5CKE2HAW₂/B P1 1701-1711 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conus type: A_c = 1500 mm²; A_s = 19956 mm²



SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKMP1





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

	ZAND, zwak siltig tot siltig
--	------------------------------

Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202204.3 m Y= 431709.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +11.26 m Conus: F7.5CKE2HAW₂/B P1 1701-1711 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$

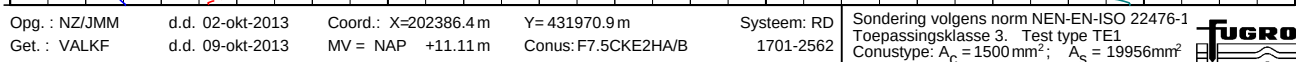


SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKMP1

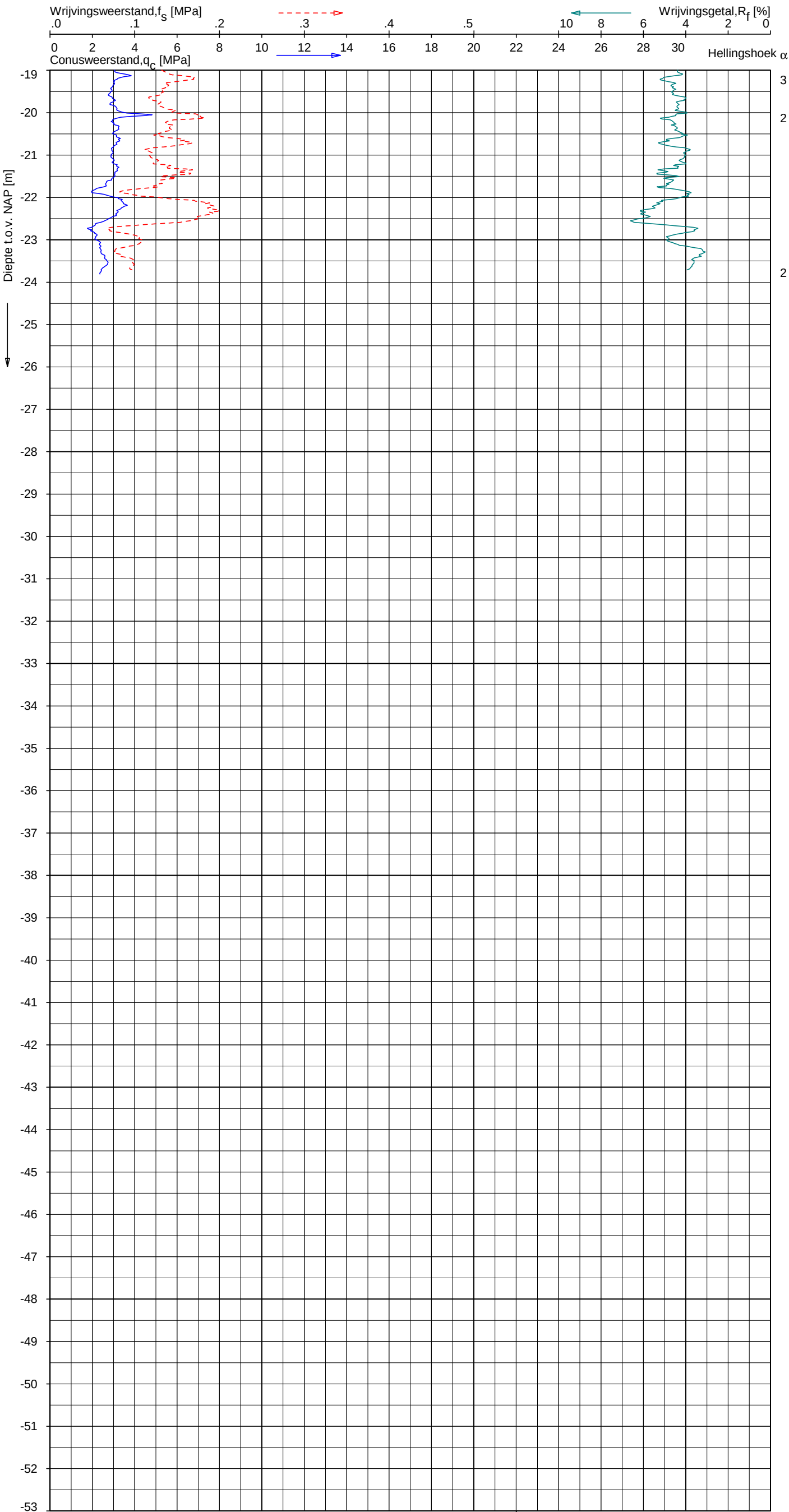


[illegible]

UNIPLOT 05.23.nl / QcF-SClass-N3.cmd / 2013-10-09 14:14:24

6013-0252-000

DKM2 - 2



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

	KLEI, zwak siltig tot siltig
	KLEI, zwak siltig tot siltig

Opg. : NZ/JMM	d.d. 02-okt-2013	Coord.: X=202386.4 m	Y= 431970.9 m	Systeem: RD	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF	d.d. 09-okt-2013	MV = NAP +11.11 m	Conus: F7.5CKE2HA/B	1701-2562	Toepassingsklasse 3. Test type TE1
					Conustype: A _c = 1500 mm ² ; A _s = 19956 mm ²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

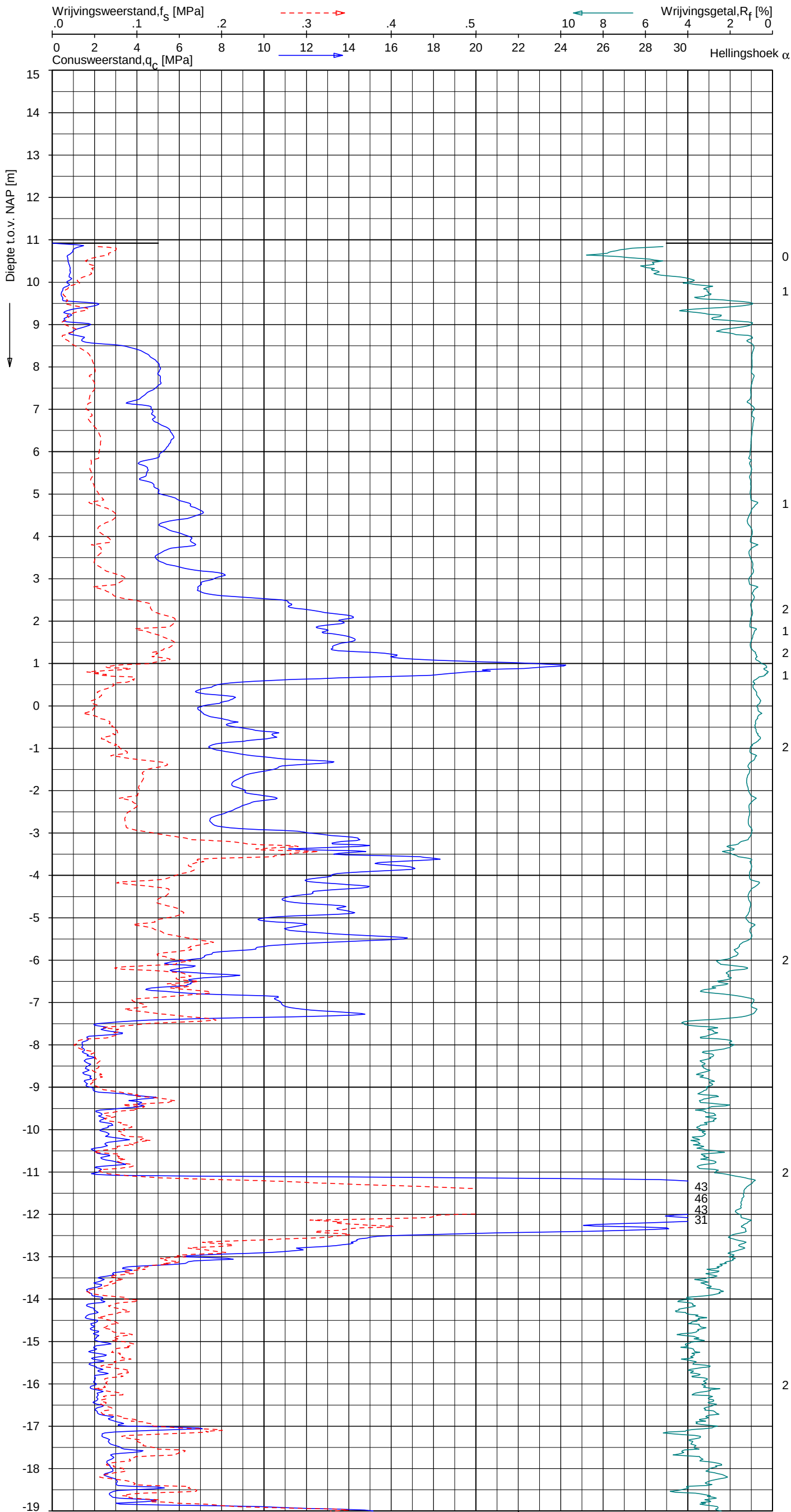
Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKM2



UNIPLOT 05.23.nl / QcFclass-N3.cmd / 2013-10-09 14:14:27

6013-0252-000

DKM3 - 1



Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202583.5 m Y= 432256.6 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +10.92 m Conus: F7.5CKE2HA/B 1701-2562 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: A_c = 1500 mm²; A_s = 19956 mm²

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



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

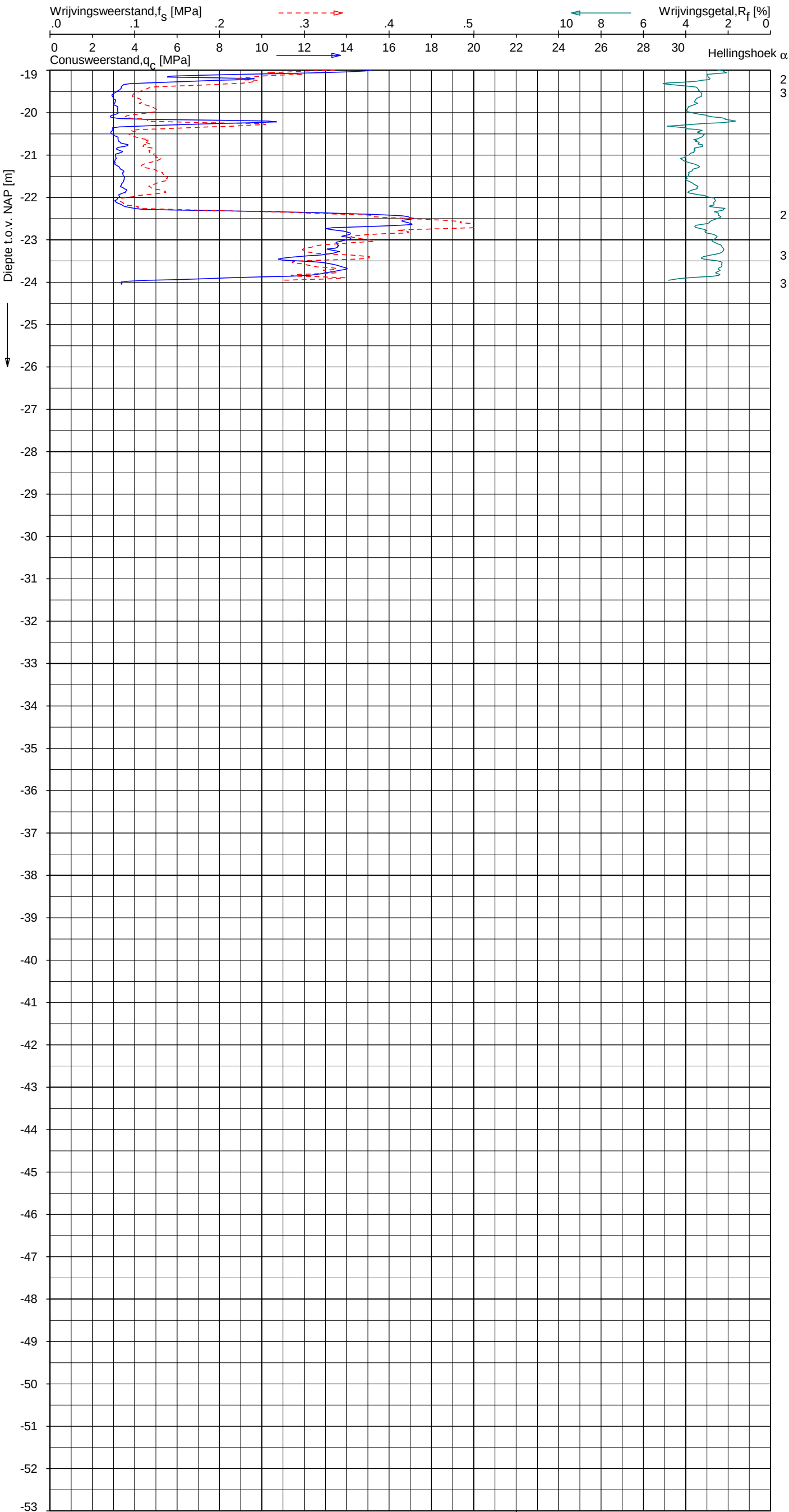
Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKM3



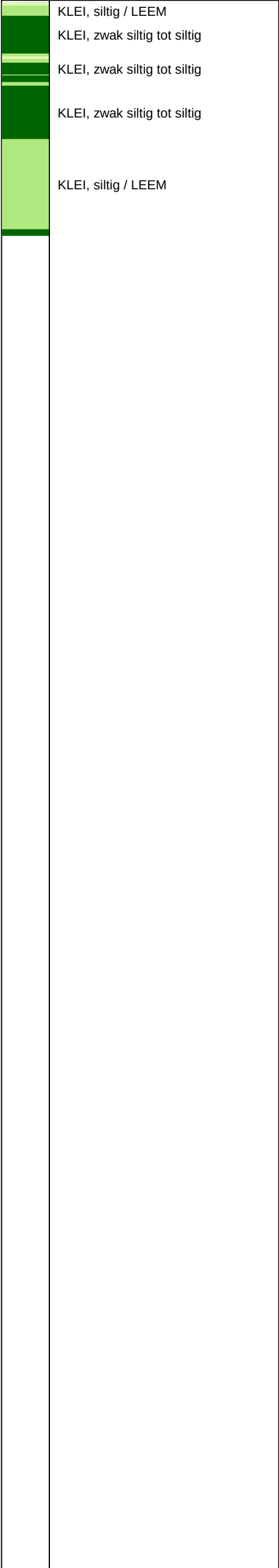
UNIPLOT 05.23.nl / QcFClass-N3.cmd / 2013-10-09 14:14:28

6013-0252-000

DKM3 - 2



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

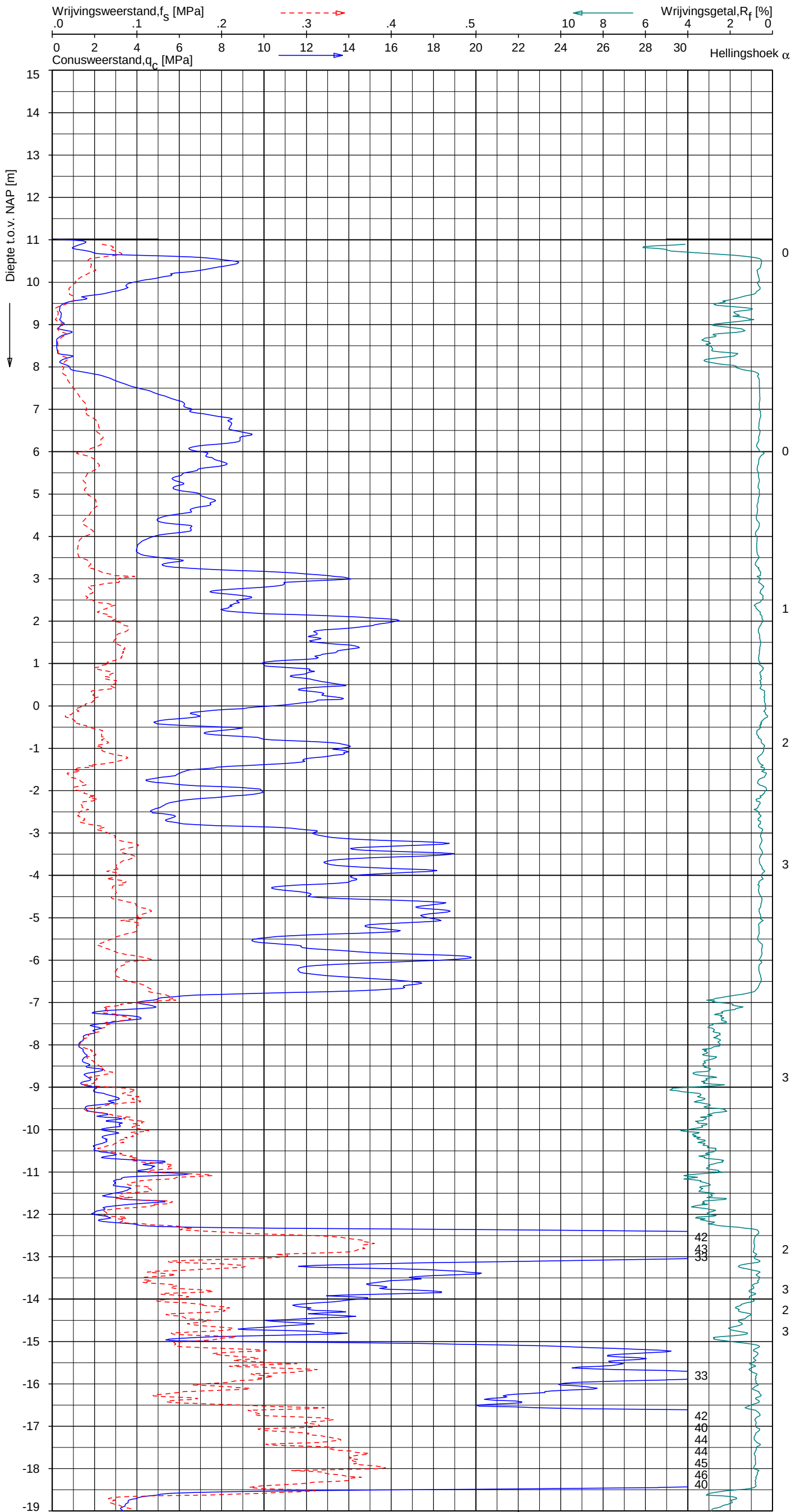


Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202583.5 m Y= 432256.6 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +10.92 m Conus: F7.5CKE2HA/B 1701-2562 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKM3





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



Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202905.1m Y=432129.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +11.01m Conus: F7.5CKE2HAW₂/B P1 1701-1711 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

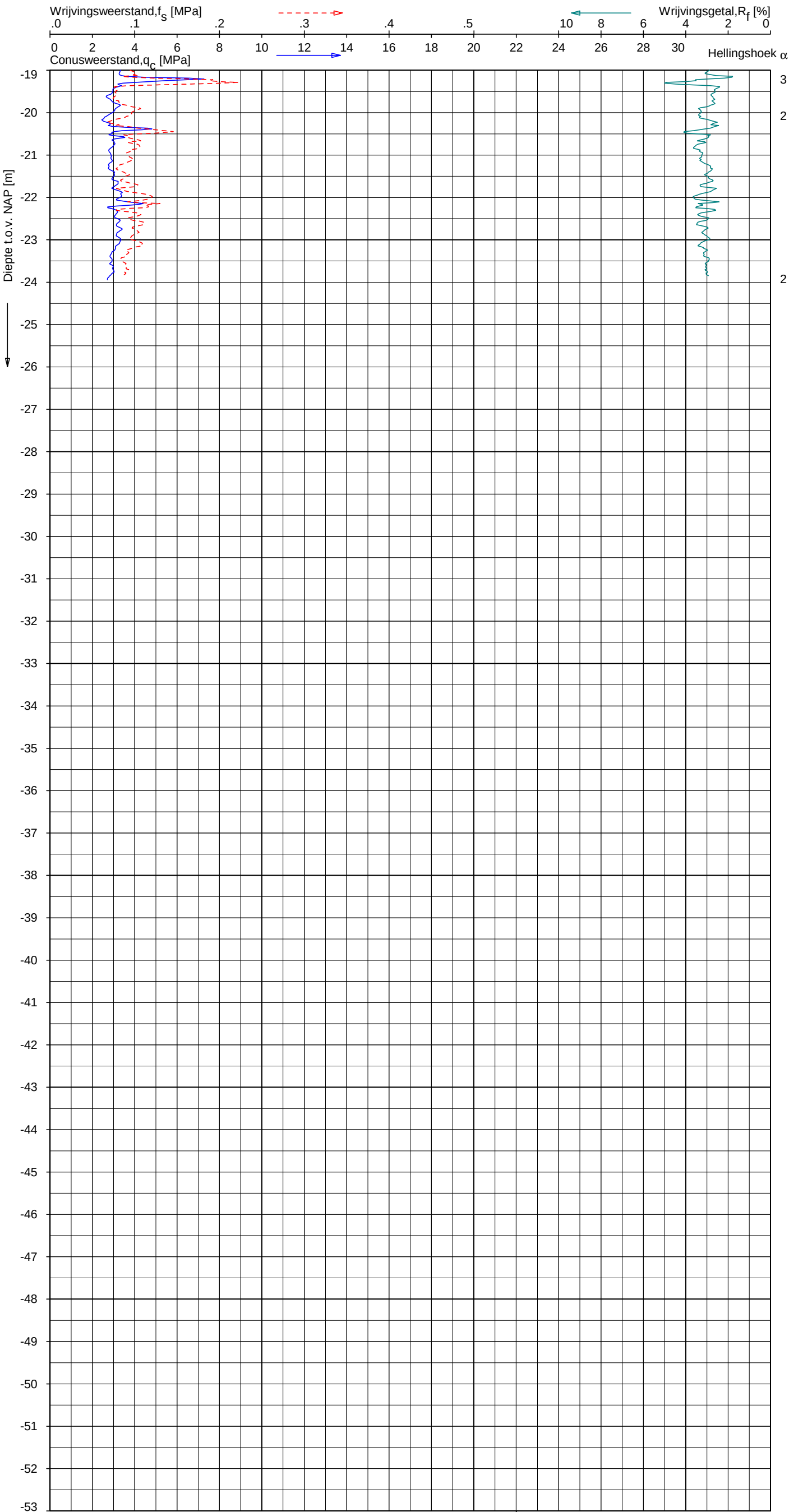
Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKMP4



UNIPLOT 05.23.nl / QcFClass-N3.cmd / 2013-10-09 14:14:32

6013-0252-000

DKMP4 - 2



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

	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, siltig / LEEM

Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202905.1 m Y= 432129.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +11.01 m Conus: F7.5CKE2HAW₂/B P1 1701-1711 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

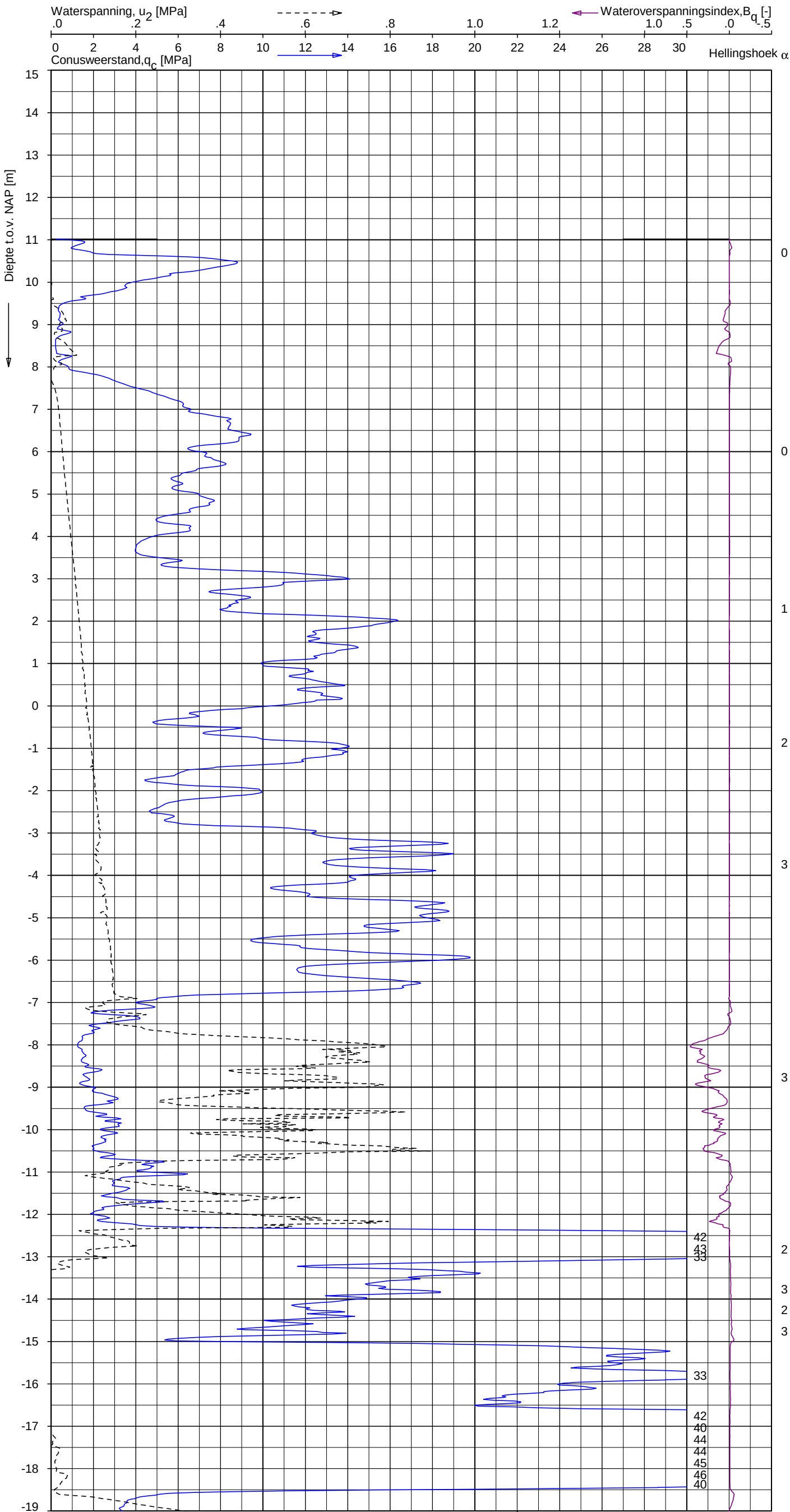
Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKMP4



UNIPLOT 05.23.nl / QcU2Class-N3.cmd / 2013-10-09 14:40:07

6013-0252-000

DKMP4 - 1



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



Opg. : NZ/JMM d.d. 03-okt-2013 Coord.: X=202905.1m Y=432129.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +11.01m Conus: F7.5CKE2HAW₂/B P1 1701-1711 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$

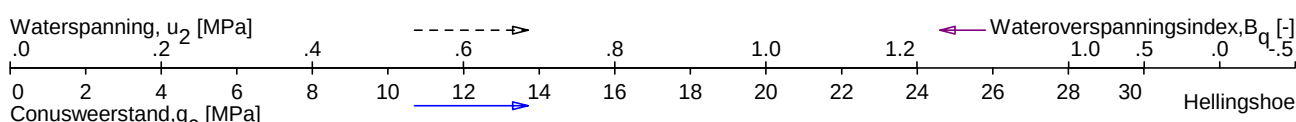


SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

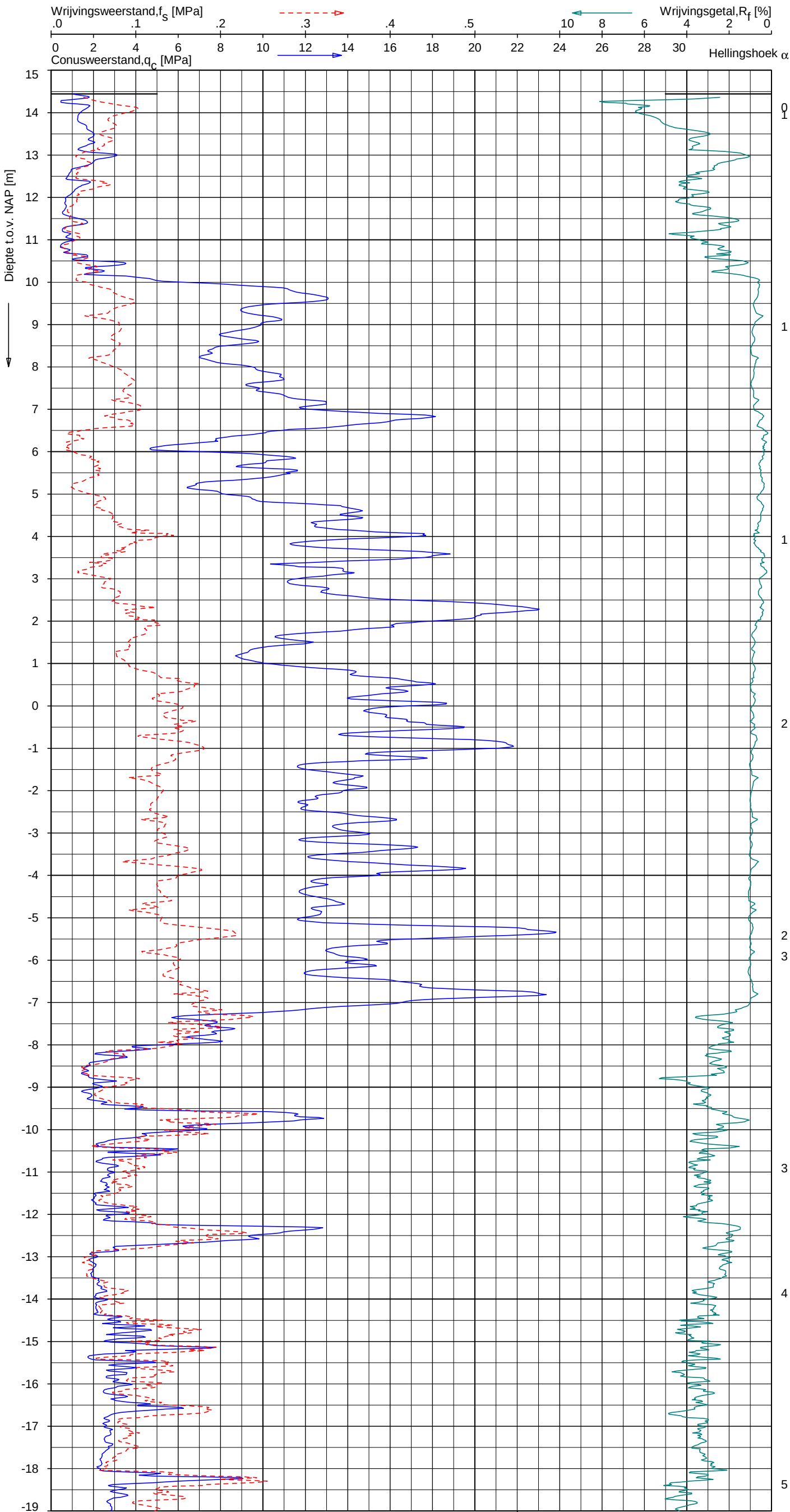
Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKMP4





	KLEI, Siltig / LEEM
	KLEI, Siltig / LEEM
	KLEI, Siltig / LEEM





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



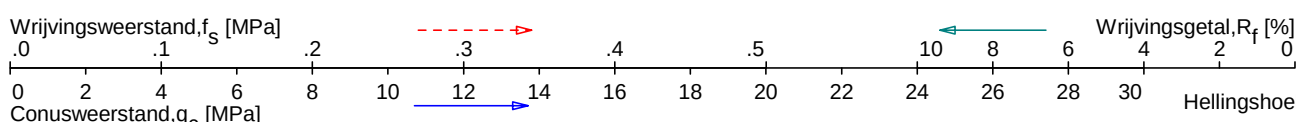
Opg. : NZ/YDL d.d. 01-okt-2013 Coord.: X=202978.6 m Y= 431795.0 m Systeem: RD
Get. : VALKF d.d. 09-okt-2013 MV = NAP +14.44 m Conus: F7.5CKE2HA/B 1701-2562
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$



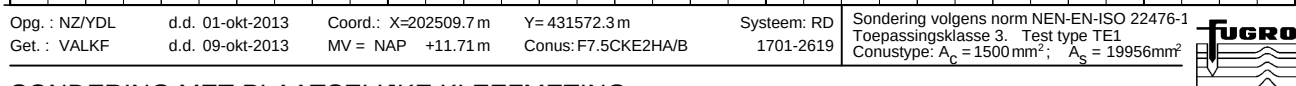
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
REALISATIE ZANDWINPUT BIJLANDSEWAARD TE PANNERDEN

Opdr. 6013-0252-000
Sond. DKM5





KLEI, zwak siltig tot siltig

[illegible]

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 nieuwe norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting* van toepassing als vervanging van NEN 5140, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

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

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in *NEN-EN-ISO 22476-1* vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹⁾ 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 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.*

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, leem, 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.

¹⁾ Lunne en Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

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]², die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangsparameters.

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

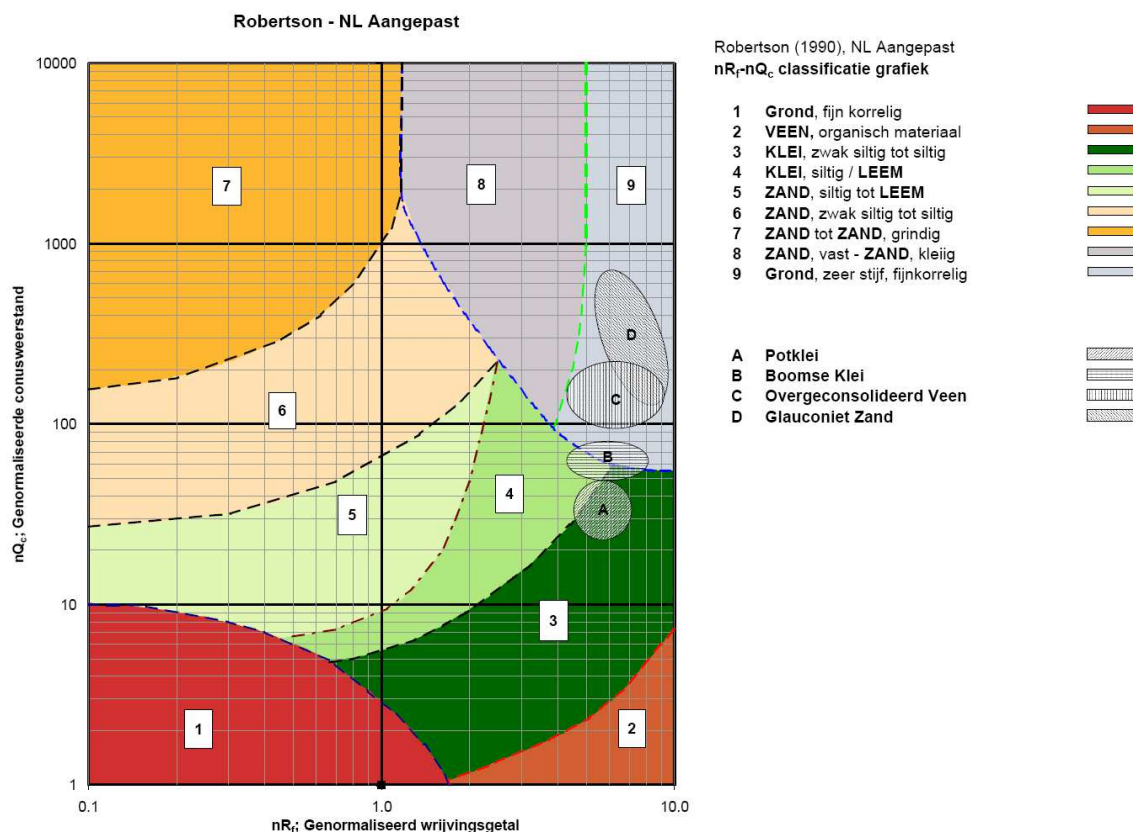
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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

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.
- Bovendien is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5$ MPa en $R_f > 5$ % wordt de grond als veen geclassificeerd.



² Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8²

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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

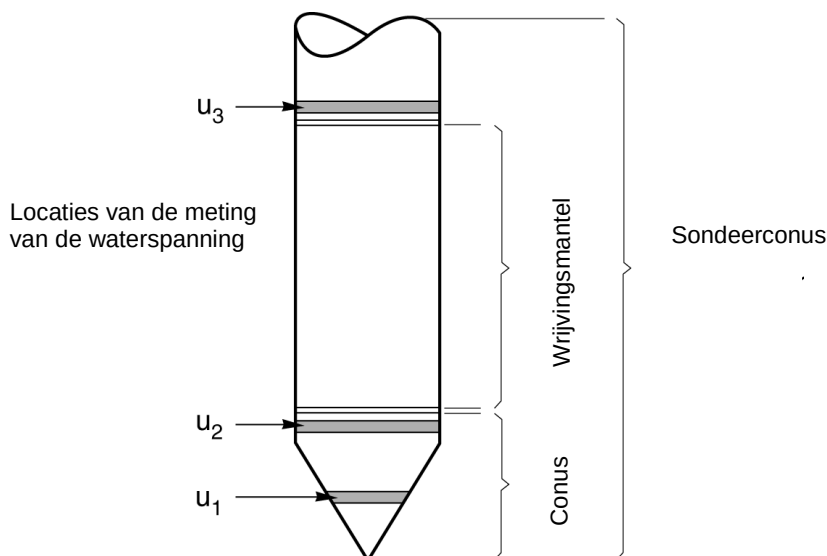
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van)

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)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus 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. 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 Principe piëzo-conus

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 membraam 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 wateroverspanningindex 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.

Wateroverspanningindex B_q

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

$$B_q = \beta \cdot (u_1 - u_0) / q_{net} \quad \text{of} \quad B_q = (u_2 - u_0) / q_{net}$$

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
 = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m³ en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;
- u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;
- u_0 = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

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

Grond gedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0 ¹⁾ - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dillatant gedrag	0 ¹⁾ - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

¹⁾ 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 overeen met circa 1/2 uur à 3/4 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, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerklassen worden de sondeerklassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

Toepassing klassen volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2012

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort ^b	Interpretatie ^c
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving 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	Conus weerstand Mantel wrijving 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	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning ^d Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*
NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.						
NOOT 2 Voor 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) ($q_c < 3$ MPa) B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$) C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte zanden ($q_c > 20 \text{ MPa}$) D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$) ^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 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 onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm tenminste in toepassingsklasse 3 vallen en voor een groot deel binnen klasse 2. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met $q_c < 3$ MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. 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 conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	Meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.			

Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheden van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingklasse 3 volgens de ISO norm.

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

	mechanische boring (B)
	handboring (HB)
	niet uitgevoerde boring
	niet uitgevoerde handboring
	boring met peilbuis
	boring met peilbuis, ondiep en diep filter
	boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
	handboring met peilbuis
	hellingmeterbuis (HMB)
	gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
	boring derden
	boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

	diep-/diepzware sondering
	middelzware sondering
	diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	slagsondering
	niet uitgevoerde sondering
	waterspanningsmeter (WSM)
	sondering derden
	sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen

M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

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

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

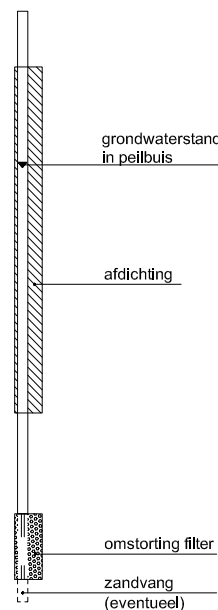
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

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

Peilbuis



Monsters

	geroerd monster
	ongeroerd monster

Overig

	gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	verharding / kern / asfalt
	puin

GEOTECHNISCH ONDERZOEK
betreffende
**ZANDWINNING NABIJ DE BIJLANDSE
WAARD**

Opdrachtnummer: 6010-0440-000

Opdrachtgever : Van Nieuwpoort Bouwgrondstoffen
Postbus 120
2800 AC Gouda

Datum grondonderzoek : 15 tot en met 26 oktober 2010

Projectleider : B. Bosman
Hoofd Uitvoering

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	3 november 2010		<i>BB</i>

FILE: 6010-0440-000.R01.doc. Op deze rapportage zijn de algemene leveringsvoorwaarden van de V.O.T.B. van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. ALGEMENE TOELICHTING	1
2. GRONDONDERZOEK	2
2.1. Uitzetten en waterpassen	2
2.2. Boren	2
2.3. Grondwaterstand	2

<u>BIJLAGEN</u>	<u>Nr.</u>
<u>Grondonderzoek</u>	
- Situatiekening	1
- "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten"	
- Boorstaten	B1 t/m B3

1. ALGEMENE TOELICHTING

Op 15 september 2010 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. te Arnhem van Van Nieuwpoort Bouwgrondstoffen te Gouda, de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek voor het project “Zandwinning nabij de Bijlandse waard”.

Dit rapport bevat:

- Een beschrijving van het uitgevoerde grondonderzoek (hoofdstuk 2).
- Resultaten van het grondonderzoek (bijlagen).

2. GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit 3 mechanische boringen tot circa 20 m diepte.

2.1. Uitzetten en waterpassen

De onderzoeklocaties zijn door Fugro Ingenieursbureau uitgezet en gewaterpast, waarbij de hoogtes zijn gemeten met behulp van GPS-RTK en zijn weergegeven ten opzichte van NAP. De onderzoekslocaties zijn weergegeven op de situatietekening in bijlage 1.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties in het terrein is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2.2. Boren

De mechanische boringen zijn uitgevoerd conform NEN 5119. De boringen zijn verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis is verwijderd met behulp van een puls (niet cohesieve gronden, zand, grind) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden, klei, veen). Tijdens het boren is van elke 0,5 m een geroerd monster genomen en in het veld geclassificeerd.

Op aan de hand van sondeerresultaten bepaalde diepten zijn ongeroerde monsters genomen. De ongeroerde monsternamen heeft plaatsgevonden door met een slaghamer (Ackermann) een steekbus te slaan. De steekbussen zijn dunwandige metalen bussen met een diameter van 70 mm en een lengte van 400 mm.

De resultaten van boringen zijn weergegeven weergegeven op de boorstaten B1, B2 en B3, waarbij de diepte is uitgezet ten opzichte van NAP. Tevens zijn op de boorstaten de diepten van de (on)geroerde monsters en de grondwaterstanden ten tijde van het grondonderzoek weergegeven.

2.3. Grondwaterstand

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand aangetroffen op 1,6 m tot 2,9 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP +9,3 m tot NAP +8,5 m. Deze grondwaterstand is een éénmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN/PEILBUIZEN

	mechanische boring (B)
	handboring (HB)
	niet uitgevoerde boring
	niet uitgevoerde handboring
	boring met peilbuis
	boring met peilbuis, ondiep en diep filter
	boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
	handboring met peilbuis
	hellingmeterbuis (HMB)
	gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
	boring derden
	boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

	diep-/diepzware sondering
	middelzware sondering
	diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	slagsondering
	niet uitgevoerde sondering
	waterspanningsmeter (WSM)
	sondering derden
	sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen

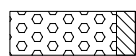
M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

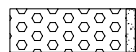
KM	meting van de plaatselijke kleef
P	meting van waterspanning
M	meting van de magnetische veldsterkte
G	meting van de geleidbaarheid
S	meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	meting van de temperatuur

LEGENDA / TERMINOLOGIE (conform NEN5104)

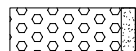
grind



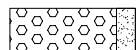
Grind, siltig



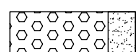
Grind, zwak zandig



Grind, matig zandig



Grind, sterk zandig



Grind, uiterst zandig

zand



Zand, kleiig



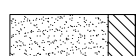
Zand, zwak siltig



Zand, matig siltig

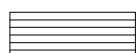


Zand, sterk siltig

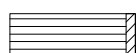


Zand, uiterst siltig

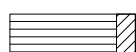
veen



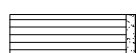
Veen, mineraalarm



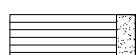
Veen, zwak kleiig



Veen, sterk kleiig



Veen, zwak zandig



Veen, sterk zandig

monsters



geroerd monster



ongeroid monster

klei



Klei, zwak siltig



Klei, matig siltig



Klei, sterk siltig



Klei, uiterst siltig



Klei, zwak zandig



Klei, matig zandig



Klei, sterk zandig

leem

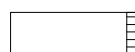


Leem, zwak zandig



Leem, sterk zandig

overige toevoegingen



zwak humeus



matig humeus



sterk humeus



zwak grindig



matig grindig



sterk grindig

overig



gemiddeld hoogste grondwaterstand



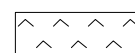
grondwaterstand



gemiddeld laagste grondwaterstand



slib

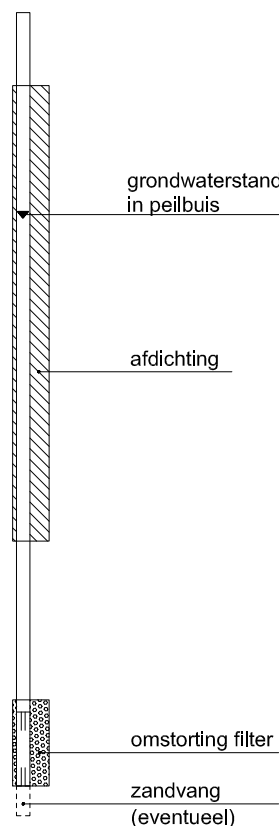


verharding / kern / asfalt



puin

peilbuis

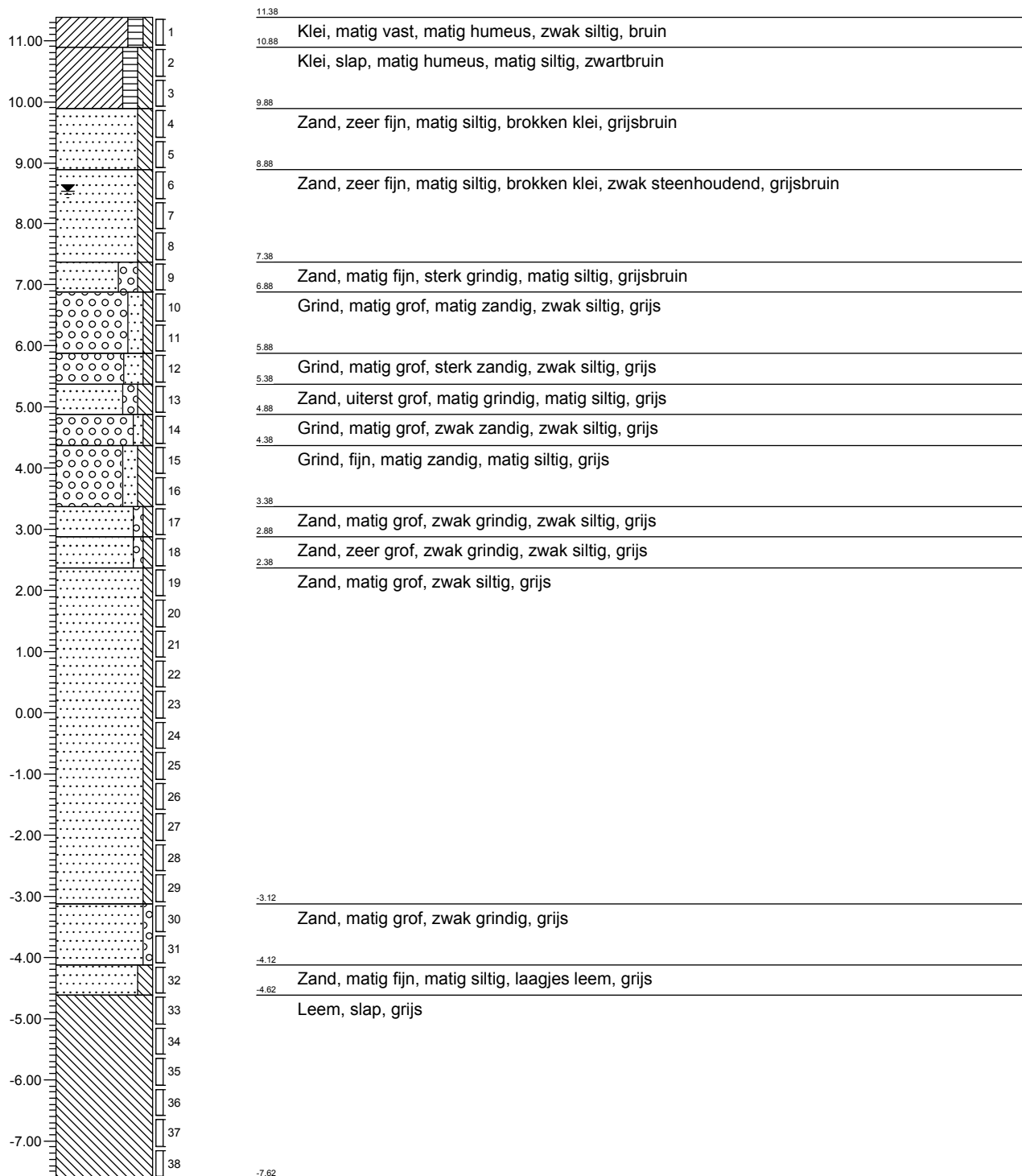


Boring: B1

Veldclassificatie

Diepte (m tov NAP) Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



Uitvoering: 25-10-2010

X: 201606.16
Y: 431445.55

MV (m tov NAP): 11.38
GWS (cm tov MV): 285

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

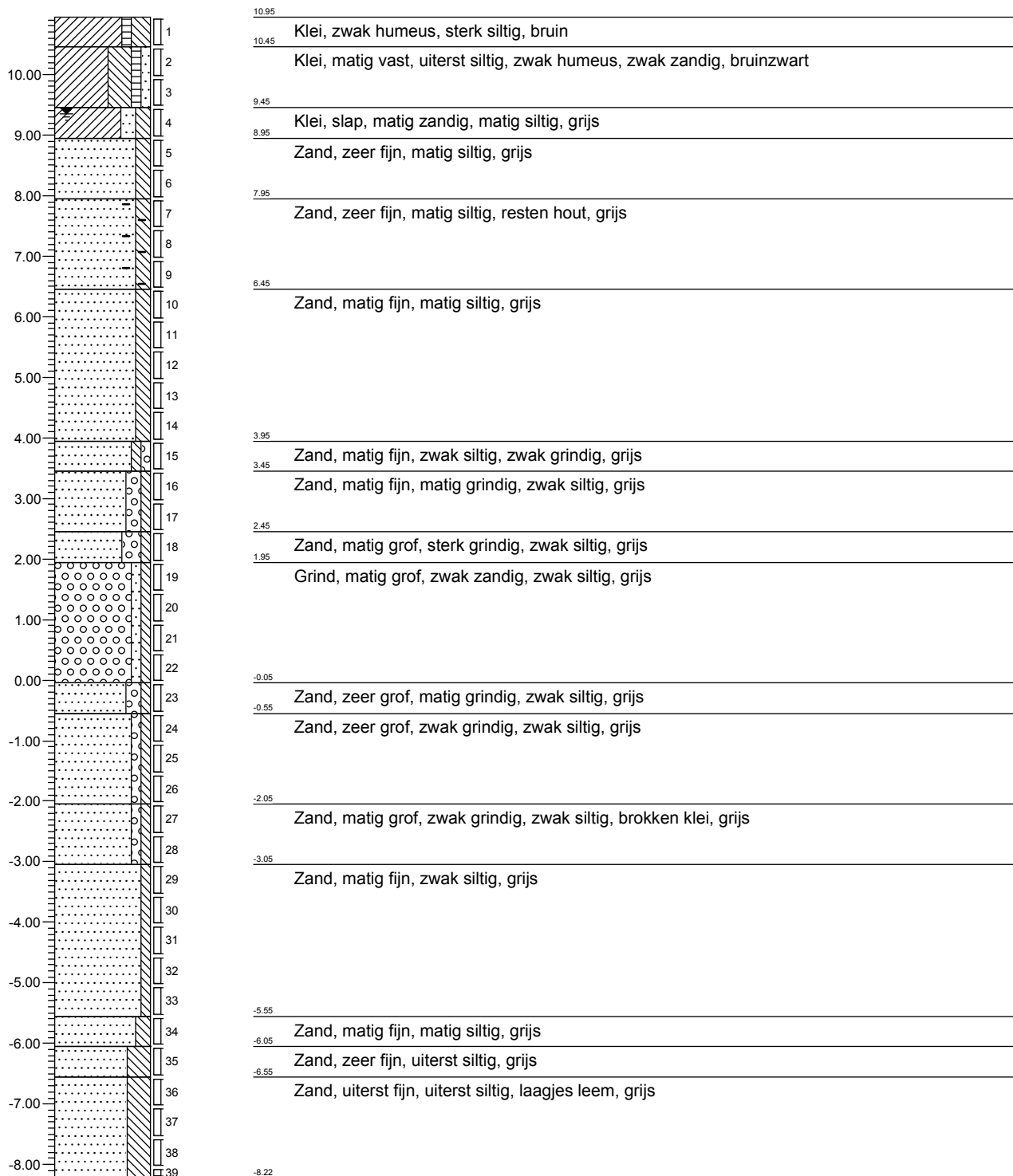
Bk PB (m tov NAP):
Boormeester: JPJ

Boring: B2 - 1

Veldclassificatie

Diepte (m tov NAP) Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



Uitvoering: 14-10-2010

X: 202625.65
Y: 432162.97

MV (m tov NAP): 10.95
GWS (cm tov MV): 160

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

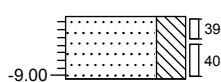
Bk PB (m tov NAP):
Boormeester: JPJ

Boring: B2 - 2

Veldclassificatie

Diepte (m tov NAP) Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-8.22

Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, laagjes leem, grijs

-9.05

Uitvoering: 14-10-2010

X: 202625.65
Y: 432162.97

MV (m tov NAP): 10.95
GWS (cm tov MV): 160

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

Bk PB (m tov NAP):
Boormeester: JPJ

BORING VOLGENS NEN 5119

Fugro Ingenieursbureau B.V.

6010-0440-000

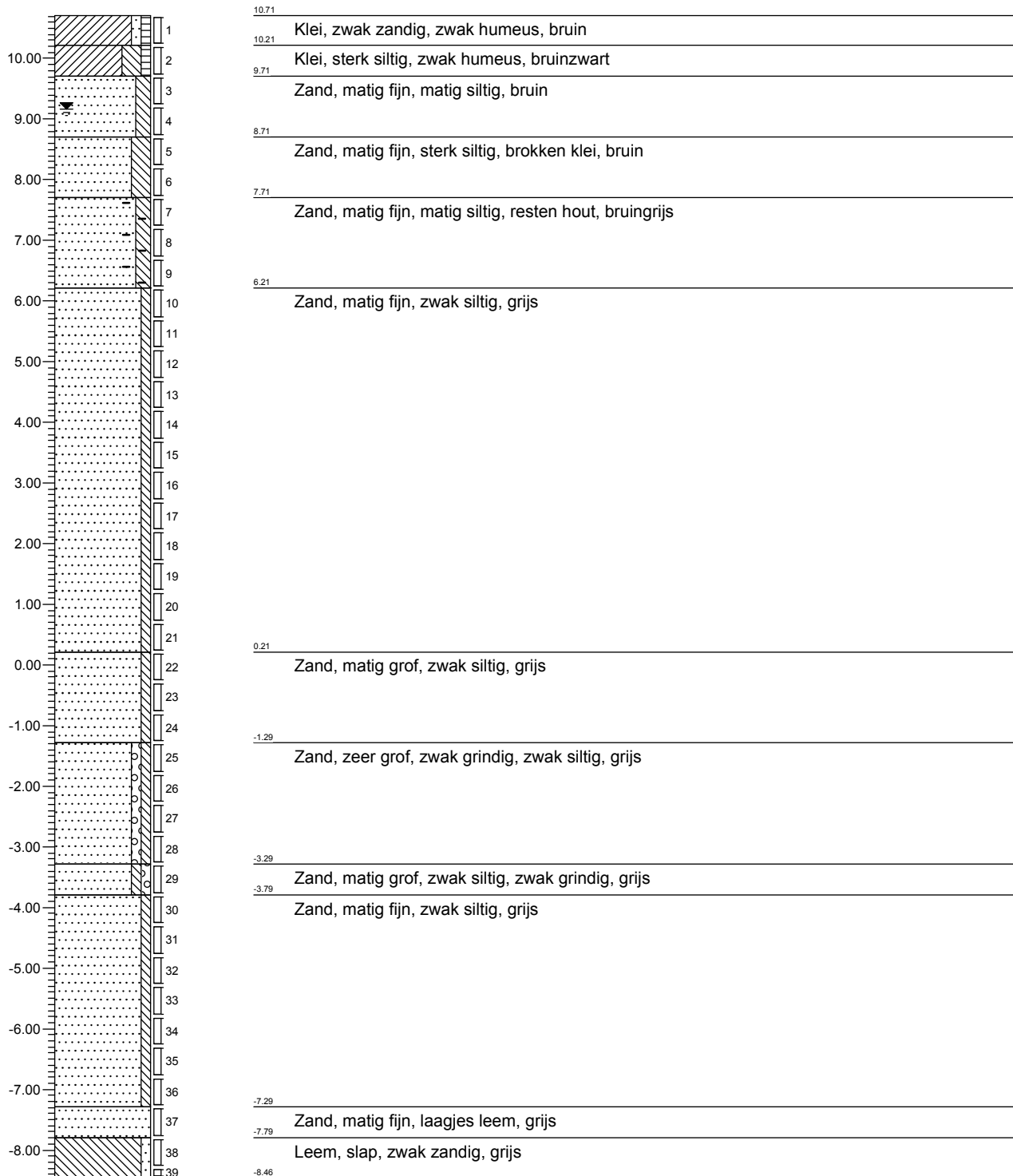
ZANDWINNING NABIJ DE BLIJFANDSE WAARD

Boring: B3 - 1

Veldclassificatie

Diepte (m tov NAP) Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



Uitvoering: 14-10-2010

X: 202826.3
Y: 432279.97

MV (m tov NAP): 10.71
GWS (cm tov MV): 155

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

Bk PB (m tov NAP):
Boormeester: JPJ

Boring: B3 - 2

Veldclassificatie

Diepte (m tov NAP) Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-8.46

Leem, slap, zwak zandig, grijs

-9.29

Uitvoering: 14-10-2010

X: 202826.3
Y: 432279.97

MV (m tov NAP): 10.71
GWS (cm tov MV): 155

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

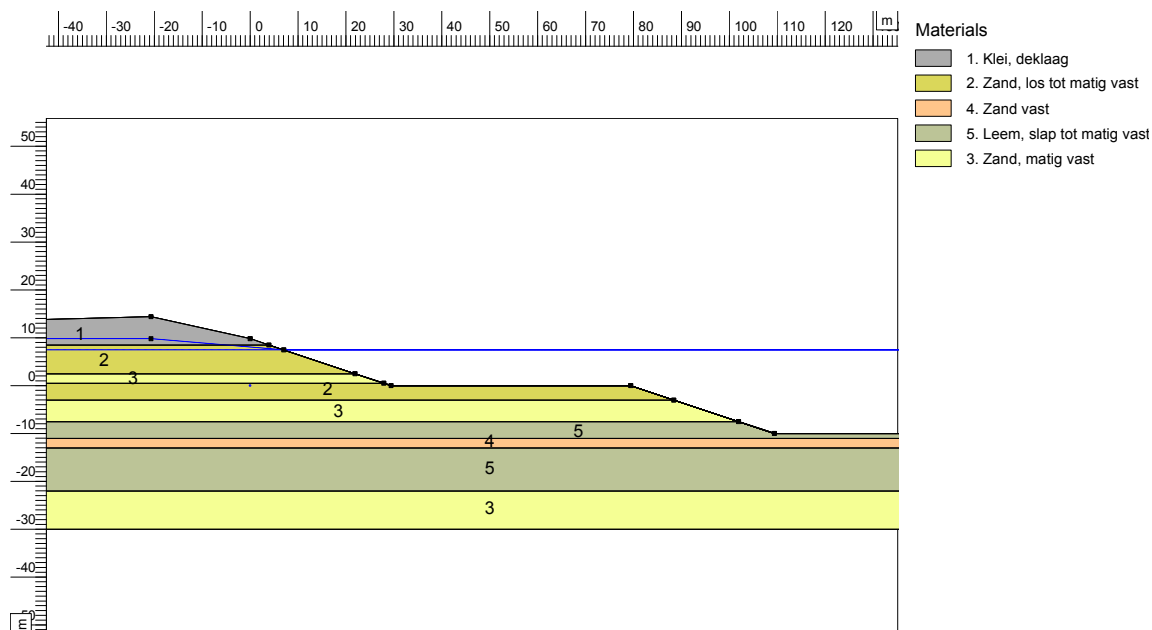
Bk PB (m tov NAP):
Boormeester: JPJ

BORING VOLGENS NEN 5119

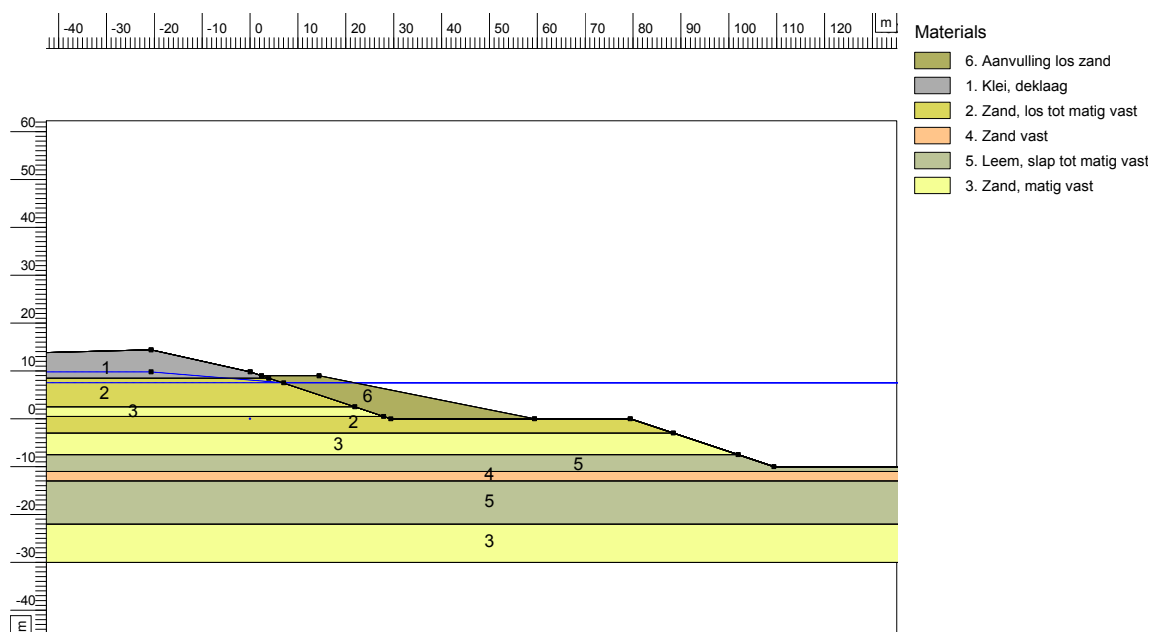
Fugro Ingenieursbureau B.V.

6010-0440-000

ZANDWINNING NABIJ DE BLIJVENDSE WAARD



Figuur A1.1: Geometrie uitvoeringssituatie



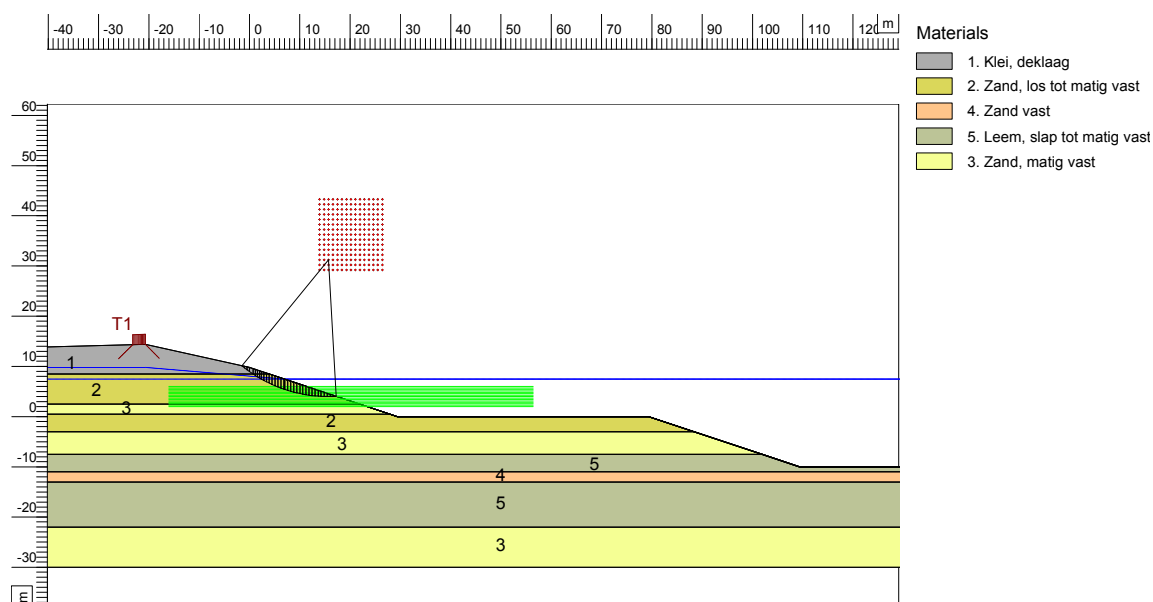
Figuur A1.2: Geometrie eindsituatie

GEOMETRIE STABILITEITSBEREKENINGEN

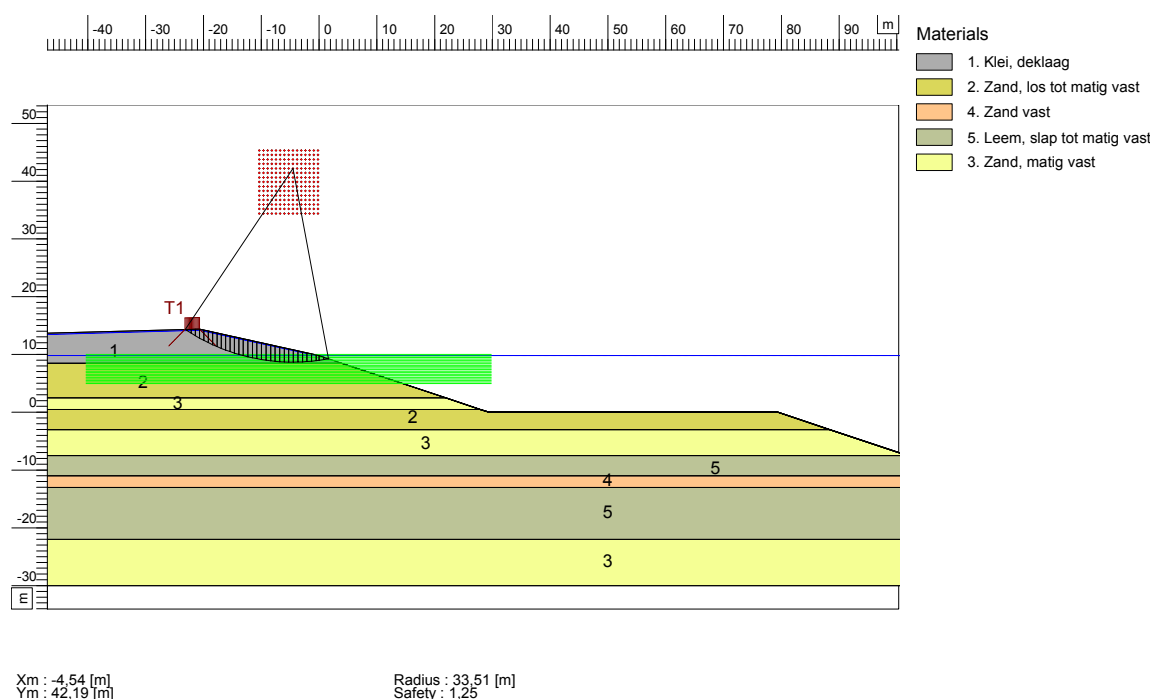
ZANDWINNING BIJLANDSE WAARD TE PANNERDEN

Opdr. : 6013-0252-000

Bijl. : A1



Figuur A2.1: Stabiliteit uitvoeringssituatie laagwater



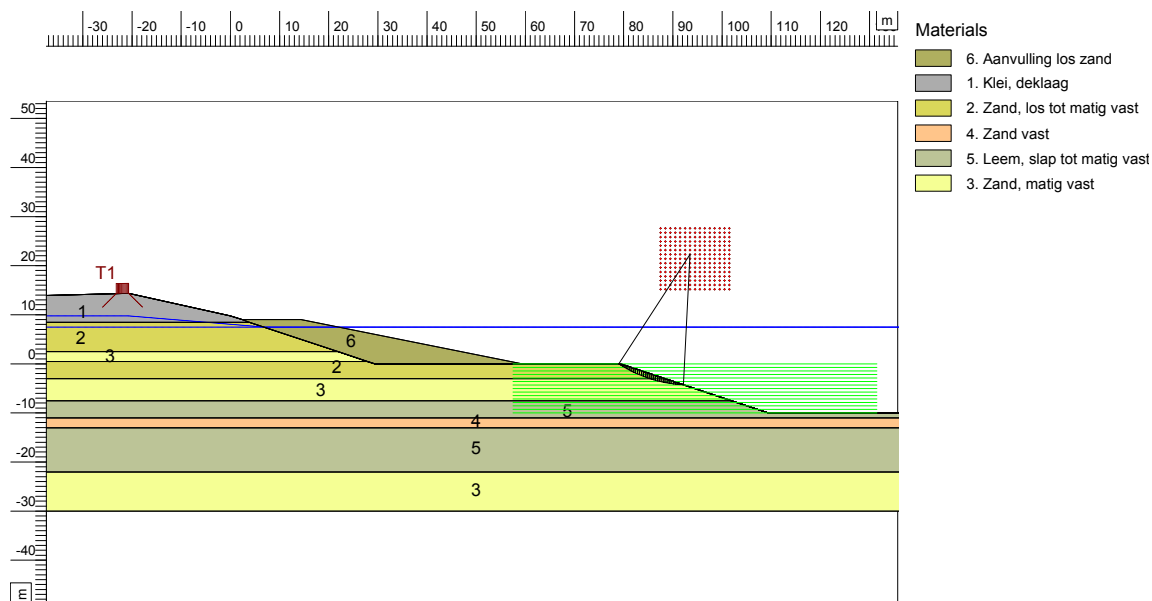
Figuur A2.2: Stabiliteit uitvoeringssituatie val na hoogwater

RESULTATEN STABILITEITSBEREKENINGEN UITVOERINGSSITUATIE

ZANDWINNING BIJLANDSE WAARD TE PANNERDEN

Opdr. : 6013-0252-000

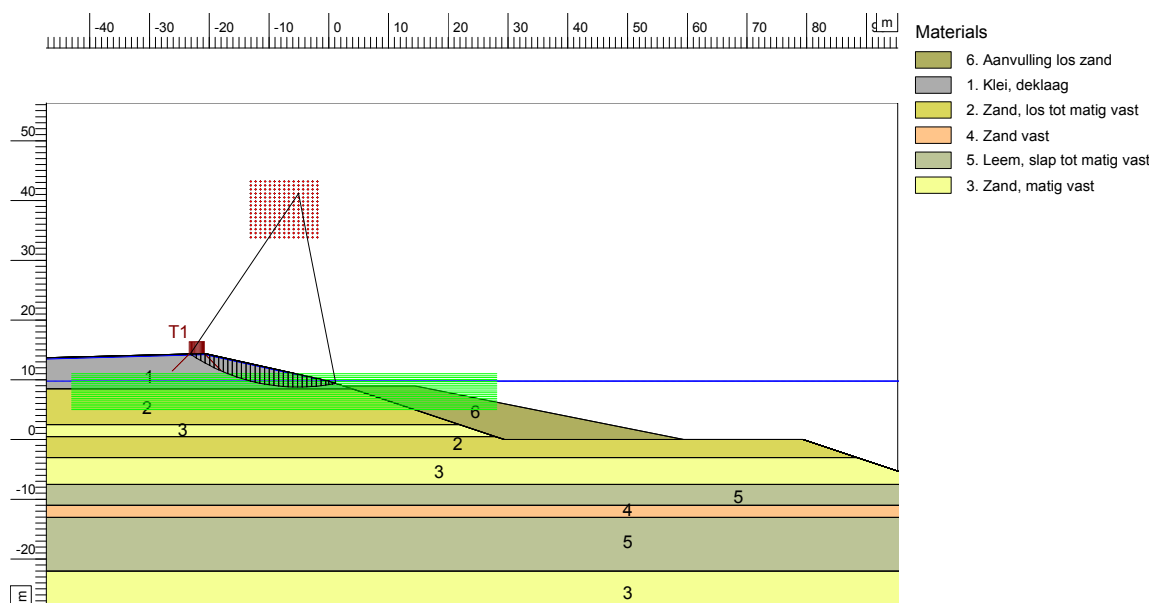
Bijl. : A2



Xm : 93,49 [m]
Ym : 22,29 [m]

Radius : 26,58 [m]
Safety : 1,21

Figuur A3.1: Stabiliteit eindsituatie bij aanvulling met zand en laagwater



Xm : -5,08 [m]
Ym : 41,20 [m]

Radius : 32,41 [m]
Safety : 1,05

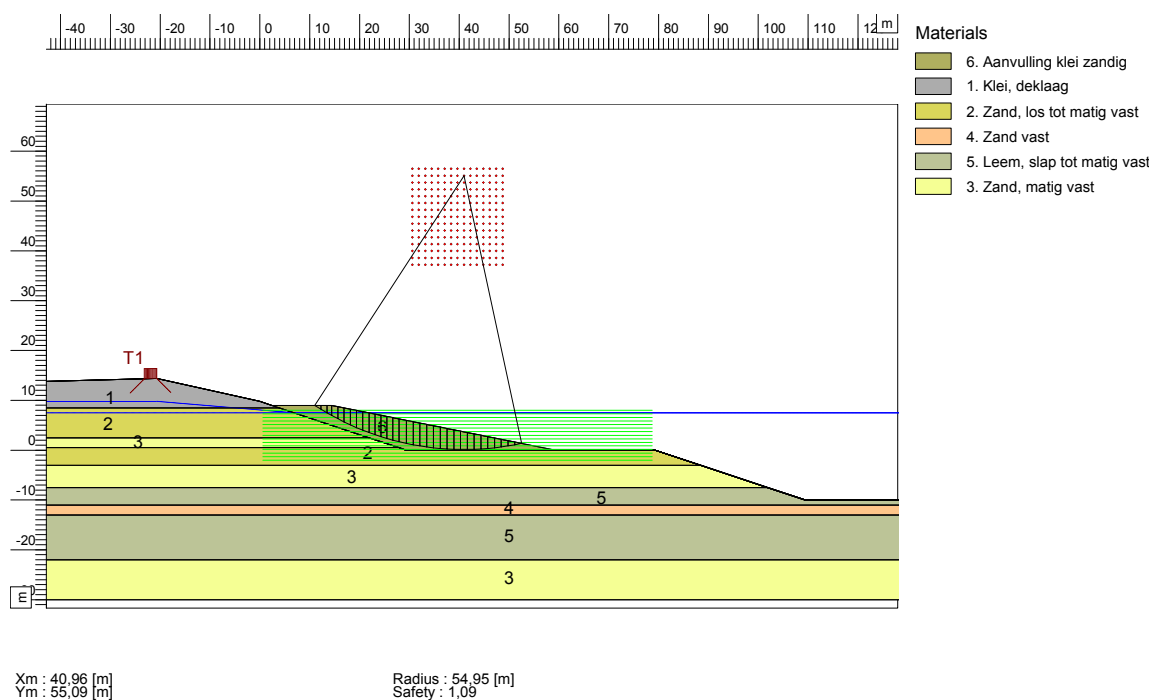
Figuur A3.2: Stabiliteit eindsituatie bij aanvulling met zand en val na hoogwater

RESULTATEN STABILITEITSBEREKENINGEN EINDSITUATIE

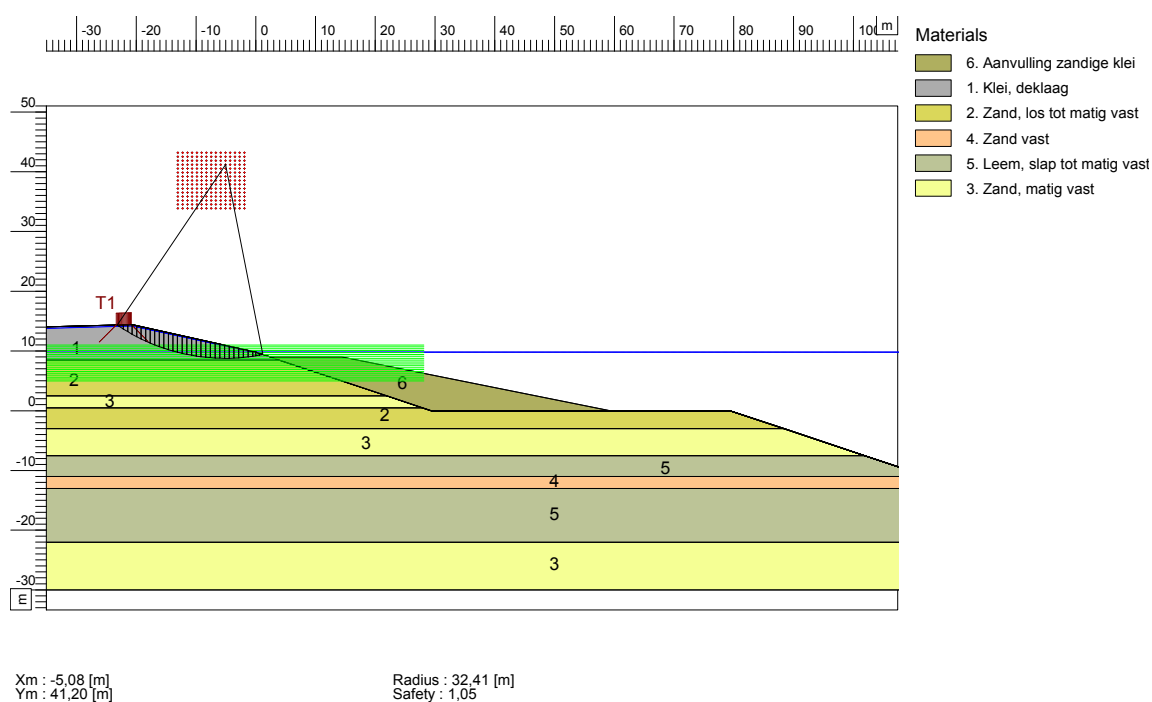
ZANDWINNING BIJLANDSE WAARD TE PANNERDEN

Opdr. : 6013-0252-000

Bijl. : A3



Figuur A3.3: Stabiliteit eindsituatie bij aanvulling met zandige klei en laagwater



Figuur A3.4: Stabiliteit eindsituatie bij aanvulling met zandige klei en val na hoogwater

RESULTATEN STABILITEITSBEREKENINGEN EINDSITUATIE

ZANDWINNING BIJLANDSE WAARD TE PANNERDEN

Opdr. : 6013-0252-000
Bijl. : A3

