

Planstudie herinrichting Heesseltsche Uiterwaarden

Grondmechanische toetsing voorkeursalternatief



Heesseltsche Uiterwaarden

Invloed inrichtingsmaatregelen op stabiliteit primaire waterkering
& zetting ophoging zomerkade

projectnr. 197 319.10
revisie 02
5 maart 2011

Auteur(s)

P. Erenstein
W. Leeuwestein
P.J. Bart

Colofon

Uitgegeven door	Advies- en Ingenieursbureau Oranjewoud
Uitgevoerd door	P.J. Bart
E-mail	pieter.bart@oranjewoud.nl
Collegiale toets	G.J. (Geert) Roovers
Vrijgave	M.P.M. (Renier) Koenraadt
Datum	5 maart 2011
Status	Versie advies- en projectgroep
Versienummer	rev.02

Handwritten initials 'CR' and 'MPM' in black ink, positioned to the right of the 'Collegiale toets' and 'Vrijgave' rows respectively.

Goedkeuring Rijkswaterstaat

Handtekening

Naam	H.J. Koolwaaij
Afdeling	Realisatie infrastructuur Rijkswaterstaat Oost-Nederland
Datum	

	Inhoud	Blz.
1	Inleiding	3
1.1	Algemeen	3
1.2	Doel	3
1.3	Doorlopen proces	3
1.4	Leeswijzer	3
2	Gegevens	4
2.1	Huidige situatie	4
2.2	Nieuwe situatie	4
2.3	Randvoorwaarden en uitgangspunten	6
2.3.1	<i>Randvoorwaarden</i>	6
2.3.1.1	Toetspeil	6
2.3.1.2	Polderpeil	6
2.3.2	<i>Uitgangspunten</i>	7
2.3.2.1	Geometrie	7
2.3.2.2	Grondonderzoek	8
2.3.2.3	Bodemopbouw	8
2.3.2.4	Grondeigenschappen	9
2.3.2.5	Waterstanden en freatische lijn	10
2.3.2.6	Consolidatie	11
3	Macrostabieleitingsberekeningen	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Rekenprogrammatuur	12
3.3	Berekeningsresultaten	13
4	Zettingsberekeningen	17
4.1	Ingrep	17
4.2	Aanpak zettingsanalyse	17
4.2.1	<i>Algemeen</i>	17
4.2.2	<i>Tijd - zettingsverloop</i>	18
4.3	Uitgangspunten	19
4.4	Berekeningen	19
4.5	Resultaten	20
5	Pipinganalyse	21
6	Conclusie	23
Bijlagen		
Bijlage 1	Resultaten stabiliteitsberekeningen (kritieke glijcirkels MStab)	
Bijlage 2	Zettingsberekeningen	
Bijlage 3	Pipingberekening	
Bijlage 4	Handboringen toplaag ten behoeve zettingsberekeningen	
Bijlage 5	Ontgraving nabij hm 154 - 155	
Bijlage 6	Grondonderzoek hm 154-155	
Bijlage 7	Boringen hm 108 -112 & hm 143 - 148	

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De Heesseltsche Uiterwaarden zijn gelegen aan de noordzijde van de Waal tussen Tiel en Zaltbommel. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is van plan om de Heesseltsche Uiterwaarden opnieuw in te richten om zo een waterstandsdeling bij hoogwater en nieuwe natuur te realiseren.

Het consortium Oranjewoud, Stroming en HKV heeft opdracht gekregen om een milieu-effectrapportage (m.e.r.) uit te voeren en het inrichtingsplan en bestemmingsplan op te stellen. Onderdeel van deze werkzaamheden is het uitvoeren van geotechnisch onderzoek naar de mogelijke effecten van de herinrichting op stabiliteit van de primaire waterkering.

1.2 Doel

Het geotechnisch onderzoek heeft als doel om de effecten van de herinrichting van de Heesseltsche Uiterwaarden op de stabiliteit (zowel macrostabiliteit als piping) van de primaire waterkering inzichtelijk te maken.

Daarnaast wordt een deel van de zomerkade ten oosten van de terp met de voormalige steenfabriek opgehoogd. Hiervoor wordt bepaald wat de verwachte zetting over 30 jaar is.

De resultaten worden voor verschillende doelen toegepast:

- Eventuele effectbeperkende maatregelen bepalen ten behoeve van het inrichtingsplan;
- Input leveren aan het inrichtingsplan.

1.3 Doorlopen proces

Dit rapport is een nadere uitwerking van de aanbevelingen uit *Impact dijkveiligheid* [lit.8]. In *Impact dijkveiligheid* zijn de drie alternatieven voor de inrichting van de uiterwaarden kwalitatief beoordeeld op de invloed die zij hebben op de dijkveiligheid ten behoeve van MIRT 2. In de voorliggende rapportage zijn de inrichtingsmaatregelen uit het definitieve inrichtingsplan kwantitatief beoordeeld op de impact die zij hebben op de primaire waterkering ten behoeve van MIRT 3.

Deze rapportage is op 24 februari 2011 beoordeeld door de heer Koolwaaij van Rijkswaterstaat Oost-Nederland en op 5 maart 2011 door de heer Van der Meulen van Waterschap Rivierenland. Met enkele opmerkingen hebben zij de rapportage akkoord bevonden. Deze opmerkingen zijn verwerkt in dit eindconcept van de rapportage.

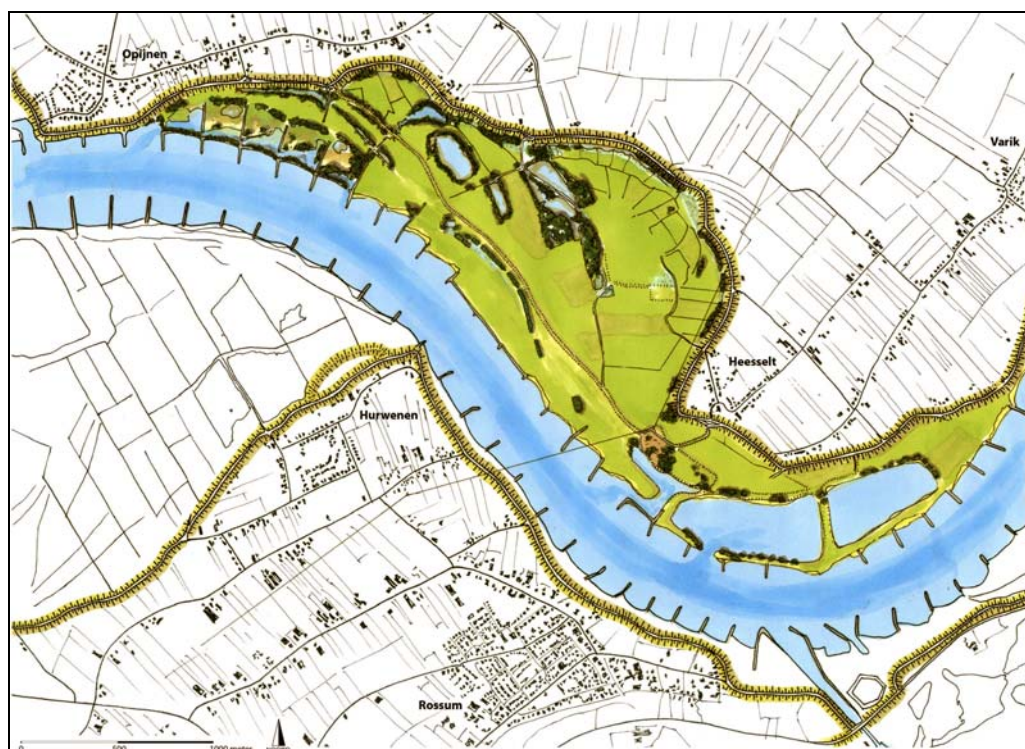
1.4 Leeswijzer

In dit rapport is het geotechnisch onderzoek toegelicht. De beschikbare gegevens die bij het onderzoek zijn gebruikt, zijn beschreven in hoofdstuk 2. De stabiliteitsberekeningen zijn in hoofdstuk 3 opgenomen. In hoofdstuk 4 zijn de zettingberekeningen opgenomen. Hoofdstuk 5 beschrijft de pipinganalyse. De conclusies en aanbevelingen zijn vervolgens in hoofdstuk 6 vermeld.

2 Gegevens

2.1 Huidige situatie

De Heesseltsche Uiterwaarden maken deel uit van het stroomgebied van de Waal. De projectlocatie bevindt zich tussen de dorpen Opijnen en Heesselt. Aan de noordzijde wordt de uiterwaard begrenst door dijkkringgebied 43. In Figuur 2-1 is de huidige situatie van de uiterwaarden weergegeven.



Figuur 2-1: Huidige situatie Heesseltsche Uiterwaarden

2.2 Nieuwe situatie

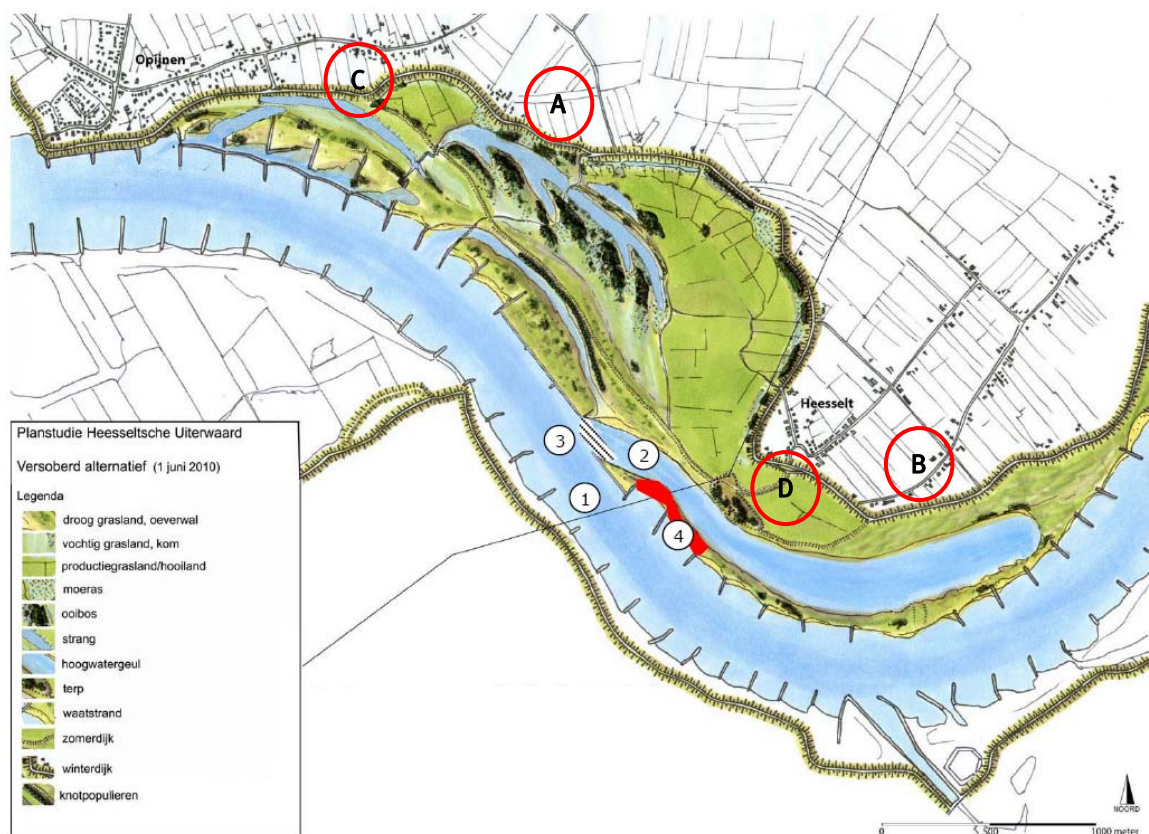
In 2008 is door Rijkswaterstaat als gewenste nieuwe inrichting het Compromisplan 2008 vastgesteld. In het najaar van 2009 heeft het consortium Oranjewoud, Stroming en HKV op basis van werksessies en bewonersavonden twee alternatieve inrichtingen ontwikkeld, het Geoptimaliseerde en het Versoberde alternatief. Uiteindelijk is gekozen voor het Versoberde alternatief. Het Versoberde alternatief heeft een beduidend kortere nevengeul dan het Compromisplan. Dit heeft mede tot gevolg dat de zomerkade niet hoeft te worden verlegd. Omdat op het knelpunt voor de Waal, de directe omgeving van de vroegere steenfabriek bij Heesselt, wel andere maatregelen worden getroffen om de stroming te verbeteren, daalt het waterpeil bij maatgevend hoogwater (16.000 m³/s bij Lobith) bij het Versoberde alternatief toch meer dan bij het Compromisplan.

Het effect op de waterstand van het Versoberde alternatief is iets kleiner dan van het geoptimaliseerde alternatief, omdat de inspanningen op dit knelpunt kleiner zijn. Ten opzichte van het Geoptimaliseerde plan is ook het uitdiepen van de verlande strangen aan de buitenteen en het verlagen van het maaiveld nabij de oude steenfabriek komen te vervallen. In MIRT 2 is gekozen voor het versoberde alternatief als voorkeursalternatief [Lit.9].

Op rivierkundig gebied zijn verschillende aanpassingen ten opzichte van het Versoberde Alternatief (figuur 7.1) doorgevoerd:

1. Aanbrengen van leikade op de kribkop.
2. Verbreden en stroomlijnen uitstroomopening grote geul.
3. Aanbrengen stortstenen bodembescherming.
4. Verhoging oeverzone van NAP +4,0 m naar NAP +5,5 m (rode vlak).

In Figuur 2-2 is de situatie van het versoberde alternatief weergegeven.



Figuur 2-2: Situatie 'Voorkeursalternatief'

In de figuur zijn de locaties weergegeven waar onderzoek gedaan is naar de impact van de ingrepen. Dit zijn de locaties waar het dichtst bij de primaire waterkering ontgravingen plaatsvinden. Het betreft de volgende locaties:

- | | |
|--|-----------------------------|
| a. De aanleg van de strangen | hm 143 – 148 (kvr 928-929); |
| b. Afschuinen van de noordelijke oever van de zandwinplassen | hm 108 –112 (kvr 925 -926); |
| c. Verlengen westelijke strang | hm 154 - 155 (kvr 929). |

Voor deze locaties wordt de impact van de ingrepen op de dijkstabiliteit (macrostabiliteit en piping) geanalyseerd. Waar nodig worden mitigerende maatregelen voorgesteld.

Op locatie D wordt de zomerkade opgehoogd. Hierbij is bepaald welke zetting zal optreden.

2.3 Randvoorwaarden en uitgangspunten

2.3.1 Randvoorwaarden

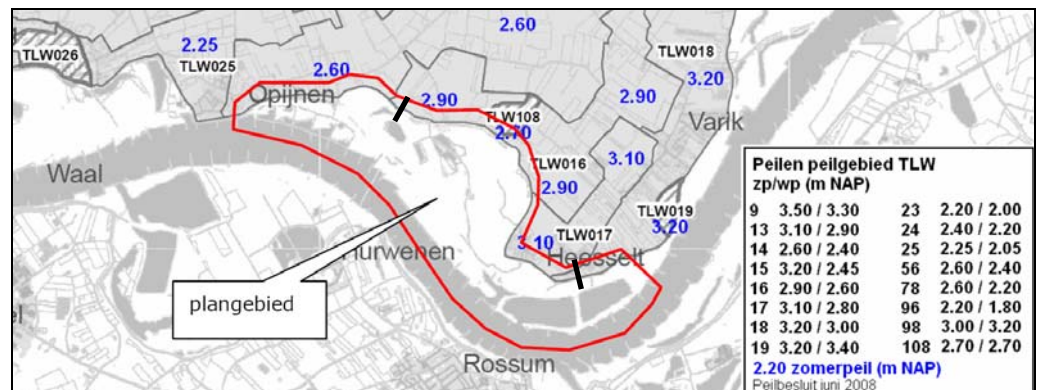
- Normfrequentie = 1/1250 jaar;
- Het toetspeil varieert volgens de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 [Lit. 1] van 9,6 (kmr 929) tot 10,1 m+ NAP (kmr 925);
- Het polderpeil grenzend aan de primaire waterkering tussen Opijnen en Heesselt varieert van 2,6 tot 3,1 m+ NAP (zie voor nadere achtergrondinformatie paragraaf 2.3.1.2);
- De Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies ' [Lit. 5] geeft aan dat er gerekend moet worden met een verkeersbelasting op de kruin van de kade van 13,3 kN/m² over een strookbreedte van 2,50 m. De belasting op de kade is een tijdelijke belasting afkomstig van bijvoorbeeld een vrachtauto die onderhoudswerkzaamheden verricht. Voor dit project is gerekend met bovengenoemde belasting.

2.3.1.1 Toetspeil

Het toetspeil is ontleent aan de Hydraulische randvoorwaarden 2006 [Lit.1]. Het toetspeil is afgeleid voor de waterstand die behoort bij de veiligheidsnorm voor de dijkkring (de normfrequentie). Aangezien het hier gaat om het toetsen of inrichtingsmaatregelen de stabiliteit van de waterkering beïnvloeden (geen dikontwerp) en het voorkeursalternatief leidt tot waterstandsval is hier gewerkt met het toetspeil.

2.3.1.2 Polderpeil

Het binnendijkse deel van het plangebied ligt in een poldergebied dat de Tielerswaard wordt genoemd. Het waterschap Rivierenland heeft voor de gehele Tielerswaard een peilbesluit opgesteld, de verschillende peilvakken en de streefpeilen voor het oppervlaktewater zijn vastgelegd. Het streefpeil voor de winter is 20 tot 30 centimeter lager dan dat voor de zomer. Deze streefpeilen zijn gedefinieerd voor het binnendijkse deel; de uiterwaarden hebben geen streefpeil.

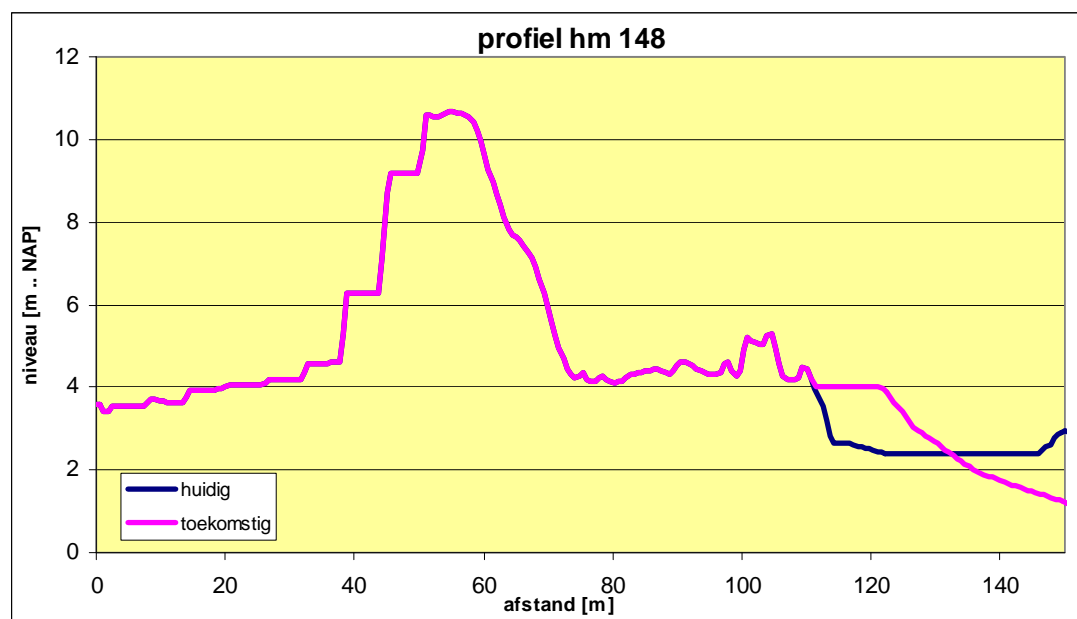


Figuur 2-3: Peilgebieden Tielerswaard (bron: Waterschap Rivierenland)

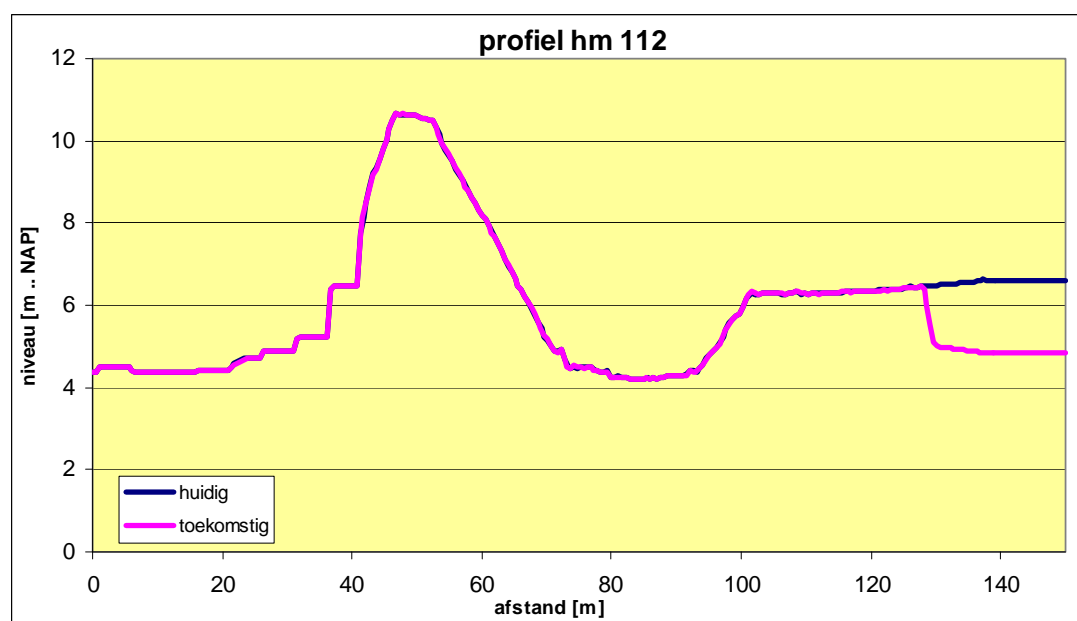
2.3.2 Uitgangspunten

2.3.2.1 Geometrie

De geometrie van de dijk is ontleend aan de door Rijkswaterstaat beschikbaar gestelde GIS modellen. In het GIS model zijn 2 maatgevende locaties opgezocht waarvan dwarsprofielen zijn gegenereerd. Dit geldt voor zowel de huidige als de toekomstige situatie. De dwarsprofielen zijn gemaakt ter hoogte van hm 148 (locatie A), hm 112 (locatie B) en hm 155 (locatie C). In de onderstaande figuren zijn de dwarsprofielen weergegeven zoals die in de stabiliteitsberekeningen zijn aangehouden.

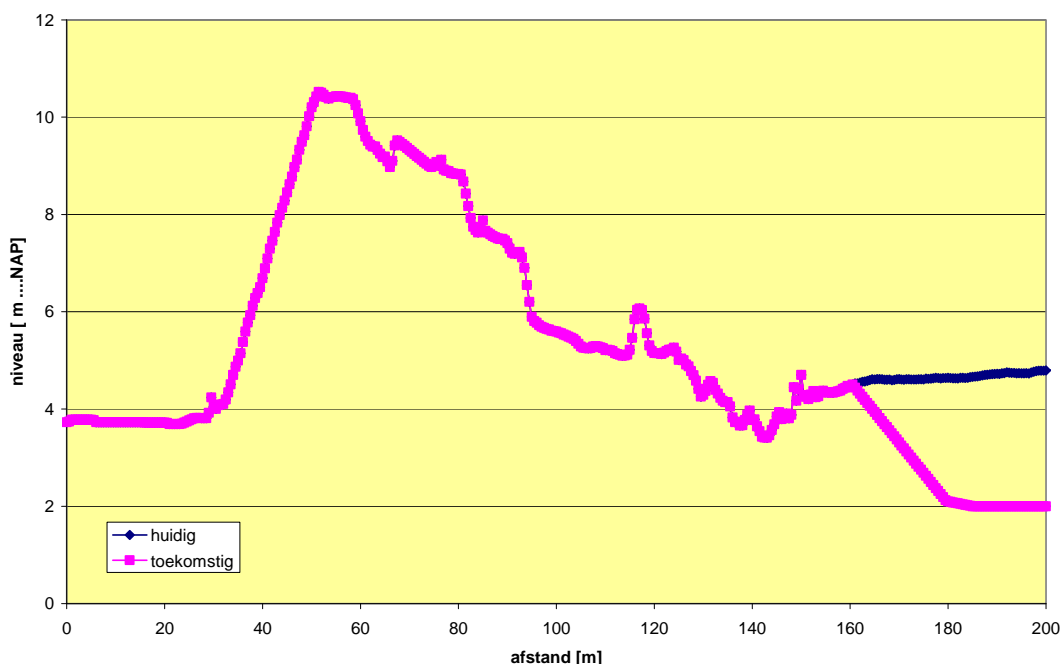


Figuur 2-4: Dwarsprofiel hm 148



Figuur 2-5: Dwarsprofiel hm 112

profiel hm 155



Figuur 2-6 Dwarsprofiel 155

2.3.2.2 Grondonderzoek

Door Fugro is in het verleden grondonderzoek op en langs de dijk uitgevoerd. Het grondonderzoek heeft indertijd bestaan uit sonderingen, boringen en laboratoriumproeven. Ten tijde van dit geotechnisch onderzoek zijn de lokale boringen B85/15 en B85/31 ons ter beschikking gesteld ([Lit. 7,rapport Fugro met opdrachtnummer: F-0339/26 van december 1989). Deze boringen zijn ter bepaling van de lokale bodemopbouw in ogenschouw genomen. De sonderingen zijn ten tijde van dit onderzoek niet beschikbaar gesteld. De bodemopbouw nabij hm 155 is ontleend aan Aanpassing principeplan n.a.v. Cie Boertien, Dijkvak Heesselt- Opijnen, bijlage 1 [lit. 6].

2.3.2.3 Bodemopbouw

Naar aanleiding van de reeds (lokaal) uitgevoerde bodem- en laboratoriumonderzoeken [Lit. 6 & 7], zijn er zes bodemlagen te onderscheiden, te weten:

- dijkmateriaal
- klei-bruin
- klei-grijs
- klei-venig
- klei-zandig
- zand

De bodemopbouw is bepaald aan de hand van de lokale boringen B85/15 en B85/31. Aangezien de boringen gerelateerd zijn aan maaiveldniveau, is bij de interpretatie van de

bodemopbouw gebruik gemaakt van de beschikbare situatietekening van het grondonderzoek. Op deze tekening is namelijk, naast de locatie van de sondeer- en boorpunten, een hoogtemeting van het maaiveld (ten opzichte van NAP) aangegeven. Deze is gebruikt voor het bepalen van de laagscheiding ten opzichte van NAP van de aangetroffen grondsoorten.

In Tabel 2-1, Tabel 2-2 en Tabel 2-3 is de bodemopbouw weergegeven, zoals die aangetroffen is op basis van de lokaal uitgevoerde boringen.

Tabel 2-1: Lokale bodemopbouw ter hoogte van hm 148 op basis van boring B85/31

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+9,24 tot +4,50	Dijkmateriaal
+4,50 tot +4,24	Klei, bruin
+4,24 tot +2,24	Klei, st. zandig
+2,24 tot +1,74	Klei, bruin
+1,74 tot 0,84	Klei, grijs
0,84 tot -1,66	Klei, weinig
-1,66 tot -2,76	Klei, grijs
-2,76 tot -3,86	Zand
-3,86 tot -4,41	Klei, grijs
-4,41 tot -4,76	Zand

Tabel 2-2: Lokale bodemopbouw ter hoogte van hm 112 op basis van boring B85/15

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+10,65 tot +4,44	Dijkmateriaal
+4,44 tot +2,54	Zware klei, bruin
+2,54 tot +1,64	Zware klei, grijs
+1,64 tot +0,44	Zware klei, grijs, weinig
+0,44 tot -0,06	Zware klei, grijs
-0,06 tot -0,56	Klei, grijs/zwart, weinig
-0,56 tot -0,76	Klei, grijs, zandig
-0,76 tot -0,96	Zand, m. grof, grijs, kleilig
-0,96 tot -1,16	Zware klei, grijs, weinig
-1,16 tot -1,66	Zware klei, grijs
-1,66 tot -2,16	Lichte klei, grijs, zand

Tabel 2-3: Lokale bodemopbouw ter hoogte van hm 154,6 op basis van boring 3B

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+10,43 tot +4,65	Dijkmateriaal
+4,65 tot +4,05	Zwak humeuze lichte zavel
+4,05 tot +2,65	Zware klei
+2,65 tot +0,26	Zware zavel
+0,26 tot -	Matig grof/grof zand

2.3.2.4 Grondeigenschappen

In april 1994 is door Grondmechanica Delft (tegenwoordig: Deltares) een grondmechanisch onderzoek uitgevoerd. De resultaten van dit onderzoek zijn gerapporteerd in het rapport 'Globale verkenning haalbaarheid technische aanpassingen op principeplan, dijkvakken

Varik-Heesselt en Herwijnen-'t Rot [Lit. 2]. De wrijvingseigenschappen zijn bij dit onderzoek ontleend aan resultaten uit triaxiaalproeven. De als resultaat van een steekproefanalyse verkregen karakteristieke waarden zijn hierbij gedeeld door de (destijds) vereiste materiaalfactoren.

Voor de sterkte-eigenschappen (inwendige wrijvingshoek en cohesie) van de grond is, voor het huidige onderzoek, uitgegaan van de parameters die zijn verkregen uit die proevenverzameling. Voor de grondparameters is bij de berekeningen uitgegaan van een proevenverzameling uit 1994. De genoemde waarden in deze proevenverzameling zijn rekenwaarden en gebaseerd op de materiaalfactoren die destijds vereist waren. Door het ontbreken van representatieve waarden van de afzonderlijke grondsoorten en de destijds toegepaste materiaalfactoren, is uitgegaan van de rekenwaarden uit de proevenverzameling van 1994. In Tabel 2-4 is een samenvatting weergegeven waarin, per grondsoort, de grondparameters op basis van de proevenverzameling vermeld staan.

Tabel 2-4: Gebruikte grondparameters op basis van proevenverzameling
dijkvakken: Varik-Heesselt en Herwijnen-'t Rot

Grondsoort	rekenwaarden			
	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
dijkmateriaal	19,0	19,5	24	10
klei-bruin	19,0	19,0	24	8
klei-grijs	17,5	17,5	19	11
klei-venig	15,0	15,0	18	12
klei-zandig	19,0	19,0	19	5
zand	18,0	19,5	27	0

In tabel 2-5 is een samenvatting weergegeven waarin, per grondsoort, de grondparameters op basis van de NEN 6740 vermeld staan.

Tabel 2-5: Gebruikte grondparameters op basis van de NEN 6740

Grondsoort	rekenwaarden				
	C_p [-]	C'_p [-]	C_s [-]	C'_s [-]	C_v [m ² /s]
klei-bruin	75	25	960	320	1,0 E-7
klei-grijs	45	15	600	200	1,0 E-7
klei-venig	30	10	330	110	5,0 E-8
klei-zandig	75	25	960	320	1,0 E-7
zand	1800	600	1,0E+8	1,0 E-8	-

Hierin is:

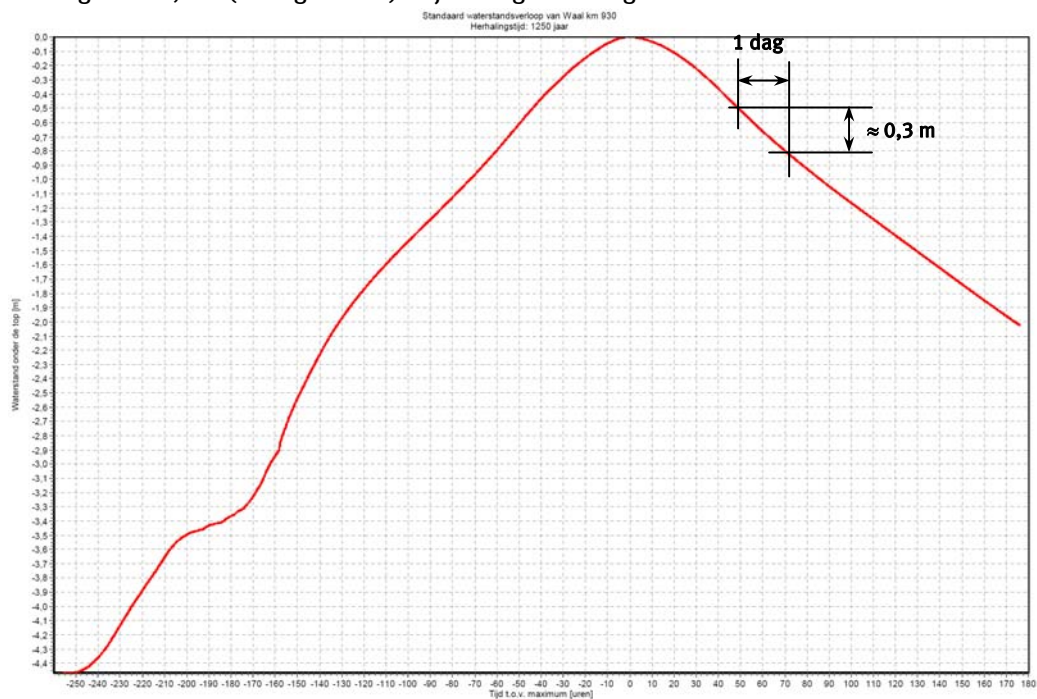
- C_p/C'_p primaire samendrukkingscoëfficiënt voor/ na de grensspanning [-]
- C_s/C'_s secundaire samendrukkingscoëfficiënt voor/ na de grensspanning [-]
- c consolidatiecoëfficiënt [m²/s]

2.3.2.5 Waterstanden en freatische lijn

De stabiliteit is berekend voor zowel de binnenwaartse zijde (STBI) als de buitenwaartse zijde (STBU). Bij de binnenwaartse stabiliteit is uitgegaan van de situatie MHW:

- hm 112 NAP + 10,1 m
- hm 148 NAP + 9,6 m
- hm 155 NAP + 9,6 m

Voor de stabiliteit van het buitentalud is een ongunstige combinatie van hoge grondwaterstand in de dijk na een snelle daling van de waterstand voor het grondlichaam of de situatie bij extreme neerslag bepalend. Voor het bovenrivierengebied wordt overeenkomstig de TRWG [Lit. 5] aanbevolen uit te gaan van de situatie na een val van 10 dagen. Met behulp van het door Rijkswaterstaat ontwikkelde computerprogramma Waterstandsverloop (versie 1.1.3) is het waterstandsverloop ter hoogte van de beoogde locaties bepaald. Bij een herhalingsstijd van 1/1250 jaar bedraagt de gemiddelde val na 1 dag circa 0,3 m (zie Figuur 2-7). Bij 10 dagen is dit gemiddeld 3 m.



Figuur 2-7: Waterstandsverloop ter hoogte van de Heesselsche uiterwaarden bij een herhalingsstijd van 1250 jaar ([Lit.10] Waterstandsverloop, v 1.1.2)

De buitenwaartse stabiliteit is op basis van vorenstaande beschouwd bij:

- hm 112 NAP + 7,1 m
- hm 148 NAP + 6,6 m
- hm 155 NAP + 6,6 m

Het verloop van het freatisch vlak door het dijklichaam en de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket is gebaseerd op veilige schattingen van waterspanningen aan de hand van het 'Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken' [Lit. 3]. Gekozen is voor type 1a (dijk met kleikern op kleiondergrond).

2.3.2.6 Consolidatie

Aangezien de dijken reeds vele jaren oud zijn, mag worden aangenomen dat de grondlagen volledig zijn geconsolideerd.

3 Macrostabiteitsberekeningen

3.1 Inleiding

De stabiliteit van een grondlichaam wordt bepaald door de sterkte-eigenschappen van de ondergrond en de vorm van het dijklichaam zelf. Water(over)spanningen spelen daarbij een grote rol. Bij instabiliteit zal een grondmoot over een glijvlak afschuiven. De glijvlakken ontstaan, als langs een grondmoot de voor evenwicht benodigde schuifsterkte niet meer aanwezig is.

3.2 Rekenprogrammatuur

Het door 'Deltares' ontwikkelde computerprogramma MStab (versie 9.10 build 8.6) is gebruikt bij het berekenen van de stabiliteit. Het programma berekent een stabiliteitsfactor aan de hand van de theorie van Bishop. Bij deze methode wordt verondersteld dat de grondmootdelen langs een cirkelvormig glijvlak afglijden. De stabiliteitsfactor is daarbij gedefinieerd als het quotiënt van het tegenwerkend en het aandrijvend moment volgens onderstaande vergelijking:

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(c'_i + \sigma'_{ni} \times \tan(\varphi'_i)) \times b_i \times R}{\cos(\alpha_i)} \right]}{\sum_{i=1}^n [\gamma_i \times h_i \times b_i \times R \times \sin(\alpha_i)]}$$

waarin:

SF	-	stabiliteitsfactor	[-];
i	-	nummer van het grondmootdeel	[-];
n	-	aantal grondmootdelen	[-];
c'_i	-	cohesie ter plaatse van grondmootdeel i	[kPa];
σ'_{ni}	-	korrelspanning loodrecht op het glijvlak van grondmootdeel i	[kPa];
φ'_i	-	inwendige wrijvingshoek ter plaatse van grondmootdeel i	[°];
γ_i	-	volumiek gewicht van grondmootdeel i	[kN/m ³];
b_i	-	breedte van grondmootdeel i	[m];
R	-	straal van de glijcirkel	[m];
α_i	-	hoek van het glijvlak van grondmootdeel i met de horizontaal	[°];
h_i	-	hoogte van grondmootdeel i	[m].

Voor een nadere beschrijving van de theorie wordt verwezen naar 'Construeren met Grond' [Lit. 4].

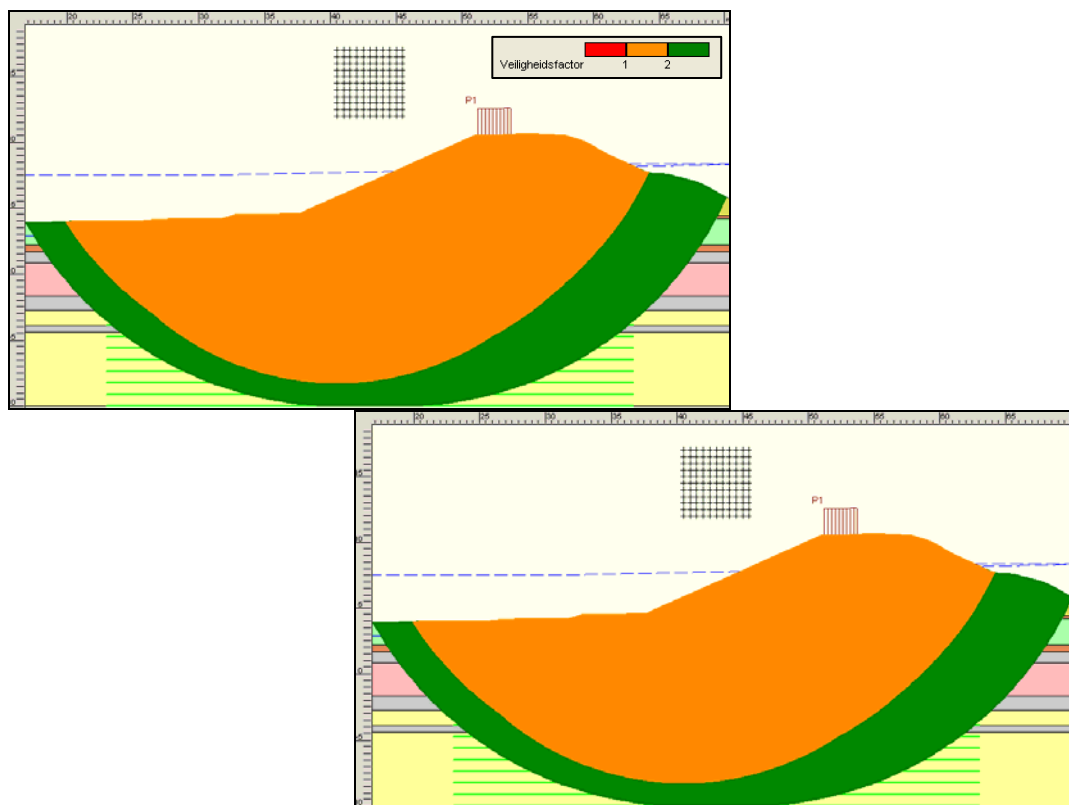
3.3 Berekeningsresultaten

In tabel 3-1 zijn de resultaten van de stabiliteitsberekeningen weergegeven. Een grafische voorstelling van de meest kritieke glijcirkels is in bijlage 1 gepresenteerd.

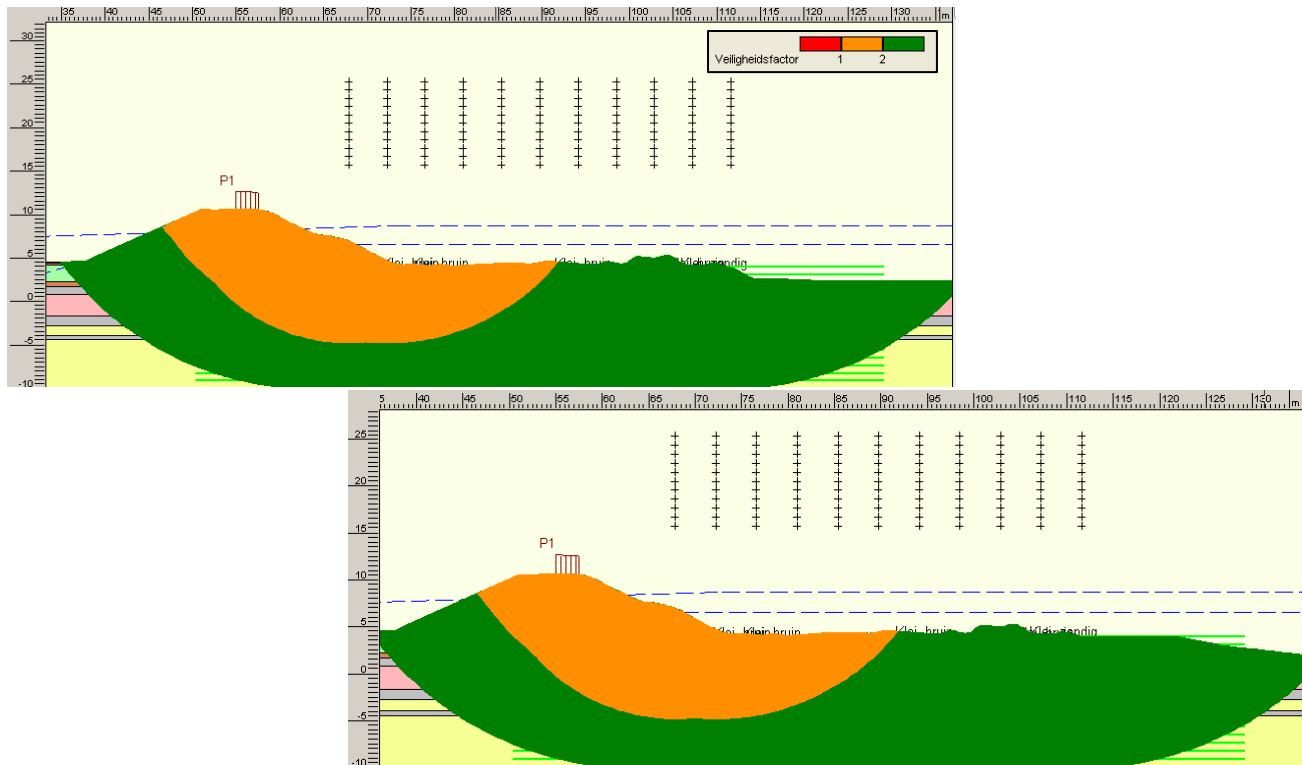
tabel 3-1: Samenvatting stabiliteitsberekeningen op basis van rekenwaarden voor de grondeigenschappen

profiel	locatie	$F_{min}[-]$			
		huidige situatie	toekomstige situatie	afname F_{min}	
				[-]	[%]
pr. 1 – hm 148	binnenwaarts	1,14	1,14	0,00	0
	buitenwaarts	1,30	1,30	0,00	0
pr. 2 – hm 112	binnenwaarts	1,34	1,34	0,00	0
	buitenwaarts	1,81	1,81	0,00	0
pr 101/102 – hm 155	binnenwaarts	1,22	1,22	0,00	0
	buitenwaarts	2,13	2,13	0,00	0

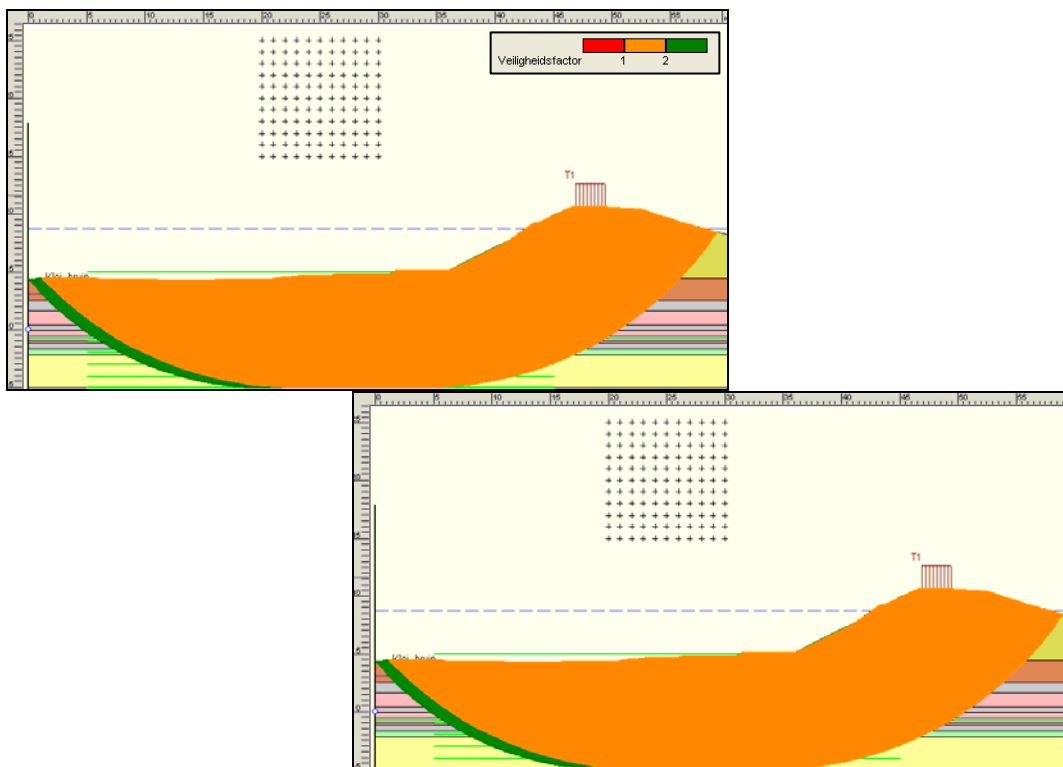
Bij dit onderzoek is de huidige situatie met de toekomstige situatie met elkaar vergeleken. Uit de bovenstaande tabel kan worden geconcludeerd dat ten gevolge van de herinrichting van de uiterwaarden, geen afname in (macro)stabiliteit wordt gevonden. Dit is ook te verwachten aangezien de ingrepen alle op flinke afstand van de waterkering voorzien zijn. Wanneer de totale stabiliteit wordt beoordeeld op $F_{min} \geq 1$, dan blijkt dat deze ook niet veranderd door de voorgenomen ingrepen (zie figuur 3-1 tot en met figuur 3-4).



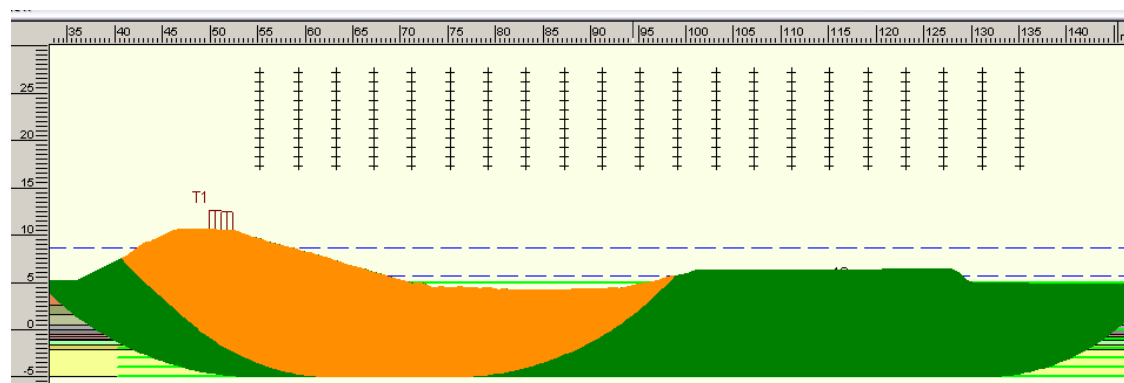
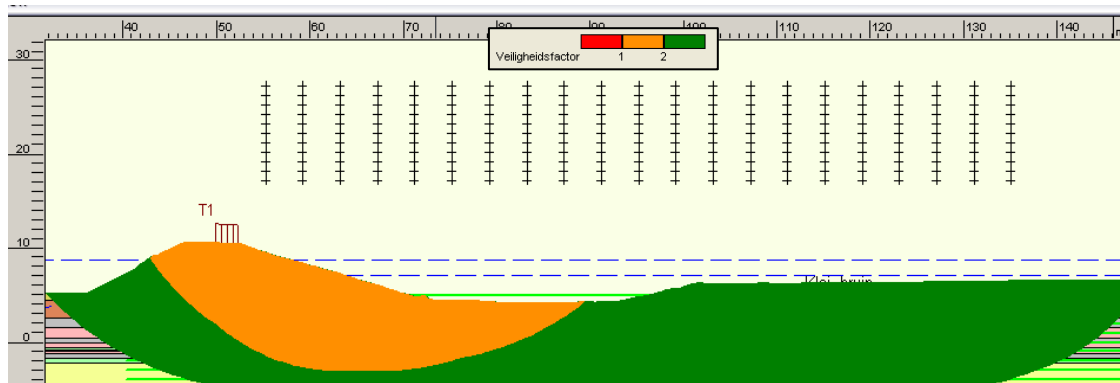
figuur 3-1: Invloed totale stabiliteit **binnenwaarts** ter hoogte van hm 148 (afbeelding links is 'huidige situatie' en afbeelding rechts is 'toekomstige situatie')



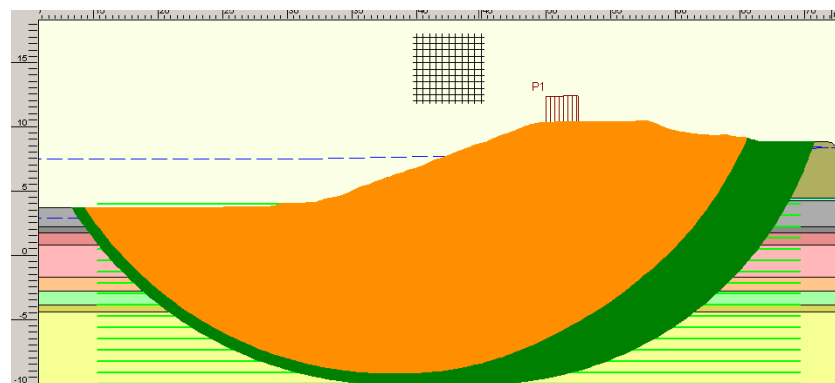
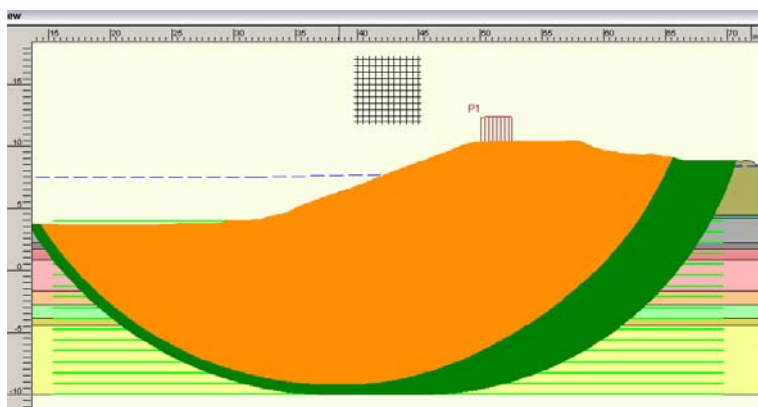
figuur 3-2: Invloed totale stabiliteit **buitenwaarts** ter hoogte van hm 148



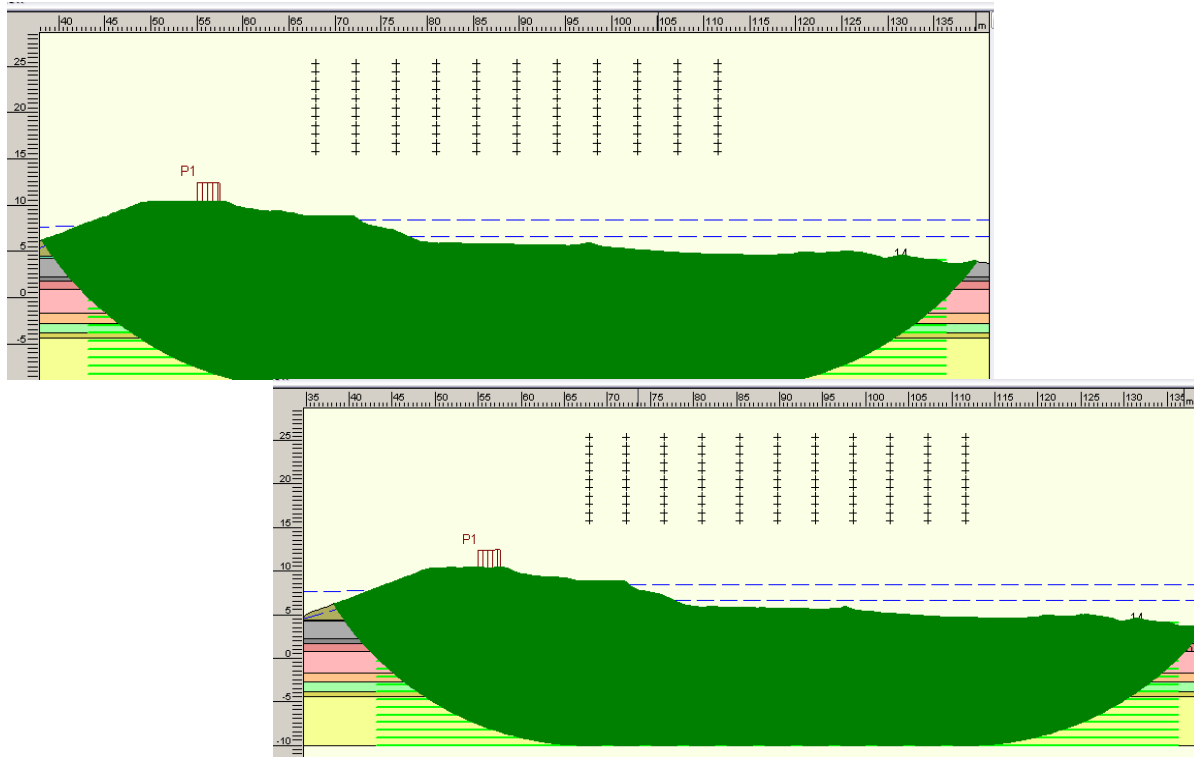
figuur 3-3: Invloed totale stabiliteit **binnenwaarts** ter hoogte van hm 112
(afbeelding links is 'huidige situatie' en afbeelding rechts is 'toekomstige situatie')



figuur 3-4: Invloed totale stabiliteit **buitenwaarts** ter hoogte van hm 112



figuur 3-5: Invloed totale stabiliteit **binnenwaarts** ter hoogte van hm 155
(afbeelding links is 'huidige situatie' en afbeelding rechts is 'toekomstige situatie')



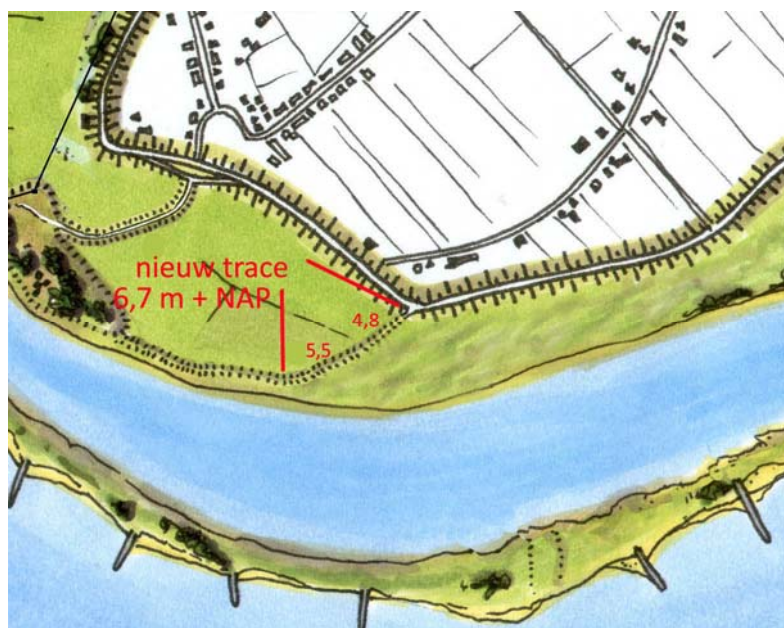
figuur 3-6 Invloed totale stabiliteit **buitenwaarts** ter hoogte van hm 155

Geconcludeerd wordt dat de herinrichting van de uiterwaarden geen invloed heeft op de stabiliteit van de primaire waterkering. De voorgestelde ingrepen liggen op een dusdanige afstand van de primaire waterkering dat de ingrepen geen afname van de macrostabiliteit veroorzaken.

4 Zettingsberekeningen

4.1 Ingreep

Ten oosten van de terp met steenfabriek wordt de zomerkade opgehoogd tot respectievelijk NAP + 4,8 m en NAP + 5,5 m. Dit betekent een ophoging van respectievelijk 1,2 en 1,9 m. Middels een zettingsberekening is in kaart gebracht wat de verwachte zetting is als gevolg van de ophoging.



De zettingsberekening heeft twee doelen:

1. ten behoeve van de grondbalans nagaan wat de benodigde hoeveelheid grond is voor ophoging van de kade;
2. nagaan of de aanleghoogte van de kade overeenkomt met de in de hydraulische berekeningen gehanteerde kadehoogte. Dit in verband met de patronen van inundatie en droogvallen van de uiterwaard in geval van stijgende respectievelijk dalende waterstand in de rivier. Deze patronen maken deel uit van het ontwerp en vormen een randvoorwaarde voor de gewenste natuurontwikkeling en het beheer.

4.2 Aanpak zettingsanalyse

4.2.1 Algemeen

Door het aanbrengen van ophogingen zal een zettingsproces op gang worden gebracht. De zettingen worden veroorzaakt door verhoging van de korrelspanningen. Deze korrelspanningen worden beïnvloed door het aanbrengen of weghalen van ophogingen en veranderingen in de grondwaterstanden. In eerste instantie zal een ophoging namelijk een wateroverspanning veroorzaken in de samendrukbare lagen. Dit brengt een

grondwaterstroming op gang, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt (aanpast) en de korrelspanning toeneemt, hetgeen zetting veroorzaakt. De tijdsduur van het zettingsproces wordt de hydrodynamische periode genoemd (Δt_e). De lengte van deze periode is afhankelijk van de laagdikte, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen en de afstromingsmogelijkheden van het uit te persen water. Ook het type ophoging speelt een belangrijke rol (partieel of uniform). Het uitpersen van water bepaalt de mate van consolidatie of primaire zetting, gedurende de hydrodynamische periode. Na het verstrijken van de hydrodynamische periode treedt alleen nog een (veel langzamere) kruip op, dit wordt de seculaire zetting genoemd.

De berekende zettingen betreffen theoretische eindzettingen en zullen pas na geruime tijd worden bereikt. Hiervoor is een periode van 30 jaar in acht genomen.

In principe neemt, door het afnemen van de laagdikte bij het vorderen van het zettingsproces, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen af. In de berekeningen is echter een constante waarde voor de waterdoorlatendheid aangehouden, waarbij is gerekend met een constante gemiddelde doorlatendheid in de tijd.

De in dit hoofdstuk opgenomen formules zijn ontleend aan CUR-publicatie 162 "Construeren met grond".

De zettingen zijn bepaald met gecombineerde formule van Terzaghi - Buisman, welke luidt:

$$z = h \left(\frac{1}{C_p} + \frac{4}{C_s} \right) \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z} + \Delta \sigma'_{v;z}}{\sigma'_{v;z}} \right)$$

Waarin:

z	=	samendrukking in m;
h	=	laagdikte in m;
C_p	=	primaire samendrukingscoëfficiënt;
C_s	=	seculaire samendrukingscoëfficiënt;
$\sigma'_{v;z}$	=	oorspronkelijke verticale korrelspanning in kN/m ² ;
$\Delta \sigma'_{v;z}$	=	verticale korrelspanningsverhoging in kN/m ² ;

Bij ophogingen van beperkte afmetingen is spannings spreiding in rekening gebracht volgens de theorie van Buisman. Bij uniforme ophogingen is er geen sprake van spannings spreiding.

4.2.2 **Tijd - zettingsverloop**

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

$$\Delta t_e = \frac{T \cdot (a \cdot h)^2}{C_v}$$

Waarin:

Δt_e	=	hydrodynamische periode in jaren
h	=	laagdikte samendrukbaar pakket in m
c_v	=	consolidatiecoëfficiënt in m ² /jaar
T	=	tijdfactor; praktisch einde van de consolidatie bij T=2

a = constante; bij tweezijdige afstroming a=0,5

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

$$U_v(\Delta t) = \left(\frac{T^3}{0,5 + T^3} \right)^{1/6}$$

Waarin:

$U_v(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur Δt bij alleen verticale afstroming [-]

Na het verstrijken van de hydrodynamische periode treden alleen nog seculaire zettingen op. In geval van een dik pakket slappe lagen bepaalt de lengte van de hydrodynamische periode in belangrijke mate de grootte van de restzettingen na gebruikname. Het zettingsverloop in de tijd is mede afhankelijk van de dikte en de doorlatendheid van de samendrukbare lagen. Ook het type ophoging speelt een belangrijke rol (partieel of uniform).

4.3 Uitgangspunten

De geometrische randvoorwaarden voor de berekening hebben betrekking op de dwarsdoorsnede van de zomerkade:

- maaiveldniveau ter plaatse in de uiterwaard: ca. NAP +4 m
- de kruinhoogte van de zomerkade in de huidige situatie varieert tussen NAP +4,8 m en NAP +5,5 m;
- de kruinhoogte in de nieuwe situatie is NAP +6,7 m;

De grondmechanische randvoorwaarden worden verkregen uit de boorprofielen, welke representatief zijn voor de bodem onder de beschouwde zomer kade. Deze profielen voor de boorlocaties 2352 tm/2358 zijn toegevoegd in de bijlage.

In Tabel 4-1 is de bodemopbouw weergegeven, zoals die aangetroffen is op basis van vier van de uitgevoerde boringen.

Tabel 4-1: Lokale bodemopbouw ter plaatse van de zomerkade op basis van boringen b2352-2358

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+5,5 a +5,7 tot +4,50	Dijkmateriaal
+4,50 tot +4,24	Klei, bruin
+4,24 tot +2,24	Klei, st. zandig

4.4 Berekeningen

Met het computerprogramma MSettle 8.2 kunnen over verschillende verticalen in een dwarsprofiel verticale gronddeformaties (semi tweedimensionale zettingen) worden berekend. Met dit programma wordt een belastingspreiding meegenomen maar kunnen geen horizontale gronddeformaties worden berekend. De gemodelleerde dwarsdoorsneden zijn weergegeven in bijlage 2.

4.5 Resultaten

Voor de grondopbouw is gebruik gemaakt van de grondopbouw van de aangeleverde handboringen 2352 t/m 2358. Dit zijn boringen voor de bovenste meter, voor de rest is gebruik gemaakt van eerder gebruikte bodemopbouw (hm 148).

De berekeningsresultaten van de zettingen zijn weergegeven in Tabel 4-2.

Tabel 4-2: resultaten zettingsberekening

Berekening	MV hoogte [m t.o.v. NAP]	Uitgiftepeil [m t.o.v. NAP]	Netto ophoging [m]	Berekende eindzetting na 30 jaar [m]
1	4,80	6,70	1,90	0,28
2	5,50	6,70	1,20	0,16

In de onderstaande tabel zijn de over- en onderschrijdingsfrequenties van de rivierwaterstand nabij Heesselt weergegeven. De tabel is een uitsnede van de waterstandsstatistiek rondom de aanleghoogte van de zomerkade. Uit Tabel 4-3 blijkt dat indien de zomerkade circa 0,3 m zakt de overschrijdingsfrequentie van de kruinhoogte van de zomerkade stijgt van circa 4 dagen per jaar naar circa 7 dagen per jaar.

Tabel 4-3: over- en onderschrijdingsfrequenties waterstand nabij Heesselt

afvoer Lobith (m ³ /s)	afvoer Waal (m ³ /s)	waterstand Lobith (m tov NAP)	waterstand Heesselt terp (m tov NAP)	frequentie	
				dagen	
		RK 862,16	RKM925	onderschrijding	overschrijding
5675	3820	13,5	6,40	358,1	7,2
6000	4032	13,75	6,58	359,0	6,3
6345	4265	14	6,78	360,9	4,3
7000	4694	14,45	7,10	362,0	3,3

Om de impact op het overstromingspatroon te minimaliseren wordt geadviseerd om de aanleghoogte van de zomerkade 0,20 m boven ontwerppeil te leggen. Hiermee wordt voorkomen dat het gebied achter de zomerkade vaker inundeert. Daarnaast zal het grootste deel van de zetting in de eerste jaren na aanleg optreden waardoor de kadehoogte na een paar jaar rond de ontwerphoogte zal liggen.

5 Pipinganalyse

Op de drie locaties wordt in het voorland ontgraven. In de onderstaande tabel zijn de dieptes van de ontgravingen en de onderkant van de ondoorlatende lagen weergegeven. Voor de bepaling van de dikte van de ondoorlatende lagen is gebruikt gemaakt van de volgende gegevens.

Tabel 5-1: gebruikte boringen

Locatie	Boringen	Literatuur
hm 108 –112	B85/14, B85/15 en B85/ 16	Rapport laboratoriumonderzoek betreffende dijkvak Varik-Heesselt, hm 77 - 148, Fugro, 1985 [Lit. 11]
hm 143 – 148	B85/29, B85/30 en B85/31	
hm 154 - 155	Boring 1 tot en met 6 (bijlage 1)	Aanpassing principeplan n.a.v. Cie Boertien Dijkvak Heesselt-Oppijen, Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden & Oranjewoud.,1994 [Lit. 6]

Tabel 5-2: dikte ondoorlatende lagen na ingreep

Locatie	Diepte ontgraving	afstand uit de buitenteen	Onderkant ondoorlatende lagen	dikte ondoorlatende lagen na ingreep
hm 108 –112	NAP +4,5 m	55 m	NAP -0,76 m	5,26 m
hm 143 – 148	NAP +0 m	50 m	NAP 0 m	0 m
hm 154 - 155	NAP +2 m	30 m	NAP + 2,65 m	-0,65 m

Uit de tabel blijkt dat tussen hm 108-112 de onderkant van de ontgraving hoger ligt dan de bovenkant van de zandlaag. Er is op deze locaties een ondoorlatende laag van minimaal 2,76 m aanwezig.

Bij hm 143-148 en hm 154 - 155 echter gaat de ontgraving door de afsluitende kleilaag heen. Bij hm 146 (boring B85/30) is een tussenzandlaag rond NAP aanwezig. Daaronder ligt een laag klei van ruim 1 m dik met daaronder weer zand.

Bij hm 154-155 is van NAP + 2,65 tot NAP + 0,25 m is namelijk zware zavel aanwezig. Daaronder ligt een laag met matig grof zand. Hier ontstaat een intredepunt. Binnendijks is er geen of een zeer dunne kleilaag aanwezig. Een nadere analyse van drie boringen nabij hm 154 en hm 155 laat zien dat er bij hm 155,2 in de huidige situatie geen afsluitende laag voorkomt. (zie bijlage 6 boring 5). In de huidige situatie is derhalve al een intredepunt aanwezig.

Aangezien de informatie over de diepteligging van de zandlagen op puntinformatie is gebaseerd wordt ook de benodigde kwelweglengte berekend. Dit wordt gedaan conform de methode Bligh (18 ($\Delta H-0,3D$)).

Tabel 5-3: afstand ontgravingen uit binnenteen en ten opzichte van laagste punt in dwarsprofiel binnendijks

Locatie	afstand ontgraving uit de binnenteen	maaiveld bij binnenteen	afstand laagste punt tot ontgraving	laagste punt in dwarsprofiel
hm 108 -112	92 m	NAP + 4,8 m	105 m	NAP +4,3 m
hm 143 - 148	92 m	NAP + 4,25 m	115 m	NAP + 3,5 m
hm 154 - 155	115 m*	NAP +3,7 m	115 m*	NAP +3,7 m

* op basis van profiel 155 is de minimale afstand tussen ontgraving en binnenteen 130 m.

Nabij hm 155,5 ligt de boveninsteek van de ontgraving echter circa 15 m dichter bij de binnenteen. Zie bijlage 5.

Tabel 5-4: berekening benodigde kwelweglengte

Locatie	MHW	kwelweglengte obv maaiveld bij teen	kwelweglengte obv laagste punt dwarsprofiel
		18 ($\Delta H-0,3D$)	18 ($\Delta H-0,3D$)
hm 108 -112	NAP + 10,1 m	65,38	77,08
hm 143 - 148	NAP + 9,6 m	73,35	90,90
hm 154 - 155	NAP + 9,6 m	106,2	106,2

Op basis van de berekeningen blijkt dat alle drie de dwarsprofielen op basis van 18 ($\Delta H-0,3D$) voldoen. Het verschil tussen de aanwezige en minimaal benodigde kwelweglengte bedraagt 8,8 m tot 30 m.

Resumé

Op basis van de ontgravingsdiepte van de inrichtingsmaatregelen lijken er geen intredepunten voor piping te ontstaan voor de ingreep tussen hm 108 -112. Bij de ingrepen nabij hm 143 - 148 en hm 154 - 155 wordt de afsluitende kleilaag wel doorgraven. Op basis van toetsing aan de vereiste kwelweglengte met Bligh voldoen alle ingrepen. Hierbij is een reserve in de aanwezige kwelweglengte aanwezig. Het meest kritiek is de locatie nabij hm 155. Hier is de minste reserve aan kwelweglengte aanwezig (8,8 m). In de huidige situatie is nabij hm 155,2 reeds een intredepunt aanwezig. Bij hm 146 is een reserve van circa 20 m aanwezig.

Aangezien de informatie over de bodemopbouw uit puntinformatie met een beperkte dichtheid bestaat wordt geadviseerd om voorafgaand aan de uitvoering te controleren of de onderkant van de ondoorlatende lagen bij hm 108-112 inderdaad ruimschoots beneden de ontgravingsdiepte ligt. Daarnaast wordt geadviseerd om nabij de strang bij hm 143 - 148 en de strang bij hm 154 -155 voorafgaand aan de uitvoering de bodemopbouw nader in kaart te brengen. Indien hieruit blijkt dat piping alsnog een probleem kan worden, kan overwogen worden om (een deel van) de strang met klei te bekleden.

6 Conclusie

In dit rapport is het resultaat van het stabiliteitsonderzoek gepresenteerd. Hierin is de stabiliteit van de dijk ter hoogte van hm 112, 148 en 155 inzichtelijk gemaakt. Dit zijn de locaties waar het dichtst bij de primaire waterkering ontgravingen/maaiveldverlagingen plaatsvinden. Daarnaast is een zettingsberekening gemaakt van de ophoging van de zomer ten oosten van de terp met de steenfabriek. Hieronder worden de conclusies per faalmechanisme beschreven.

Macrostabieliteit

De ingrepen nabij hm 108 - 112, hm 143 - 148 en hm 154 - 155 hebben geen invloed op de macrostabieliteit van de waterkering. De in het inrichtingsplan voorziene maaiveldverlagingen liggen alle dusdanig ver van de buitenteen van de waterkering dat deze geen invloed hebben op de macrostabieliteit.

Piping

De in het inrichtingsplan voorziene maaiveldverlaging bij hm 108 - 112 doorsnijdt het ondoorlatende lagenpakket niet. Er blijft een ondoorlatend lagenpakket met een dikte variërend van circa 5,26 m over. Er wordt derhalve met de inrichting geen intredepunt voor piping gecreëerd.

Nabij hm 143 - 148 en hm 154 - 155 doorsnijden de ontgravingen echter wel de ondoorlatende lagen. Hier ontstaat wel een intredepunt. Bij hm 146 is een tussenzandlaag aanwezig. Bij hm 155,2 blijkt dat daar in de huidige situatie geen afsluitende lagen aanwezig zijn. Hier is al een intredepunt aanwezig.

Voor de volledigheid is voor de locaties bij hm 112, hm 148 en hm 155 ook de benodigde kwelweglengte berekend met de methode Bligh. Hieruit blijkt dat de aanwezige kwelweglengte in alle gevallen voldoende is. Er is een reserve van in aanwezige kwelweglengte van circa 8,8 m bij hm 155 en circa 20 m bij hm 148. Bij hm 112 bedraagt de marge tussen de aanwezige kwelweglengte en de benodigde kwelweglengte bestaat van circa 30 m.

Er wordt geadviseerd om voorafgaands aan de uitvoering te controleren of de onderkant van de ondoorlatende lagen nabij hm 108 - 112 inderdaad ruimschoots beneden de ontgravingsdiepte ligt. Daarnaast wordt geadviseerd om nabij de strangen bij hm 143 - 148 en hm 154 - 155 voorafgaand aan de uitvoering de bodemopbouw nader in kaart te brengen. Indien hieruit blijkt dat piping alsnog een probleem kan worden, kan overwogen worden om (een deel van) de strang met klei te bekleden.

Zetting

Voor de op te hogen zomerkade ten oosten van de terp met de voormalige steenfabriek zijn de te verwachten zettingen berekend. Bij een ophoging tot NAP + 6,7 m bedraagt de maximale zetting na 30 jaar 0,28 m.

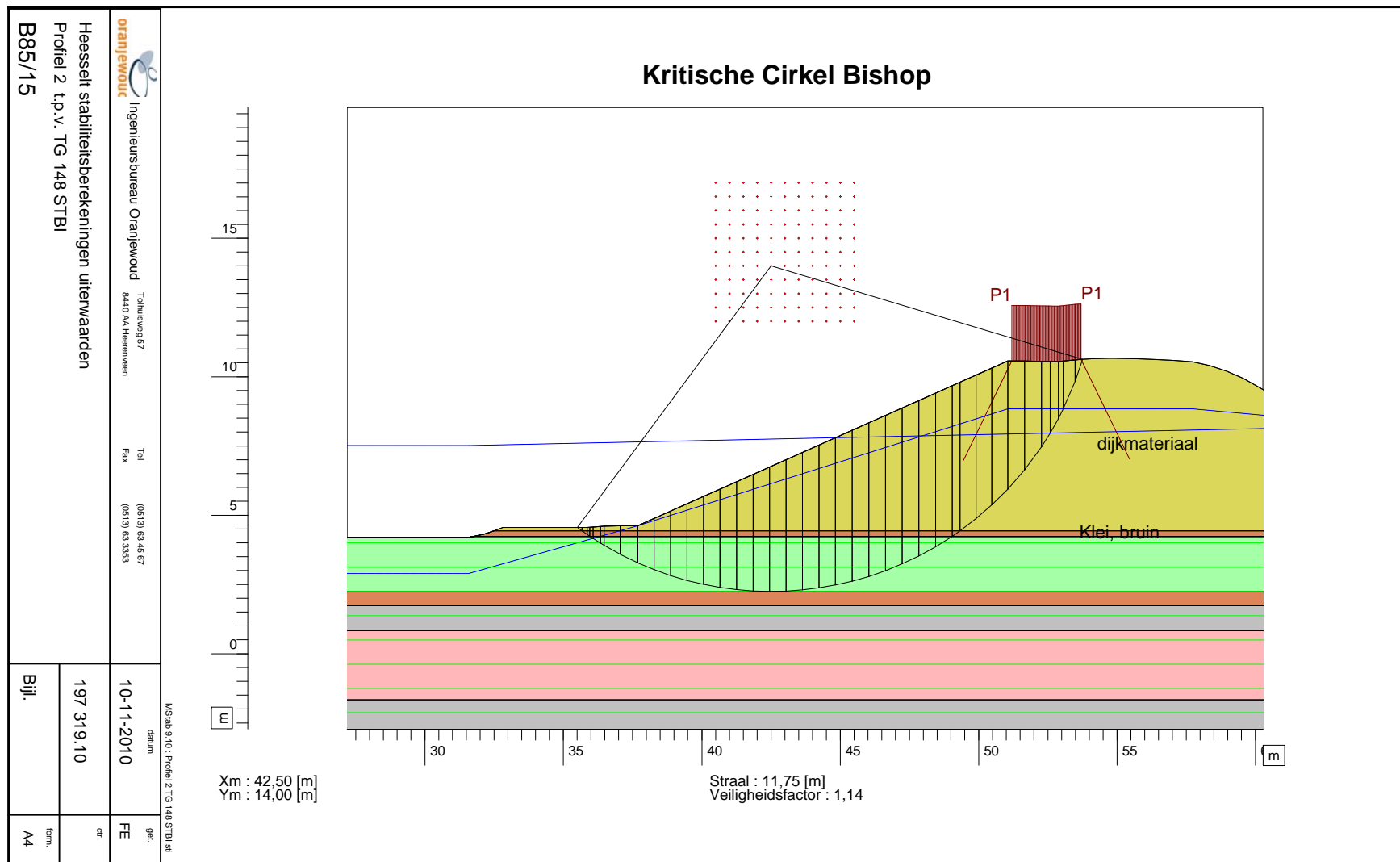
Uit Tabel 4-3 blijkt dat indien de zomerkade circa 0,3 m zakt de overschrijdingsfrequentie van de kruinhoogte van de zomerkade stijgt van circa 4 dagen per jaar naar circa 7 dagen per jaar. Om de impact op het overstromingspatroon te minimaliseren wordt geadviseerd om de aanleghoogte van de zomerkade 0,20 m boven ontwerppeil te leggen. Hiermee wordt voorkomen dat het gebied achter de zomerkade vaker inundeert. Daarnaast zal het grootste deel van de zetting in de eerste jaren na aanleg optreden waardoor de kadehoogte na een paar jaar rond de ontwerphoogte zal liggen.

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat ten gevolge van de herinrichting van de uiterwaarden de stabiliteit van de waterkering niet afneemt.

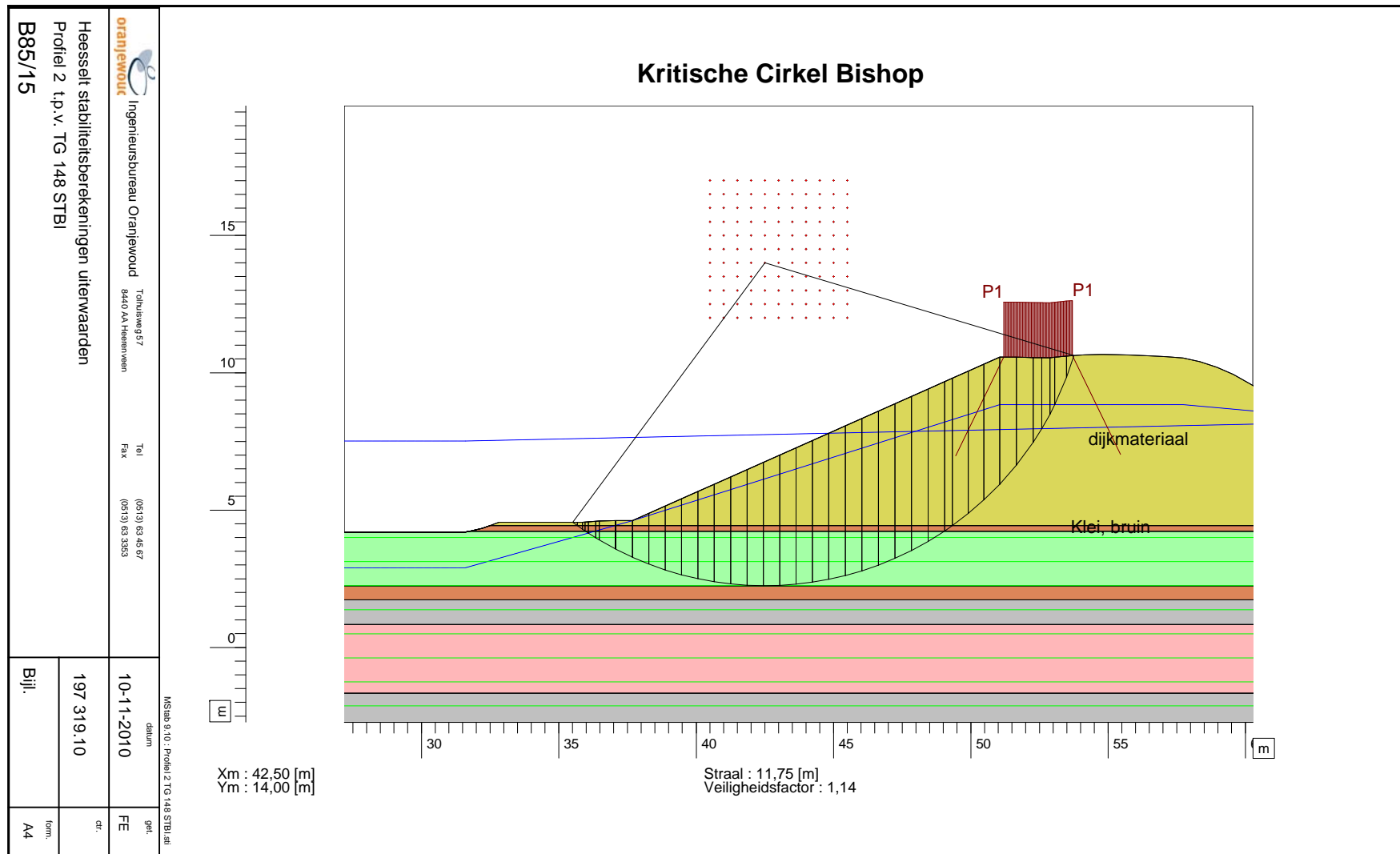
Literatuur

- [Lit. 1] Hydraulische Randvoorwaarden 2006 primaire waterkeringen categorie C voor de derde toetsronde 2006-2011, 2008, Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Water;
- [Lit. 2] Globale verkenning haalbaarheid technische aanpassingen op principeplan, dijkvakken Varik-Heesselt HM 76.0-148.6 en Herwijnen-'t Rot HM 337.6-356.5, kenmerk CO-351060/7, april 1994, Grondmechanica Delft;
- [Lit. 3] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), Delft, september 2004;
- [Lit. 4] CUR162, Construeren met grond, grondconstructies op en in weinig draagkrachtige en sterk samendrukbare ondergrond, november 1992, Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving te Gouda;
- [Lit. 5] Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), Delft, juni 2001.
- [Lit. 6] Aanpassing principeplan n.a.v. Cie Boertien Dijkvak Heesselt-Oppijen, Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden in samenwerking met Oranjewoud. 1994
- [Lit. 7] Fugro, opdrachtnummer: F-0339/26, december 1989
- [Lit.8] Heesseltsche Uiterwaarden, Impact dijkveiligheid, Oranjewoud, 20 april 2010
- [Lit. 9] Adviesnota voorkeursalternatief Heesseltsche Uiterwaarden, Rijkswaterstaat dienst Oost-Nederland, 16 juni 2010
- [Lit. 10] Waterstandsverloop, v 1.1.2, Rijkswaterstaat Riza & HKV lijn in water, 2007
- [Lit. 11] Rapport laboratoriumonderzoek betreffende dijkvak Varik-Heesselt, hm 77 - 148, Fugro, 1985

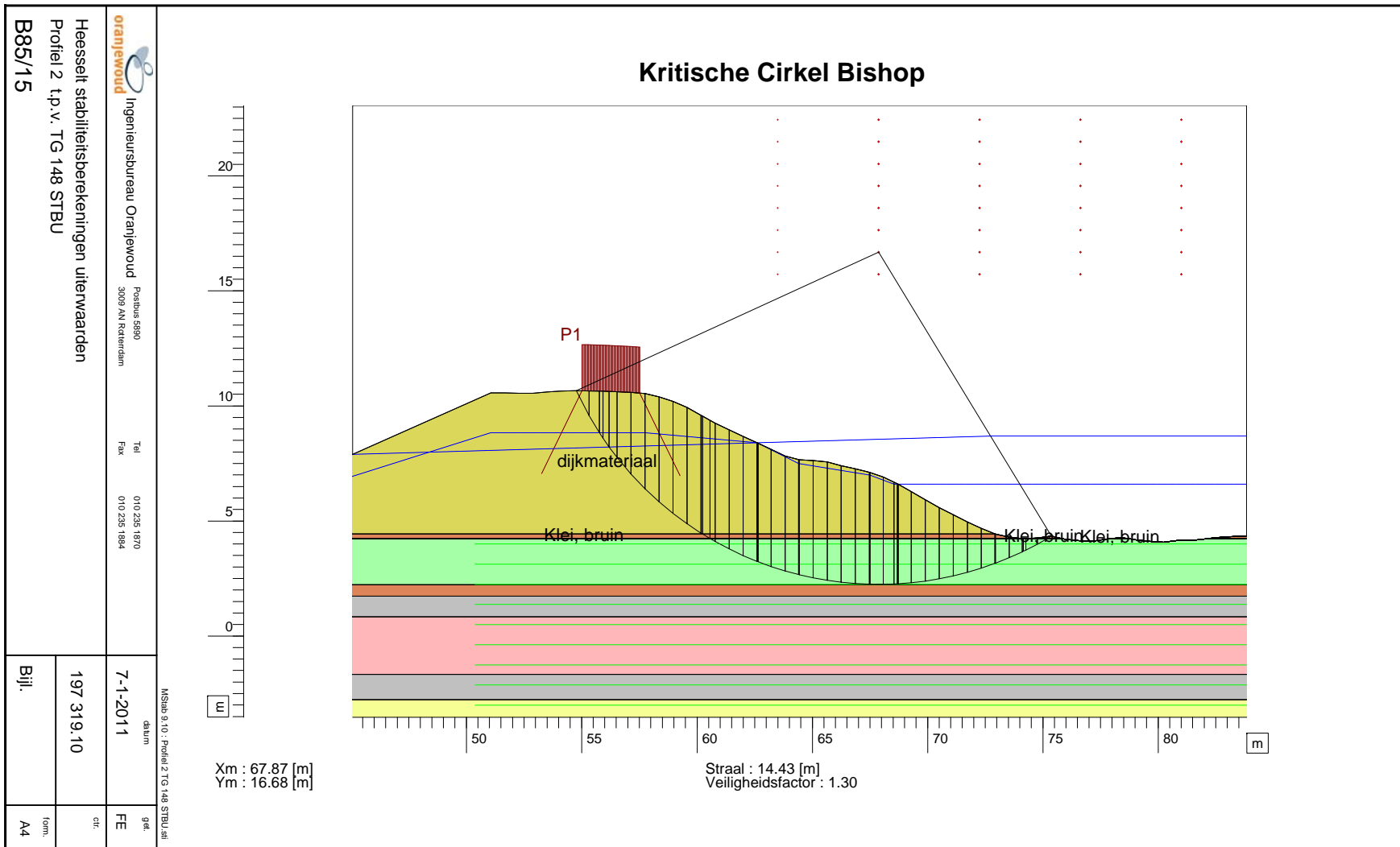
Bijlage 1: Resultaten stabiliteitsberekeningen (kritieke glijcirkels MStab)



Figuur B1.1: Kritieke glijcirkel binnenwaarts ter hoogte van hm 148 (huidige situatie) $F_{min} = 1,14$

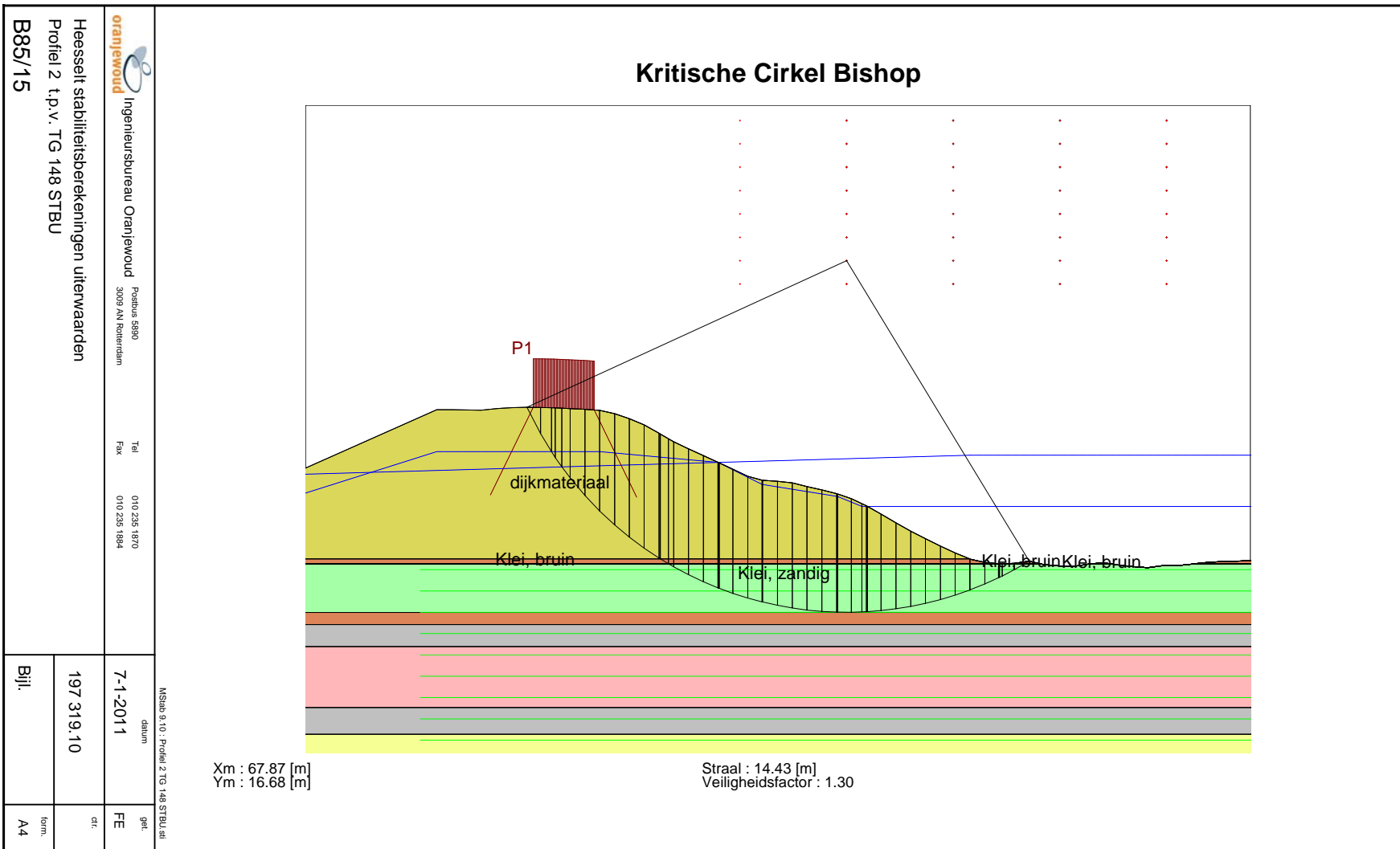


Figuur B1.2: Kritieke glijcirkel binnenwaarts ter hoogte van hm 148 (toekomstige situatie) $F_{min} = 1,14$

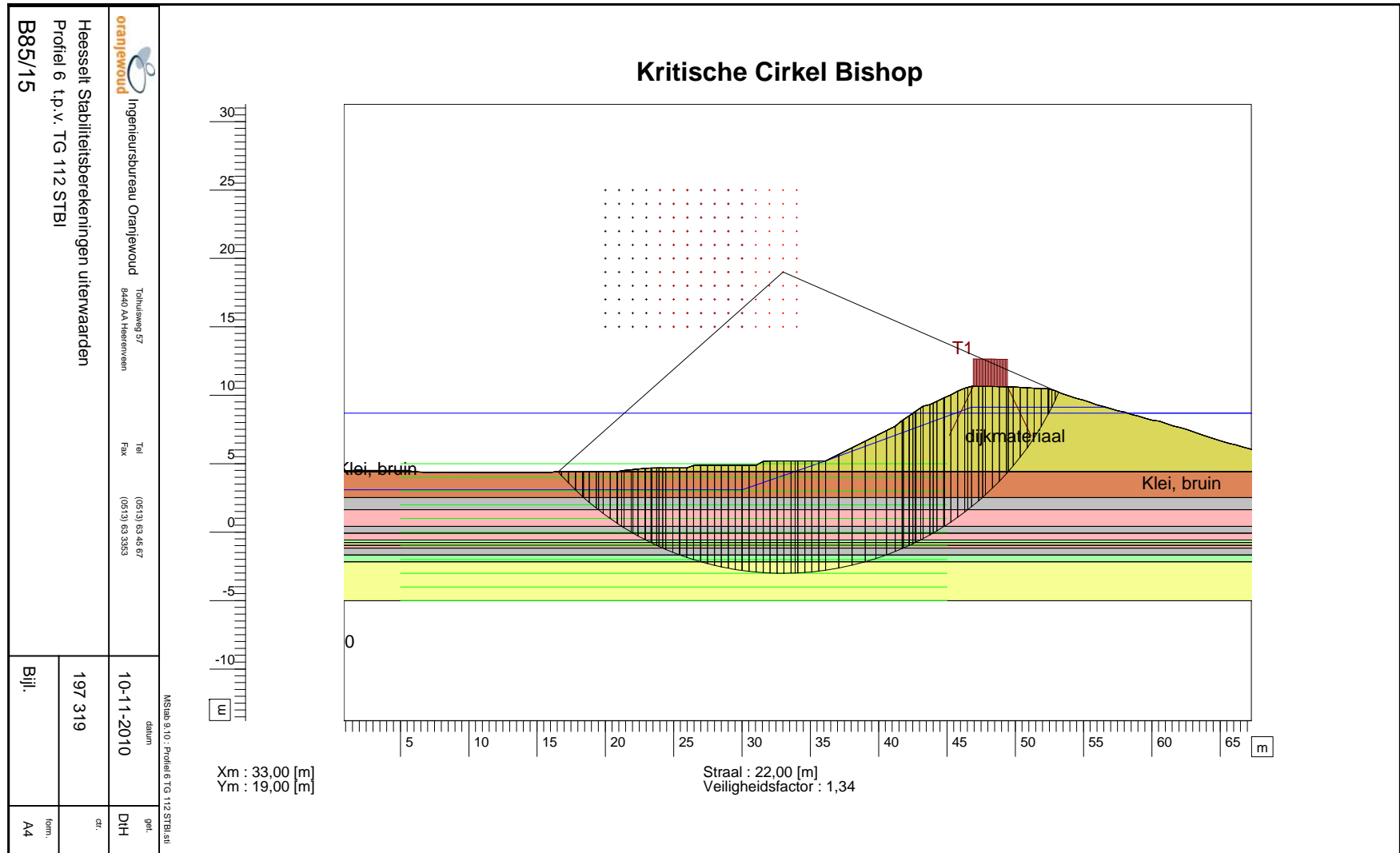


Figuur B1.3: Kritieke glijcirkel buitenwaarts ter hoogte van hm 148 (huidige situatie)

$F_{\min} = 1,30$

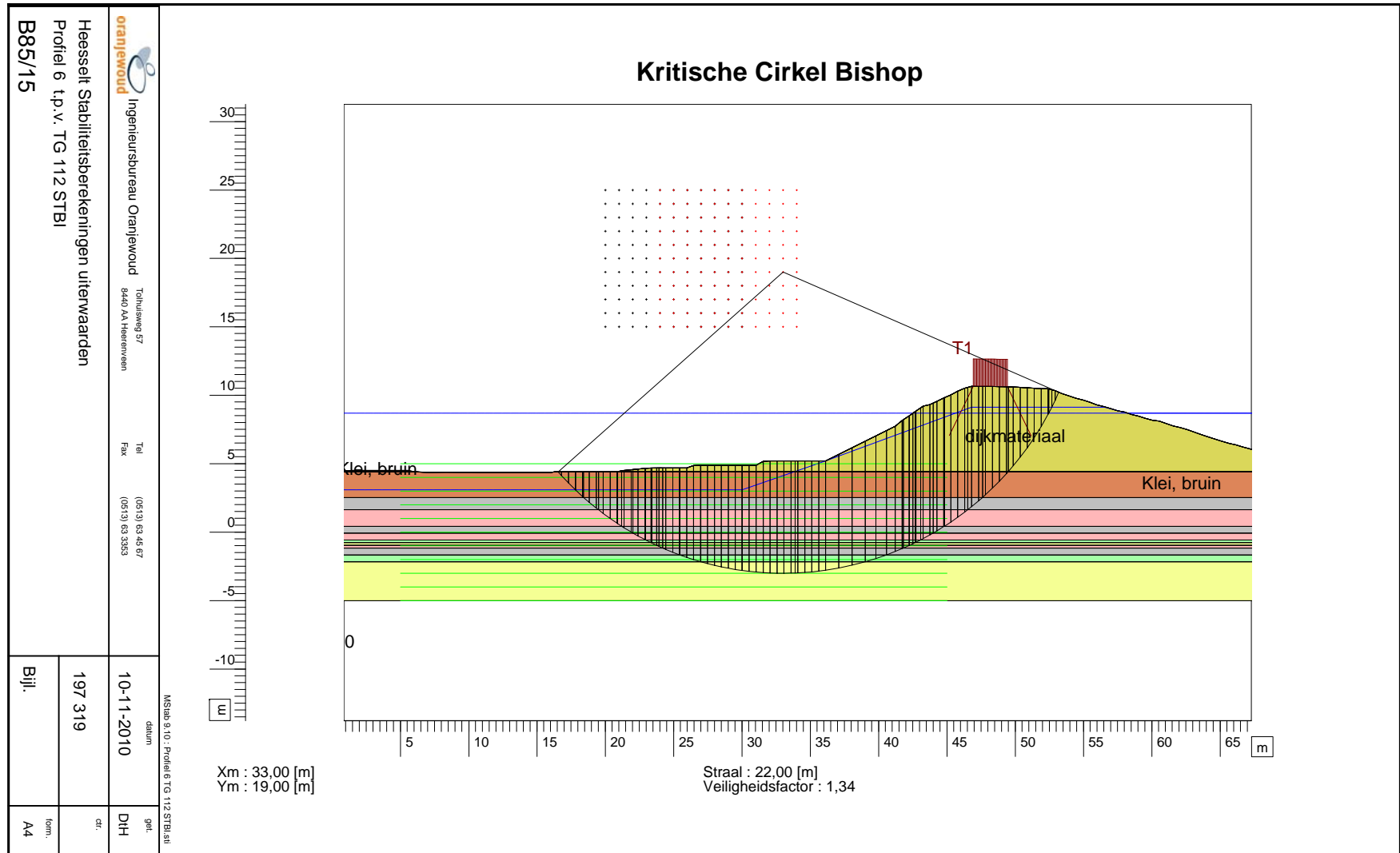


Figuur B1.4: Kritieke glijcirkel buitenwaarts ter hoogte van hm 148 (toekomstige situatie) $F_{min} = 1,30$

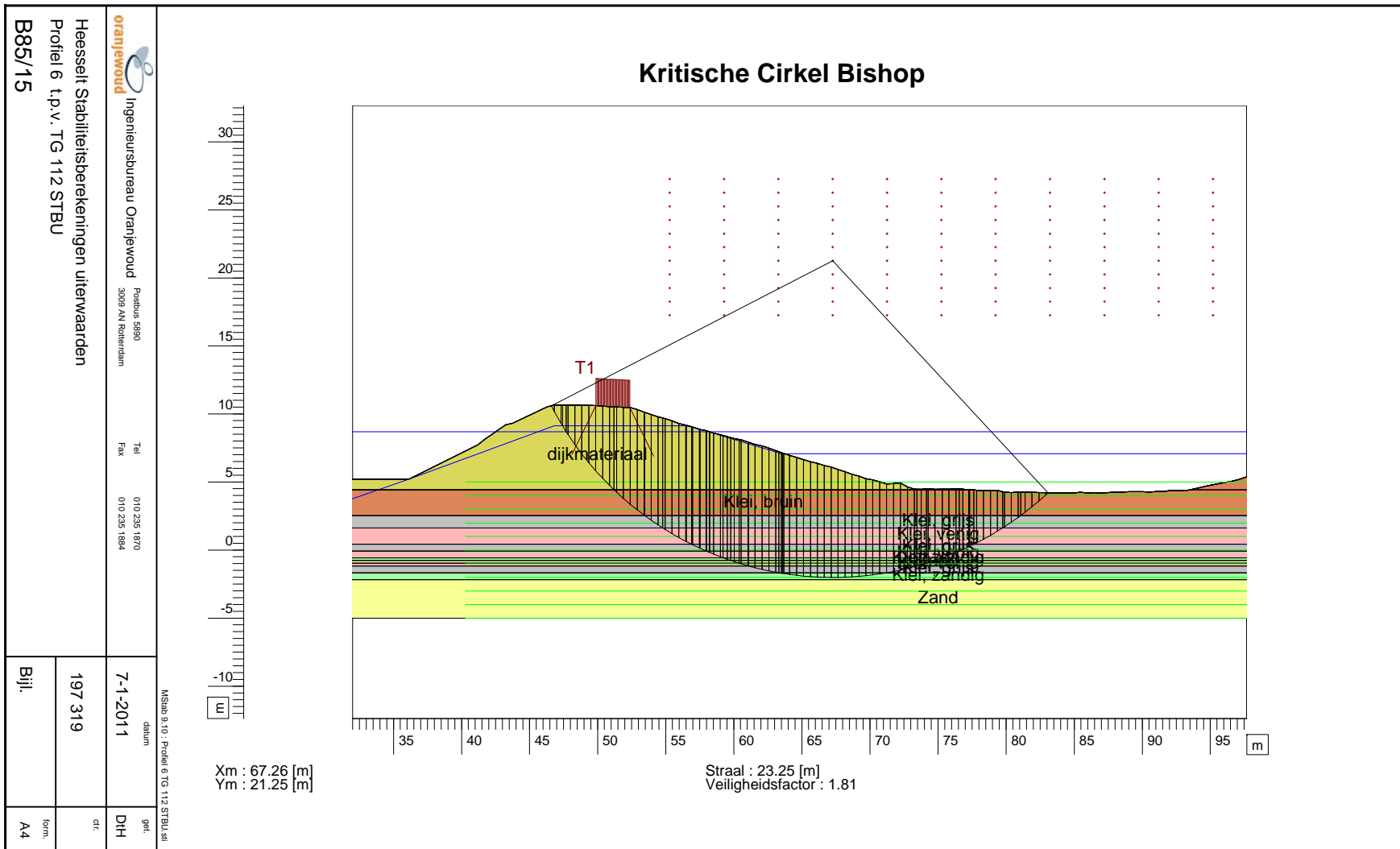


Figuur B1.5: Kritieke glijcirkel binnenwaarts ter hoogte van hm 112 (huidige situatie)

$F_{min} = 1,34$

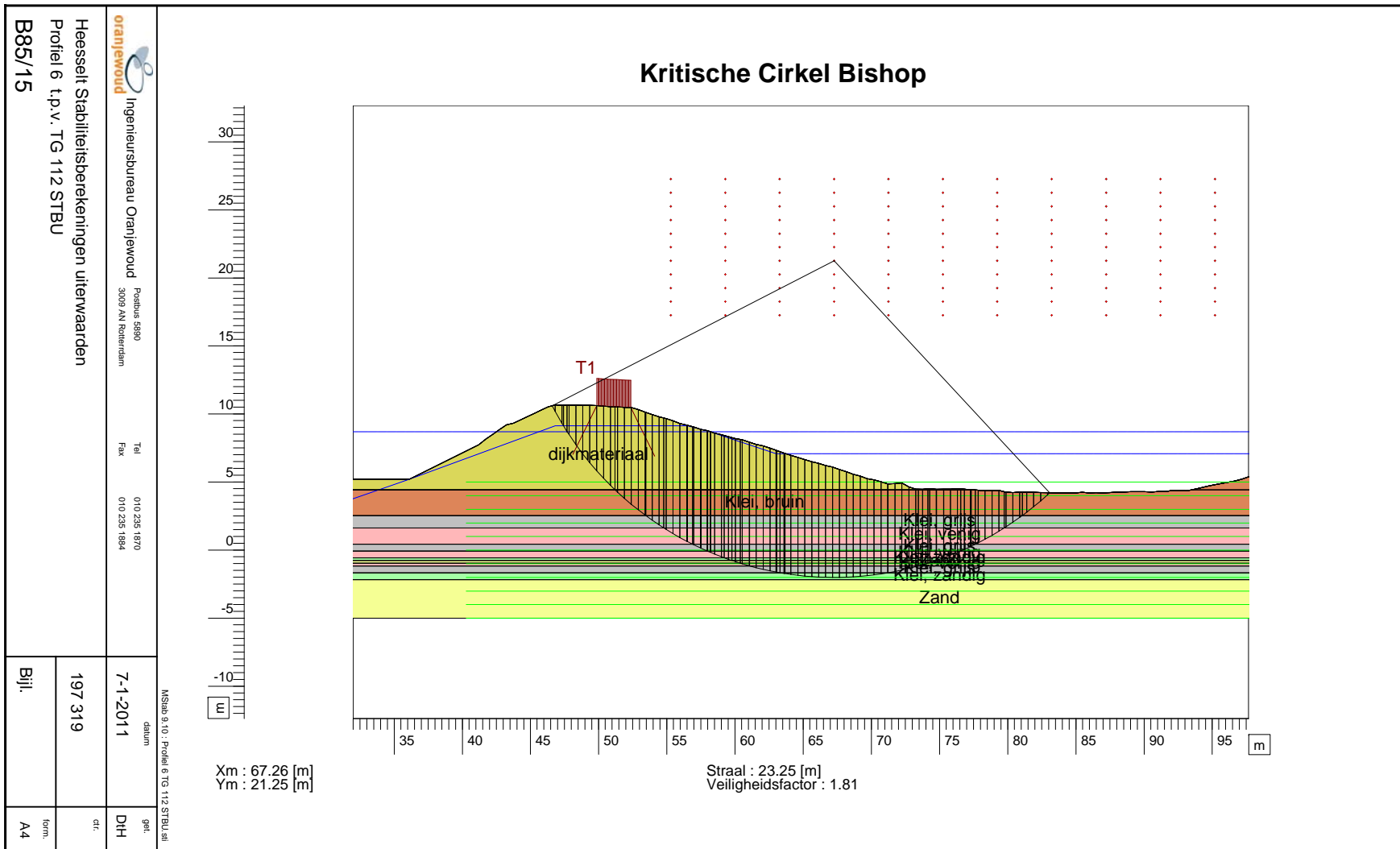


Figuur B1.6: Kritieke glijcirkel binnenwaarts ter hoogte van hm 112 (toekomstige situatie) $F_{min} = 1,34$

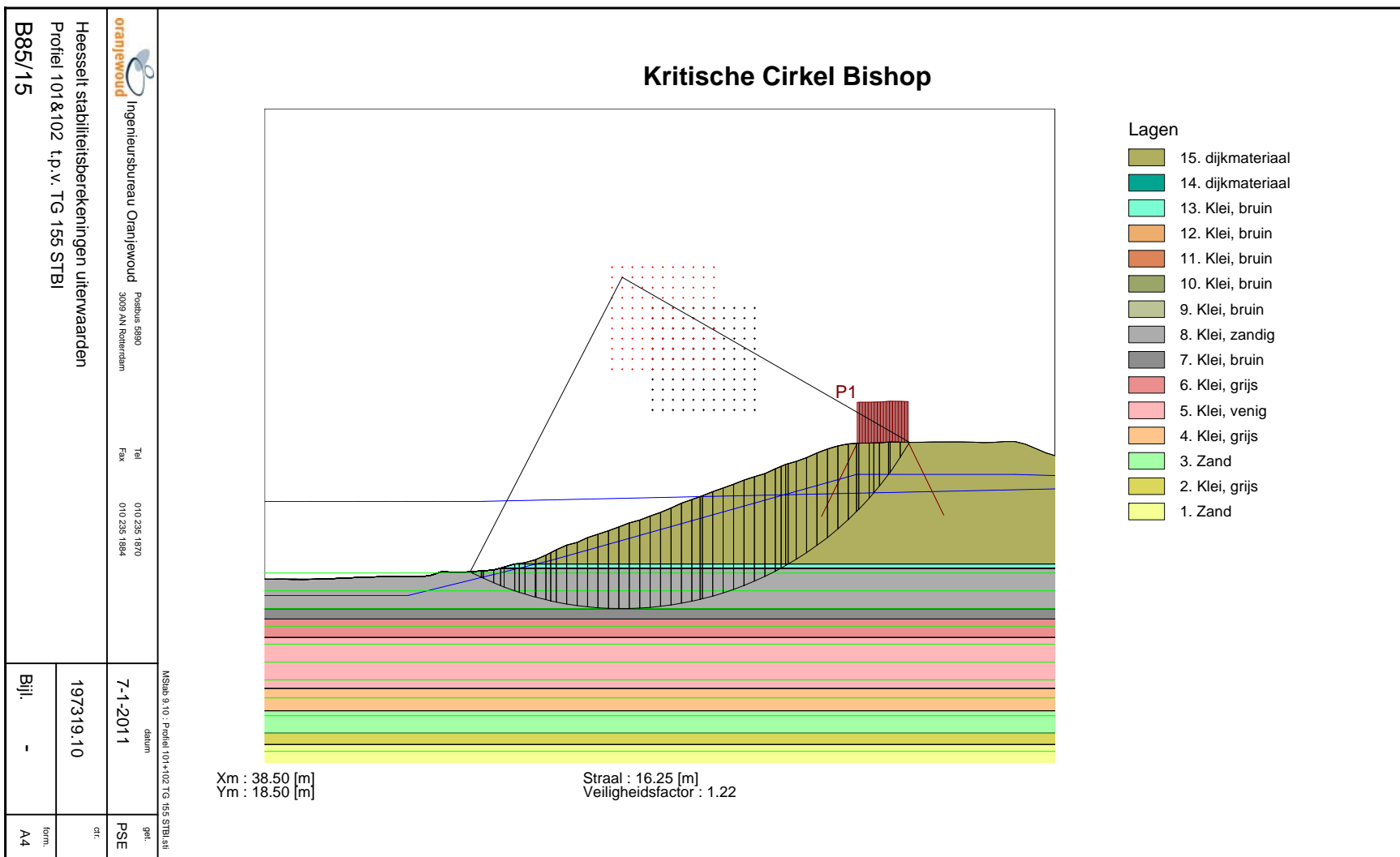


Figuur B1.7: Kritieke glijcirkel buitenwaarts ter hoogte van hm 112 (huidige situatie)

$F_{\min} = 1,81$

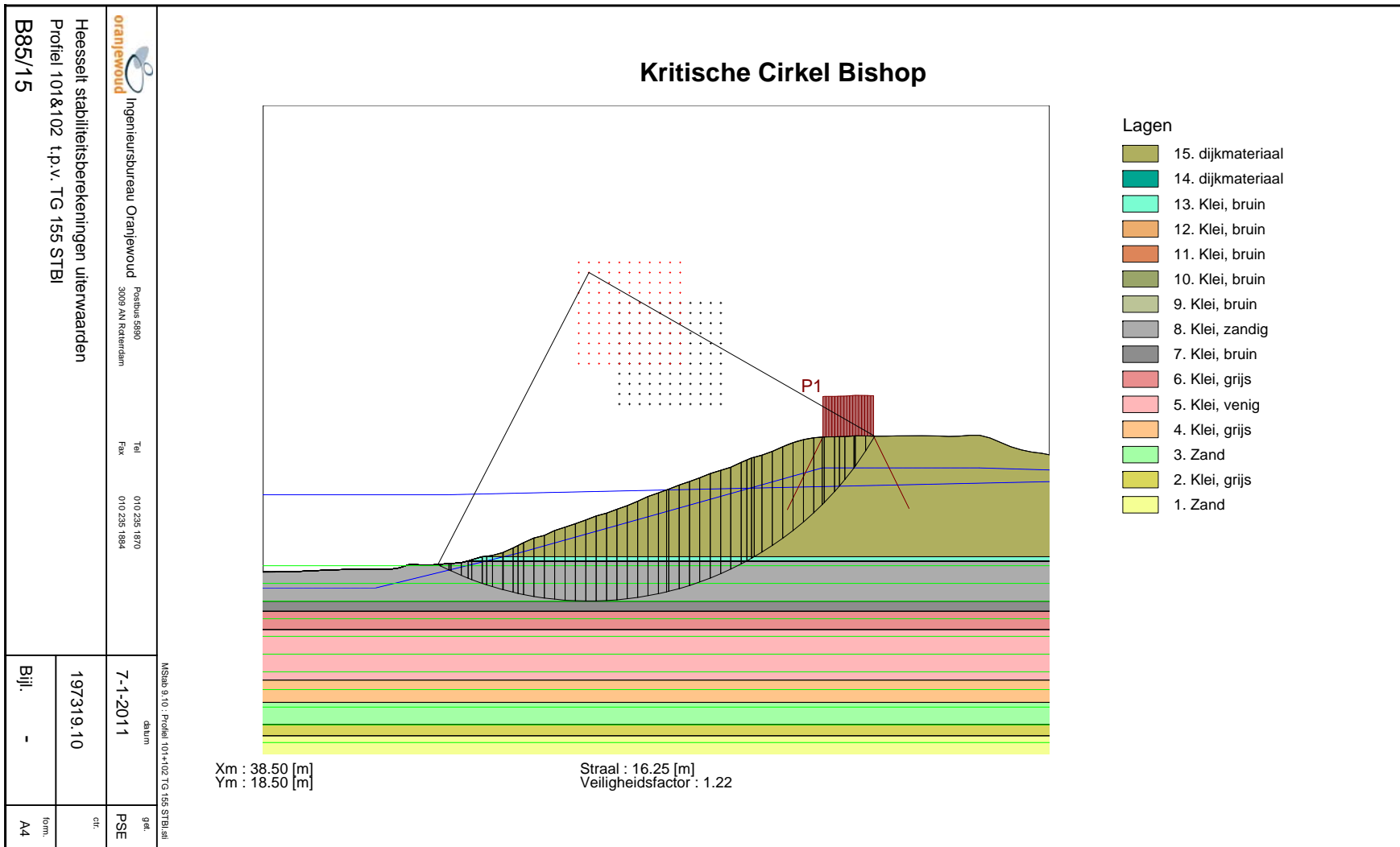


Figuur B1.8: Kritieke glijcirkel buitenwaarts ter hoogte van hm 112 (toekomstige situatie) $F_{min} = 1,81$

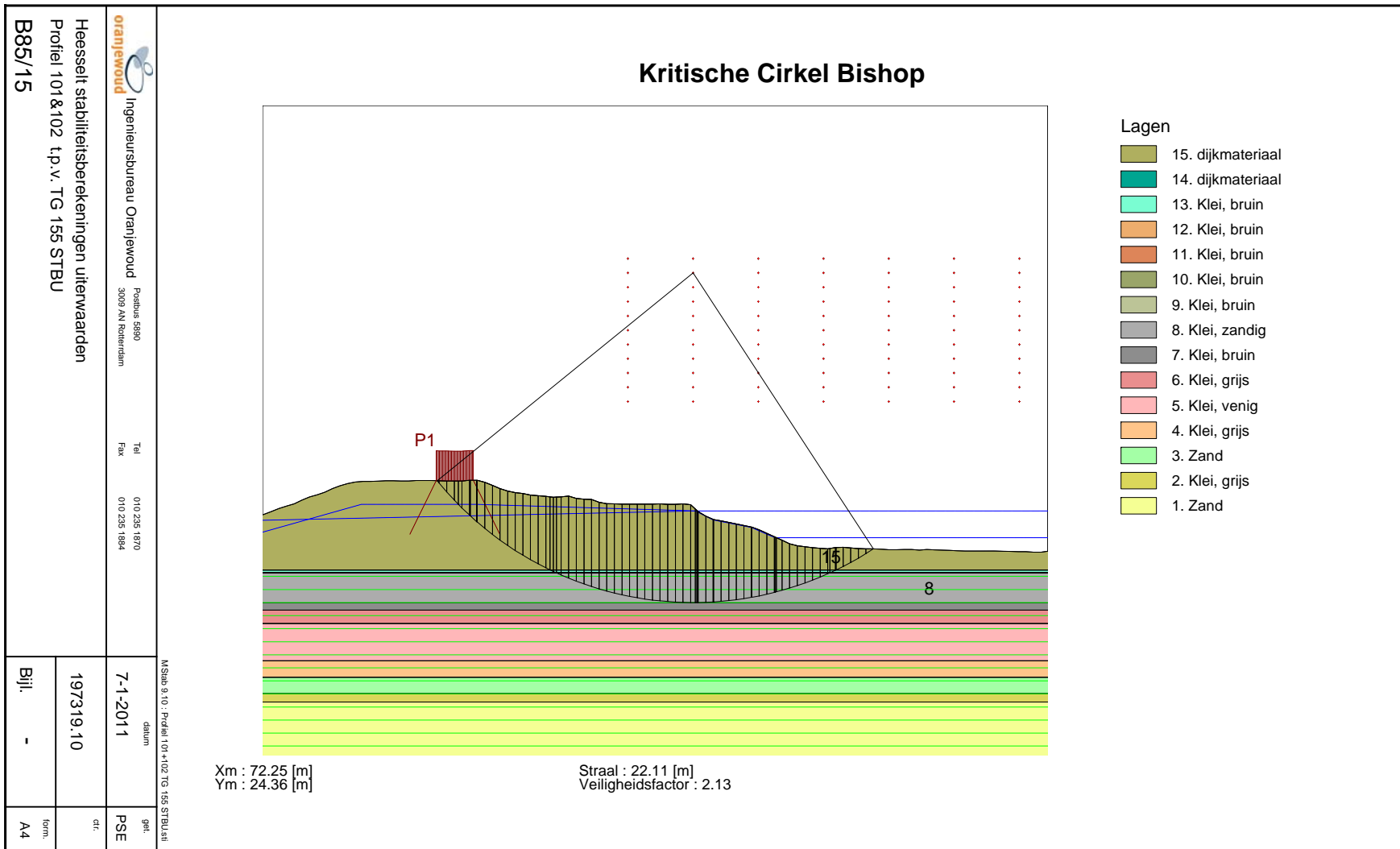


Figuur B1.9: Kritieke glijcirkel binnenwaarts ter hoogte van hm 155 (huidige situatie)

$F_{min} = 1,22$

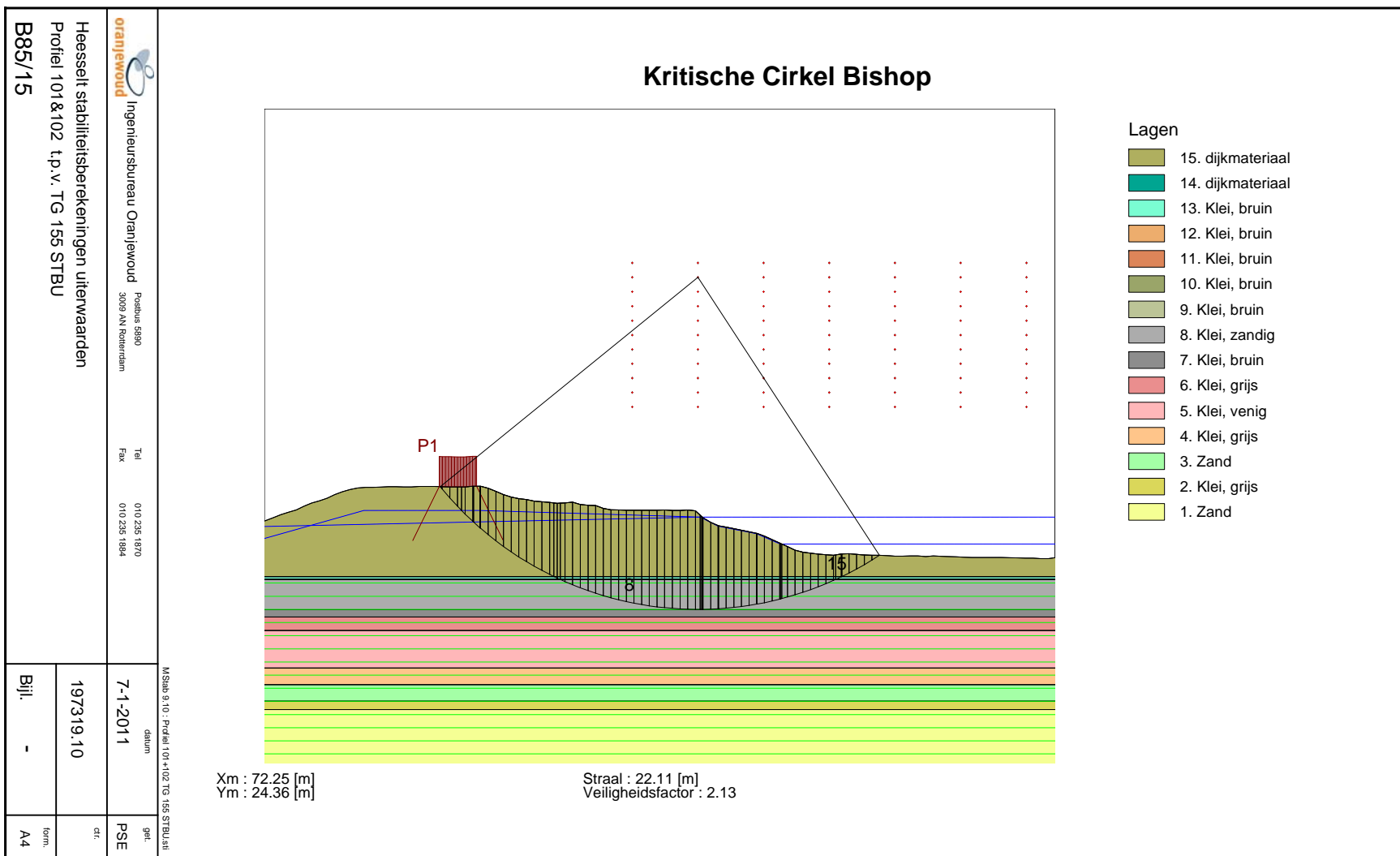


Figuur B1.10: Kritieke glijcirkel binnenwaarts ter hoogte van hm 155 (toekomstige situatie) $F_{\min} = 1,22$



Figuur B1.11: Kritieke glijcirkel buitenwaarts ter hoogte van hm 155 (huidige situatie)

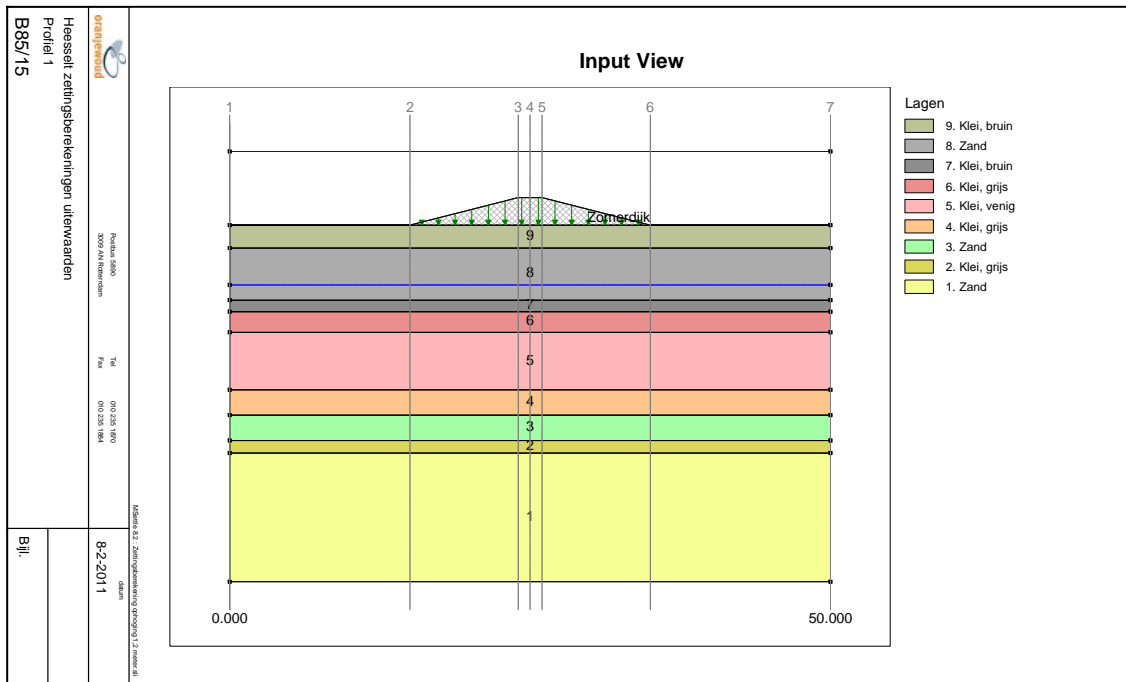
$F_{min} = 2,13$



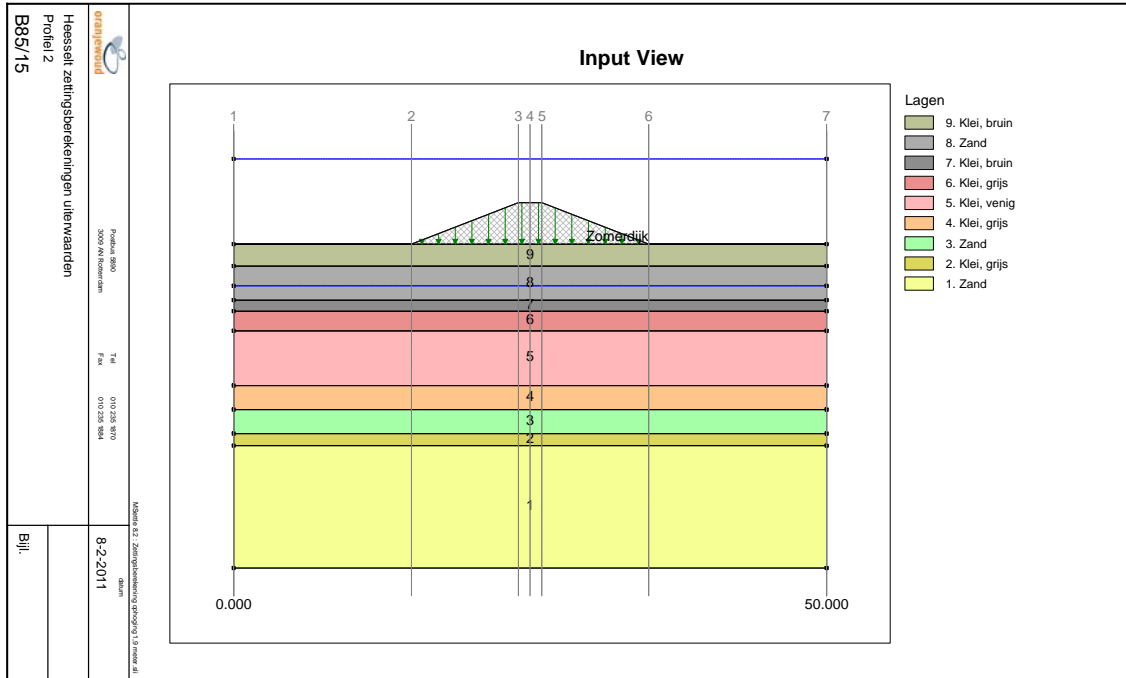
Figuur B1.12 Kritieke glijcirkel buitenwaarts ter hoogte van hm 155 (toekomstige situatie) $F_{min} = 2,13$

Bijlage 2 Zettingsberekeningen

Ophoging 1,2 meter



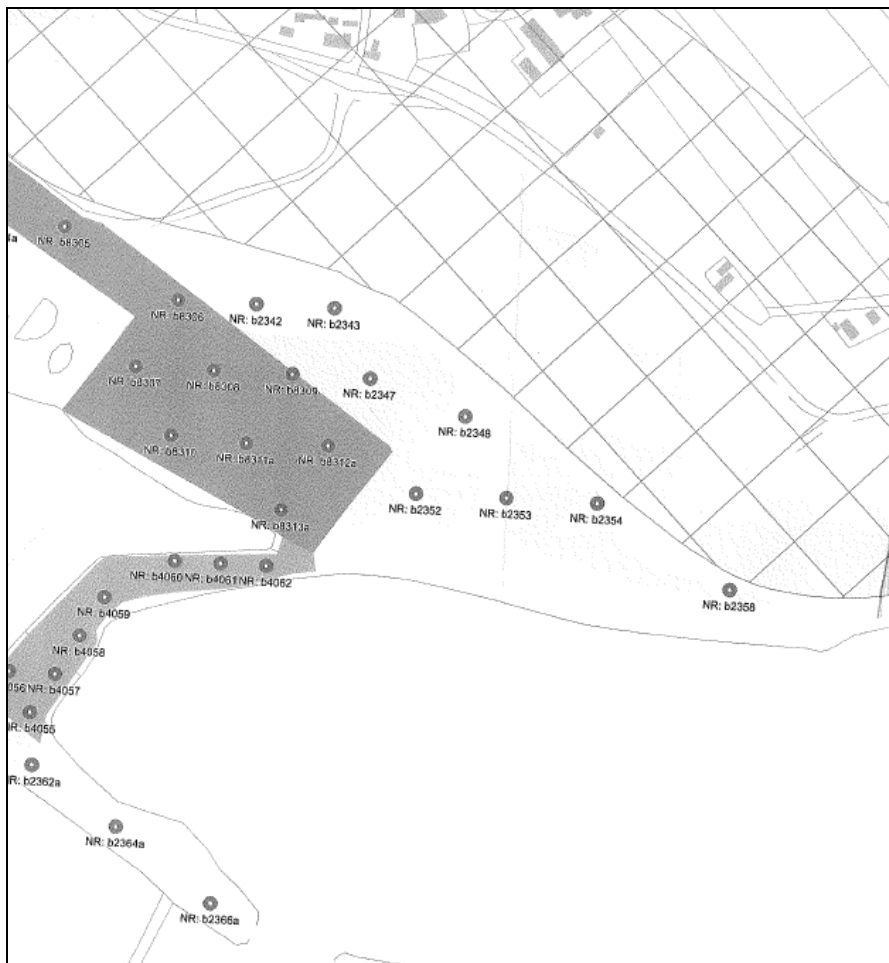
Ophoging 1,9 meter



Bijlage 3 Pipingberekeningen

Locatie	MHW	maaiveld bij binnenteen	laagste punt in dwarsprofiel	Onderkant ondoordatende lagen	dikte ondoordatende laag bij teen	dikte ondoorlaten de laag bij diepste punt	kwelweglengte obv maaiveld bij teen	kwelweglengte obv laagste punt dwarsprofiel	aanwezige kwelweglengte tot binnenteen	voldoet?	aanwezige kwelweglengte tot diepste punt	voldoet?
hm 108 -112	10,10	4,80	4,30	-0,76	5,56	5,06	65,38	77,08	92,00	ja	105,00	ja
hm 143 -148	9,60	4,25	3,50	0,00	4,25	3,50	73,35	90,90	92,00	ja	115,00	ja
hm 154 -155	9,60	3,70	3,70	3,70	0,00	0,00	106,20	106,20	115,00	ja	115,00	ja

Bijlage 4 Handboringen zettingsberekening

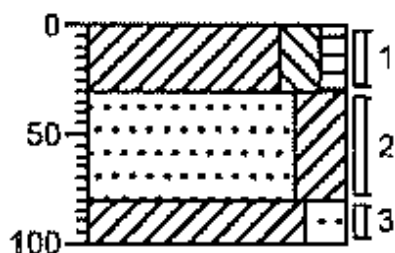


Boring: b2352

X: 152207,98

Y: 424555,87

maalveldhoogte (NAP) 5,68



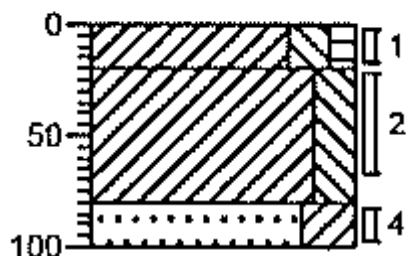
568	
538	Klei, matig siltig, zwak humeus, donkerbruin, Edelmanboor
488	Zand, matig fijn, kleiig, zwak puinhoudend, beige, Edelmanboor
408	Klei, matig zandig, Edelmanboor

Boring: 2353

X: 152278,02

Y: 424555,9

maalveldhoogte (NAP) 5,65



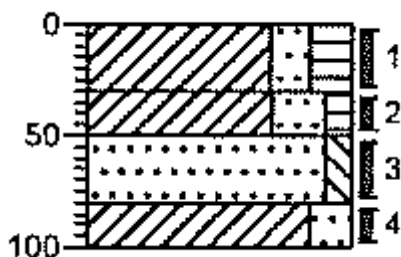
565	
545	Klei, matig siltig, zwak humeus, donkerbruin, Edelmanboor
485	Klei, matig siltig, beige, Edelmanboor
465	Zand, matig grof, kleiig, donkergeel, Edelmanboor

Boring: B2354

X: 152347,93

Y: 424555,83

maaiveldhoogte (NAP) 5,54



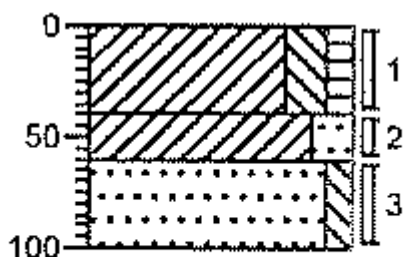
554	
524	Klei, matig zandig, matig humeus, donker grijsbruin
504	
474	Klei, sterk zandig, zwak humeus, neutraal grijsbruin
454	Zand, matig grof, zwak siltig, licht bruinbeige
	Klei, matig zandig, zwak roesthoudend, lichtbruin

Boring: b2358

X: 152453,01

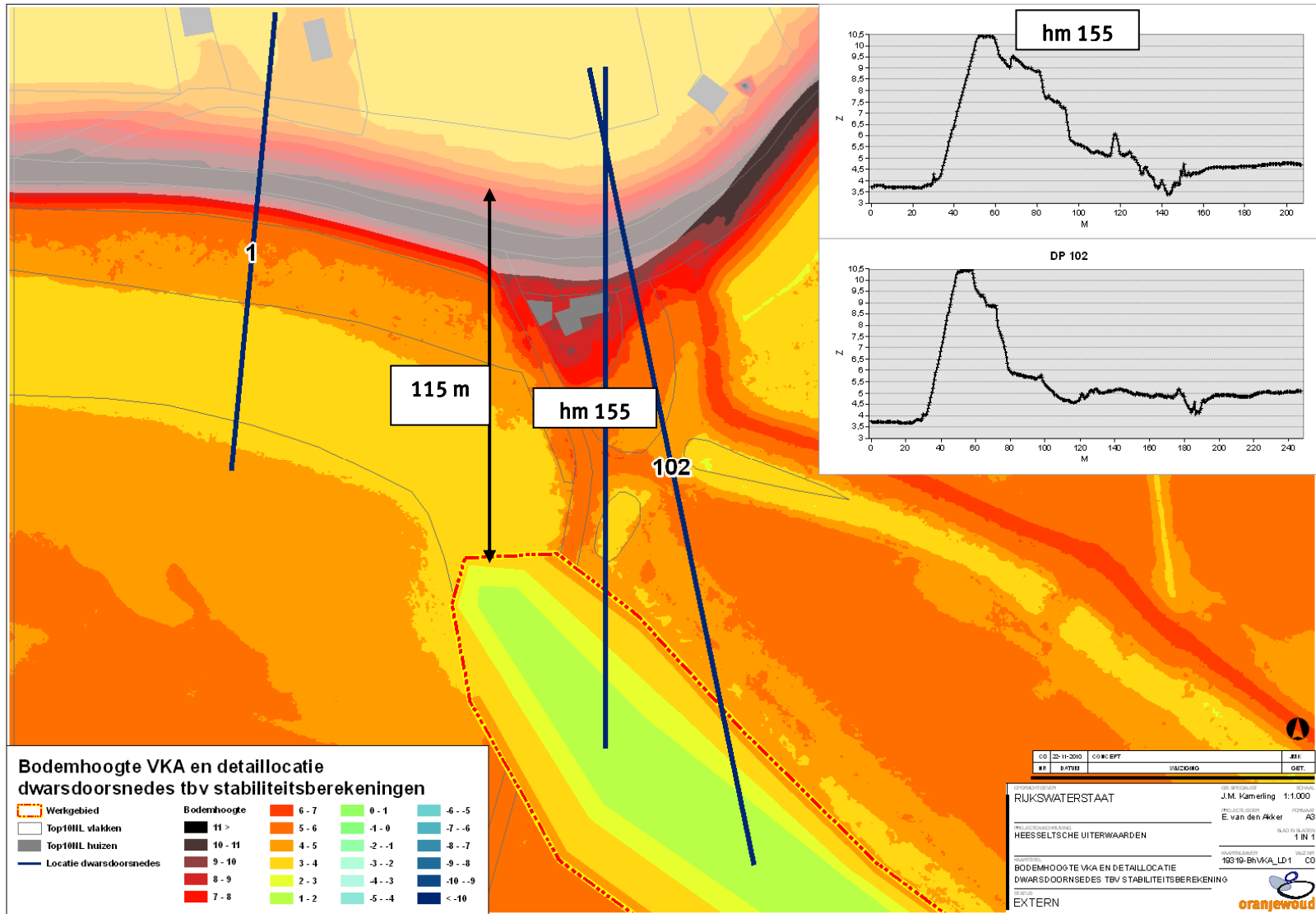
Y: 424495,22

maaiveldhoogte (NAP) 5,4



540	
500	Klei, matig siltig, zwak humeus, donkerbruin, Edelmanboor
480	Klei, matig zandig, lichtbeige, Edelmanboor
440	Zand, matig grof, zwak siltig, lichtbeige, Edelmanboor

Bijlage 5 **Ontgraving nabij hm 154 - 155**



Bijlage 6 grondonderzoek hm 154-155

Hieronder zijn een aantal boringen nabij hm 154 -155 weergegeven. Deze boringen zijn ontleend aan bijlage 1 'Aanpassing principeplan n.a.v. Cie Boertien Dijkvak Heesselt-Oppijen, Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden in samenwerking met Oranjewoud' [lit.6].

Boring 1 hm 154,2 binnendijks

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+ 4,75 tot +4,25	Zwak humeuze lichte zavel
+4,25 tot +3,65	Licht zand
+3,65 tot +3,05	Kleiig zand
+3,05 tot +2,75	Lichte zavel
+2,75 tot + 1,85	Lichte zavel
+ 1,85 tot + 0,75	Lichte zavel
+ 0,75 tot - 0,75	Kleiig zand

Boring 2 hm 154,2 buitendijks

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+3,6 tot +2,4	Zwak humeuze lichte klei
+2,4 tot +2,2	Zware klei
+2,2 tot +2	Zware klei
+2 tot +1,1	Lichte zavel
+1,1 tot + 0,1	Zwak weinig lichte zavel
+ 0,1 tot -1,6	Lichte zavel
-1,6 tot -2,2	Kleiig zand

Boring 4 hm 154,6 binnendijks

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+3,45 tot +3,15	Zwak humeus matig fijn zand
+3,15 tot +2,95	Licht kleiig matig fijn zand
+2,95 tot +2,25	Matig fijn zand
+2,25 tot +1,65	Matig grof zand
+1,65 tot -1,05	Lichte zavel
	Matig grof zand

Boring 3B hm 154,6 buitendijks

Diepte in m ten opzichte van NAP	bodembeschrijving
+4,65 tot +4,05	Zwak humeuze lichte zavel
+4,05 tot +3,55	Zware klei
+3,55 tot +2,65	Zware klei
+2,65 tot +0,25	Zware zavel
+0,25 tot -0,15	Matig grof/grof zand

Boring 6 hm 155,2 binnendijks

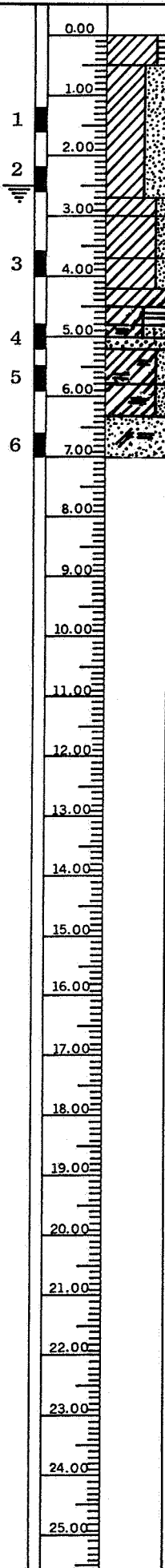
Diepte in m ten opzichte van NAP			bodembeschrijving
+5,8	tot	+5,2	Zwak humeus kleilig matig fijn zand
+5,2	tot	+4,5	Kleilig zand
+4,5	tot	+3,3	Lichte klei
+3,3	tot	+1,6	Zware klei
+1,6	tot	...	Matig grof/grof zand

Boring 5 hm 155,2 buitendijks

Diepte in m ten opzichte van NAP			bodembeschrijving
+4,5	tot	+3,7	Zwak humeus kleilig matig fijn zand
+3,7	tot	+3,1	Lichte zavel
+3,1	tot	+2,8	Zware zavel
+ 2,8	tot	+2,6	Lichte klei
+2,6	tot	+2,1	Matig fijn/matig grof zand
+2,1	tot	+1,8	Zware zavel
+1,8	tot	-0,8	Zware zavel
-0,8	tot	-0,9	Lichte zavel
-0,9	tot	Kleilig matig fijn zand

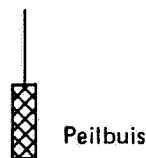
Bijlage 7 Boringen hm 108 -112 & hm 143 - 148

DIEPTE T.O.V. MAAIVELD IN METERS

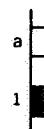


- 0,00 Klei grijs humeus
- 0,50
- Klei bruin zandig
- 2,70
- Lichte klei bruin/grijs
- 3,00 Lichte klei bruin/grijs met oer
- 3,70
- Lichte klei grijs met oer
- 4,20 Zware klei grijs
- 4,50 Klei grijs/zwart venig
- 4,80 Klei grijs/zwart zandig met veenresten
- 5,00 Zand grof grijs met een enkel kleilaagje
- 5,20 Lichte klei grijs met zandlaagjes en veenresten
- 5,80 Lichte klei grijs met veenresten
- 6,30 Zand fijn grijs met enkele kleifge laagjes en wat veenresten
- 7,00

Boring B85/14 is gemaakt bij sondering MKM92B
 Grondwaterstand d.d. 21-5-85; 2,50m-M.V.



Peilbuis



Geroerd monster

Ongeroerd monster

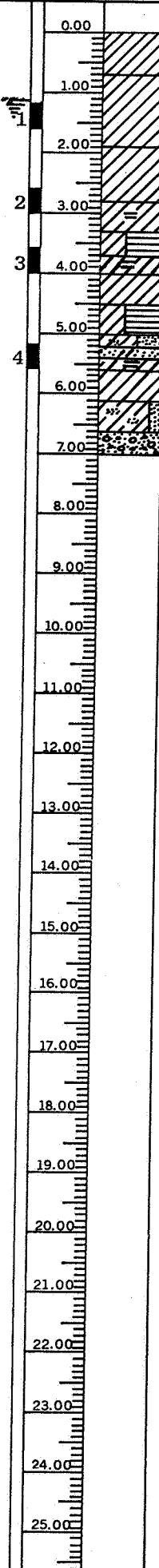


Dijkvak Varik-Heesselt, HM 77 t/m 148 polder
 district Tielerwaard

BORING

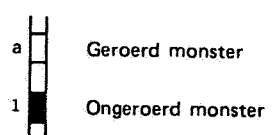
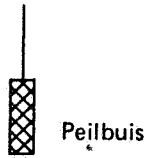
Get:	4-6-85	Vde	Opdracht nr.:
Gec:			F-0339/26
Gez:	5.6.85	Bur	B85/14

DIEPTE T.O.V. MAAIVELD IN METERS



- 0,00 Zware klei bruin met humusresten
- 0,70 Zware klei bruin met oer
- 1,90 Zware klei grijs
- 2,80 Zware klei grijs met een enkel veenlaagje
- 3,30 Klei grijs/zwart venig
- 3,70 Zware klei grijs met veensporen
- 4,00 Zware klei grijs
- 4,50 Klei grijs/zwart venig
- 5,00 Klei grijs zandig met een enkele zandlaag
- 5,20 Zand matig grof grijs met enkele kleilagen
- 5,40 Zware klei grijs met wat veensporen
- 5,60 Zware klei grijs
- 6,10 Lichte klei grijs met enkele zandige lagen
- 6,60 Zand matig grof grijs met veel fijn grind
- 7,00

Boring B85/15 is gemaakt bij sondering M94
 Grondwaterstand d.d.29-5-85;1,15m-M.V.

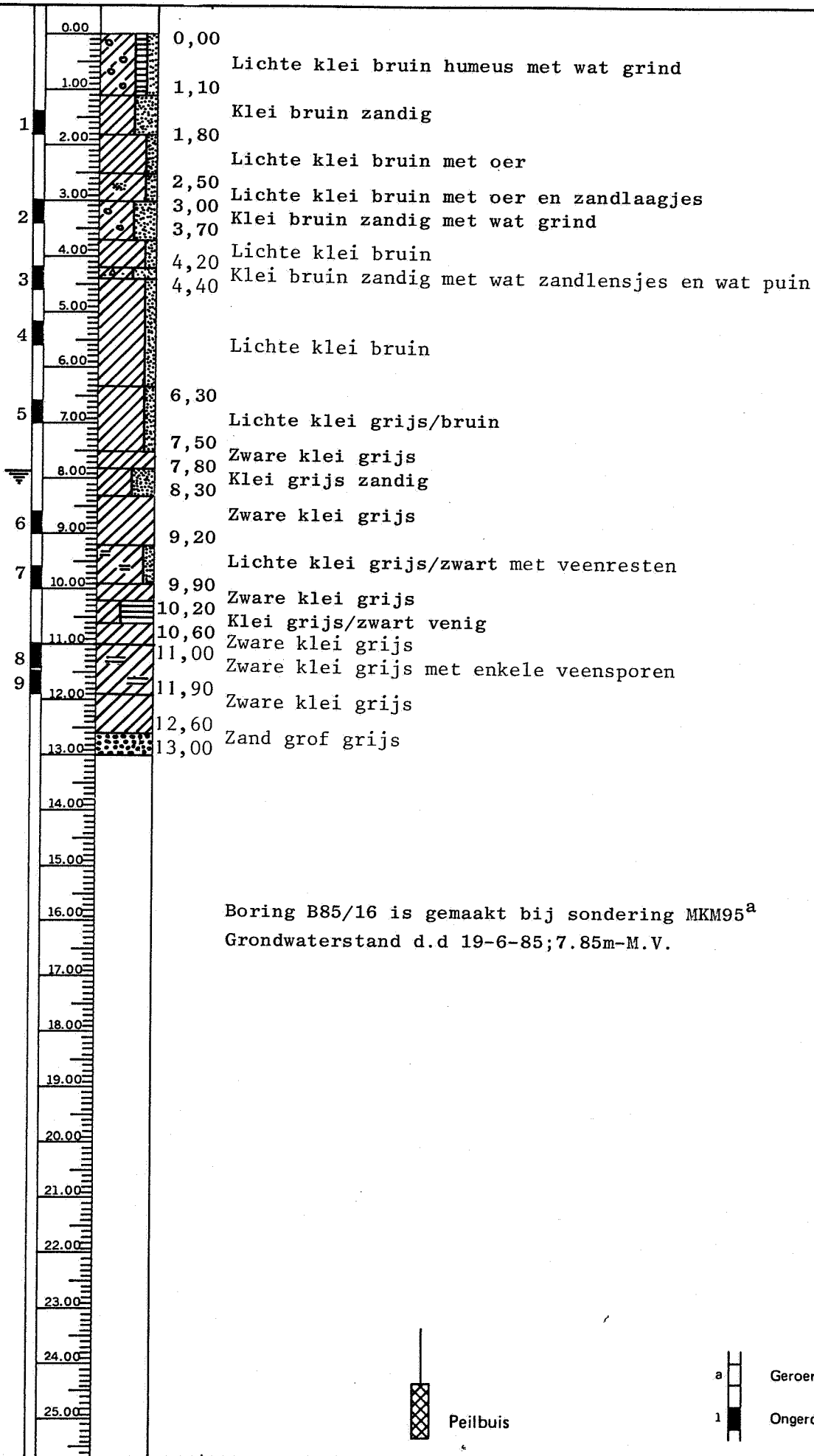


Dijkvak Varik-Heesselt, HM 77 t/m 148, polder district Tielerwaard

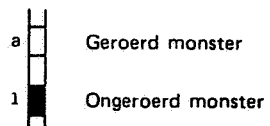
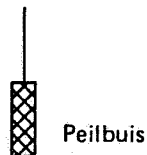
BORING

Get:	4-6-85	Vde	Opdracht nr.: F-0339/26 B85/15
Gec:			
Gez:	5.6.85	P20	

DIEPTE T.O.V. MAAIVELD IN METERS



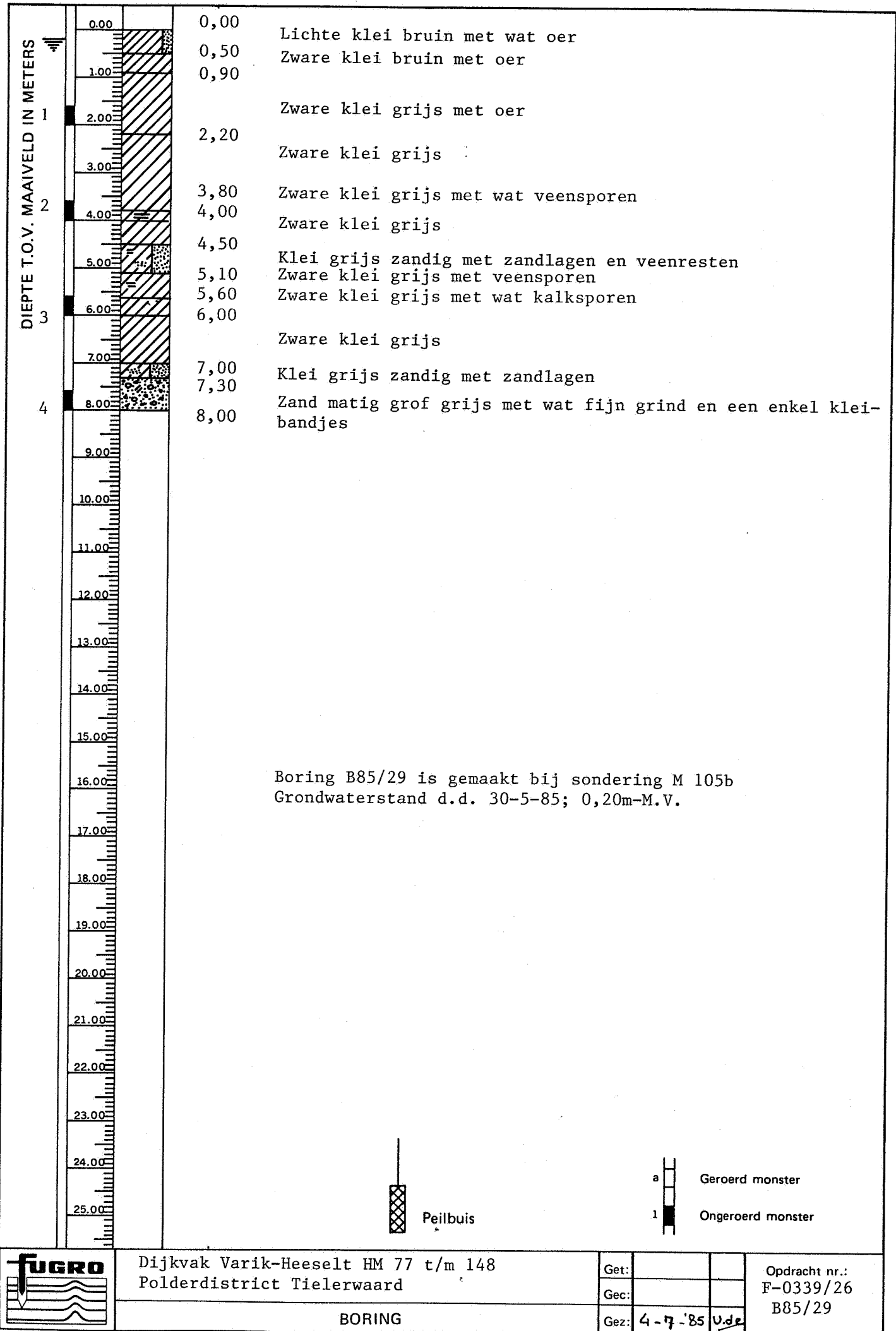
Boring B85/16 is gemaakt bij sondering MKM95^a
 Grondwaterstand d.d 19-6-85; 7.85m-M.V.



Dijkvak Varik-Heeselt, HM 77 t/m 148, polder district Tielerwaard.

BORING

Get:	28-6-85	Vde	Opdracht nr.:
Gec:		Vde	F-0339/26
Gez:	4-7-85	Vde	B85/16

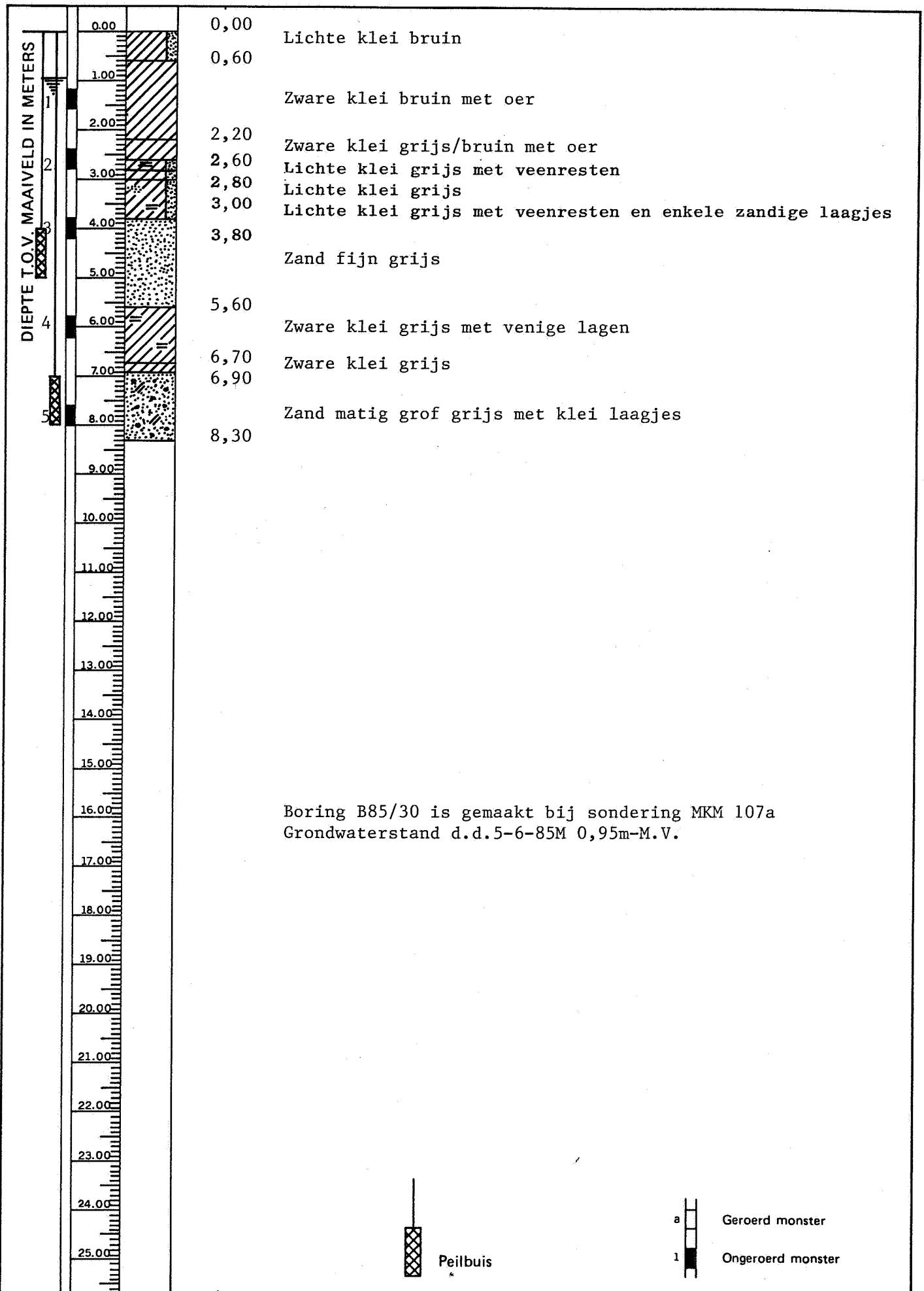



Dijkvak Varik-Heeselt HM 77 t/m 148
Polderdistrict Tielerwaard

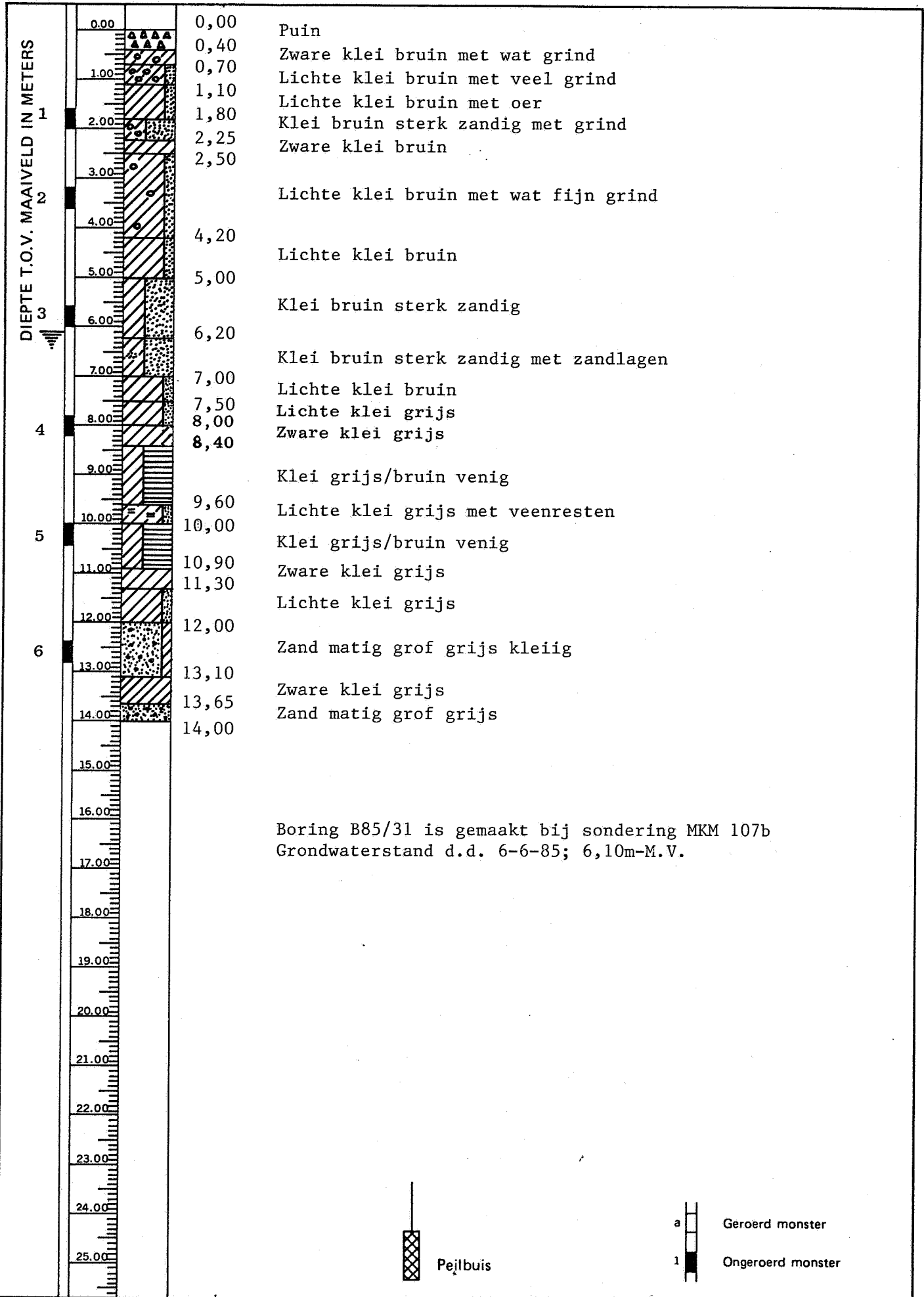
BORING

Get:	
Gec:	
Gez:	4-7-'85 U.de

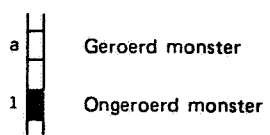
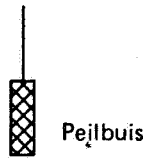
Opricht nr.:
F-0339/26
B85/29



	Dijkvak Vark-Heeselt HM 77 t/m 148 Polder-district Tielerswaard	Get:		Opdracht nr.: F-0339/26 B85/30
	BORING		Gec:	
			Gez:	4-7-'85



Boring B85/31 is gemaakt bij sondering MKM 107b
 Grondwaterstand d.d. 6-6-85; 6,10m-M.V.



dijkvak Varik-Heeselt HM 77 t/m 148 Polder-
 district Tielerwaard

BORING

Get:	
Gec:	
Gez:	4-17-85 U.de

Opdracht nr.:
 F-0339/26
 B85/31

VARIK C.

Bouwland

Grasland

Grasland

Grasland

Grasland

Grasland

Grasland

Grasland

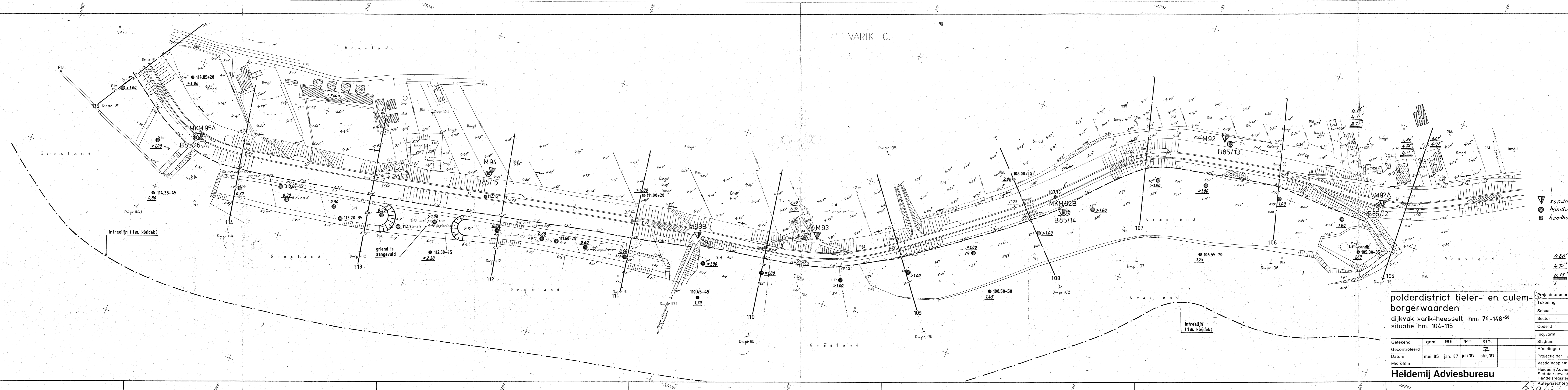
**polderdistrict tieler- en culem-
borgerwaarden**
dijkvak varik-heesselt hm. 76-148⁺⁵⁰
situatie hm. 104-115

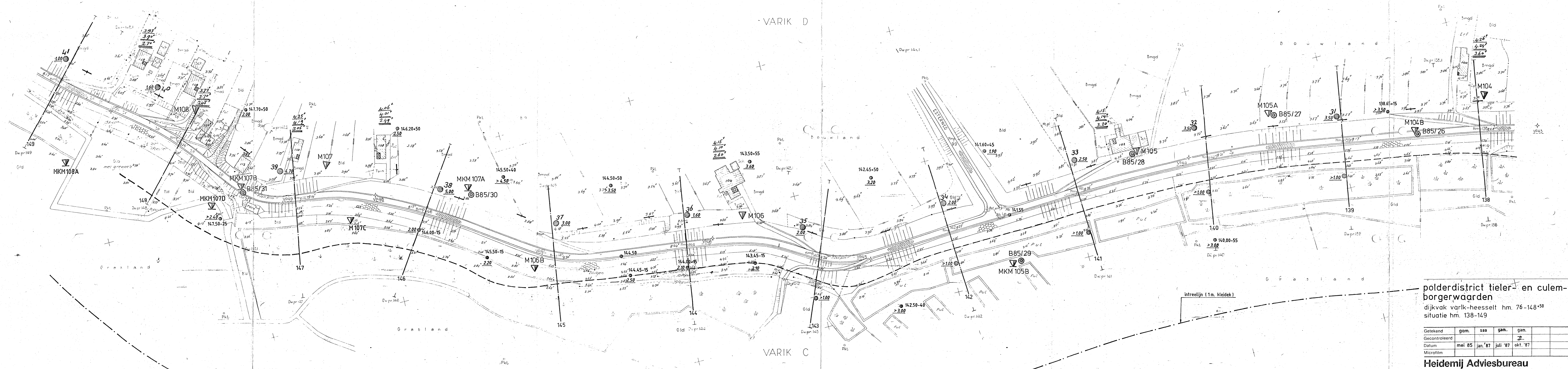
Getekend	gam.	saa	gam.	gam.
Gecontroleerd			J	
Datum	mei '85	jan. '87	juli '87	okt. '87
Microfilm				

Heidemij Adviesbureau

Projectnummer	630-03560
Tekening	1-4
Schaal	1 : 1000
Sector	g+w
Code Id	
Ind. vorm	
Stadium	
Afmetingen	130 x 30
Projectleider	ing. j. langevoord
Vestigingsplaats	arnhem
Heidemij Adviesbureau BV	
Statutair gevestigd te Arnhem	
Handelsregister Arnhem 53755	
Auteursrechten voorbehouden	

- ▼ sonderingen
 - handboringen binnendijs
 - handboringen buitendijs
- 4.80' = drempelhoogte
4.75' = vloerhoogte
4.15' = kelderhoogte






- ▽ sonderingen
- handboringen binnendijs
- handboringen buitendijs

4.26 = drempelhoogte
 4.24 = vloerhoogte
 3.60 = kelderhoogte

**polderdistrict tieler- en culem-
 burgerwaard**
 dijkvak varlk-heesselt hm. 76-148+50
 situatie hm. 138-149

Projectnummer	630-03560
Tekening	1-8
Schaal	1 : 1000
Sector	g+w
Code Id	
Ind. vorm	
Getekend	gam. saa gam. gam.
Gecontroleerd	
Datum	mei '85 jan. '87 juli '87 okt. '87
Microfilm	
Stadium	
Atmetingen	130 x 30
Projectleider	ing. j. langevoord
Vestigingsplaats	arnhem
Heidemij Adviesbureau	
Heidemij Adviesbureau BV Statutair gevestigd te Arnhem 1- Handelsregister Arnhem 53755 Auteursrechten voorbehouden.	



Planstudie herinrichting Heesseltsche Uiterwaarden

De Heesseltsche Uiterwaarden liggen langs de Waal, nabij het dorp Heesselt. Het gebied maakt deel uit van de gemeente Neerijnen, gelegen tussen Tiel en Zaltbommel. Om het land achter de dijken beter te beschermen tegen hoogwater en om nieuwe natuur te verkrijgen, wordt dit gebied waarschijnlijk opnieuw ingericht. Door een geul in de uiterwaarden aan te leggen, krijgt de Waal meer ruimte. Deze maatregel moet zorgen voor de veiligheid bij extreem hoogwater. Langs deze geul komt nieuwe natuur. Zo snijdt het mes aan twee kanten. Rijkswaterstaat Dienst Oost-Nederland is initiatiefnemer van het project en werkt daarvoor intensief samen met de gemeente Neerijnen, provincie Gelderland, waterschap Rivierenland, Staatsbosbeheer en in- en omwonenden in het gebied.

Het consortium Oranjewoud, HKV en Bureau Stroming

Het voorliggende rapport maakt deel uit van een planstudie die wordt uitgevoerd door Advies- en Ingenieursbureau Oranjewoud B.V., HKV lijn in water en Bureau Stroming. Oranjewoud is penvoerder en verantwoordelijk voor het procesmanagement. Daarnaast levert Oranjewoud specialistische kennis op het gebied van ondermeer natuur, hydrologie, bodemkwaliteit, geotechniek en archeologie. HKV zorgt voor een creatief rivierkundig ontwerp, waarin gestelde doelen op het gebied van hoogwaterbescherming en duurzaam vaarwegbeheer worden geïntegreerd. Bureau Stroming richt zich op de ruimtelijke kwaliteit in het ontwerp en op het beheer van het gebied na herinrichting.

Samen versterken Oranjewoud, HKV en Stroming elkanders specifieke kwaliteiten. In combinatie beschikken de bureaus over een rijke ervaring met een groot aantal vergelijkbare projecten langs Nederlands grote rivieren. Er is sprake van een gelijkwaardige samenwerking, waarbij onderling afspraken zijn gemaakt over de verdeling van de uit te voeren werkzaamheden. Binnen de samenwerking zijn de lijnen helder en vertrouwd.

