

Geotechnisch advies

Zettings- stabiliteitsberekeningen ten behoeve van de aanleg van de depotkade langs de Grecht

projectnr. 231 780
revisie D0
8 maart 2011

auteur H. van Meekeren

Opdrachtgever

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
De heer Freek Visser
Postbus 550
3990 GJ HOUTEN

datum vrijgave
8 maart 2011

beschrijving revisie D0
definitieve rapportage

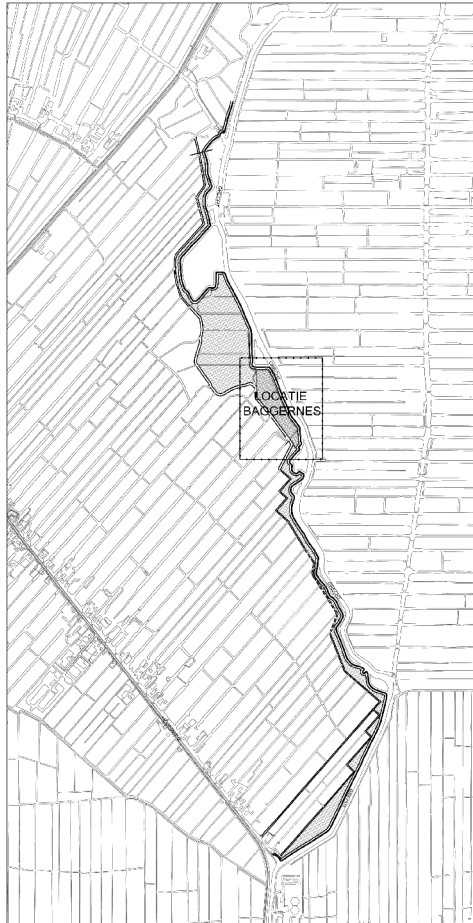
goedkeuring
H. van
Meekeren

vrijgave
Andringa

Inhoud	blz.
1 Inleiding	2
2 Gegevens	3
2.1 Situatie.....	3
2.2 Grondonderzoek	3
2.3 Bodemopbouw.....	3
3 Uitgangspunten en randvoorwaarden.....	5
3.1 Tekening en document	5
3.2 Normen en richtlijnen.....	5
3.3 Kadeconstructie	5
3.3.1 Klei.....	5
3.3.2 Geotube	5
3.4 Waterstanden	8
3.5 Planning	8
3.6 Bodemopbouw.....	9
3.7 Stabiliteitstoets	9
3.8 Materiaalfactoren	10
3.9 Grondparameters.....	11
4 Zettingsberekeningen.....	14
4.1 Inleiding	14
4.2 Berekeningsresultaten.....	14
4.2.1 Klei kade.....	14
4.2.2 Geotube	16
5 Stabiliteit.....	18
5.1 Klei-kade	18
5.1.1 Eind stabiliteit	18
5.1.2 Schematiseringsfactor	19
5.1.3 Uitvoeringsstabiliteit	21
5.2 Geotube	23
5.2.1 Eind stabiliteit	23
5.2.2 Uitvoeringsstabiliteit	23
6 Grondbalans.....	26
7 Conclusies en aanbevelingen	28
7.1 Conclusies	28
7.2 Aanbevelingen.....	29

Bijlage 1: Statistische bewerking grondparameters

1 Inleiding



figuur 1: Baggerness aan de Grecht.

Het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) is bezig met het vinden van locaties voor baggerdepots. Eén van de locaties is gepland langs de Grecht (zie figuur 1). Dit terrein bevindt zich binnendijs.

Ten behoeve van de opslag van bagger moet het terrein omringd worden met kaden. Op een deel van het geselecteerde terrein ligt nog geen kade, zodat deze moet worden ontworpen en aangebracht.

De grondwaterstand ter plaatse van deze westelijke kade is tijdens aanleg van de kade en het vullen van het baggerdepot gelijk aan het polderpeil.

Nadat het baggerdepot gevuld is, komt het in open verbinding te staan met de boezem en wordt de grondwaterstand op termijn daaraan gelijk. Deze stijging van de grondwaterstand impliceert een afname van de belasting die de opgebrachte bagger uitoefent op de ondergrond.

Uw vraag

Bij de Kade rond het baggerdepot vraagt u een oplossing aan te dragen zodanig dat de kade gedurende 10 jaar voldoet aan de hoogte eis.

In opdracht van HDSR zijn door Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. zettings- en stabiliteitsberekeningen gemaakt voor de aan te leggen depotkade. Tevens zijn de zettingen bepaald ten gevolgen van het vullen van het baggerdepot.

Voor de opbouw van de kade zijn twee varianten beschouwd wat betreft ophogen:

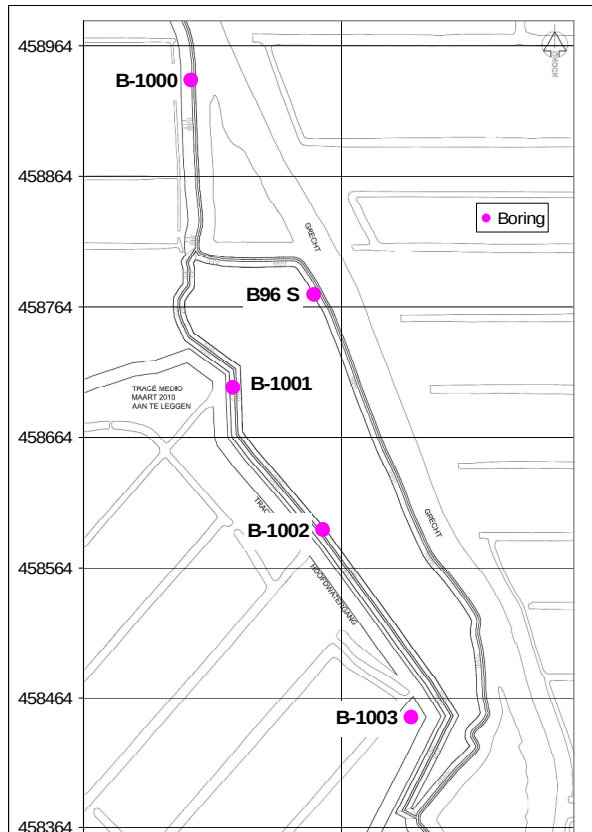
1. klei vanaf het bestaande maaiveldniveau.
2. Geotubes gevuld met bagger en afgedekt met een laag klei van circa 0,50 m dik.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de beschikbaar gestelde gegevens beschreven. De uitgangspunten en randvoorwaarden die bij de berekeningen zijn gehanteerd, staan genoemd in hoofdstuk 3. De zettingsberekeningen zijn uiteengezet in hoofdstuk 4 terwijl in hoofdstuk 5 de stabiliteit wordt behandeld. Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 kort ingegaan op de grondbalans. Het rapport wordt afgesloten met hoofdstuk 7 waarin de conclusies en aanbevelingen zijn opgenomen. Tot slot is een literatuurlijst opgenomen van de gehanteerde normen en richtlijnen.

2 Gegevens

2.1 Situatie



De geplande baggerlocatie ligt ten oosten van Zegveld en ten noorden van Woerden langs de Grecht. De baggerlocatie ligt aan de westkant van de Grecht.

In figuur 2 zijn de recent uitgevoerde boringen weergegeven. De boringen B 1001, 1002 en 1003 zijn globaal op het tracé van de aan te leggen kade genomen.

figuur 2: Locatie baggermess inclusief de uitgevoerde boringen.

2.2 Grondonderzoek

Door de firma Wiertsema & Partners uit Tolbert is juni-augustus 2010 grondonderzoek uitgevoerd. De resultaten van dit grondonderzoek zijn gepresenteerd in het rapport met kenmerk: VN-52149-1 van 5 augustus 2010. Dit grondonderzoek is separaat verstuurd. Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit 7 boringen tot een verkend niveau van maximaal 9 meter minus het maaiveldniveau.

Het opgeboorde materiaal uit de boringen is geclassificeerd volgens NEN 5104.

In de boringen is de actuele grondwaterstand vastgesteld op 0,30 0,40 m-mv.

Tijdens het uitvoeren van de boorwerkzaamheden zijn 28 ongeroerde grondmonsters gestoken met behulp van het Ackermann steekapparaat en 6 geroerde grondmonsters.

De ongeroerde monsters zijn aan een analyse onderworpen waarbij het nat en droog volumegewicht, watergehalte, het poriënvolume en de verzadigingsgraad zijn bepaald.

Daarnaast zijn, teneinde de samendrukbaarheid van de slappe lagen te bepalen, 7 stuks samendrukingsproeven met ontlasttrap (inclusief bepaling consolidatiecoëfficiënt) uitgevoerd.

Ter bepaling van de wrijvingseigenschappen zijn 9 triaxiaalproeven uitgevoerd.

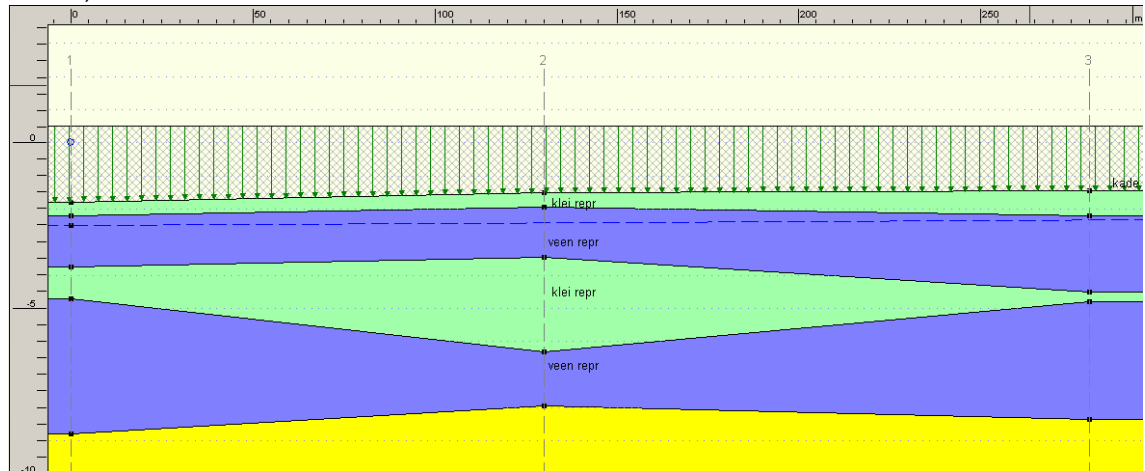
2.3 Bodemopbouw

Het maaiveldniveau ter plaatse van de boorlocaties varieerde ten tijde van het grondonderzoek van NAP-1,52 m tot NAP-1,79 m.

Ten behoeve van de zettingsberekeningen is een geotechnisch lengteprofiel gemaakt.

De interpretatie van de laagopbouw is gebaseerd op de uitgevoerde boringen.

In figuur 3 is het geotechnisch lengteprofiel gepresenteerd, waarbij verticaal 1 overeenkomt met boring B-1001, verticaal 2 met B-1002 en verticaal 3 met B-1003.



figuur 3: Globale bodemopbouw van noord naar zuid

Het uitgevoerde grondonderzoek laat zien dat de toplaag bestaat uit een matig humeuze kleilaag. Onder de kleilaag ligt een veenlaag van 1,5-2,5 m dikte. Deze veenlaag wordt gevolgd door een kleilaag die varieert in dikte 0,50-3,00 m. Deze kleilaag is siltig en soms humeus. Lokaal is deze laag zandig en qua consistentie slap.

De onderste laag voor het zandpakket bestaat uit een slappe veenlaag die in dikte varieert van 1½-4 m. De bovenkant van het zand varieert van NAP-7,90 m tot NAP -8,40 m.

3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

3.1 Tekening en document

Bij de totstandkoming van onderhavig rapport is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

1. Resultaten grondonderzoek Wiertsema & Partners (rapport met opdrachtnummer: VN-52149-1, d.d. 5 augustus 2010).

3.2 Normen en richtlijnen

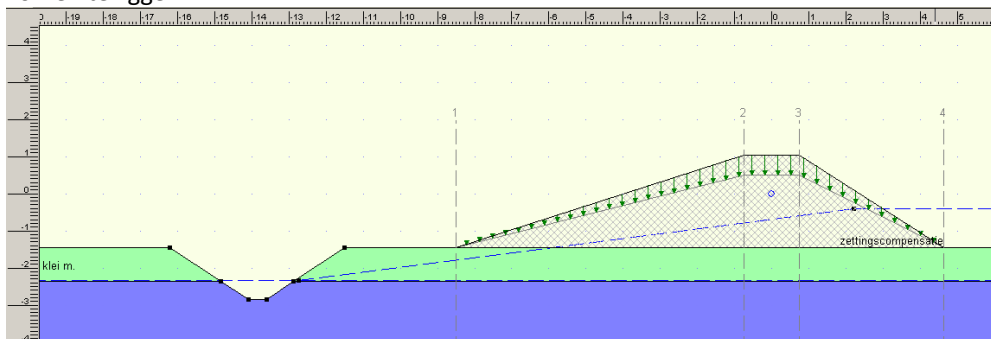
Het Geotechnisch onderzoek is uitgevoerd conform de onderstaande voorschriften en richtlijnen:

NEN 6740:2006	Geotechniek; basiseisen en belastingen	[Lit. 3]
A-TRWG	Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies	[Lit. 4]
	Handreiking Ontwerpen & Verbeteren	[Lit. 5]
	Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden	[Lit. 6]

3.3 Kadeconstructie

3.3.1 Klei

De te maken kade wordt opgebouwd met klei. Het talud aan de zijde waar de bagger wordt gestort heeft een helling van 1:2. De kruinbreedte van de kade bedraagt 1,50 m. Het binnentalud krijgt een helling van 1:4. De kade moet worden getoetst bij een waterpeil van NAP-0,10 m. Wanneer rekening wordt gehouden met een waking van 0,35 m moet de kruin van de kade uiteindelijk op NAP+0,25 m komen te liggen.



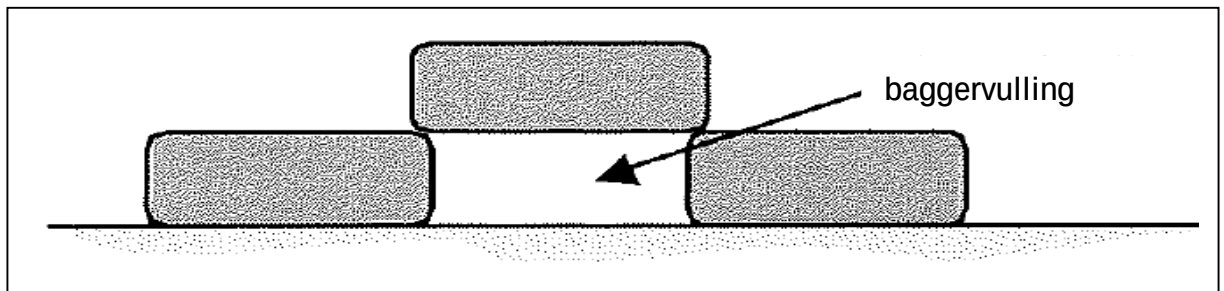
figuur 4: Dwarsdoorsnede van kwelsloot en kade.

3.3.2 Geotube

De kern van de kade kan ook opgebouwd worden met geotubes. Deze geotubes worden gevuld met bagger. Dit betekent dat er totaal meer bagger geborgen kan worden. Bij het vullen van de geotubes met bagger moeten flocculanten aan de ingespoten bagger worden toegevoegd om sedimentatie te bevorderen en om 'dichtslaan' van de geotube te voorkomen zodat het retourwater door middel van 'zweten' naar buiten kan worden afgevoerd. Een kade waarvan de kern uit geotubes bestaat, moet worden afgewerkt onder het vereiste profiel opdat de kade daarna gebruikt kan worden voor beweiding en op een normale manier kan worden onderhouden.

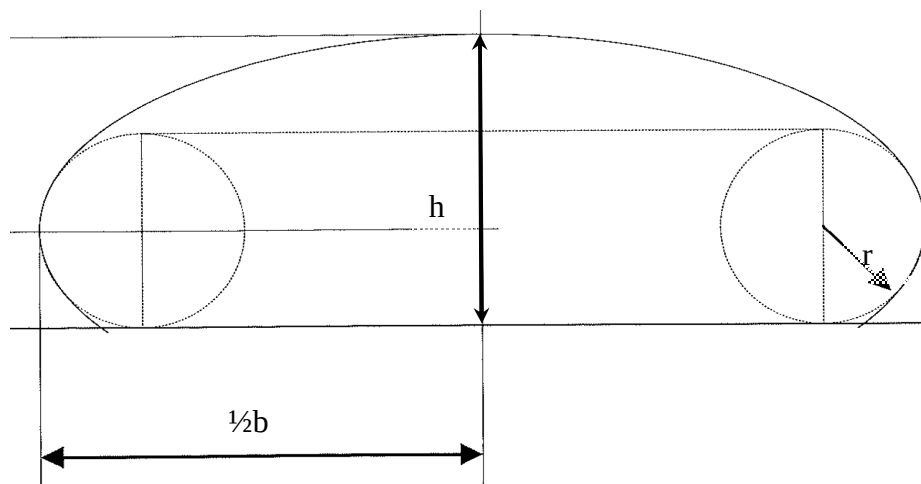
In de CUR 217 'Ontwerpen met geotextiele zandelementen' wordt in hoofdstuk 5 ingegaan op geotubes. Op bladzij 58 wordt aangegeven dat 'uit ervaring is gebleken dat het opbouwen van een geotextiele constructie met meerdere lagen lastig is'.

Indien wel gekozen wordt voor meerdere lagen, dan wordt geadviseerd om het volgens figuur 5 op te bouwen.



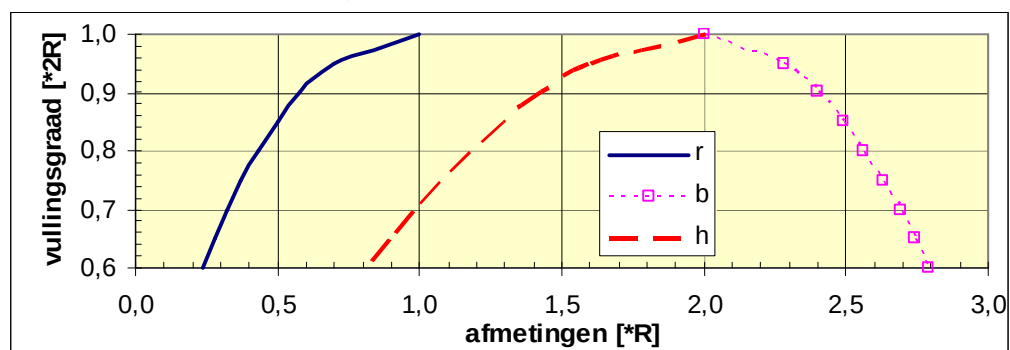
figuur 5: Voorbeeld van meerlaagse stapeling.

Wanneer een geotubes hydraulisch wordt gevuld, dan is de tube in het begin cirkelvorig. Echter naarmate de vulling vordert, zal de tube vervormen tot een ovaal (zie figuur 6).



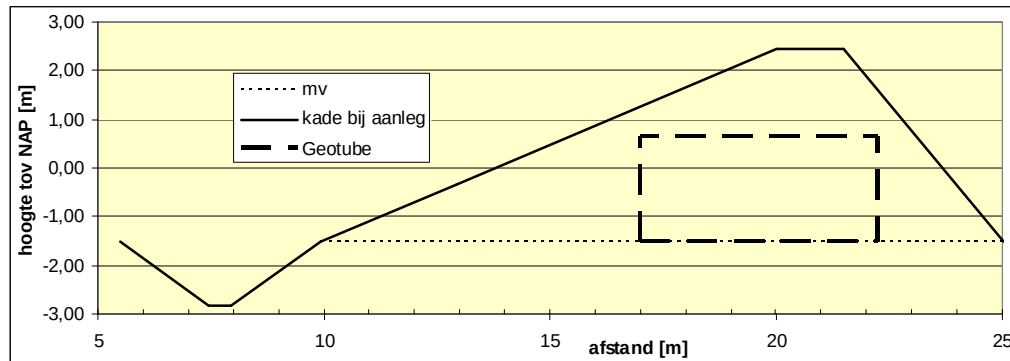
figuur 6: Afgeplatte geotube.

De eindhoogte (= h) en -breedte (= b) kunnen globaal worden benaderd door uit te gaan van de straal (=R) van de tube bij 100% vulling.



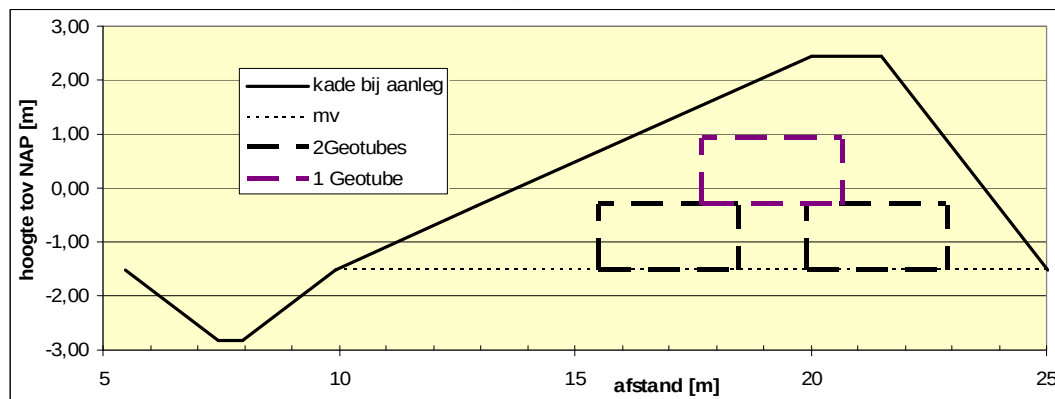
figuur 7: Relatieve afmetingen van een geotextiele tube bij verschillende vullingsgraden.

Wanneer wordt uitgegaan van een bepaalde vullingsgraad, bijvoorbeeld 75%, dan kan met behulp van figuur 7 de breedte en de hoogte worden bepaald alsmede de afrondingsstraal (= r; zie figuur 6). Wanneer wordt gekozen voor één geotube met een diameter van 4 m = 2*R dan wordt bij een vullingsgraad van f=75% de eindhoogte globaal h≈2,20 m en de eindbreedte b= 5,25 m met een gevulde doorsnede van A=9,5 m² (zie figuur 8). Een mogelijke positie binnen het kadeprofiel is in figuur 8 weergegeven. Daarbij bedraagt, ter plaatse van de taluds, de dekking op de geotube globaal 0,5 m. De omtrek van deze geotube bedraagt O=12,60 m.



figuur 8: Afmetingen en positie van een afgeplatte geotube bij $f=75\%$ vullingsgraad.

Wanneer wordt gekozen voor een meerlaagse stapeling dan is een mogelijke oplossing in figuur 9 gegeven. Daarbij is uitgegaan van drie even grote geotubes $D_{f=100\%}=2,25$ m. De stapeling is symmetrisch uitgevoerd. Ook bij deze oplossing is een vullingsgraad van $f = 75\%$ gebruikt.



figuur 9: Afmetingen en positie van een 3 geotubes bij $f=75\%$ vullingsgraad

De eindhoogte van elke geotube wordt globaal $h \approx 1,20$ m en de eindbreedte $b = 3$ m. De gevulde doorsnede van deze 3 tubes bedraagt $A = 3 \cdot 3 \approx 9$ m² (zie figuur 9). De omtrek van deze 3 geotubes bedraagt $O = 3 \cdot 7 \approx 21,25$ m. Het zal duidelijk zijn dat bij deze laatste oplossing er meer geotextiel nodig is, circa 1,7 keer, terwijl de gevulde doorsnede toch iets kleiner is dan wanneer gekozen wordt voor één grote tube.

Wanneer de diameter van deze drie geotubes wordt vergroot tot $D = 2,50$ m, dan wordt de gevulde doorsnede $A \approx 11$ m² en de omtrek $O \approx 23,5$ m bij eenzelfde vullingsgraad, maar de dekking op de geotubes wordt dan kleiner dan 0,5 m.

De maximale trekkracht die verwacht wordt bij een vullingsgraad van $f=75\%$ en een overdruk van 5 kPa bedraagt $T = 18-25$ kN/m. Dit betekent dat wanneer de aanbevolen reducerende factor ($\gamma=3,5$) voor naanaden, kruip en installatiebeschadiging [Lit. 2, blz. 59] in rekening wordt gebracht er een geotextiel nodig is met een minimale treksterkte van $T_{r, \text{Geotextiel}} = 25 \cdot 3,5 = 87,5$ kN/m.

Kwelsloot

Langs de binnenteen van de kade komt een kwelsloot te liggen. Tussen teen van de kade en de sloot bevindt zich een berm ter breedte van $B=3$ m. Voor de taluds van de kwelsloot is een helling van 1:1½ aangehouden en voor de bodembreedte van de sloot $B_{\text{bodem}}=0,50$ m. De bodemhoogte van de sloot is aangehouden op NAP-2,83 m zodat er in de winter periode 0,50 m water in staat.

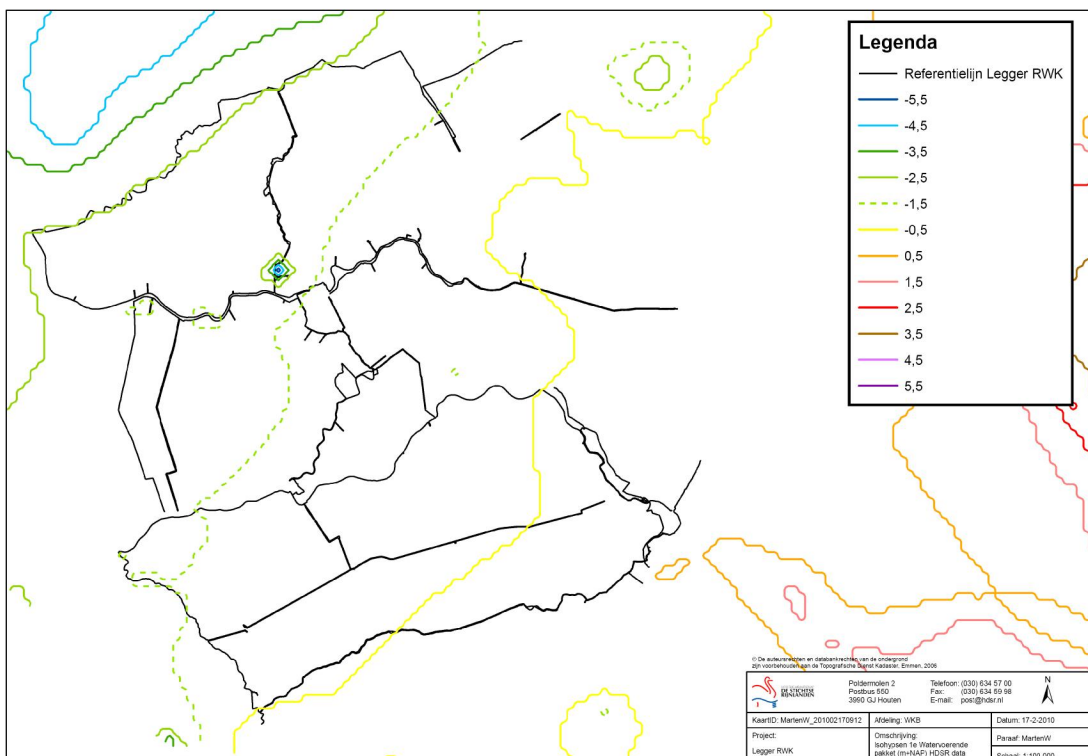
3.4 Waterstanden

Het boezempeil in de Grecht bedraagt NAP-0,47 m. Het toetspeil in de situatie nat ligt op NAP -0,10 m. De waterstanden aan de polderzijde bedragen NAP-2,23 m in de zomer en NAP-2,33 m in de winter. Het gemiddelde maaiveld ligt op NAP-1,70 m ligt.

De baggernes wordt in drie fasen met bagger gevuld.

Uitgaande van even grote ophoogslagen worden de peilen achtereenvolgens:

- $\text{NAP-1,70 m} + \frac{1}{3}(\text{NAP-0,10} - \text{NAP-1,70m}) = \text{NAP-1,15 m}$
- $\text{NAP-1,70 m} + \frac{2}{3}(\text{NAP-0,10} - \text{NAP-1,70m}) = \text{NAP-0,65 m}$
- $\text{NAP-1,70 m} + (\text{NAP-0,10} - \text{NAP-1,70m}) = \text{NAP-0,10 m}$



figuur 10: Isohypsen in het HDSR-gebied.

De stijghoogte in het watervoerendpakket (WVP) is ontleend aan figuur 10, die door HDSR beschikbaar is gesteld.

De stijghoogte op baggerlocatie B bedraagt globaal NAP-2 m.

Aangenomen is dat de waterspanning lineair verloopt over het grondpakket tussen het freatische peil en de stijghoogte in het WVP.

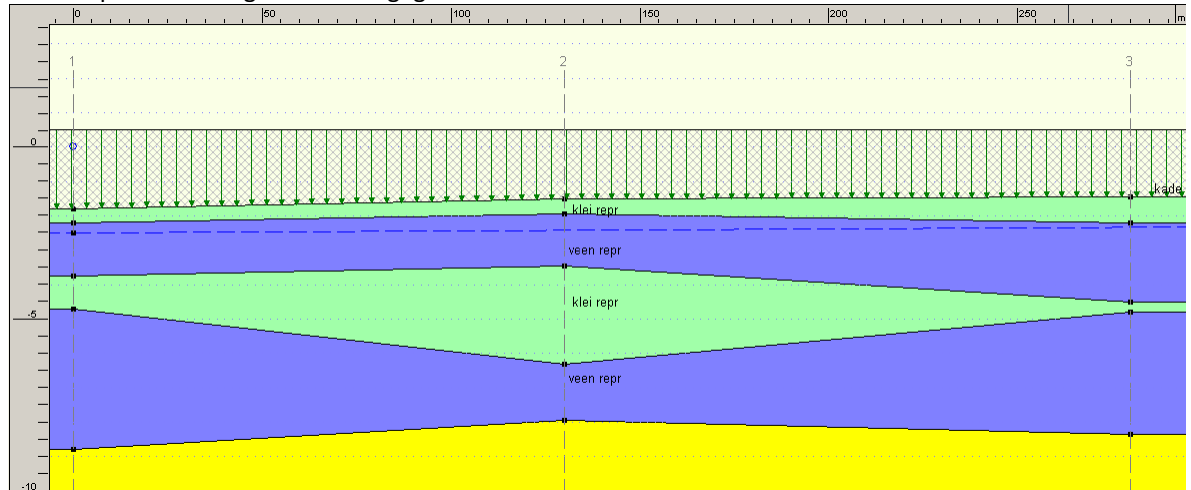
3.5 Planning

De planning van de werkzaamheden is als volgt:

- de kade wordt aangelegd binnen 6 maanden
- na 6 maanden (=180 dagen) wordt de eerste laag bagger ingebracht en stijgt de grondwaterstand aan de buitenzijde tot gemiddeld maaiveld NAP-1,70 m
- een jaar later (=180+365=545 dagen) wordt de tweede laag bagger ingebracht en stijgt de grondwaterstand aan de buitenzijde tot NAP-1,15 m
- wederom een jaar later (=545+365=910 dagen) wordt de derde laag bagger ingebracht en stijgt de grondwaterstand aan de buitenzijde tot NAP-0,47 m.

3.6 Bodemopbouw

Deze is bepaald aan de hand van boringen die langs de westelijke oever van de Grecht liggen. De bodemopbouw is in figuur 11 weergegeven van noord naar zuid B 1001 1002 1003.



figuur 11: Bodemschematisatie over de boringen B-1001-1002-1003.

3.7 Stabiliteitstoets

De stabiliteit wordt beoordeeld met rekenwaarden van de sterkteparameters van de ondergrond. Volgens de 'Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden' [Lit. 6] dienen de materiaalfactoren uit tabel 5.3.1 te worden gebruikt.

De stabiliteit wordt beoordeeld op basis van IPO-klasse II zoals weergegeven in de STOWA leidraad. De stabiliteit van de kering is theoretisch gewaarborgd indien bij rekenwaarden van de sterkteparameters van de ondergrond voldaan wordt aan:

$$\gamma / \gamma_n \gamma_d \gamma_b \geq 1,0$$

waarin:

γ = Stabiliteitsfactor berekend bij rekenwaarden van de sterkte

γ_n = Schadefactor = 0,85 (IPO-klasse II)

γ_d = Modelfactor = 1,00 (methode Bishop)

γ_b = Schematiseringsfactor = 1,0-1,2

De schematiseringsfactor is in 2007 geïntroduceerd om onzekerheden weg te nemen ten aanzien van keuzes die gemaakt worden om een profiel te schematiseren.

De grote variatie die in de ondergrond, kade of geometrie aanwezig is, wordt niet altijd met gedegen onderzoek in kaart gebracht. De stabiliteitsberekening dient echter wel een representatieve afspiegeling te zijn van de werkelijkheid, dus niet te veilig en niet te onveilig. Daarom is een factor ingevoerd om dit te ondervangen, waarbij gebruik gemaakt wordt van statistiek. De schematiseringsfactor is afhankelijk van de gevoeligheid van het onderzochte geschematiseerde kadeprofiel. Dit houdt in dat verschillende scenario's worden onderzocht, waarbij de kans van optreden van deze gebeurtenis moet worden aangegeven. Deze scenario's worden één voor één doorgerekend, met als uitkomst nieuwe stabiliteitsfactoren.

Gerekend is met een schematiseringsfactor volgens §3.4 Partiële Veiligheidsfactoren onderdeel 'Schematiseringsfactor' uit [Lit. 6]. De schematiseringsfactor is afhankelijk van de mate waarin veilig is geschematiseerd. Bij een veilige schematisatie kan de schematiseringsfactor naar beneden worden bijgesteld, tot een minimum van 1,0. Voor de onderbouwing is een gevoeligheidsanalyse nodig. In paragraaf 5.1.2 is deze toegelicht met als eindresultaat $\gamma_b = 1,02$.

Op deze wijze is de stabiliteit gewaarborgd indien de berekende stabiliteitsfactor:

$$Sf_{d;toets} \geq \gamma_n \gamma_d \gamma_b = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,02 = 0,87.$$

3.8 Materiaalfactoren

Op bladzij 31 van 'Handreiking Ontwerpen & Verbeteren' [Lit. 5] wordt aangegeven dat de materiaalfactoren uit 'tabel 3.1 Materiaalfactoren Boezemkaden' van genoemd boek mogen worden aangescherpt indien er een 'goede schatting van de variatiecoëfficiënten' beschikbaar is. Gezien het beschikbare grondonderzoek, is dit het geval voor de grondsoorten veen en klei. De materiaalfactoren voor cohesie en de tangens van de hoek van inwendige wrijving ($=\tan \phi'$) zijn te bepalen met onderstaande formule:

$$g_m = \exp \left\{ - \left(1,645 - b_{\text{vereist}} \cdot a_R \right) \sqrt{\ln \left(1 + \left\{ \Gamma^2 + \frac{1}{n} \right\} \cdot V_R^2 \right)} \right\}$$

hierin is:

β_{vereist} = de betrouwbaarheidsindex die behoort bij IPO-klasse II, namelijk $\beta = 2,53$.
 α_R = invloedscoëfficiënt op de stabiliteit

De som van de kwadraten van de gevoeligheidscoëfficiënten α moet 1 (=één) zijn. Er wordt verondersteld dat de schuifsterkteparameters voor 80% verantwoordelijk zijn voor de variantie van de betrouwbaarheidsfunctie. De overige 20% wordt veroorzaakt door andere onzekerheden in het schematiseringproces zoals schematiseringonzekerheden van de ondergrond en waterspanningen.

De totale relatieve bijdrage van de schuifsterkteparameters aan de variantie van betrouwbaarheidsfunctie is: $\alpha_c^2: \alpha_{\tan \phi}^2 = \alpha_{c, \tan \phi}^2 = 0,80 (= \alpha_R^2)$

Voor de onderlinge verhouding van de invloedscoëfficiënten voor cohesie en hoek van inwendige wrijving wordt gebruikt:

- materiaalfactor cohesie: $\alpha_c: \alpha_{\tan \phi} = 1 : 0,85$ (komt overeen met 1,17 : 1)
- materiaalfactor hoek inwendige wrijving ($\tan \phi$): $\alpha_c: \alpha_{\tan \phi} = 1 : 2,25$

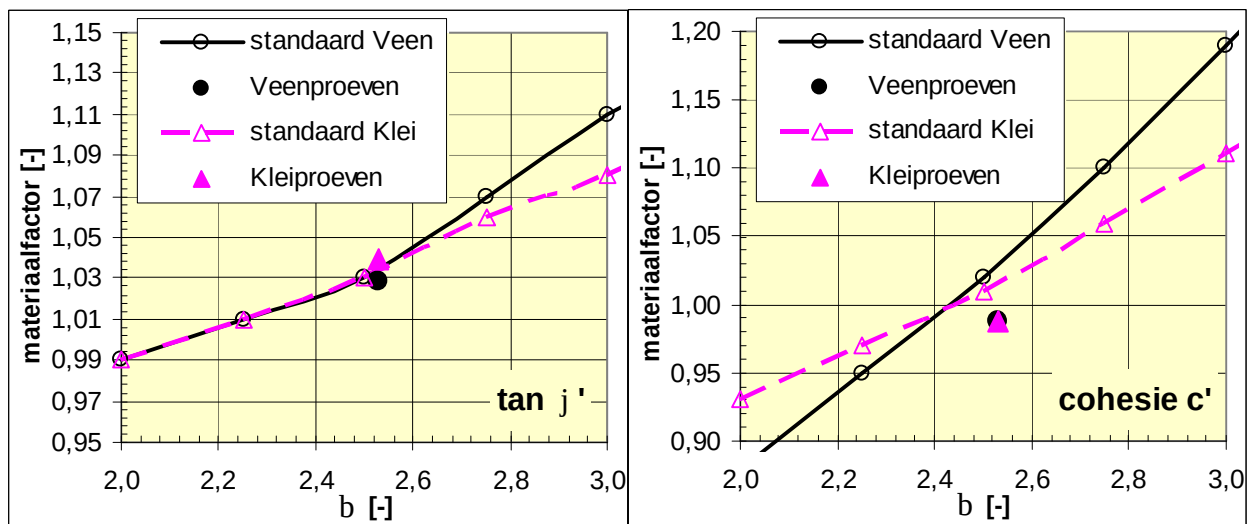
Bovenstaande verhoudingen wijken af van dat op blz. 10 van 'Materiaalfactoren Boezemkaden' [Lit. 5] is vermeld, namelijk $\alpha_c: \alpha_{\tan \phi} = 1 : 0,75$ en $\alpha_c: \alpha_{\tan \phi} = 1 : 3$. De reden hiervoor is dat de aangepaste waarden een betere fit met de materiaalfactoren uit tabel 3.1 van [Lit. 5] geven.

Γ^2 = variantiereductiefactor. Deze is 0,25; gelijk aan wat in de Leidraad voor het ontwerpen van Rivierdijken is gehanteerd.

n = het aantal proeven dat gebruikt is bij de bepaling van de representatieve waarden en de variatiecoëfficiënten.

V_R = variatiecoëfficiënt van de betreffende schuifsterkteparameter

Met behulp van bovenstaande formule en de vastgestelde variatiecoëfficiënten zijn de materiaalfactoren voor klei en veen bepaald. Om de vergelijking met de materiaalfactoren uit tabel 3.2 op blz. 11 van 'Materiaalfactoren Boezemkaden' [Lit. 5] te kunnen maken, zijn de materiaalfactoren voor $\tan \phi'$ en cohesie in range van $\beta=2-3$ in figuur 12 weergegeven.



figuur 12: Berekende materiaalfactoren vergeleken met 'Materiaalfactoren Boezemkaden' [Lit. 5].

In deze figuur is te zien dat de berekende materiaalfactoren bij $\beta_{\text{IPO-II}}=2,53$ voor $\tan \phi'$ praktisch gezien, gelijk zijn aan de waarden uit 'Materiaalfactoren Boezemkaden' [Lit. 5].

Wat betreft de cohesie zijn de berekende materiaalfactoren bij $\beta_{\text{IPO-II}}=2,53$ kleiner dan één en kleiner dan in 'Materiaalfactoren Boezemkaden' is aangegeven. Het verschil wordt veroorzaakt door de gebruikte variatiecoëfficiënten. Bij de bepaling van de rekenwaarden voor cohesie is een materiaalfactor van $\gamma_m, c' = 1,00$ gebruikt.

3.9 Grondparameters

De grondeigenschappen van de aangetroffen grondsoorten zijn bepaald uit de proeven die zijn uitgevoerd door Wiertsema & Partners (rapportnr. VN-52149-1 en VN-35118). De eigenschappen van de niet onderzochte grondsoort zand, zijn bepaald met behulp van tabel 1 uit de NEN6740 Geotechniek.

Samendrukking

In de boringen B-1000 t/m B-1003 zijn vijf samendrukkingproeven op veen uitgevoerd en één op klei (zie tabel 1 en bijlage 1).

tabel 1: Samendrukkingconstanten op basis van isotache-model.

grondsoort	$\gamma_{\text{nat,Gem}}$ kN/m ³	W %	$a_{\text{Gem; Kop}}$ -	$b_{\text{Gem; Kop}}$ -	$c_{\text{Gem; Kop}}$ -	$a_{\text{Repr; Kop}}$ -	$b_{\text{Repr; Kop}}$ -	$c_{\text{Repr; Kop}}$ -	$a_{\text{Gem; iso}}$ -	$b_{\text{Gem; iso}}$ -	$c_{\text{Gem; iso}}$ -	$c_{v,\text{Gem}}$ m ² /s	$a_{\text{Repr; iso}}$ -	$b_{\text{Repr; iso}}$ -	$c_{\text{Repr; iso}}$ -	$c_{v,\text{Repr}}$ m ² /s
veen	10,0	448	0,0395	0,2461	0,0062	0,0618	0,3520	0,0088	0,0447	0,2549	0,0069	7,54E-07	0,0782	0,3565	0,0102	2,85E-07
klei	15,2	76	0,0206	0,1238	0,0031	0,0361	0,2046	0,0051	0,0070	0,0731	0,0036	2,19E-07	-	-	-	8,19E-08
venige klei	11,8	201	0,0428	0,2047	0,0051	0,0814	0,2855	0,0071	-	-	-	2,44E-07	-	-	-	4,49E-08
zand, los	17/19	-	-	-	-	0,0017	0,0050	1E-06	-	-	-	1	0,0017	0,0050	1E-06	1
zand, vast	18/20	-	-	-	-	0,0006	0,0017	1E-06	-	-	-	1	0,0006	0,0017	1E-06	1

In deze situatie waar grote zettingen optreden in de dikke veenlagen, is het isotache-model gebruikt ter bepaling van de zettingen.

Uit de grootte van de 'b-waarden' blijkt, dat het veen sterk samendrukbaar is. De spreiding in de proefresultaten is matig hetgeen blijkt uit de verschillen tussen de gemiddelde b-waarde en de representatieve b-waarde. De gemiddelde waarde voor het volumegewicht van veen is gelijk aan water. Op kleigrond is van slechts één monster de isotache parameters bepaald. Van de overige 9 proeven zijn de isotache parameters afgeleid van de Koppejan samendrukkingconstanten.

Wrijvingseigenschappen

Ter bepaling van de wrijvingsparameters is gebruik gemaakt van de uitgevoerde triaxiaalproeven, 9 st op veen en klei, waarin de cohesie en de hoek van inwendige wrijving zijn bepaald.

Uitgaande van deze cohesie en inwendige wrijvingshoeken zijn de schuifspanningen bepaald bij effectieve grondspanningen in de range van 0-100 kPa. Vervolgens zijn per effectieve grondspanning de representatieve (tabel 2) en de rekenwaarden (tabel 3) voor de schuifspanningen bepaald.

tabel 2: Representatieve schuifspanningen van veen en klei bij normaalspanningen van 0-100 kPa.

grondsoort	$\gamma_{\text{nat,Gem}}$ kN/m ³	schuifspanningen bij normaalspanningen tussen 0-100 kPa											
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
veen	10,0	2,3	6,8	9,6	11,8	14,0	16,0	18,1	20,1	22,1	24,1	26,1	kPa
klei	15,2	2,2	8,7	13,3	17,5	21,7	25,8	29,9	34,0	38,1	42,2	46,2	kPa

tabel 3: Rekenwaarden van de schuifspanningen van veen en klei bij normaalspanningen van 0-100 kPa.

grondsoort	$\gamma_{\text{nat,Gem}}$ kN/m ³	schuifspanningen bij normaalspanningen tussen 0-100 kPa											
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
veen	10,0	2,3	6,6	9,3	11,5	13,5	15,5	17,5	19,4	21,3	23,3	25,2	kPa
klei	15,2	2,2	8,5	12,9	16,9	20,9	24,9	28,8	32,8	36,7	40,6	44,5	kPa

Voor de grond die gebruikt wordt om de kade te bouwen is uitgegaan van de wrijvingseigenschappen die gevonden zijn in de grondmonsters langs de Grecht. Omdat het materiaal geroerd wordt aangebracht, is verondersteld dat het niet voldoet aan de σ - τ relatie uit tabel 2 en tabel 3 maar overeenkomst vertoont met de statisch bepaalde representatieve waarden van de hoek van inwendige wrijving en de cohesie.

tabel 4: Representatieve en rekenwaarden van de ophooggrond voor de kade.

grondsoort	$\gamma_{\text{nat;Gem}}$ kN/m ³	C'_{Repr} kPa	ϕ'_{Repr} °	$\gamma_{\text{m, c'}}$ -	$\gamma_{\text{m, } \phi'}$ -	C'_{Rek} kPa	ϕ'_{Rek} °
klei	15,2	2,19	22,17	1,00	1,06	2,2	21,0

Voor de grondsoort 'zand' is geen laboratoriumonderzoek uitgevoerd. Daarom zijn de grondeigenschappen en de materiaalfactoren (zie tabel 5) ontleend aan de NEN6740.

tabel 5: Representatieve en rekenwaarden van de wrijvingshoek en de cohesie op basis van NEN6740.

grondsoort	$\gamma_{\text{nat;Gem}}$ kN/m ³	$C'_{\text{Repr*}}$ kPa	$\phi'_{\text{Repr*}}$ °	$\gamma_{\text{m, c'}}$ -	$\gamma_{\text{m, } \phi'}$ -	$C'_{\text{Rek*}}$ kPa	$\phi'_{\text{Rek*}}$ °
zand, los	17/19	0,0	30,0	1,50	1,20	-	25,7
zand, vast	18/20	0,0	32,5	1,50	1,20	-	28,0

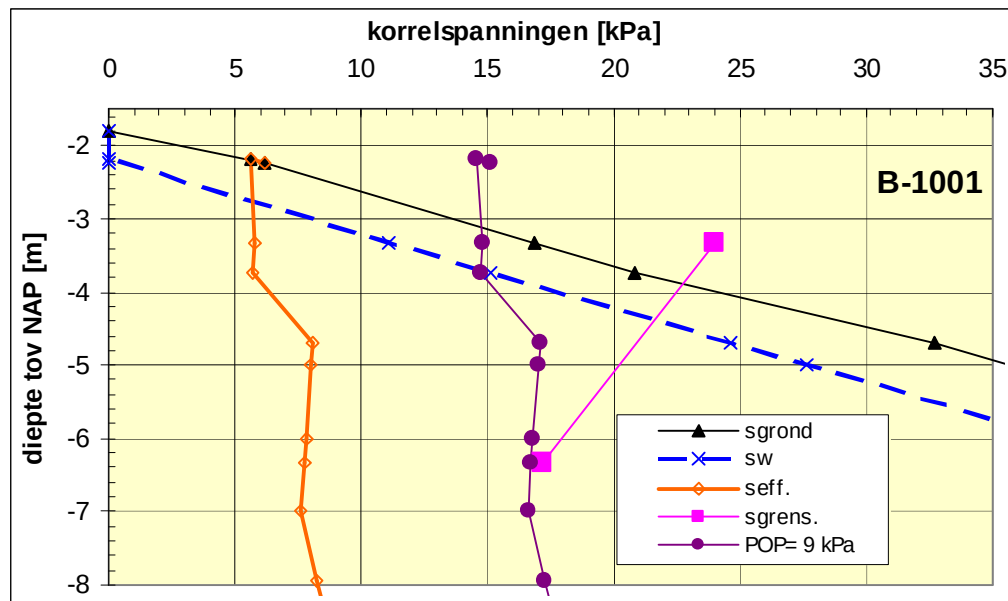
Grensspanningen

In de uitgevoerde samendrukkingsproeven zijn ook de grensspanningen bepaald.

Dit zijn korrelspanningen waartoe de grond in het verleden reeds belast is geweest.

Deze grensspanningen zijn met de actuele korrelspanningen uitgezet in grafieken. Daarbij zijn de actuele korrelspanningen bepaald bij het winterpeil van NAP-2,23 m.

De resultaten zijn in figuur 13 en figuur 14 weergegeven.

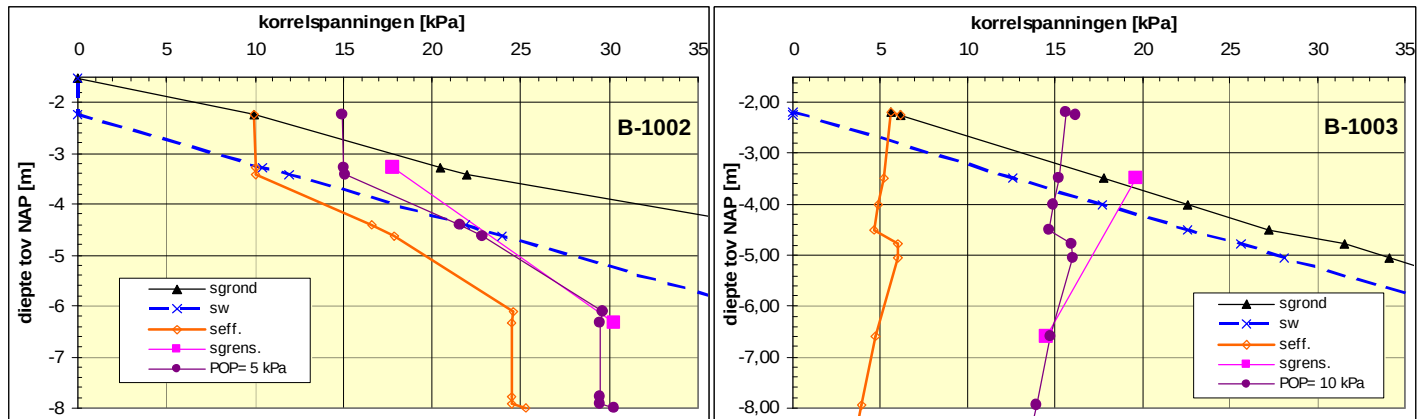


figuur 13: Grensspanning versus korrelspanning bij een GWS=NAP-2,23 m van B 1001.

In figuur 13 is te zien dat in boring B-1001 in beide samendrukkingsproeven de grensspanning groter is dan de actuele (effectieve) spanning. De grensspanning is minimaal 9 kPa groter dan de effectieve grondspanning (Pre Overburden Pressure= 9 kPa). Deze grensspanningen komen globaal overeen met een grondwaterstand die 1 m lager ligt. Dit kan in principe optreden in droge zomers.

Wel is het opmerkelijk dat de grensspanning dicht bij het maaiveld hoger is dan de dieper gemeten waarde.

In figuur 14 is eenzelfde controle uitgevoerd voor de boringen B-1002&1003. Het blijkt dat in deze boringen de grensspanning eveneens hoger is dan de actuele korrelspanning bepaald bij een grondwaterstand van NAP 2,23 m. De grensspanningen in boring B 1002 komen overeen met een POP=5 kPa terwijl die in boring B-1003 groter zijn dan een POP≥10 kPa (zie figuur 14).



figuur 14: Grensspanning β à korrelspanning in B-1002&1003 bij een GWS=NAP 2,23 m.

4 Zettingsberekeningen

4.1 Inleiding

Wanneer er nieuwe belastingen worden aangebracht op het tracé van de kade dan zullen deze zettingen in de ondergrond veroorzaken. Het optreden van zettingen is een tijdsafhankelijk proces. In eerste instantie zal een opgebrachte belasting wateroverspanningen veroorzaken in de samendrukbare Holocene klei- en veenlagen. Het ontstane potentiaal verschil veroorzaakt een grondwaterstroming, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt. Tegelijkertijd treedt een korrelspanningsverhoging op, die een zetting veroorzaakt. Het afstromen van het overspannen water vindt plaats in de consolidatieperiode.

De zettingsberekeningen zijn uitgevoerd op basis van de Isotachenmethode met het computerprogramma MSettle van Deltares (versie 8.2.5.5).

In de zettingsberekening is rekening gehouden met het onder (grond)water zakken van de ophoging als gevolg van de optredende zettingen. Het gevolg van dit fenomeen is dat het effectieve gewicht van de ophoging in de loop van de tijd vermindert.

Om aan de hoogte eis van NAP+0,25 m over 10 jaar te voldoen, is gerekend met representatieve samendrukkingsparameters. Voor de bepaling van de grondbalans is het gebruikelijk om te rekenen met gemiddelde waarden.

Bij aanleg van wegen en bouwterreinen is het toepassen van voorbelasting een veel voorkomende maatregel om de restzetting tijdens het gebruik te beperken.

Het feit dat restzettingen op zich geen bezwaar zijn bij boezemkaden, is hiervan afgezien aangezien het alleen maar hogere kosten tot gevolg heeft.

Voor de zettingsanalyse zijn twee varianten beschouwd ophogen met:

1. klei vanaf het bestaande maaiveldniveau.
2. Geotubes gevuld met bagger en afgedekt met een laag klei van circa 0,50 m dik.

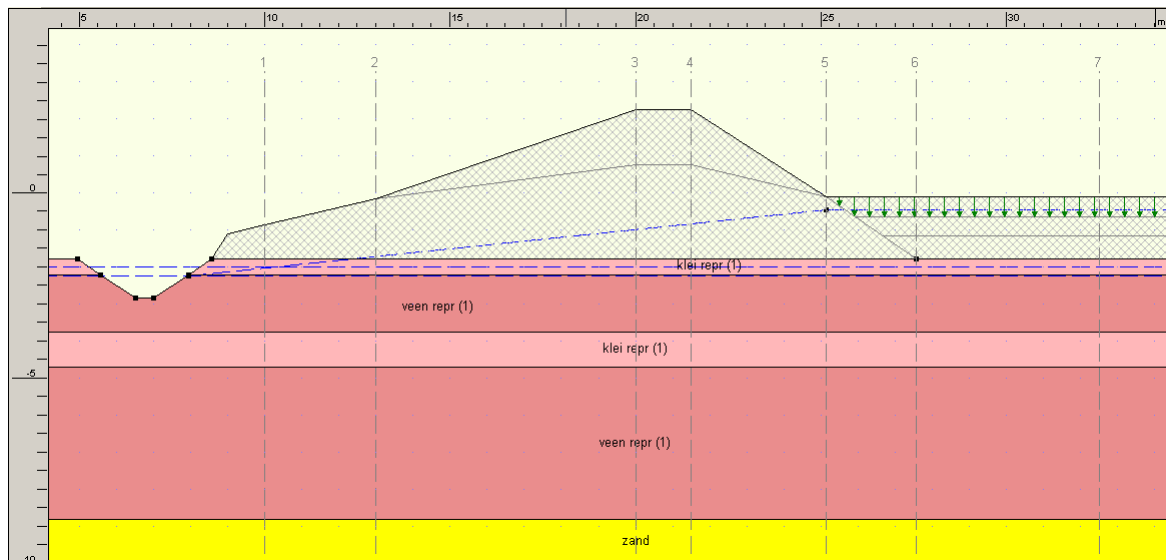
4.2 Berekeningsresultaten

4.2.1 Klei kade

De zettingen zijn berekend met het Isotache-model omdat dit model beter aansluit bij situaties waarin de belasting afneemt, doordat het grondwater stijgt tot boezempeil.

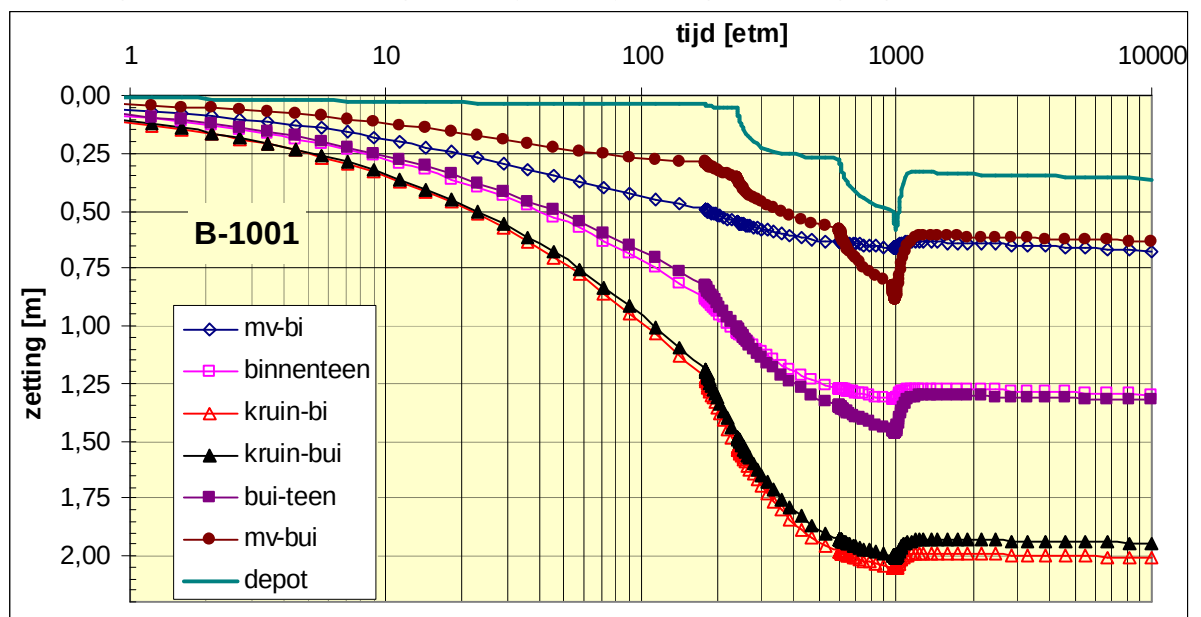
In figuur 15 is de doorsnede van de kade en het gevulde baggerdepot te zien met de bodemopbouw van B-1001.

Uit de zettingen die in figuur 16 zijn weergegeven, is op te maken dat de consolidatie periode globaal 1.100 dagen (~3 jaar) bedraagt. De consolidatieperiode van de kade is praktisch ten einde wanneer het baggerdepot onder regiem van de boezem komt. Echter de laatste vulling van het baggerdepot is nog niet volledig geconsolideerd omdat de tijd die is verstreken is tussen de laatste depotvulling en het verhogen van de grondwaterstand korter is dan 3 jaar. De consequentie van de opgebrachte bagger is, dat de effectieve grondspanningen ter plaatse van het depot, direct voorafgaand aan het verhogen van de (grond)waterstand, groter zijn dan die in de eindsituatie. Het gevolg is dat de seculaire zettingen en de restzettingen ($\delta z_{\text{rest}} \approx 0,05$ m) klein zijn.



figuur 15: Kade+depotvulling met de bodemopbouw van B-1001.

Voor boring B-1001 met twee veenlagen in het profiel, zijn zettingsberekeningen gemaakt.



figuur 16: Zettingen tpv B-1001 tgv aanleg van de kleidijk bij representatieve grondparameters.

In figuur 16 is te zien dat de zettingen ter plaatse van de kruin het grootst zijn, namelijk van $\Delta z_{\text{Repr, eind}} = 2,00$ m. In de figuur is tevens het effect zichtbaar (=op vering) wanneer de (grond)waterstand na 1000 dagen stijgt tot toetspeil NAP-0,10 m.

De zetting ter plaatse van de binnenteen en buitenteen is kleiner, namelijk $\Delta z_{\text{Repr, eind}} = 1,30$ m.

De zetting ter plaatse van het baggerdepot is berekend op $\Delta z_{\text{Repr, eind}} = 0,35$ m.

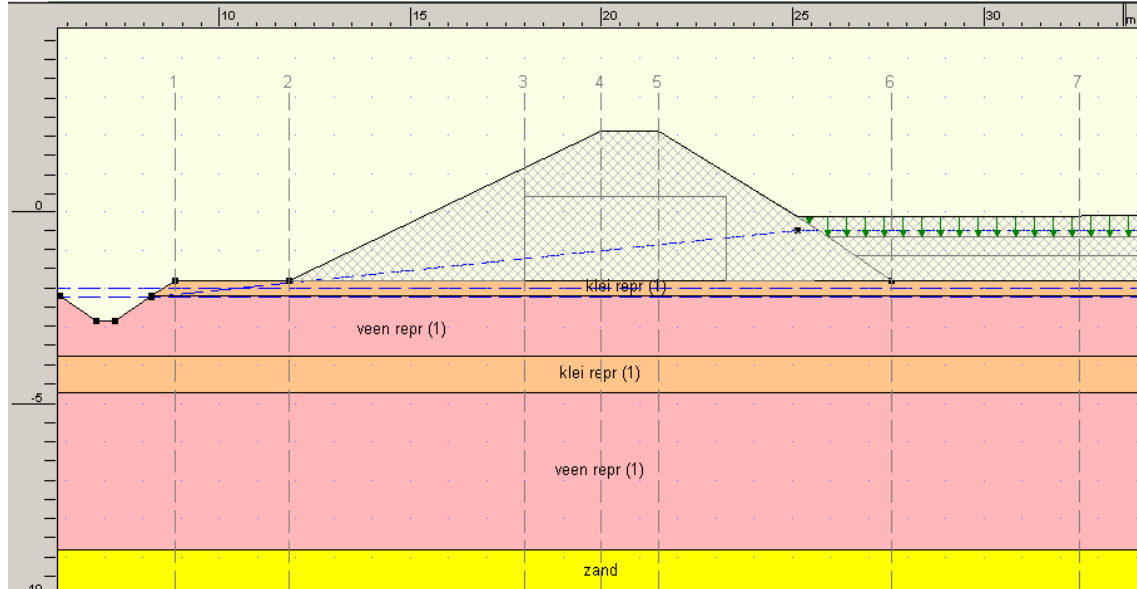
De zettingen zijn tevens bepaald bij gemiddelde samendrukkingsparameters (zie tabel 6). Het zal duidelijk zijn dat de zettingen dan kleiner worden.

tabel 6: Berekende maximale zettingen [m] tpv drie boringen afhankelijk de parameters.

parameters	B-1001	B-1002	B-1003	eenheid
Gemiddeld	1,53	0,83	1,69	m
Representatief	2,01	1,16	2,14	m

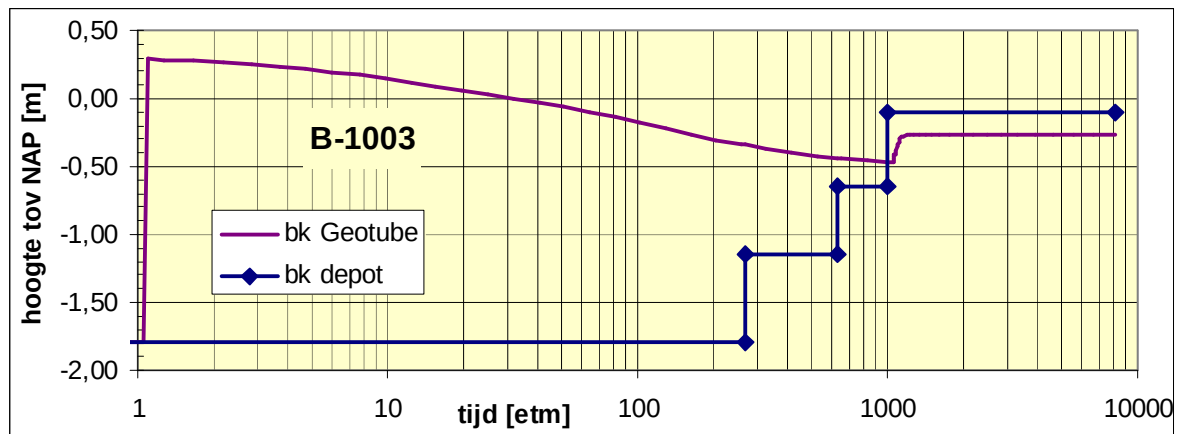
4.2.2 Geotube

In figuur 17 is de doorsnede van de geotube in de kade te zien met de bodemopbouw van B-1001 inclusief het gevulde baggerdepot.



figuur 17: Geotube+kade+depotvulling met de bodemopbouw van B-1001.

In principe is een geotube prima in staat om als kering rond het baggerdepot te fungeren. Echter het zettingsproces is dermate groot en het verloop snel, dat bij de 3^e vulling van het depot tot het niveau van NAP-0,10 m, de geotube reeds gezakt is beneden dit niveau (NAP-0,50 m) zoals te zien is in figuur 18.

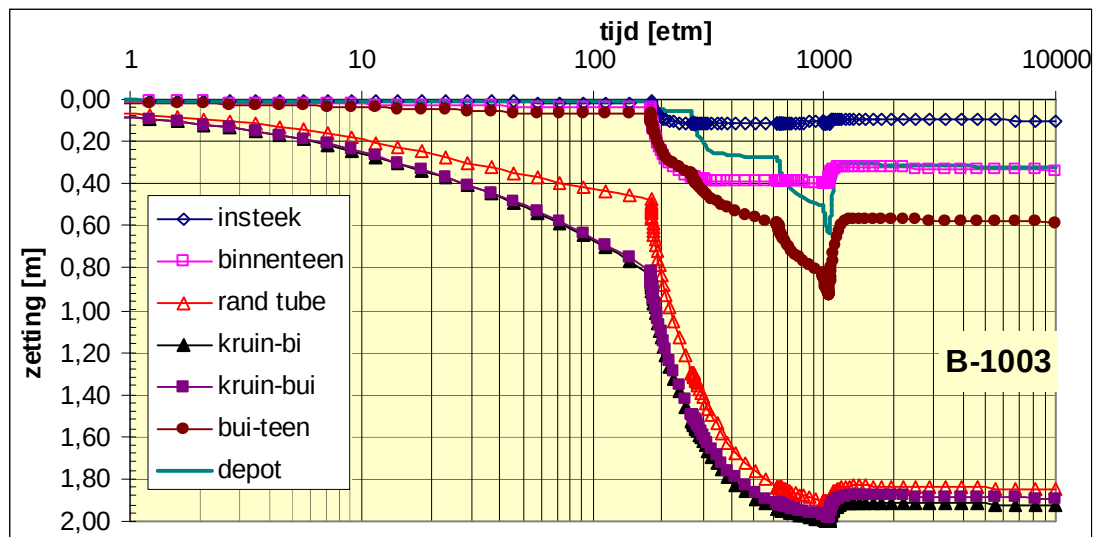


figuur 18: Zettingen tgv de geotube tpv B-1003 en de niveaus van de bagger in het depot.

Er is dan ook van de volgende planning van werkzaamheden uitgegaan:

- De geotube wordt in het midden van de kade gepositioneerd.
- Vervolgens wordt deze gevuld met bagger.
- Na 6 maanden wordt de geotube afgedekt met klei en afgewerkt tot voldoende hoogte (NAP+1,25 m).
- De kwelsloot wordt twee maanden later gegraven.
- In de 9^e maand wordt de eerste laag bagger in het depot gespoten.

Voor boring B-1003 met twee veenlagen in het profiel, zijn zettingsberekeningen gepresenteerd in figuur 19. Daaruit blijkt dat de zettingen ter plaatse van de kruin het grootst zijn, namelijk van $\Delta z_{\text{Repr, eind}} = 2,00$ m. In de figuur is tevens het effect van opvering zichtbaar wanneer de (grond)waterstand na 1060 dagen stijgt tot toetspeil NAP-0,10 m.



figuur 19: Zettingen tpv B-1003 tgv vulling van de geotube en het aanbrengen van de klei bekledingdijk bij representatieve grondparameters.

De zettingen ter plaatse van de binnen- en buitenteen zijn kleiner dan wanneer de kade volledig met klei wordt opgebouwd, te weten $\delta z_{\text{Repr, bi-teen}} = 0,25 \text{ m}$ en $\delta z_{\text{Repr, bui-teen}} = 0,20 \text{ m}$.

De zetting ter plaatse van het depot ligt in de orde grootte van $\Delta z_{\text{Repr, depot}} = 0,30 \text{ m}$ vergelijkbaar met die ter plaatse van de binnenteen van de kade.

De consolidatieperiode (~3 jaar) van de kade is praktisch ten einde wanneer het baggerdepot onder regiem van de boezem komt. De ondergrond is nog niet volledig geconsolideerd wat betreft de belasting door de laatste vulling van het baggerdepot. Maar door het verhogen van de (grond)waterstand neemt de opwaartse druk met circa 15 kPa toe. De consequentie is dat de effectieve grondspanningen, die direct voorafgaand aan het verhogen van de (grond)waterstand ter plaatse van het depot zijn bereikt, groter zijn dan in de eindsituatie met als gevolg dat de seculaire zettingen en daarmee ook de restzettingen ($\delta z_{\text{Rest}} \approx 0,05 \text{ m}$) klein zijn.

In tabel 7 zijn de maximale eindzettingen weergegeven bij gemiddelde en representatieve samendrukkingsparameters. Het zal duidelijk zijn dat de zettingen bij gemiddelde parameter waarden kleiner zijn dan bij representatieve parameters.

tabel 7: Zettingen [m] bij gebruik van een Geotube tpv drie boringen afhankelijk van de parameters.

parameters	B-1001	B-1002	B-1003	eenheid
Gemiddeld	1,28	0,78	1,37	m
Representatief	1,83	1,11	1,92	m

Opgemerkt wordt dat bij 'gemiddelde parameters' de kruin van de kade hoger blijft liggen dan strikt noodzakelijk, omdat rekening is gehouden met een dekking van 0,50 m op de Geotube.

5 Stabiliteit

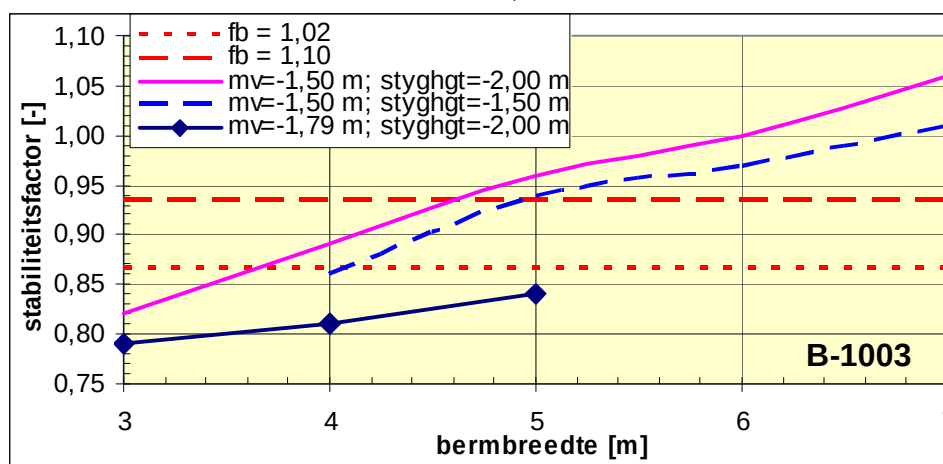
De stabiliteit van de kade is in diverse stadia bepaald volgens de methode Bishop waarbij wordt uitgegaan van cirkelvormige glijvlakken. Hierbij is gebruik gemaakt van het computer programma MStab, versie 9.10, van Deltares.

Uit verkennende berekeningen is gebleken, dat de bodemopbouw ter plaatse van B-1003 het zwakst is. Daarnaast blijkt dat de stabiliteit van de kade wanneer deze als waterkering gaat functioneren, maatgevend is. Op dat tijdstip is het depot reeds gevuld met bagger. Vervolgens is de stabiliteit tijdens aanleg gecontroleerd.

5.1 Klei-kade

5.1.1 Eind stabiliteit

Zoals reeds is aangegeven, is de stabiliteit van profiel B-1003 het meest kritisch. Voor deze doorsnede is onderzocht of de 'definitieve' kade stabiel is volgens het standaardprofiel. De resultaten zijn in figuur 20 samengevat. De stabiliteit is bepaald met rekenwaarde voor de wrijvingseigenschappen. Daarnaast is de breedte en de hoogte van de berm langs de binnentoegevarieerd. Omdat de stijghoogte in het watervoerende pakket een variabele is, is tevens de invloed daarvan onderzocht op de stabiliteit door deze te laten variëren van NAP-2 m naar NAP-1,50 m.

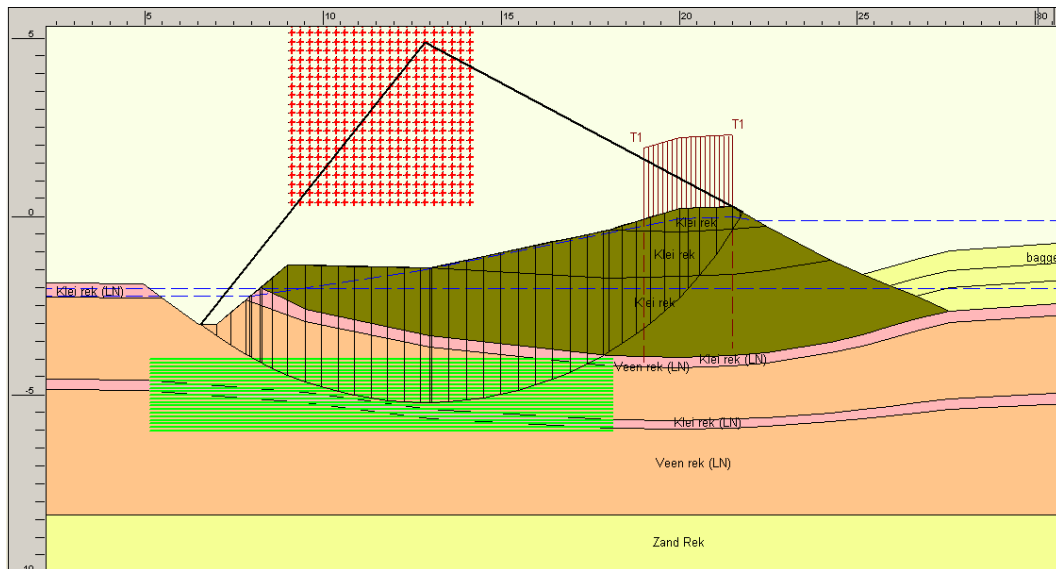


figuur 20: Stabiliteitsfactoren bij verschillende bermbreedten en -hoogten, gebaseerd op rekenwaarden.

Het blijkt dat de stabiliteit ($Sf_d=0,79$) van het standaardprofiel ($B_{\text{berm}}=3$ m) met de aanwezige maaiveldhoogte (NAP-1,79 m) kleiner is dan de vereiste $Sf_{d; \text{toets}} = f_{\text{IPO II}} * f_b \geq 0,85 * 1,02 = 0,87$. De berm moet minimaal verbreed worden tot 6 à 7 m om in de buurt te komen van de $Sf_{d; \text{toets}}$ (zie figuur 20).

De geringe bijdrage van het verbreden van de berm aan de stabiliteit, is een gevolg van de lage schuifspanningen die in de ondergrond ter plaatse van de berm aanwezig zijn. Deze lage schuifspanningen zijn een direct gevolg van het lage volumegegewicht van veen ($\gamma_{\text{nat}}=10$ kN/m³) die de effectieve grondspanningen bepaalt.

Wanneer de berm wordt verbreed tot $B_{\text{berm}}=4$ m en opgehoogd tot een blijvend niveau van NAP-1,50 m dan wordt wel voldaan aan de vereiste $Sf_{d; \text{toets}}=0,87$ (zie figuur 20 & figuur 21).



figuur 21: Stabiliteit tpv B-1003 ($Sf_d=1,08$; $B_{\text{berm}}=4$ m; $mv=NAP-1,50$ m) op 1030^e dag bij rekenwaarden.

Voor de andere twee bodemprofielen B-1001 & B-1002 is eveneens de stabiliteit bepaald bij een verbrede ($B_{\text{berm}}=4$ m) en opgehoogde berm (blijvend niveau van NAP-1,50 m). In tabel 8 is te zien dat zowel de stabiliteit binnen- als buitenwaarts voldoet aan de vereiste Sf_d ; $toets=0,87$.

tabel 8: Stabiliteitsfactoren bij rekenwaarden na 1030 dagen bij een $B_{\text{berm}}=4$ m en $mv=NAP-1,50$ m.

	tijd	1030 ^e dag {Rek}
doorsnede	bi-talud+si	bui-talud
B-1001	1,09	1,56
B-1002	1,21	2,06
B-1003	1,08	1,49

5.1.2 Schematiseringsfactor

Gezien de grote invloed van de schematiseringsfactor op de minimaal vereiste stabiliteit is dit nader onderzocht. Langs de Grecht is veel grondonderzoek beschikbaar, dus ook van de laagopbouw, zodat een reductie van de schematiseringsfactor mogelijk wordt geacht.

De toelaatbare faalkans van de kade wordt bepaald door de te hanteren schadefactor ($f_{n, IPO II} = 0,85$) en bedraagt $2,21 \cdot 10^{-3}$. De som van de faalkans per scenario, inclusief de basisschematisering, dient kleiner of gelijk aan de hiervoor genoemde toelaatbare faalkans.

Rechtsonder in tabel 9 is te zien dat de totale of gesommeerde faalkans $2,39 \cdot 10^{-5}$ bedraagt en dat dit $2,39 \cdot 10^{-5} / 2,21 \cdot 10^{-3} = 1\%$ van de toelaatbare faalkans is. Dit betekent dat er nog 99% reserve is ten opzichte van de toelaatbare faalkans.

tabel 9: Scenario's ter bepaling van de minimale schematiseringsfactor; faalkans bepaald bij $f_b=1,2$

scenario	Omschrijving afwijking:	Sf_d ; $B=4$ m	ΔSf_d	P*	faalkans
S0	Basisschematisering	0,89			6,36E-06
S1	kruin hoger {Gem zettingsparameters}	0,91	0,02	25%	2,06E-06
S2	Respons watervoerende laag 1 m hoger	0,86	-0,03	10%	4,37E-06
S3	tussenkleilaag is veen	0,85	-0,04	10%	6,00E-06
S4	binnentalud flauwer 1:5 ipv 1:4	0,88	-0,01	5%	1,14E-06
S5	buitenwaterstand = kruin	0,85	-0,04	1%	6,00E-07
S6	pp = NAP-2,50 m (=0,25 m lager)	0,87	-0,02	10%	3,17E-06
S7	verkeer zwaarder 5 kPa --> 13 kPa	0,81	-0,08	0,1%	2,01E-07
*P = geschatte kans van optreden		Totale faalkans S1 ... S7 :			2,39E-05

toelaatbare faalkans: 2,21E-03

In tabel 9 zijn de onderscheiden scenario's weergegeven zie de stabiliteit negatief kunnen beïnvloeden.

- S1 Kruin hoger. Kans van voorkomen geschat op 25%.
De veronderstelling is dat een hogere kade een groter aandrijvend moment met zich meebrengt en dus een lagere stabiliteitsfactor. De kans dat de kade hoger blijft liggen dan eerder berekend ligt voor de hand omdat in 95% van de gevallen de grond minder samendrukbaar is. De kruinhoogte is bepaald door de zettingen te bepalen met gemiddelde waarden voor de samendrukkingsconstanten.
- S2 Respons watervoerende laag 1 m hoger. Kans van voorkomen geschat op 10%.
De stijghoogte in het watervoerende pakket (zie figuur 10) is vastgesteld op één tijdstip, meestal in het voorjaar. Dat betekent dat het op andere tijdstippen hoger zou kunnen zijn. Aangenomen is dat de marge 1 m bedraagt en dat de kans van optreden 10% is.
- S3 Tussenkleilaag bestaat uit veen. Kans van voorkomen geschat op 10%.
Uit de boringen B-1001 t/m B-1003 blijkt dat de tussenkleilaag varieert in dikte. Het wordt niet uitgesloten dat deze lokaal ontbreekt. Daarom is dit scenario toegevoegd, namelijk dat het diepere bodemprofiel uit veen bestaat met een kans van optreden van 10%.
- S4 Binnentalud is flauwer: 1:5 i.p.v. 1:4 Kans van voorkomen geschat op 5%.
Veelal leidt een steiler binnentalud tot een lagere stabiliteit. Maar omdat de kritieke glijcirkel diep ligt heeft een steiler binnentalud een hogere stabiliteit tot gevolg en een flauwer talud een lagere stabiliteit. Een flauwer talud vergoot het aandrijvend moment met als gevolg een lagere stabiliteit. Omdat het een aan te leggen kade betreft zal er gecontroleerd worden op de uitvoering zodat de kans van optreden maximaal op 5% wordt geschat.
- S5 Buitenwaterstand gelijk aan de kruin. Kans van voorkomen geschat op 1%.
De kans op hogere waterstanden is altijd aanwezig. De kade is ontworpen op een herhalingsijd van T=30 jaar zodat de kans voor een hogere buitenwaterstand is gekozen op T=100 jaar of te wel een kans van 1%.
- S6 Polderpeil = NAP-2,50 m (0,25 m lager). Kans van voorkomen geschat op 10%.
De kans dat de waterstand in de kwelsloot tijdelijk lager is dan het polderpeil (NAP-2,23 m) lager is, is altijd aanwezig. Voor de verlaging is een marge van ongeveer 0,25 m aangehouden zodat het verlaagde peil in de kwelsloot dan NAP-2,50 m wordt. De kans van voorkomen wordt geschat op 10%.
- S7 Zwaarder verkeer 13 kPa i.p.v. 5 kPa. Kans van voorkomen geschat op 0,1%.
Voor het zwaardere verkeer is de belasting van 13 kPa aangehouden die in 'Handreiking Ontwerp & Verbeteren Boezemkaden' op bladzij 28 wordt aanbevoelen. Omdat de breedte van de kruin slechts 1,50 m bedraagt, is de kans dat er vrachtauto's over de kruin gaan rijden tijdens maatgevend hoogwater zeer klein. De kans wordt daarom geschat op 0,1%.

De verschillen tussen de berekende stabiliteitfactor en die van de basisschematisatie ($= \Delta S_{fd}$; zie tabel 9 & tabel 10 geven de gevoeligheid van het kadeprofiel weer.

Omdat de faalkans direct afhankelijk is van de toegepaste schematiseringsfactor kan deze dus zodanig worden aangepast dat de gesommeerde faalkans kleiner of gelijk wordt aan de toelaatbare faalkans.

Deze exercitie is uitgevoerd en het resultaat is weergegeven in tabel 10.

tabel 10: Scenario's en faalkans bepaald bij $f_b=1,02$

scenario	Omschrijving afwijking:	$S_{fd, B=4 m}$	ΔS_{fd}	P*	faalkans
S0	Basisschematisering	0,89			5,66E-04
S1	kruin hoger {Gem zettingsparameters}	0,91	0,02	25%	2,18E-04
S2	Respons watervoerende laag 1 m hoger	0,86	-0,03	10%	3,01E-04
S3	tussenkleilaag is veen	0,85	-0,04	10%	3,80E-04
S4	binnentalud flauwer 1:5 ipv 1:4	0,88	-0,01	5%	9,33E-05
S5	buitenwaterstand = kruin	0,85	-0,04	1%	3,80E-05
S6	pp = NAP-2,50 m (=0,25 m lager)	0,87	-0,02	10%	2,38E-04
S7	verkeer zwaarder 5 kPa --> 13 kPa	0,81	-0,08	0,1%	9,10E-06
*P = geschatte kans van optreden					
Totale faalkans S1 ... S7 :					1,84E-03

toelaatbare faalkans: 2,21E-03

Rechtsonder in tabel 10 is te zien dat de totale faalkans $1,84 \cdot 10^{-3}$ bedraagt en dat dit $1,84 \cdot 10^{-3} / 2,21 \cdot 10^{-3} = 83\%$ van de toelaatbare faalkans bedraagt. Dit betekent dat bij toepassing van een schematiseringsfactor van $f_b=1,02$ er nog 17% reserve is ten opzichte van de toelaatbare faalkans.

De toetswaarde ($Sf_{d; toets}$) die gebruikt moet worden bij de beoordeling van de stabiliteit wordt dan:

$$Sf_{d; toets} = f_{IPO} \cdot f_b \cdot f_{d, Bishop} \geq 0,85 \cdot 1,02 \cdot 1,0 = 0,87.$$

5.1.3 Uitvoeringsstabiliteit

Ter plaatse van de drie boringen zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd met representatieve grondparameters. De uitkomsten van deze berekeningen zijn in tabel 11 weergegeven.

tabel 11: Stabiliteitsfactoren van de kleikade op een 3-tal tijdstippen.

actie	1 ^e ophoging		2 ^e oph.+ sloot graven		3 ^e ophoging	
tijd	1 ^e dag		180 ^e dag		210 ^e dag	
doorsnede	bi-talud	bui-talud	bi-talud+sl	bui-talud	bi-talud+sl	bui-talud
B-1001	1,16	1,07	1,08	1,07	-	-
B-1002	1,90	1,49	1,56	1,39	-	-
B-1003	1,03	0,99	1,10	1,06	1,08	1,03

Uit bovenstaande tabel blijkt, dat de laagste stabiliteitsfactoren worden gevonden op de 1^e en de 210^e dag in boring B-1003.

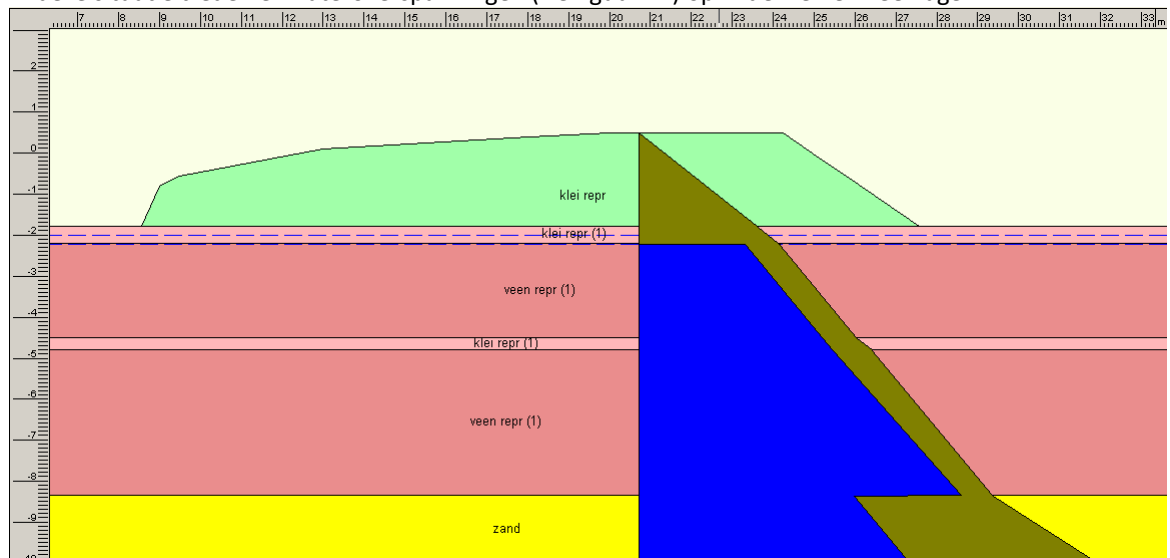
De kwelsloot kan gelijktijdig met het aanbrengen van de 2^e ophoging na 180 dagen worden gegraven. Ter plaatse van B-1003 is een 3^e ophoogslag nodig, daar anders instabiliteit langs het 'buitentalud' optreedt.

De kleine onderschrijding van de gewenste toetswaarde $Sf_{r; uitv.-toets} = 1,0$ tijdens de 1^e ophoogslag ter plaatse van B-1003 wordt acceptabel geacht.

Profiel t.p.v. B-1003

Dit profiel wordt nader beschouwd vanwege de laagste stabiliteit.

In deze situatie treden er wateroverspanningen (zie figuur 22) op in de klei- en veenlagen.

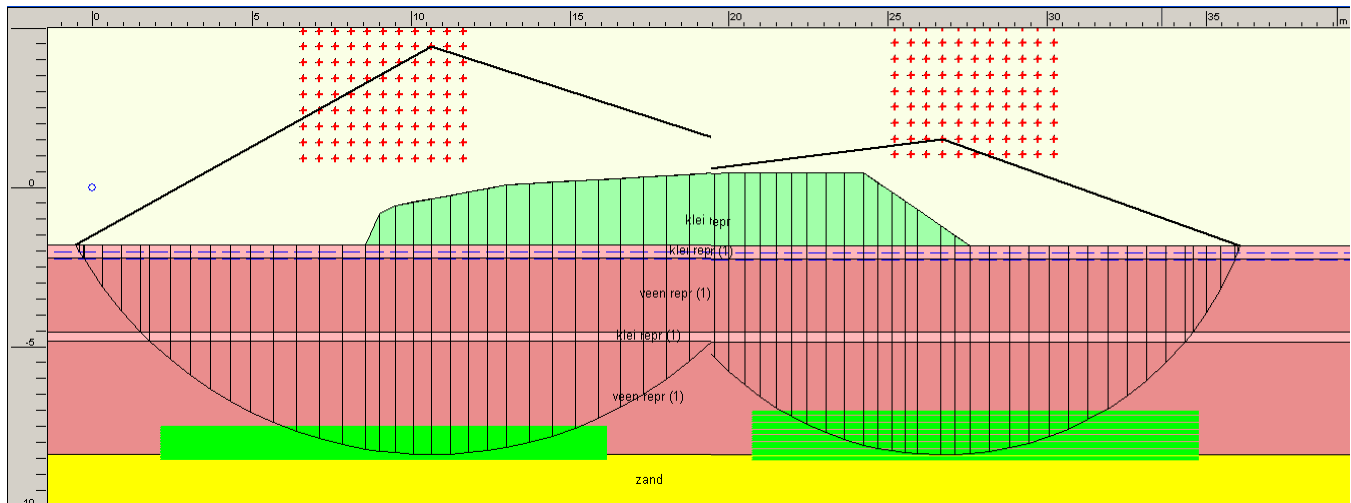


figuur 22: Aanleg van de kade tpv B-1003 met de berekende water(over)spanningen.

Aangenomen is dat de consolidatiegraad in de samendrukbare lagen 10% bedraagt ten gevolge van de direct aangebrachte ophoging.

De stabiliteitsfactor die bij de weergegeven waterspanningen is berekend, uitgaande van representatieve waarden voor de sterkteparameters, bedraagt $Sf_{r; Links} = 1,03$ voor het binnentalud en

$Sf_{r, \text{Rechts}} = 0,99$ voor het buitentalud (zie figuur 23). Hierbij is er geen verkeersbelasting op de kade en kan de kwelsloot nog niet worden gegraven.

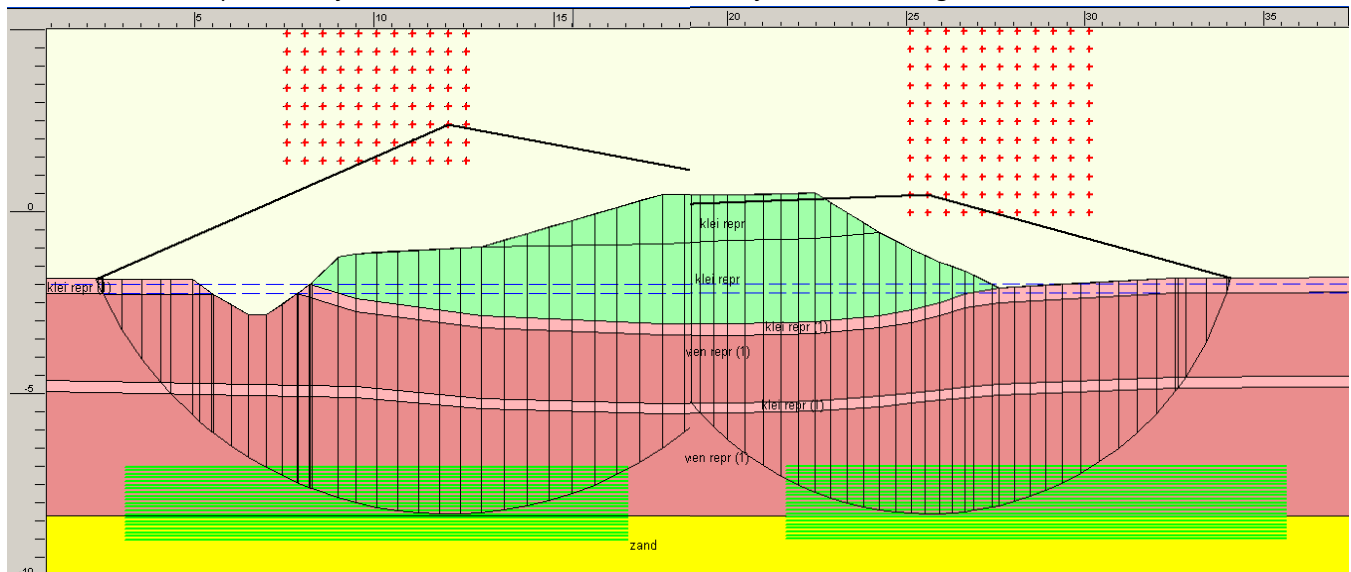


figuur 23: Stabiliteitsfactoren $Sf_{r, \text{Links}} = 1,03$ en $Sf_{r, \text{Rechts}} = 0,99$ tijdens aanleg tpv B-1003.

Vervolgens is het gedeformeerde kadeprofiel na 180 dagen (=6 maand) bepaald.

Met deze vervormde geometrie (zie figuur 24) is de stabiliteit bepaald.

Tevens is rekeningen gehouden met de bereikte consolidatiegraad (40-80%). De laagste stabiliteit treedt op aan de zijde waar het talud het steil is, namelijk met een helling talud van 1:2.



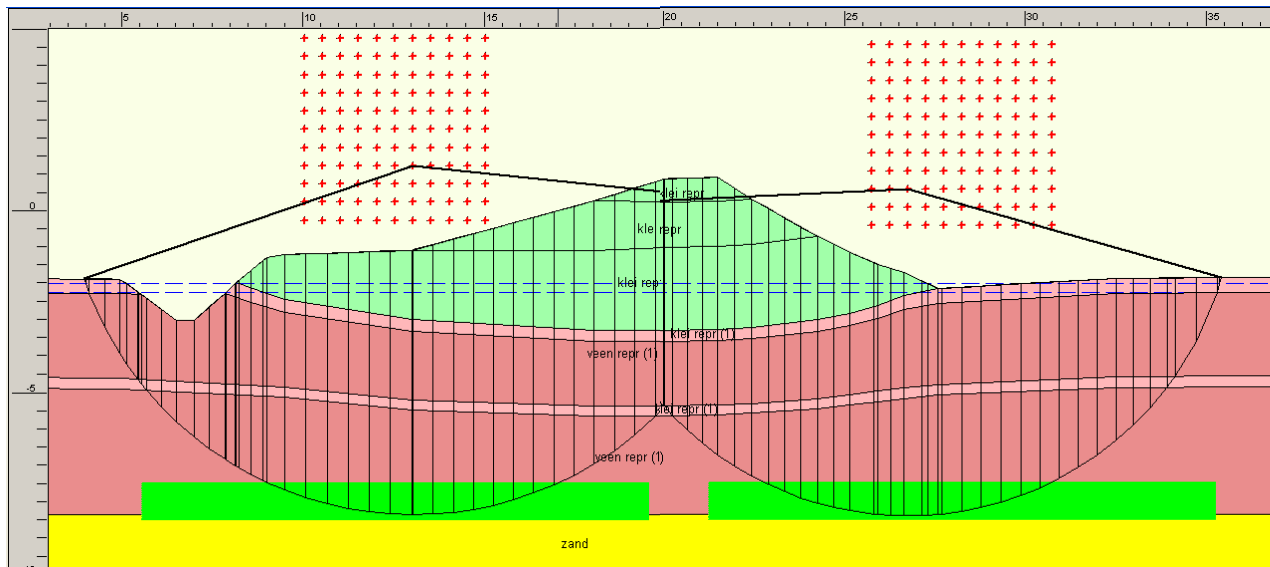
figuur 24: Stabiliteitsfactoren $Sf_{r, \text{Links}} = 1,10$ en $Sf_{r, \text{Rechts}} = 1,06$ tpv B-1003 na 2^e ophoogslag (180^e dag).

De stabiliteitsfactor (zie figuur 24) die gevonden wordt wanneer de 2^e ophoogslag is aangebracht en de sloot is gegraven, bedraagt $Sf_{r, \text{Links}} = 1,10$ voor het 'binnentalud' en $Sf_{r, \text{Rechts}} = 1,06$ voor het buitentalud. Deze stabiliteit is voldoende, mede omdat er verder geen activiteiten plaatsvinden en de consolidatie kan doorgaan. Ook in dit stadium is er geen verkeersbelasting op de kade.

Vervolgens is het gedeformeerde kadeprofiel na 210 dagen bepaald. De 3^e en laatste ophoogslag wordt aangebracht. Met deze vervormde geometrie (zie figuur 25) is de stabiliteit bepaald.

De stabiliteitsfactor aan de zijde van de kwelsloot bedraagt $Sf_{r, \text{Links}} = 1,08$. Aan de 'buitenzijde' met het talud van 1:2 wordt een lagere stabiliteitsfactor gevonden, namelijk $Sf_{r, \text{Rechts}} = 1,03$.

Bij deze berekeningen zijn consolidatiegraden van 60-80% voor de 1^e ophoogslag en 10-60% voor de 2^e ophoogslag.



figuur 25: Stabiliteitsfactoren Sf_r , Links=1,08 en Sf_r , Rechts=1,03 tpv B-1003 op 210^e dag.

5.2 Geotube

Een voordeel van het toepassen van geotubes is dat de glijcirkel niet door de tube kan snijden in verband met het aanwezige geotextiel. De glijcirkels kunnen alleen ontstaan rond de tubes. Ter plaatse van de drie boringen zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd met representatieve grondparameters. De uitkomsten van deze berekeningen zijn in tabel 13 weergegeven.

5.2.1 Eind stabiliteit

Zoals reeds is aangegeven bij de kleikade, is de stabiliteit van profiel B-1003 het meest kritisch. Voor alle doorsneden is onderzocht of de 'definitieve' kade stabiel is met een geotube in de kern van de kade. De resultaten zijn in tabel 12 samengevat. De stabiliteit is bepaald met rekenwaarde voor de wrijvings eigenschappen. Daarnaast is gecontroleerd of de kade stabiel is wanneer de geotube kapot wordt gesneden. Omdat er geen wrijvings eigenschappen van de bagger in de tube bekend zijn, is daar het volgende voor aangenomen:

- de hoek van inwendige wrijving $\phi'_{\text{Rek}}=10^\circ$
- cohesie $c'_{\text{Rek}}=1 \text{ kPa}$

Er is gerekend met een stijghoogte in het watervoerende pakket die reikt tot NAP-2 m.

tabel 12: Eindstabiliteit (na 1060 dagen) bij rekenwaarden voor drietal doorsneden.

Geotube	intact		kapot	
	bi-talud+sl	bui-talud	bi-talud+sl	bui-talud
B-1001	1,16	1,49	0,89	-
B-1002	1,47	4,80	0,91	-
B-1003	1,00	1,66	0,80	-

De stabiliteit wordt getoetst aan de toetswaarde: $Sf_d; \text{toets}=0,87$ (zie §5.1.2).

In tabel 12 is te zien dat hier ruimschoots aan wordt voldaan wanneer de geotube blijft functioneren. Wanneer echter de tube over grote lengte kapot gaat, dan wordt alleen ter plaatse van B-1003 NIET voldaan de toetswaarde.

5.2.2 Uitvoeringsstabiliteit

Ter plaatse van de drie boringen zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd met representatieve grondparameters. De uitkomsten van deze berekeningen zijn in tabel 13 weergegeven.

tabel 13: Stabiliteitsfactoren van de kade op een 3-tal tijdstippen.

actie	1 ^e ophoging		2 ^e ophoging		3 ^e oph.+sloot graven	
tijd	1 ^e dag		180 ^e dag		240 ^e dag	
doorsnede	bi-talud	bui-talud	bi-talud	bui-talud	bi-talud+sl	bui-talud
B-1001	1,35	1,41	1,05	1,04	1,06	1,20
B-1002	1,59	1,67	1,54	1,86	1,65	1,93
B-1003	1,23	1,23	1,00	0,98	0,99	1,03

Uit bovenstaande tabel blijkt, dat de laagste stabiliteitsfactoren worden gevonden op de 180^e dag in boring B-1003, wanneer de geotubes worden weggewerkt onder een kleidek.

De kwelsloot kan 60 dagen (240^e dag) daarna worden gegraven.

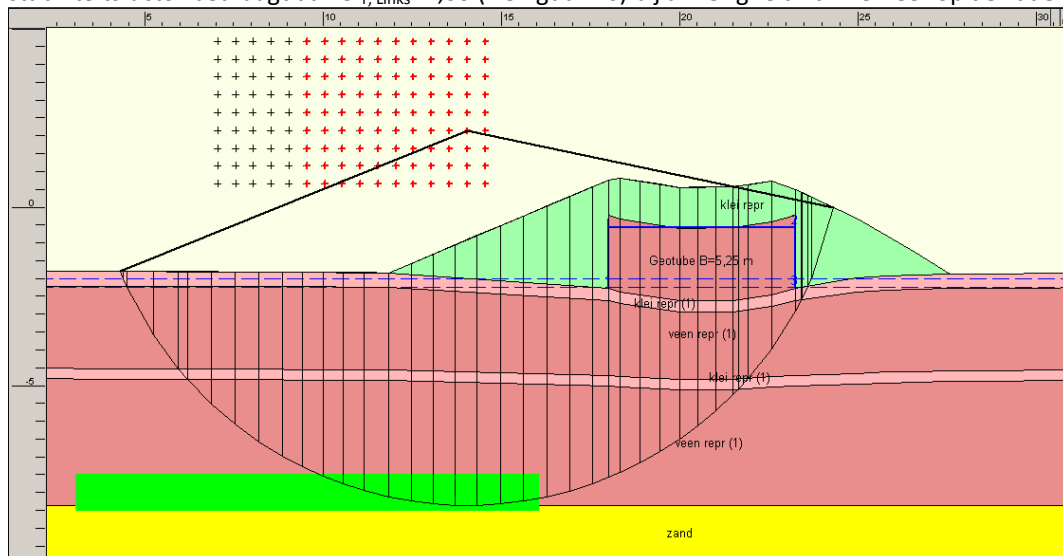
Ook dan blijft B-1003 de doorsnede die het meest gevoelig is voor afschuiven.

De kleine onderschrijding van de gewenste toetswaarde $Sf_{r, \text{uitv.-toets}} = 1,0$ wordt acceptabel geacht.

Profiel t.p.v. B-1003

Dit profiel wordt nader beschouwd vanwege de laagste stabiliteit.

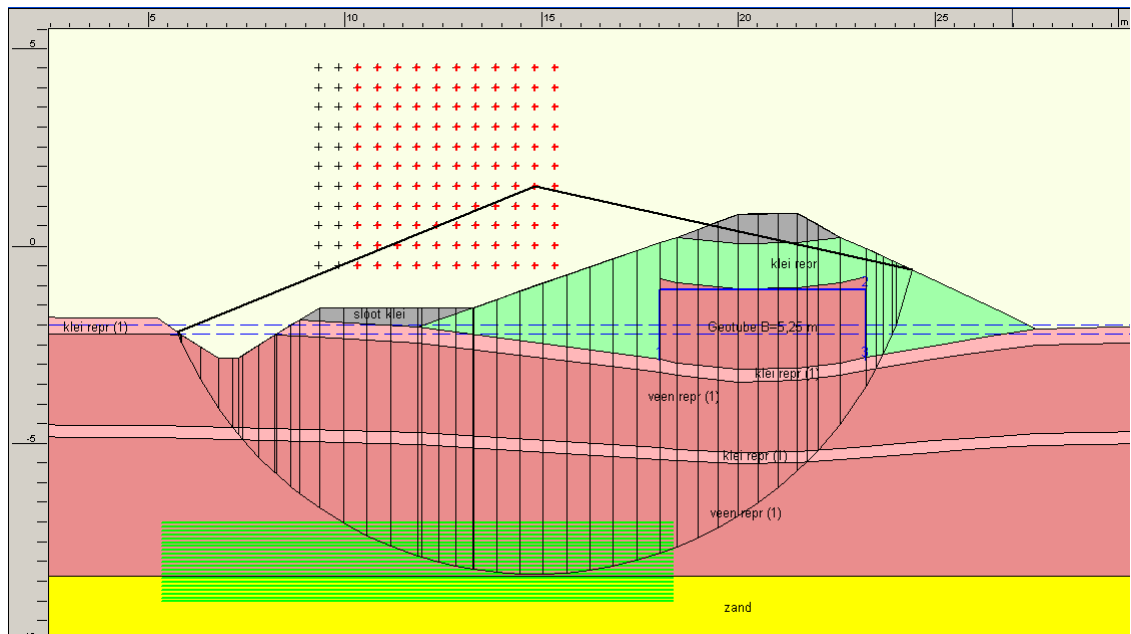
Na 180 dagen wordt de eerste laag van de kleibekleding op de geotube aangebracht. De stabiliteitsfactor bedraagt dan $Sf_{r, \text{Links}} = 1,00$ (zie figuur 26) bij afwezigheid van verkeer op de kade.



figuur 26: Stabiliteitsfactor $Sf_{r, \text{Links}} = 1,00$ tpv B-1003 na 2^e ophoogslag (180^e dag).

Aangenomen is dat de consolidatiegraad in de samendrukbare lagen 10% bedraagt ten gevolge van de aangebrachte klei en 50-80% ten gevolge van de geotube.

Twee maanden later wordt de laatste (=3^e) ophoogslag aangebracht gelijktijdig met het graven van de kwelsloot. De klei die vrijkomt uit de kwelsloot, moet worden verwerkt als ballast op de berm (zie figuur 27. Voor de consolidatiegraad in de samendrukbare lagen is voor deze laatste ophoging wederom 10% aangehouden. De consolidatiegraad ten gevolge van de geotube varieert tussen 70-90% en ten gevolge van de 2^e ophoogslag (= klei bekleding) tussen 15-65%.



figuur 27: Stabiliteit $S_f = 0,99$ tpv B-1003 na aanbrengen 3^e ophoogslag + graven kwelsloot (240^e dag).

De kleine onderschrijding van de gewenste toetswaarde $S_{f_{uitv.-toets}} = 1,0$ wordt acceptabel geacht.

6 Grondbalans

Voor de aanleg van de nieuwe kade is grond nodig. HDSR denkt er over om dit in de directe omgeving te winnen door ter plaatse van de baggernes een laag van de dagzomende kleilaag af te graven.

Voor de drie boringen is de benodigde hoeveelheid grond voor de aan te leggen kade berekend en vermeld in tabel 14.

In deze tabel is onderscheid gemaakt tussen de hoeveelheid grond [m²/m] die nodig is voor de kleikade en voor de kade met een geotube. Daarbij is rekening met zettingen die berekend zijn bij gemiddelde en bij representatieve samendrukkingsparameters.

Daarnaast is ook de hoeveelheid klei bepaald wanneer de kern van de kade wordt ingenomen door een geotube die gevuld wordt met bagger.

In alle gevallen is rekening gehouden met opveren van de ondergrond als gevolg van het stijgen van het (grond)water peil.

Voor het bepalen van de grondbalans wordt normaliter uitgegaan van de hoeveelheden die worden gevonden bij gemiddelde grondparameters.

Vanwege de spreiding in grondeigenschappen zullen er plaatsen in het tracé zijn waar de zettingen groter zijn. Deze worden veelal bepaald met representatieve samendrukkingsparameters.

Het is op voorhand onbekend waar de grootste zettingen zullen optreden.

Dit is niet het geval wanneer men de kade in fasen gaat ophogen. Voorafgaand aan een volgende ophoogslag 'tekenen de locaties' zich af, waar de ondergrond het meest samendrukbaar is.

De dan reeds opgetreden zettingen worden bij de volgende ophoogslag gecompenseerd.

Wanneer men ervoor kiest om de kade ineens aan te leggen en ervan verzekerd wil zijn dat de kade na 30 jaar overal op het gewenste niveau ligt, dan moet men de kade overal aanleggen op het niveau dat behoort bij de representatieve samendrukkingsparameters omdat onbekend is waar de grootste zettingen zullen optreden.

Het grondverzet is het kleinst bij een gefaseerde aanleg en het grootst bij een aanleg ineens.

tabel 14: Benodigde hoeveelheid klei en vulling voor de tube (=bagger) voor de aanleg van 400 m kade.

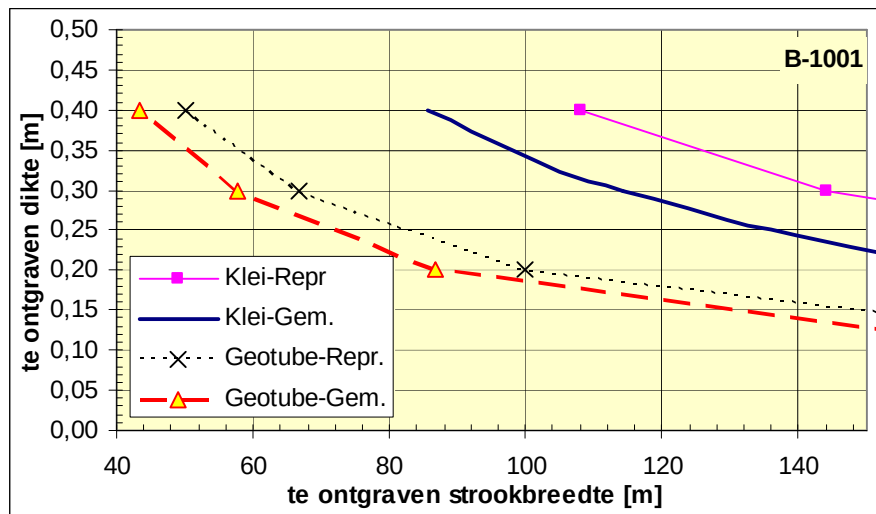
bodempopbouw volgens	Gemiddeld				Representatief				eenheid
	kleikade	Geotube	tube vulling	klei	kleikade	Geotube	tube vulling	klei	
B-1001	34,3	26,9	9,5	17,3	43,3	29,5	9,5	20,0	m²/m
B-1002	19,6	22,7		13,2	25,8	23,4		13,9	m²/m
B-1003	36,0	27,3		17,8	46,5	28,9		19,4	m²/m
lengte te maken kade = 400									m
B-1001	4.567	3.582	1.269	2.313	5.767	3.936	1.269	2.667	m³
B-1002	2.619	3.027	1.269	1.758	3.434	3.117	1.269	1.848	m³
B-1003	4.797	3.639	1.269	2.370	6.205	3.855	1.269	2.586	m³
totaal =	11.984	10.248	3.808	6.441	15.405	10.908	3.808	7.101	m³

Uit tabel 14 blijkt dat in het bodemprofiel met de meeste klei (=B-1002) de benodigde hoeveelheid grond voor de kade (19,6-25,8 m²/m) het kleinst is omdat de zettingen het kleinst zijn.

In de bodemprofielen met veel veen (=B-1001/3) is de benodigde hoeveelheid grond (26,9 46,5 m²/m) circa 80-30% groter dan bij B-1002.

In het onderste gedeelte van tabel 14 is de totale hoeveelheid grond bepaald uitgaande van een kadelengte van 400 m en onder aanname dat elk van de drie boringen representatief zijn voor 33% van de kadelengte (L=133 m). De benodigde hoeveelheid grond bedraagt bij:

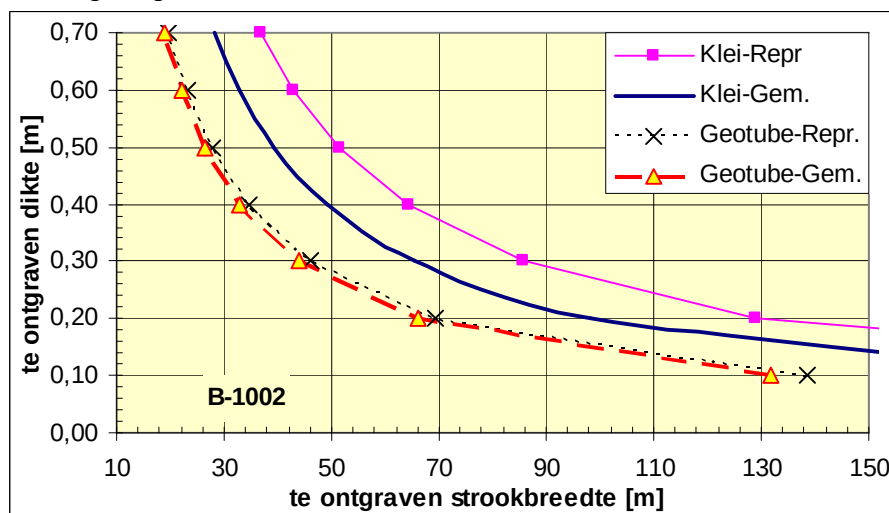
- een gefaseerde uitvoering: 6.400 m³ kleibekleding bij de geotube en 12.000 m³ bij een kleikade
- bij een aanleg in één keer: 7.100 m³ kleibekleding bij de geotube en 15.500 m³ bij een kleikade
- en ongeacht fasering is er 3.800 m³ 'steek vaste' bagger nodig om de geotube te vullen.



figuur 28: Relatie tussen te ontgraven dikte en strookbreedte klei tpv B-1001.

In figuur 28 is de relatie weergegeven tussen de te ontgraven laagdikte klei en de benodigde strookbreedte om de hoeveelheden (m^2/m) te kunnen winnen die in tabel 14 zijn vermeld. Wanneer wordt uitgegaan van de situatie met gemiddelde grondparameters met een geotube in de kade, dan is in de grafiek af te lezen dat bij het winnen van 0,30 m klei er een strookbreedte van $B=58$ m moet worden ontgraven. Wanneer wordt uitgegaan van representatieve grondparameters en een geotube in de kade, dan moet bij het ontgraven van een laagdikte van 0,30 m klei de strookbreedte worden vergroot tot $B=67$ m.

De maximale kleidikte in B-1002 bedraagt 0,70 m. Geadviseerd wordt om minimaal 0,20 m klei van de aanwezige laag achter te laten.



figuur 29: Relatie tussen te ontgraven dikte en strookbreedte klei tpv B-1002.

De maximale kleidikte in B-1002 bedraagt 0,70 m zodat maximaal 0,50 m klei kan worden gewonnen. Omdat de zettingen in dit bodemprofiel kleiner zijn, is de benodigde hoeveelheden klei per strekkende meter eveneens kleiner. Dat betekent dat bij eenzelfde ontgravingsdikte er een smallere strookbreedte nodig is. Dit blijkt uit figuur 29 wanneer wordt uitgegaan van een kleikade met zettingen op basis van representatieve grondparameters en een laagdikte van 0,50 m. De benodigde strookbreedte wordt dan $B=50$ m.

Wanneer wordt uitgegaan van de situatie met gemiddelde grondparameters dan is in de grafiek af te lezen dat bij het winnen van 0,30 m klei er een strookbreedte van $B=65$ m moet worden ontgraven

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Bodem

De bodemopbouw ter plaatse van de aan te leggen kade bestaat uit 4 grondlagen, te weten een dunne kleilaag (dik 0,5 m) die ligt op een veenlaag van 1½ m dikte. Vervolgens bevindt zich in de ondergrond een 2^e kleilaag die aanzienlijk in dikte varieert (0,25-3,0 m). Daaronder bevindt zich een 2^e veenlaag van 1½-3½ m dikte. Dit slappe Holocene pakket van circa 7 m rust op het Pleistocene zand.

Uit het grondonderzoek dat in de omgeving van de geplande kade is uitgevoerd, blijkt dat de veen- en kleilagen sterk samendrukbaar zijn. Daarnaast is de sterkte tegen afschuiven beperkt.

Kade

De te ontwerpen kade behoort tot de categorie IPO-klasse II en moet getoetst worden bij een waterpeil van NAP+0,10 m.

Kenmerken van de standaardkade:

- kruinhoogte NAP+0,25 m
- kruinbreedte B=1,50 m
- buitentalud krijgt een helling van 1:2
- binnentalud wordt opgezet onder een helling van 1:4
- de berm langs de kwelsloot moet minimaal B=3 m breed worden.

De kade wordt opgebouwd uit klei afkomstig uit de directe omgeving. Een alternatief is om in de kern van de kade een geotube toe te passen en deze te vullen met bagger.

Zettingen

Uit de berekeningen blijkt dat er forse zettingen te verwachten zijn:

waarde parameters	Gemiddeld	Representatief
Kleikade	$\Delta z = 0,80-1,70$ m	$\Delta z = 1,15-2,15$ m
Geotube	$\Delta z = 0,80-1,40$ m	$\Delta z = 1,10-1,90$ m

De consolidatieperiode varieert van 800 dagen ter plaatse van boring B-1003 tot 1.400 dagen ter plaatse van B-1002. Aangezien deze consolidatieperiode bepaald is met de representatieve waarde voor de consolidatiecoëfficiënt is de kans groot dat de zettingen in de praktijk sneller verlopen dan berekend. Zakbaakmetingen en waterspanningsmetingen kunnen hierover duidelijkheid geven (zie §7.2 Aanbevelingen: Monitoring).

Geotube

Gekozen is om slechts één grote geotube in de kade toe te passen. Dit naar aanleiding van de opmerking in de CUR 217 'Ontwerpen met geotextiele zandelementen' waarin wordt aangegeven dat 'uit ervaring is gebleken dat het opbouwen van een geotextiele constructie met meerdere lagen lastig is'.

Gekozen is voor een geotube met een diameter van $4 \text{ m} = 2 \cdot R$ met een vullingsgraad van $f=75\%$. De eindhoogte wordt dan globaal $h \approx 2,20$ m en de eindbreedte $b = 5,25$ m. De gevulde doorsnede van de geotube wordt dan $A=9,5 \text{ m}^2$. De omtrek van deze geotube bedraagt $O=12,60$ m. Een centrale positie ten opzichte van de kruin is wenselijk aangezien de dekking op de geotube dan globaal maximaal is en de kans op beschadiging van het geotextiel minimaal.

De minimale treksterkte waaraan het geotextiel van de tube moet voldoen, bedraagt:

$$T_{r, \text{Geotextiel}} = 25 \cdot 3,5 = 87,5 \text{ kN/m.}$$

Stabiliteit

Uit het stabiliteitsonderzoek is gebleken dat de standaardkade niet is aan te leggen binnen de gewenste periode van een halfjaar. In tabel 15 is een overzicht gegeven van het tijdschema waarbij voldaan wordt aan de benodigde stabiliteit. Per variant is tevens de bijbehorende laagdikte die per ophoogslag moet

worden opgebracht weergegeven, die gebaseerd is op zettingen die berekend zijn met representatieve grondparameters.

tabel 15: Tijdschema en dikte van de ophoogslagen per variant.

onderdelen	Kleikade				Geotube			
	tijdschema dag	B-1001 m	B-1002 m	B-1003 m	tijdschema dag	B-1001 m	B-1002 m	B-1003 m
1 ^e ophoogslag	1	2,50	2,00	2,30	1	2,20	2,15	2,15
2 ^e ophoogslag	180	1,50	0,90	1,25	180	1,70	0,70	1,15
sloot graven	180	x	x	x				
3 ^e ophoogslag	210	-	-	0,65	210	-	-	0,75
sloot graven					210	x	x	x
1 ^e baggerlaag	240				240			
2 ^e baggerlaag	605				605			
3 ^e baggerlaag	970				970			
opzetten waterpeil	1000				1000			

Als toets waarde voor de stabiliteit is tijdens de uitvoering Sf_r , uitv.-toets = 1,0 gehanteerd en in definitieve toestand $Sf_{d; toets} \geq \gamma_n \gamma_d \gamma_b = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,02 = 0,87$.

Om de kleikade stabiel te krijgen is de berm verbreed tot B=4 m en opgehoogd tot een blijvend niveau van NAP-1,50 m. Dit maaiveldniveau komt overeen met het huidige maaiveldniveau ter plaatse van boring B-1002. Deze verhoging is nodig om blijvend een korrelspanning in de veenlagen te creëren. Het gevolg daarvan is een grotere schuifsterkte in deze veenlagen.

Bij de kade met de Geotube in de kern hoeft de berm niet verbreed en opgehoogd te worden. Wel moet ter plaatse van B-1003 bij de 3^e ophoogslag, de klei die vrijkomt bij het graven van de kwelsloot als ballast op de berm worden aangebracht om de stabiliteit te garanderen. Uit controle voor de situatie dat de geotube over grote lengte kapot gaat, dan is de kade stabiel uitgezonderd ter plaatse van B-1003. Er is daarbij rekening gehouden met de volgende wrijvingseigenschappen voor de bagger in de tube: de hoek van inwendige wrijving $\phi'_{Rek} = 10^\circ$, cohesie $c'_{Rek} = 1$ kPa.

Grondbalans

Voor de aanleg van de nieuwe kade is grond nodig. HDSR denkt er over om dit in de directe omgeving te winnen door ter plaatse van de baggernes een laag van de dagzomende kleilaag af te graven.

De grondbalans is bepaald bij gemiddelde grondparameters.

De benodigde hoeveelheid klei bedraagt ter plaatse van B-93 waar het meeste klei in het bodemprofiel voorkomt $A = 19 \text{ m}^2/\text{m}$. In het bodemprofiel met veel veen (=B-96) is de benodigde hoeveelheid klei $A = 23 \text{ m}^2/\text{m}$.

Wanneer wordt uitgegaan van een kadelengte van 400 m en dat tevens beide boringen representatief zijn voor 50% van de kadelengte ($L = 200 \text{ m}$) dan is de benodigde hoeveelheid klei $8.400\text{-}9.500 \text{ m}^3$.

Aanbevolen wordt om het grondverzet gefaseerd uit te voeren omdat daarbij het grondverzet het kleinst is ($8.400\text{-}8.800 \text{ m}^3$) en omdat dit nodig is ter plaatse van B-96 in verband met de stabiliteit.

7.2 Aanbevelingen

Algemeen

Afwijkingen in de voorspelde zettingen kunnen ontstaan door lokaal afwijkende bodemopbouw, eventuele vroegere ophogingen en wegpersingen. Gezien de schematisaties in de berekeningen en de natuurlijke variaties in bodemeigenschappen kunnen de werkelijke eindzakkingen + of - 30% van de hiervoor genoemde waarden afwijken.

Monitoring

Om het zettingproces tijdens het ophogen te kunnen monitoren, wordt aanbevolen om zakbaken te plaatsen. Gedacht wordt om de zakbaken onderling op een afstand van 50 meter te plaatsen. De zakbaken dienen bij voorkeur te worden geplaatst in de as van de kade, daar waar de meeste zetting wordt verwacht. Aan de hand van de resultaten van de zakbaakmetingen kan een uitspraak worden gedaan of de berekende zettingen overeenkomen met de werkelijkheid en eventueel bijsturing van de werkwijze aan de orde komen. Evenzo kan het afwerkniveau hiermee nauwkeuriger worden bepaald.

De hoogte van zakbaak en de bovenkant ophoging moet bepaald worden:

- Direct na plaatsing (nulmeting);
- Dagelijks, direct na aanbrengen volledige belasting rondom zakbaken. gedurende een week;
- Hierna gedurende 3 weken, 2 maal per week met een minimale periode tussen de metingen van drie dagen;
- Hierna gedurende 3 maanden, 1 maal per week;
- Hierna gedurende 2 maanden, 1 maal per 2 weken.

Ter voorkoming van instabiliteiten als gevolg van wateroverspanningen, wordt geadviseerd om in de veenlagen waterspanningsmeters aan te brengen op twee niveaus, bijvoorbeeld NAP-3 m en NAP-7 m. De waterspanningsmeters dienen minimaal twee weken vóór de werkzaamheden te zijn aangebracht. In deze twee weken moeten de waterspanningen elke 2 dagen worden afgelezen ter bepaling van de nulsituatie.

Vervolgens worden deze waterspanningsmeters gelijktijdig met de zakbaken gemeten.

Opschonen

Voorafgaand aan de ophoogwerkzaamheden dient het terrein te worden opgeschoond.

Ophoogslagen

De ophoging dient trapsgewijs te worden aangebracht om instabiliteit van de ondergrond te voorkomen.

Omgevingsinvloed

Als gevolg van de ophogingen zullen er ook vervormingen (zowel horizontaal als verticaal) naast de kade optreden.

Aanbevolen wordt om aan de randen van de ophoging(teen) perkoenpalen te plaatsen in een rechte lijn. Hiermee kunnen bewegingen van het grondmassief al worden gesignaleerd voordat stabiliteitsverlies optreedt. Met name wordt geadviseerd om deze te plaatsen langs de watergangen. De perkoenpalen dienen bij voorkeur iedere dag visueel gecontroleerd te worden.

Geotube

Wanneer een geotube wordt toegepast, dan komt er bij het vullen veel (retour)water vrij. Om instabiliteit te voorkomen mag de kwelsloot nog niet worden gegraven.

In §5.2.2 'Uitvoeringsstabiliteit' is te zien, dat de glijcirkels met minimale stabiliteit allemaal tot grote diepte reiken en met een uittreepunt op ongeveer 10 m naast de tube.

Een voordeel daarvan is, dat een greppel van beperkte omvang en op korte afstand naast de geotube, de stabiliteit marginaal beïnvloed maar wel het (retour)water kan afvoeren dat bij het vullen van de tube vrijkomt.

Indien besloten wordt om een geotube toe te passen, dan wordt geadviseerd om contact op te nemen met de producent van de geotube opdat in gezamenlijk overleg vastgesteld kan worden welke flocculant nodig is bij de bagger die gebruikt gaat worden om de tube te vullen.

Gelijktijd moet ook de minimale poriegrootte (O_{90}) van het geotextiel bepaald worden opdat de geotube tijdens het vullen niet 'dicht slaat' maar voldoende kan zweten om het retourwater af te kunnen voeren naar de greppel.

Literatuur

- [Lit. 1] Geotextiel zandelementen, CUR/NGO/DWW publicatie 214, Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, Gouda maart 2004, ISBN 90.376.0442.0
- [Lit. 2] Ontwerpen met geotextiele zandelementen, CUR/NGO/DWW publicatie 217, Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, Gouda juli 2006, ISBN 90.3760.083.2
- [Lit. 3] Geotechniek TGB 1990 'NEN 6740:2006 Basiseisen en belastingen'; 2^e druk, 2006; Nederlands Normalisatie-instituut te Delft
- [Lit. 4] Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, Expertise Netwerk Waterkeren, Den Haag 2007, ISBN 978-90-369-1411-6
- [Lit. 5] Materiaalfactoren boezemkaden, ORK 2009-05, Stowa, Utrecht 2009, ISBN 978.90.5773.420.5
- [Lit. 6] Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden, ORK 2009-06, Stowa, Utrecht 2009, ISBN 978.90.5773.425.0
- [Lit. 7] Stappenplan Schematiseringsfactor, C03011.000049, Rijkswaterstaat-Waterdienst, 11 juni 2010
- [Lit. 8] Materiaalfactoren en protocollen voor ééntraps triaxiaalproeven en direct simple shear proeven, 1202121-003, Deltares 2010.
- [Lit. 9] Representatieve waarden voor grondparameters in de Geotechniek, Geotechniek april 2008, blz. 24-29.
- [Lit. 10] Nieuwe veiligheidsfactoren voor dijken in de Leidraad Rivieren, Geotechniek juli 2008.

Bijlage 1: Statistische bewerking grondparameters

mv niv m NAP	GWS m-mv	Boring/ monster nr.	X-coörd. m	Y-coörd. m	n. mons diepte m-mv.	n. mons diepte m NAP	Proeftyp C/T/S	Type triaxiaal- proef	materiaalbeschrijving grondsoort	bijmenging	kleur	Consisten- tie slap, stug	Volumegewicht		water- gehalte w %	porien- getal e	porien- gehalte n %	water- gehalte w _s %	verz. graad S _r %
													nat kN/m³	droog kN/m³					
-1.63		B-126/I	119.209	460.475	1,20	-2.83			Veen				9,30	2,2	319,7	11,1	91,7	71,2	77,6
-1.47		B-35/II	118.917	459.038	5,10	-6.57			Veen				9,40	1,3	600,2	19,4	95,1	80,3	84,4
-1.79		B-1003.4	119.079	458.449	6,15	-7.94			Veen				9,40	1,1	736,3	11,94	92,3	82,8	89,7
-1.52		B-1002.3	119.011	458.592	4,80	-6.32			Veen				9,42	1,2	695,6	11,39	91,9	82,4	89,6
-1.68		B-42/III	119.165	458.090	4,30	-5.98			Veen				9,70	1,7	468,3	14,6	93,6	79,7	85,1
-1.47		B-21/III	119.457	460.655	6,20	-7.67			Veen				9,80	1,6	514,5	15,7	94,0	82,0	87,2
-1.79		B-1001.1	118.938	458.702	1,55	-3.34			Veen				9,81	1,9	426,2	7,69	88,5	79,4	89,8
-1.97		B-87/III	119.225	457.823	5,20	-7.17			Veen				9,90	1,5	582,4	16,5	94,3	84,6	89,7
-1.55		B-103/II	118.780	459.155	3,10	-4.65			Veen				9,90	1,4	596,0	17,9	94,7	84,6	89,3
-1.50		B-113/I	118.800	459.930	1,10	-2.60			Veen				9,90	1,9	424,6	12,9	92,8	80,3	86,5
-1.52		B-1002.4	119.011	458.592	6,25	-7.77			Veen				9,97	1,9	435,0	7,77	88,6	81,1	91,5
-1.56		B-28/III	118.787	459.626	6,30	-7.86			Veen				10,00	1,4	607,9	17,9	94,7	85,9	90,7
-1.54		B-50/IV	119.365	457.683	5,15	-6.69			Veen				10,00	1,3	657,0	19,4	95,1	87,1	91,6
0.18		B-1006.1	119.419	457.035	3,25	-3.07			Veen				10,03	2,3	331,5	6,36	86,4	77,0	89,1
-1.60		B-10/I	119.507	462.074	1,60	-3.20			Veen				10,10	2,1	373,7	11,7	92,1	79,6	86,4
0.27		B-1005.4	119.345	457.483	6,90	-6.63			Veen				10,12	1,8	466,2	8,15	89,1	83,4	93,6
0.18		B-1006.4	119.419	457.035	7,10	-6.92			Veen				10,16	1,9	428,3	7,64	88,4	82,4	93,2
0.18		B-1000.4	118.909	458.938	6,80	-6.62			Veen				10,20	2,2	367,7	6,82	87,2	80,2	91,9
-0.87		B-1/I	119.164	462.884	3,70	-4.57			Veen				10,20	2,9	248,8	8,2	89,1	72,7	81,6
0.18		B-1000.2	118.909	458.938	5,35	-5.17			Veen				10,25	2,7	274,6	5,54	84,7	75,1	88,7
0.18		B-1000.3	118.909	458.938	6,40	-6.22			Veen				10,26	2,8	272,1	5,51	84,6	75,0	88,6
0.18		B-1006.3	119.419	457.035	6,20	-6.02			Veen				10,28	1,8	457,3	8,00	88,9	84,3	94,9
0.47		B-1007.2	119.251	456.703	4,35	-3.88			Veen				10,28	2,7	274,8	5,54	84,7	75,4	89,0
-1.71		B-12/IV	119.575	461.897	6,25	-7.96			Veen				10,30	1,8	480,0	13,7	93,2	85,0	91,2
-1.25		B-61/III	119.175	456.620	5,25	-6.50			Veen				10,30	1,5	565,0	16,5	94,3	87,3	92,6
-1.40		B-75/II	119.430	456.859	6,15	-7.55			Veen				10,30	1,8	478,4	13,7	93,2	85,1	91,3
-1.59		B-16/I	119.759	461.421	2,10	-3.69			Veen				10,40	1,6	568,3	15,7	94,0	88,8	94,5
-0.47		B-63/III	118.990	455.731	4,05	-4.52			Veen				10,50	2,6	302,3	9,2	90,2	78,5	87,0
0.27		B-1005.2	119.345	457.483	4,25	-3.98			Veen				10,56	2,7	290,5	5,70	85,1	78,6	92,3
-1.54		B-50/II	119.365	457.683	3,10	-4.64			Veen				10,60	2,3	364,3	10,5	91,3	83,0	90,9
-1.61		B-109/II	118.711	459.662	3,05	-4.66			Veen				10,60	2,4	349,0	10,0	90,9	82,6	90,9
-1.61		B-109/III	118.711	459.662	5,15	-6.76			Veen				10,60	2,1	393,4	11,7	92,1	84,5	91,7
-1.79		B-1001.4	118.938	458.702	6,15	-7.94			Veen				10,70	1,9	457,1	7,88	88,7	87,8	98,9
-1.50		B-113/III	118.800	459.930	5,30	-6.80			Veen				10,70	2,2	378,7	11,1	91,7	84,4	92,0
-1.54		B-50/I	119.365	457.683	1,80	-3.34			Veen				10,90	2,7	303,0	8,8	89,8	81,7	91,0
-1.71		B-83/I	119.292	457.606	1,10	-2.81			Veen				10,90	3,4	223,3	6,8	87,2	75,6	86,7
-1.55		B-103/II	118.780	459.155	1,20	-2.75	S		Veen	grove plant	bruin		8,90	1,4	545,7	17,9	94,7	75,6	79,8
-1.55		B-103/III	118.780	459.155	5,30	-6.85	S		Veen	grove plant	bruin		9,20	1,5	534,1	16,5	94,3	77,6	82,3
-1.50		B-54/I	119.476	457.431	2,05	-3.55	S		Veen				9,30	2,0	367,3	12,3	92,5	73,2	79,1
-1.43		B-46/IV	119.248	457.921	5,20	-6.63	S		Veen		donkerbruin		9,50	1,4	581,8	17,9	94,7	80,6	85,1
-1.84		B-89/III	119.144	458.045	5,25	-7.09	S		Veen	-	bruin		9,50	1,4	553,0	17,9	94,7	80,1	84,6
-1.44		B-96/II	119.004	458.773	3,80	-5.24	S		Veen	kleilig, hout	bruin		9,50	1,8	422,0	13,7	93,2	76,5	82,1
-1.80		B-33/II	118.887	459.111	3,70	-5.50	S		Veen	veel hout	bruin		9,60	1,7	460,7	14,6	93,6	78,8	84,2
-1.85		B-37/II	119.020	458.828	3,70	-5.55	S		Veen	veel hout	bruin		9,60	1,7	470,7	14,6	93,6	79,1	84,5
-1.54		B-50/II	119.365	457.683	3,30	-4.84	S		Veen	grove riet	bruin		9,60	1,9	417,2	12,9	92,8	77,7	83,7
-1.71		B-83/IV	119.292	457.606	5,10	-6.81	S		Veen	-	donkerbruin		9,60	1,6	493,5	15,7	94,0	79,7	84,8
-1.44		B-96/IV	119.004	458.773	5,80	-7.24	S		Veen	grove plant	bruin		9,60	1,4	563,5	17,9	94,7	81,5	86,1
-1.68		B-42/IV	119.165	458.090	5,15	-6.83	S		Veen	houtresten	bruin		9,70	1,3	661,1	19,4	95,1	84,1	88,4
-1.54		B-50/IV	119.365	457.683	5,30	-6.84	S		Veen	-	donkerbruin		9,70	1,1	768,7	22,8	95,8	85,6	89,4
-1.49		B-105/V	118.585	459.254	6,00	-7.49	S		Veen	plantenrest	bruin		9,70	1,5	566,1	16,5	94,3	82,2	87,2
-1.75		B-6/III	119.347	462.468	6,75	-8.50	S		Veen	houtresten	bruin		9,80	1,7	481,1	14,6	93,6	81,1	86,6
-1.59		B-16/III	119.759	461.421	6,35	-7.94	S		Veen	-	bruin		9,80	1,4	585,5	17,9	94,7	83,6	88,3
-1.38		B-19/II	119.759	461.269	6,15	-7.53	S		Veen	veel hout	bruin		9,80	1,9	427,7	12,9	92,8	79,2	85,3
-1.54		B-40/III	119.174	458.483	5,05	-6.59	S		Veen	-	donkerbruin		9,80	1,3	677,5	19,4	95,1	85,0	89,4
-1.40		B-75/I	119.430	456.859	3,35	-4.75	S		Veen	-	donkerbruin		9,90	1,7	497,5	14,6	93,6	82,8	88,5
-1.20		B-79/II	119.514	457.293	6,25	-7.45	S		Veen	droog	bruin		9,90	1,6	533,5	15,7	94,0	83,2	88,5
-1.83		B-85/I	119.290	457.737	1,65	-3.48	S		Veen	grove plant	bruin		9,90	2,1	373,1	11,7	92,1	77,9	84,6
-1.84		B-89/II	119.144	458.045	3,25	-5.09	S		Veen	-	bruin		9,90	1,7	479,4	14,6	93,6	82,3	87,9
-1.49		B-105/II	118.585	459.254	1,90	-3.39	S		Veen	houtresten	bruin		9,90	1,8	450,4	13,7	93,2	81,2	87,1
-1.56		B-117/III	118.862	460.269	5,75	-7.31	S		Veen	-	bruin		9,90	1,4	631,5	17,9	94,7	85,4	90,2
-1.90		B-135/II	119.482	460.816	3,05	-4.95	S		Veen	-	bruin		9,90	2,5	300,7	9,6	90,6	74,0	81,7
-1.80		B-33/IV	118.887	459.111	6,20	-8.00	S		Veen	iets kleilig	bruin		10,00	1,5	554,9	16,5	94,3	84,6	89,7
-1.85		B-37/I	119.020	458.828	2,20	-4.05	S		Veen	veel hout	bruin		10,00	1,7	494,5	14,6			

Boring/ monster nr.	P _g kN/m²	C	C*	C _p	C _s	C _p '	C _s '	Consolidatie 90%			Wrijvingshoek		def. %	Cohesie		RR	CR	Cα	a _{koppejan}	b _{koppejan}	C _{koppejan}	P _c	a	b	C _o oche	P _c
								C _{v90} m²/s	m _v 1/MPa	k _v m/s	Phi' °	Phi °		c' kN/m²	c kN/m²	N(10)/ Cn(10)	CR CR	Ca Ca	n(σ ₁ /σ ₃)	[-]	[-]	[-]	kPa	[-]	[-]	[-]
B-126/I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-35/II		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1003.4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1002.3.2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-42/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-21/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1001.1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-87/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-103/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-113/I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1002.4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-28/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-50/IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1006.1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-10/I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1005.4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1006.4.1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1000.4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1/I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1000.2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1000.3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1006.3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1007.2.2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-12/IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-61/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-75/II		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-16/I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-63/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1005.2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-50/II		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-109/II		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-109/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1001.4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-113/III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-50/I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-83/I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-103/I	16.1	23.8	5.5	24.6	3044.6	6.1	239.5	5.76E-07	3.426	1.94E-08					0.0936	0.3775	0.0096	0.0600	0.2419	0.0060						
B-103/III	13.9	15.0	3.4	18.9	290.7	5.9	32.8	2.52E-06	1.321	3.26E-08					0.1218	0.3903	0.0702	0.0769	0.2464	0.0062						
B-54/I	29.8	6.4	4.1	23.4	34.9	6.4	47.1	2.81E-07	0.4196	1.15E-09					0.0984	0.3598	0.0489	0.0618	0.2260	0.0057						
B-46/IV	25.7	13.5	3.6	28.1	104.4	6.0	35.0	1.51E-06	1.338	1.98E-08					0.0819	0.3838	0.0658	0.0510	0.2388	0.0060						
B-89/III	23.2	11.3	4.2	35.9	65.9	5.2	83.1	4.91E-07	1.764	8.50E-09					0.0641	0.4428	0.0277	0.0399	0.2756	0.0069						
B-96/III	25.9	20.2	4.5	32.7	212.3	4.9	214.8	1.40E-06	1.572	2.16E-08					0.0704	0.4699	0.0107	0.0438	0.2924	0.0073						
B-33/II	26.5	22.7	4.3	37.3	232.6	5.5	75.1	3.77E-07	1.266	4.68E-09					0.0617	0.4187	0.0307	0.0382	0.2593	0.0065						
B-37/II	22.2	52.0	3.2	104.0	416.0	4.8	36.7	2.71E-06	1.09	2.90E-08					0.0221	0.4797	0.0627	0.0137	0.2971	0.0074						
B-50/II	24.3	15.1	3.5	30.7	118.1	7.4	26.2	5.82E-07	1.149	6.55E-09					0.0750	0.3112	0.0879	0.0465	0.1927	0.0048						
B-83/IV	27.0	8.8	3.0	22.9	57.5	3.9	54.7	3.22E-06	1.585	5.00E-08					0.1005	0.5904	0.0421	0.0623	0.3657	0.0091						
B-96/IV	34.8	28.1	3.6	50.5	252.6	4.4	75.4	1.12E-06	0.853	9.34E-09					0.0456	0.5233	0.0305	0.0282	0.3241	0.0081						
B-42/IV	21.1	12.9	3.4	36.6	80.1	5.8	33.9	2.00E-06	1.238	2.43E-08					0.0629	0.3970	0.0679	0.0388	0.2448	0.0061						
B-50/IV	22.5	6.4	3.9	20.0	37.5	4.9	73.1	1.60E-06	1.324	2.07E-08					0.1151	0.4699	0.0315	0.0710	0.2897	0.0072						
B-105/V	38.5	45.9	2.5	72.9	497.0	3.9	26.9	4.12E-07	1.209	4.88E-09					0.0316	0.5904	0.0856	0.0195	0.3640	0.0091						
B-6/III	30.2	76.8	4.0	114.4	935.2	5.2	69.7	2.18E-07	2.894	6.18E-09					0.0201	0.4428	0.0330	0.0124	0.2718	0.0068						
B-16/III	28.6	22.7	3.9	71.7	133.2	5.6	52.2	1.41E-06	1.218	1.68E-08					0.0321	0.4112	0.0441	0.0197	0.2524	0.0063						
B-19/III	35.1	16.9	2.7	29.9	156.0	4.8	24.2	1.21E-06	1.46	1.73E-08					0.0770	0.4797	0.0951	0.0473	0.2944	0.0074						
B-40/III	22.6	7.5	4.4	13.5	68.2	5.4	99.7	1.92E-06	2.591	4.87E-08					0.1706	0.4264	0.0231	0.1047	0.2617	0.0065						
B-75/II	33.9	11.8	3.6	34.4	71.7	5.2	48.6	8.93E-07	0.792	6.93E-09					0.0669	0.4428	0.0474	0.0409	0.2706	0.0068						
B-79/II	32.1	18.9	2.6	33.1	176.4	5.8	18.6	4.42E-06	0.591	8.21E-09					0.0696	0.3970	0.1238	0.0425	0.2426	0.0061						
B-85/I	19.2	27.3	5.3	48.8	246.9	5.8	260.1	1.57E-06	1.157	1.78E-08					0.0472	0.3970	0.0089	0.0288	0.2426	0.0061						
B-89/II	21.6	4.6	4.9	22.8	22.8	5.8	130.2	2.70E-07	2.266	6.01E-09					0.1010	0.3970	0.0177	0.0617	0.2426	0.0061						
B-105/II	25.0	42.4	2.7	60.8	558.9	5.7	20.9	2.29E-06	0.724	1.62E-08					0.0379	0.4040	0.1102	0.0231	0.2469	0.0062						
B-117/III	45.1	20.6	3.2	37.2	183.9	3.6	105.4	1.83E-06	0.219	3.93E-09																

mv niv m NAP	GWS m-mv	Boring/ monster nr.	X-coörd. m	Y-coörd. m	n. mons diepte m-mv.	n. mons diepte m NAP	proeftyp C/T/S	Type triaxiaal- proef	materiaalbeschrijving		kleur	Consis- tentie slap, stug	Volumegewicht		water- gehalte w %	porien- getal e	porien- gehalte n %	water- gehalte w _v %	verz. graad S _r %
									grondsoort	bijmenging			nat kN/m³	droog kN/m³					
0.19		B-1004.2	119.204	457.961	6.35	-6.16			Veen-kleilig				11.06	3.6	209.6	4.49	81.8	74.9	91.5
-0.47		B-63/I	118.990	455.731	1.70	-2.17			Veen	-			11.10	3.2	243.8	7.3	87.9	78.8	89.6
-1.47		B-35/II	118.917	459.038	5.30	-6.77							11.30	3.1	262.2	7.6	88.3	81.5	92.3
-1.43		B-46/I	119.248	457.921	1.45	-2.88							11.30	4.0	181.4	5.6	84.9	72.7	85.6
0.19		B-1004.1	119.204	457.961	5.55	-5.36			Veen-kleilig				11.36	4.9	131.2	3.32	76.9	64.4	83.8
-1.45		B-128/I	119.256	460.462	1.15	-2.60							11.60	3.9	202.2	5.8	85.3	77.9	91.3
-1.54		B-50/I	119.365	457.683	1.60	-3.14							11.70	3.7	217.3	6.1	86.0	80.0	93.0
-1.61		B-109/II	118.711	459.662	3.15	-4.76							11.70	3.6	221.5	6.4	86.4	80.7	93.4
0.47		B-1007.2	119.251	456.703	4.10	-3.63			Veen-kleilig				11.75	4.1	187.4	4.06	80.2	76.6	95.5
-1.23		B-124/II	119.161	460.478	4.05	-5.28							11.80	4.1	187.9	5.5	84.5	77.0	91.1
-1.07		B-58/I	119.421	456.975	1.70	-2.77	S		Veen-kleilig	kleilig	bruin		11.10	3.4	227.6	6.8	87.2	77.4	88.8
-1.50		B-113/III	118.800	459.930	5.05	-6.55	S		Veen-kleilig	veenhouder	grijs		11.10	2.7	314.2	8.8	89.8	84.2	93.8
-1.23		B-124/I	119.161	460.478	1.25	-2.48	S		Veen-kleilig	weinig kleih	bruin-grijs		11.10	3.2	247.4	7.3	87.9	79.2	90.1
-0.47		B-63/II	118.990	455.731	2.85	-3.32	S		Veen-kleilig	veenhouder	grijs		11.30	3.4	232.6	6.8	87.2	79.4	91.1
-1.46		B-102/II	118.756	459.174	5.30	-6.76	S		Veen-kleilig	weinig kleih	bruin		11.80	3.7	223.1	6.1	86.0	81.6	94.9
-1.68		B-42/II	119.165	458.090	3.15	-4.83	S		Veen-kleilig	grove plante	bruin		12.00	3.5	241.3	6.6	86.8	84.9	97.8
-1.97		B-87/II	119.225	457.823	3.25	-5.22	S		Veen-kleilig	-	bruin		12.80	5.2	146.4	4.1	80.4	75.8	94.3
-1.47		B-21/II	119.457	460.655	4.40	-5.87	S		Veen-kleilig	plantenrest	grijs-bruin		12.90	5.4	139.3	3.9	79.6	75.3	94.6
-1.25		B-61/I	119.175	456.620	2.55	-3.80	S/T		Veen	houtresten	bruin		11.10	2.5	348.8	9.6	90.6	86.2	95.1
-1.56		B-117/II	118.862	460.269	2.95	-4.51	S/T		Veen-kleilig	rietresten	grijs		12.30	4.3	186.2	5.2	83.8	80.0	95.5
-1.38		B-19/I	119.759	461.269	2.20	-3.58	T		Veen-kleilig	iets kleilig	bruin-donkerbruin		11.40	3.3	243.8	7.0	87.5	81.2	92.8
0.27		B-1005.3	119.345	457.483	5.70	-5.43	T	CU-C	Veen-kleilig	zwak siltig	donkergrijs		11.48	3.6	214.8	4.49	81.8	78.4	95.8
-0.47		B-63/I	118.990	455.731	1.80	-2.27	T		Veen-kleilig	sterk kleilig	bruin-grijs		11.50	3.8	204.2	6.0	85.7	77.1	90.0
0.47		B-1007.3	119.251	456.703	5.15	-4.68	T	CU-C	Veen-kleilig	zwak kleilig	bruin		11.83	4.3	178.3	3.92	79.7	75.8	95.2
0.18		B-1006.4	119.419	457.035	7.35	-7.17			Klei				15.64	10.7	46.7	1.41	58.4	49.8	85.2
-1.54		B-40/I	119.174	458.483	2.15	-3.69	S		Veen-kleilig	kleilig, zandhoudend, geroerd			13.00	6.6	96.7	3.0	75.1	64.1	85.4
-1.56		B-26/II	118.813	459.767	4.60	-6.16	S		Klei	weinig plant	grijs		13.50	6.1	120.6	3.4	77.0	73.8	95.8
-1.63		B-126/III	119.209	460.475	5.35	-6.98	S		Klei	rietresten	grijs		14.00	7.5	86.9	2.5	71.7	65.2	90.9
-1.71		B-12/III	119.575	461.897	5.35	-7.06	S		Klei	weinig plant	grijs		14.20	7.3	94.7	2.6	72.5	68.9	95.0
-1.56		B-28/II	118.787	459.626	4.20	-5.76	S		Klei	weinig plant	grijs		14.40	7.3	97.3	2.6	72.5	71.0	97.9
-1.52		B-1002.3	119.011	458.592	4.60	-6.12	S		Klei	matig siltig	grijs		14.48	8.4	71.7	1.95	66.1	60.5	91.5
-1.61		B-109/II	118.711	459.662	3.40	-5.01	S		Klei	zwak veenh	bruin-grijs		14.70	7.8	89.2	2.4	70.6	69.4	98.3
-1.80		B-138/II	119.630	461.084	3.25	-5.05	S		Klei	rietresten	grijs		14.80	8.6	73.0	2.1	67.5	62.6	92.7
-1.80		B-138/IV	119.630	461.084	6.15	-7.95	S		Klei	rietresten	grijs		15.00	8.6	75.3	2.1	67.5	64.5	95.6
0.01		B-70/II	119.982	455.964	6.10	-6.09	S		Klei	weinig plant	grijs		15.10	8.4	81.3	2.2	68.3	67.9	99.4
0.01		B-70/I	119.982	455.964	3.45	-3.44	S/T		Klei	weinig zand	grijs		17.40	12.6	38.2	1.1	52.5	48.2	91.8
-1.45		B-128/II	119.256	460.462	3.10	-4.55	T		Klei	rietresten	grijs-bruin		13.40	6.4	110.7	3.1	75.8	70.3	92.7
-1.63		B-126/II	119.209	460.475	3.20	-4.83	T		Klei	weinig rietre	grijs-bruin		13.60	6.2	119.0	3.3	76.6	73.7	96.2
-1.50		B-113/II	118.800	459.930	3.15	-4.65	T		Klei	rietresten	grijs-bruin		14.90	7.9	87.5	2.4	70.2	69.4	98.9
0.18		B-1006.2	119.419	457.035	4.80	-4.62	T	CU-C	Klei	matig siltig	donkergrijs		15.01	8.6	75.3	1.92	65.8	64.5	98.0
-1.80		B-138/III	119.630	461.084	5.35	-7.15	T		Klei	weinig rietre	grijs-bruin		15.60	9.5	63.7	1.8	64.2	60.6	94.4
-1.52		B-1002.2	119.011	458.592	3.10	-4.62	T	CU-C	Klei	sterk zandh	grijs		16.54	10.5	56.9	1.44	59.0	59.9	101.5
0.27		B-1005.1	119.345	457.483	1.80	-1.53	T	CU-C	Klei	sterk siltig	grijs/donkergrijs		17.61	13.1	34.4	0.98	49.6	45.1	90.9
0.47		B-1007.1	119.251	456.703	2.40	-1.93	T	CU-C	Klei	uiterst siltig	grijs		18.61	14.4	29.2	0.81	44.7	42.1	94.2

Boring/ monster nr.	P _g kN/m²	C	C*	C _p	C _s	C _{p'}	C _{s'}	Consolidatie 90%			Wrijvingshoek			Cohesie		RR	CR	C _α	a _{Koppejan}	b _{Koppejan}	c _{Koppejan}	P' _c kPa	a	b	c _{isotache}	P' _c
								C ₉₀ m/s	m _v 1/MPa	k _v m/s	Phi°	Phi°	def. %	c' kN/m²	c kN/m²											
B-1004.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-63/I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-35/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-46/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1004.1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-128/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-50/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-109/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1007.2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-124/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-58/II	26.9	51.5	4.5	58.7	1667.5	5.1	147.9	2.05E-07	1.484	2.98E-09	-	-	-	-	-	0.0392	0.4515	0.0156	0.0228	0.2628	0.0066	-	-	-	-	-
B-113/III	42.8	27.5	3.8	53.1	228.0	5.3	52.4	8.35E-06	0.287	2.35E-08	-	-	-	-	-	0.0434	0.4345	0.0438	0.0252	0.2529	0.0063	-	-	-	-	-
B-124/II	21.0	14.7	4.0	40.9	92.1	8.1	30.9	6.03E-07	0.779	4.61E-09	-	-	-	-	-	0.0563	0.2843	0.0745	0.0328	0.1655	0.0041	-	-	-	-	-
B-63/II	33.4	22.3	4.5	39.2	206.0	5.4	107.5	1.04E-07	1.138	1.16E-09	-	-	-	-	-	0.0587	0.4264	0.0214	0.0339	0.2464	0.0062	-	-	-	-	-
B-102/II	28.0	10.6	6.5	19.9	91.4	7.2	270.8	2.74E-08	2.170	5.83E-10	-	-	-	-	-	0.1157	0.3198	0.0085	0.0657	0.1815	0.0045	-	-	-	-	-
B-42/II	23.5	7.8	4.8	18.8	53.3	5.8	113.2	3.85E-07	2.377	8.98E-09	-	-	-	-	-	0.1225	0.3970	0.0203	0.0691	0.2238	0.0056	-	-	-	-	-
B-87/II	84.3	4.7	3.6	8.6	68.9	4.1	120.3	1.69E-07	2.936	4.88E-09	-	-	-	-	-	0.2577	0.5616	0.019	0.1471	0.3086	0.0077	-	-	-	-	-
B-21/II	30.4	29.4	3.7	48.0	302.7	6.7	32.7	5.22E-08	1.772	9.07E-10	-	-	-	-	-	0.0480	0.3437	0.0704	0.0263	0.1883	0.0047	-	-	-	-	-
B-61/II	17.8	5.5	7.7	12.7	39.2	61.0	35.2	5.29E-07	2.759	1.43E-08	13.8	9.2	2.0	3.9	4.0	0.1813	0.0377	0.0654	0.1055	0.0220	0.0005	-	-	-	-	-
B-117/II	28.7	28.4	3.9	41.0	369.9	6.6	39.0	1.86E-07	1.120	2.05E-09	15.5	8.6	3.0	8.1	8.0	0.0562	0.3489	0.0590	0.0314	0.1948	0.0049	-	-	-	-	-
B-19/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.1	10.1	3.2	7.7	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1005.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.3	11.4	4.0	12.9	13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-63/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.6	12.7	4.3	6.3	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1007.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.9	9.7	6.0	15.3	20.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1006.4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-40/II	40.7	13.1	9.5	21.6	132.3	12.1	176.9	3.97E-07	1.302	5.07E-09	-	-	-	-	-	0.1066	0.1903	0.0130	0.0582	0.1039	0.0026	-	-	-	-	-
B-26/II	39.2	28.2	4.1	42.0	344.8	6.0	52.5	1.15E-07	0.8943	1.01E-09	-	-	-	-	-	0.0548	0.3838	0.0439	0.0295	0.2066	0.0052	-	-	-	-	-
B-126/III	36.3	34.2	7.1	53.5	378.6	10.2	91.7	1.35E-07	0.914	1.21E-09	-	-	-	-	-	0.0430	0.2257	0.0251	0.0228	0.1198	0.0030	-	-	-	-	-
B-12/II	29.9	35.3	5.9	51.0	460.7	8.8	70.7	2.40E-07	0.5313	1.25E-09	-	-	-	-	-	0.0451	0.2617	0.0326	0.0238	0.1382	0.0035	-	-	-	-	-
B-28/II	31.2	77.1	4.8	87.3	2632.1	7.4	54.5	1.05E-07	0.8718	8.95E-10	-	-	-	-	-	0.0264	0.3112	0.0422	0.0139	0.1634	0.0041	-	-	-	-	-
B-1002.3	30.3	45.2	9.5	154.9	255.6	15.7	96.6	2.70E-07	0.342	9.08E-10	-	-	-	-	-	0.0152	0.1560	0.0238	0.0078	0.0769	0.0019	-	-	-	-	-
B-109/II	21.2	12.4	5.4	20.6	125.3	6.1	177.3	1.08E-07	2.178	2.31E-09	-	-	-	-	-	0.1118	0.3775	0.0130	0.0583	0.1967	0.0049	-	-	-	-	-
B-138/II	30.5	36.5	12.7	63.2	345.5	14.1	515.6	3.37E-07	0.603	1.98E-09	-	-	-	-	-	0.0364	0.1633	0.0045	0.0189	0.0849	0.0021	-	-	-	-	-
B-138/IV	50.8	31.7	7.6	54.8	300.6	8.5	287.8	1.69E-07	0.453	7.50E-10	-	-	-	-	-	0.0420	0.2709	0.0080	0.0217	0.1401	0.0035	-	-	-	-	-
B-70/II	83.1	46.0	5.5	70.6	528.2	6.9	112.1	1.78E-07	0.2995	5.22E-10	-	-	-	-	-	0.0326	0.3337	0.0205	0.0168	0.1722	0.0043	-	-	-	-	-
B-70/II	46.3	40.5	19.6	57.3	553.0	23.2	512.8	2.24E-06	0.265	5.82E-09	35.0	18.0	3.6	2.8	4.7	0.0402	0.0992	0.0045	0.0197	0.0487	0.0012	-	-	-	-	-
B-128/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	11.3	2.0	5.5	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-126/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.4	16.3	3.0	5.1	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-113/II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.4	10.5	2.5	5.2	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1006.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.6	14.3	2.5	5.2	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-138/III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.6	14.2	4.0	6.8	11.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1002.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.5	19.1	5.0	1.0	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1005.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.2	22.1	4.5	5.2	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-1007.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.7	19.0	3.0	6.9	10.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Veen	γ _{nat}	γ _{droog}	W	C	C*	C _p	C _s	C _{p'}	C _{s'}	C ₉₀	RR	CR	Ca	a _{Koppejan}	b _{Koppejan}	c _{Koppejan}	a	b	Cisotache	
	aantal =	92	92	92	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	5	5	5	
	GEMIDDELDE =	10,0	1,9	447,9	16,0	3,8	35,7	134,7	5,7	55,2	7,5E-07	0,0653	0,4070	0,0417	0,0395	0,2461	0,0062	0,0447	0,2549	0,0069
	Variatiecoëfficiënt V _n =	0,04	0,26	0,27	0,25	0,21	0,14	0,22	0,23	0,18	-0,08	-0,19	-0,45	-0,22	-0,16	-0,29	-0,08	-0,13	-0,17	-0,05
	Representatief =	9,7	1,5	345,3	8,7	3,0	22,8	51,7	4,0	29,7	2,8E-07	0,1022	0,5781	0,0774	0,0618	0,3520	0,0088	0,0782	0,3565	0,0102
Klei	γ _{nat}	γ _{droog}	W	C	C*	C _p	C _s	C _{p'}	C _{s'}	C ₉₀	RR	CR	Ca	a _{Koppejan}	b _{Koppejan}	c _{Koppejan}	a	b	Cisotache	
	aantal =	19	19	19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1	1	1	
	GEMIDDELDE =	15,2	8,9	76,4	35,5	7,3	58,2	415,6	9,7	139,1	2,2E-07	0,0396	0,2390	0,0166	0,0206	0,1238	0,0031	0,0070	0,0731	0,0036
	Variatiecoëfficiënt V _n =	0,09	0,26	0,35	0,13	0,24	0,13	0,13	0,20	0,17	-0,06	-0,16	-0,31	-0,21	-0,13	-0,22	-0,08	-	-	-
	Representatief =	13,8	6,7	50,7	21,5	4,3	33,3	179,2	6,0	54,8	8,2E-08	0,0689	0,3851	0,0420	0,0361	0,2046	0,0051	-	-	-