

## memo

met definitie!

Aan : Mark Klein Breteler  
 Van : Chris Stolker  
 Betreft : Analyse geocontainers  
 Datum : 25 november 2002  
 Kopie :  
 Afhandeling:

## 1. Inleiding

In 2001 zijn fysische experimenten uitgevoerd met golfbelasting op twee stapelingen van met zand gevulde geocontainers. In het rapport van die studie (Klein Breteler, 2001) is een analyse uitgevoerd naar de drukopbouw in deze stapelingen. Op basis van de resultaten van de experimenten zijn relaties afgeleid tussen de dimensieloze drukgolfhoogte en de dimensieloze locatie in de stapeling. Hierbij was de drukgolfhoogte gedefinieerd als het verschil in gemiddelde druk onder een golftop (c.q. het gemiddelde van de maximale druk) en de druk in een golfdal (c.q. het gemiddelde van de minimale druk) per drukopnemer. Bij nader inzien blijkt dit toch niet een goede keuze geweest te zijn, omdat juist het maximale drukverschil tussen twee locaties op een bepaald tijdstip van belang is en niet zozeer een verschil in drukgolfhoogte op één locatie.

In 2002 zijn daarom nieuwe activiteiten geformuleerd in het kader van onderzoek naar de geotechnische stabiliteit van geocontainers. Eén onderdeel betrof een nadere analyse van de resultaten van het experimentele onderzoek. Deze memo beschrijft deze nadere analyse.

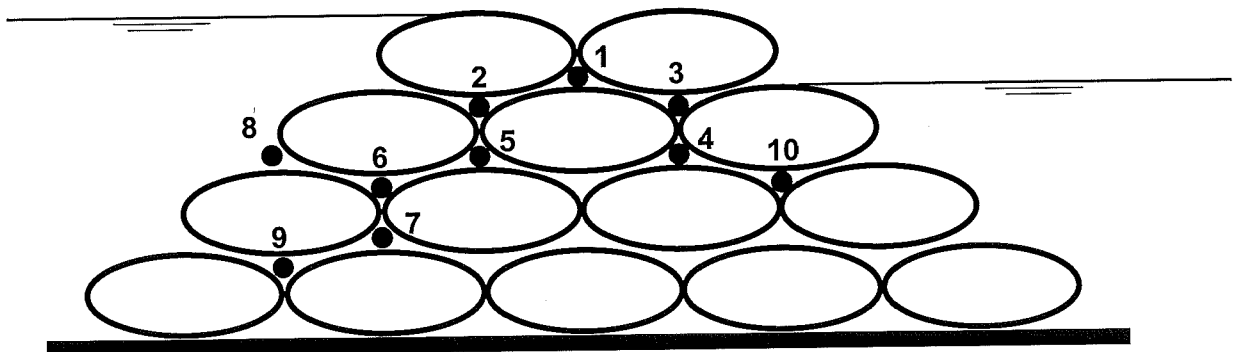
Tevens gaat dit stuk in op een berekeningsmethode voor het bepalen van de stabiliteit van een stapeling geocontainers. De resultaten uit de experimenten zullen hierbij als input dienen.

## 2. Korte beschouwing van de uitgevoerde proeven

De proefopstelling van het experiment bestond uit een stapeling van geocontainers, zoals afgebeeld in figuur 1. De experimenten zijn uitgevoerd met twee afmetingen geocontainers, waarbij de vorm van de stapeling echter is gehandhaafd. Tabel 1 geeft de afmetingen weer van de geocontainers die voor de twee stapelingen zijn gebruikt. Tevens geeft deze tabel het individuele gewicht van een container.

Tabel 1 Afmetingen geocontainers

	hoogte container (m)	breedte container (m)	lengte container (m)	droog gewicht (kg)
1e stapeling	0,06	0,37	1,40	49
2e stapeling	0,093	0,32	1,40	75



Figuur 1 Dijklichaam van geocontainers, inclusief locatie drukopnemers

De proeven zijn uitgevoerd in de Venetiëfaciliteit van WL | Delft Hydraulics. Er bevonden zich 10 drukopnemers tussen de verschillende geocontainers, genummerd van 1 tot 10 (zie figuur 1). De proeven zijn uitgevoerd op schaal 20, waardoor de stijghoogte in het prototype 20 maal groter is dan in het model.

Naast de drukverdeling in een stapeling is de wrijvingscoëfficiënt bepaald, door een stapeling van drie geocontainers op een hellend vlak te leggen en dit vlak langzaam steeds steiler in te stellen. Uit deze opstelling bleek dat de geocontainer pas bij een hoek van  $\gamma = 45^\circ$  ging verschuiven. De kritieke wrijvingscoëfficiënt  $f_c$  is hiermee  $f_c = \tan\gamma = 1.0$ .

Het dijklichaam werd, afhankelijk van de proef, gedurende een bepaalde periode belast door regelmatige of onregelmatige golven. Voor de proeven werd de golfhoogte, de golfperiode en het waterstandsniveau boven de kruin gevarieerd. In totaal zijn er 21 proeven uitgevoerd, waarvan 11 met regelmatige golven. Gedurende alle proeven is het dijklichaam niet bezweken, ondanks de laatste uitgevoerde 'bezwijk'-proef, waarbij de maximaal uit de faciliteit te halen golfhoogte is ingezet ( $H = 30$  cm). De stapeling stond hierbij overigens wel sterk met de golven mee te deinen (mondlinge mededeling modelassistenten). Dit deinen bleek bij regelmatige golven sterker te zijn dan bij onregelmatige golven, waardoor is gekozen de bezwijkproef bij regelmatige golven uit te voeren.

### 3. Databewerking

De proeven met regelmatige golven zijn opnieuw geanalyseerd. Tabel 2 geeft de verschillende proeven weer met regelmatige golven. Tevens zijn aan deze tabel enige belangrijke parameters van de betreffende experimenten toegevoegd.

proefcode	proef	stapeling	H (cm)	T (s)	cm waterniveau boven kruin
R012	1	1	14.4	1.6	8
R002	2	1	22.4	1.8	8
R003	3	1	22.1	2.2	8
R006	4	1	15.4	2.2	0
R201	5	2	14.1	1.6	8
R202	6	2	19.1	1.8	8
R204	7	2	17.2	1.6	0
R205	8	2	24.9	1.8	0

Tabel 2 Uitgevoerde en geanalyseerde proeven met regelmatige golven, inclusief enkele belangrijke proefparameters

Voor ieder experiment blijken de drukopnemers bij een lege goot te zijn genuld. Vervolgens is bij het ingestelde waterniveau, per drukopnemer een zogenaamde zero-level ( $\text{kN/m}^2$ ) bepaald, die de waterdruk boven de drukopnemer bij stilstaand water aangeeft. Teneinde alleen de dynamische druk van de golven te beschouwen, dienen gemeten drukvariaties verminderd te worden met de zero-level van de betreffende drukopnemer.

Uit deze zero-levels kan ook het exacte niveau onder het wateroppervlak worden afgeleid. Hoewel dit ook kan worden bepaald op basis van de afmetingen van de individuele geocontainers, maar blijkt minder exact te zijn. Reden hiervoor is dat de drukopnemers dieper kunnen liggen, doordat ze net in een kuiltje bevinden, waardoor de diepte bepaald op basis van de containerafmetingen een onderschatting geeft.

De kracht die er vermoedelijke voor zorgt dat een uit geocontainers bestaand dijklichaam bezwijkt, is de kracht die vanuit het dijklichaam naar buiten is gericht. Waarschijnlijk zal de krachtsvector haaks op het dijktaalud staan. Aangezien van de 10 drukopnemers slechts één drukopnemer buiten de stapeling bevond, namelijk drukopnemer 8, is er voor gekozen drukopnemers 1, 2, 5, 6, 7, 9 met

deze drukopnemer vergelijken. De overige drukopnemers bevonden zich aan de lezijde en zijn daarom buiten de analyse gelaten.

Om de grootste naar buiten toe gerichte kracht aan de meetdata te ontlenuen is de 80%, 50%, 20% en 5% overschrijdingswaarde van het maximale stijghoogteverschil van een bepaalde drukopnemer, ten opzichte van drukopnemer 8, bepaald. Dit wordt uitgedrukt in de volgende vergelijking:

$$\phi = \left[ \left( \frac{P_x - \text{zero level}}{\rho \cdot g} \right) - \left( \frac{P_8 - \text{zero level}_8}{\rho \cdot g} \right) \right]_{\max}$$

waarin:

$P_x$	= drukwaarde van drukopnemer x, respectievelijk 1, 2, 5, 6, 7, 9 (kN/m <sup>2</sup> )
zero-level	= drukniveau van de drukopnemer bij stilstaand water (kN/m <sup>2</sup> )
$\rho$	= dichtheid van water (1000 kg/m <sup>3</sup> )
$g$	= gravitatieversnelling (9,81 m/s <sup>2</sup> )
$\phi$	= stijghoogteverschil tussen twee drukopnemers (m)

Voor het bepalen van deze overschrijdingswaarden is het volledige tijdsignaal van de proef genomen. Tevens wordt opgemerkt dat ondanks het feit dat het ging om regelmatige golven, de 80%, 50%, 20% en 5% overschrijdingswaarden toch van elkaar verschillen. Dit wordt mede veroorzaakt door toevalligheden in het brekerproces en de kleine golfhoogtevariatiën tijdens de proef. Voor de analyse is gekozen de 50% overschrijdingswaarde te hanteren. Gemiddeld gezien wijkt de 80% overschrijdingswaarde 25% af van de 50% overschrijdingswaarde. De 20% en 5% overschrijdingswaarde wijken gemiddelde gezien respectievelijk 15% en 40% af van de 50% overschrijdingswaarde.

#### 4. Data-analyse

##### *Inleiding*

De bewerkte data is geanalyseerd en in figuren uitgezet. De analyse heeft zich beperkt tot de proeven met regelmatige golven. De volgende zaken zijn uitgevoerd en worden middels figuren getoond (zie hiervoor bijlage A): N.B. de huidige analyse beslaat A3-A18.

- Figuur A-1 Verschil in stijghoogte tussen drukopnemer 1, 2, 5, 6, 7, 9 en 8 voor de 1e stapeling (proeven 1 tot en met 4)
- Figuur A-2 Verschil in stijghoogte tussen drukopnemer 1, 2, 5, 6, 7, 9 en 8 voor de 2e stapeling (proeven 5 tot en met 8)
- Figuur A-3 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)
- Figuur A-4 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze horizontale afstand in de stapeling (2e stapeling)
- Figuur A-5 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze horizontale afstand tot drukopnemer 8 (1e stapeling)
- Figuur A-6 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze horizontale afstand tot drukopnemer 8 (2e stapeling)
- Figuur A-7 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verticale afstand onder de kruin (1e stapeling)
- Figuur A-8 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verticale afstand onder de kruin (2e stapeling)

- Figuur A-9 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verticale afstand onder het wateroppervlak (1e stapeling)
- Figuur A-10 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verticale afstand onder het wateroppervlak (2e stapeling)
- Figuur A-11 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze directe afstand tot drukopnemer 8 (1e stapeling)
- Figuur A-12 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze directe afstand tot drukopnemer 8 (2e stapeling)
- Figuur A-13 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de haakse afstand tot het talud (1e stapeling)
- Figuur A-14 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de haakse afstand tot het talud (2e stapeling)
- Figuur A-15 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de verhouding tussen de dimensieloze verticale en horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)
- Figuur A-16 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de verhouding tussen de dimensieloze verticale en horizontale afstand in de stapeling (2e stapeling)
- Figuur A-17 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de verhouding tussen de dimensieloze verticale afstand onder het wateroppervlak en horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)
- Figuur A-18 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de verhouding tussen de dimensieloze verticale afstand onder het wateroppervlak en horizontale afstand in de stapeling (2e stapeling)
- Figuur A-19 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de verhouding tussen verticale afstand horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)
- Figuur A-20 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de verhouding tussen verticale afstand horizontale afstand in de stapeling (2e stapeling)

Merk op dat ieder figuur voor de 2e stapeling steeds direct na de figuur voor de 1e stapeling is geplaatst.

Uit figuur A-1 (1e stapeling) blijkt dat het verschil in stijghoogte, hetgeen de dynamische belasting representeert, groter is als de drukopnemers hoger in de verticaal liggen. Dit is ook te verwachten, omdat de dynamische belasting bij het wateroppervlak sterker zal zijn. Bij de tweede stapeling is dit beeld globaal nog aanwezig, alhoewel minder duidelijk. Er is hier echter geen directe relatie uit af te leiden, aangezien hier ook een breedtelocatie in naar voren komt.

Als wordt gekeken naar een functioneel verband dan zal de grootte van het drukverschil over de buitenste laag geocontainers aan de zeezijde vooral afhankelijk te zijn van de golfhoogte en de locatie in de stapeling. Het proces dat hierbij belangrijk is vindt plaats op het moment dat er een golfdal aan de zeezijde van de stapeling zit. Op dat moment is er een lage druk aan de zeezijde, en een hoge druk aan de achterzijde van de stapeling. Dit leidt tot een drukverhang in de stapeling die groter is naarmate de breedte van de stapeling kleiner is. Juist bovenin is deze breedte klein (slechts twee containers breed) terwijl dit onderin veel groter is (in dit geval ter hoogte van de onderste drukopnemers vier geocontainers breed). Op grond van deze theoretische overweging is het te verwachten dat het stijghoogteverschil over de geocontainers boven in de dam groter is dan onderin. Hoewel de golfperiode ook een rol zal spelen is verwacht dat deze minder invloed heeft. Voor de analyse is de gevonden 50% overschrijdingswaarde van het stijghoogteverschil derhalve dimensieloos gemaakt door deze te delen door de gebruikte golfhoogte. Deze dimensieloze

verhouding is steeds uitgezet tegen een dimensieloze locatie in de stapeling. Deze dimensieloze locatie is op een aantal wijzen uitgedrukt.

In figuur A-3 en A-4 is de dimensieloze locatie in de stapeling uitgedrukt door de horizontale afstand van de drukopnemer tot het taludoppervlak aan de zeezijde ( $L_i$ ) te delen door de totale breedte van de stapeling op hetzelfde niveau ( $B_{tot}$ ).

In figuur A-5 en A-6 is niet de afstand tot het talud maar de horizontale afstand tot drukopnemer 8 gebruikt. Aangezien drukopnemer 8 steeds als referentie gold.

Men kan zich echter voorstellen dat naast de horizontale afstand ook de verticale afstand een rol zal spelen. Hierdoor is in figuur A-7 en A-8 de dimensieloze locatie in de stapeling uitgedrukt door het verticale niveau vanaf de kruin ( $V$ ) te delen door de totale hoogte van de stapeling ( $V_{tot}$ ).

Evenzo is in figuur A-9 en A-10 de hoogte onder het wateroppervlak (zero level) gedeeld door de totale waterdiepte.

In figuur A-11 en A-12 is de loodrechte of directe afstand ( $D_8$ ) genomen tussen betreffende drukopnemer en drukopnemer 8 en dimensieloos gemaakt door de waarde te delen door de totale breedte ( $B_{tot}$ ). Evenzo is in figuur A-13 en A-14 de haakse afstand ( $D_i$ ) tot het talud genomen.

Om zowel de verticale locatie als de horizontale locatie mee te nemen is voor de analyse tevens een verhouding gekozen tussen het dimensieloze verticale niveau onder de kruin en de dimensieloze horizontale afstand tot het talud (figuur A-15 en A-16). Evenzo is dit gedaan voor de dimensieloze hoogte onder de waterspiegel (figuur A-17 en A-18)

Tot slot is gekozen om het verticale niveau onder de waterspiegel (zero\_level) te delen door de horizontale afstand tot de kruin (figuur A-19 en A-20).

In alle exercities is een duidelijke trend waarneembaar. Deze trend is als een logaritmische of exponentiële functie door de punten gefit. De waarden ontleend aan de proeven bij de 2e stapeling liggen structureel boven de trend die steeds op basis van de waarden bij de 1e stapeling is verkregen.

Met betrekking tot de verschillende relaties kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- Een relatie op basis van een (dimensieloze) horizontale afstand in de stapeling lijkt een goede relatie (figuur A-3 en A-4), omdat verwacht mag worden de zuigende werking van de golven kleiner zal worden naarmate de stapeling breder wordt. Een dimensieloze afstand tot drukopnemer 8 (figuur A-5 en A-6) is fysisch minder logisch.
- Op basis van de lineaire golftheorie zou de drukgolfhoogte aan de bodem slechts 20% kleiner zijn dan aan het wateroppervlak voor de betreffende experimentele situaties. Een relatie tussen het stijghoogteverschil en de verticale locatie in de stapeling is derhalve aan de orde, alhoewel deze vermoedelijk minder sterk zal zijn dan een relatie met een horizontale afstand in de stapeling. Bij een dimensieloze locatie onder de kruin (figuur A-7 en A-8), wordt de waterdiepte buiten beschouwing gelaten, deze relatie lijkt niet correct.
- Een directe afstand tot het talud beschrijft min of meer de belangrijkste richting van de krachtsvector.
- Daar waar zowel de dimensieloze diepte als lengte wordt gebruikt, blijkt de spreiding het kleinste te zijn. Omdat hier de dimensieloze verticale afstand even zwaar wordt gewogen als de dimensieloze horizontale afstand lijken deze relaties toch minder geschikt.

Ondanks het feit dat de verschillende relaties elkaar weinig ontlopen wordt geadviseerd gebruik te maken van de relatie waarin de horizontale afstand het sterkst tot uiting komt. Dit lijkt qua (fysische) betrouwbaarheid te verkiezen. Op basis van het voorgaande adviseren wij uitdrukking met de directe afstand tot het talud:

$$\frac{\phi_{50\%}}{H} = 0,24 \cdot \text{Ln} \left( \frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 0,77$$

Opgemerkt wordt dat deze resultaten geldig zijn voor een breedte / hoogte verhouding van de individuele geontainers van orde 6.

Op basis van de de resultaten met de tweede stapeling kan worden geconcludeerd dat deze relatie gemiddel 1,3 hoger moet worden, hetgeen leidt tot:

$$\frac{\phi_{50\%}}{H} = 0,31 \cdot \text{Ln} \left( \frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 1,0$$

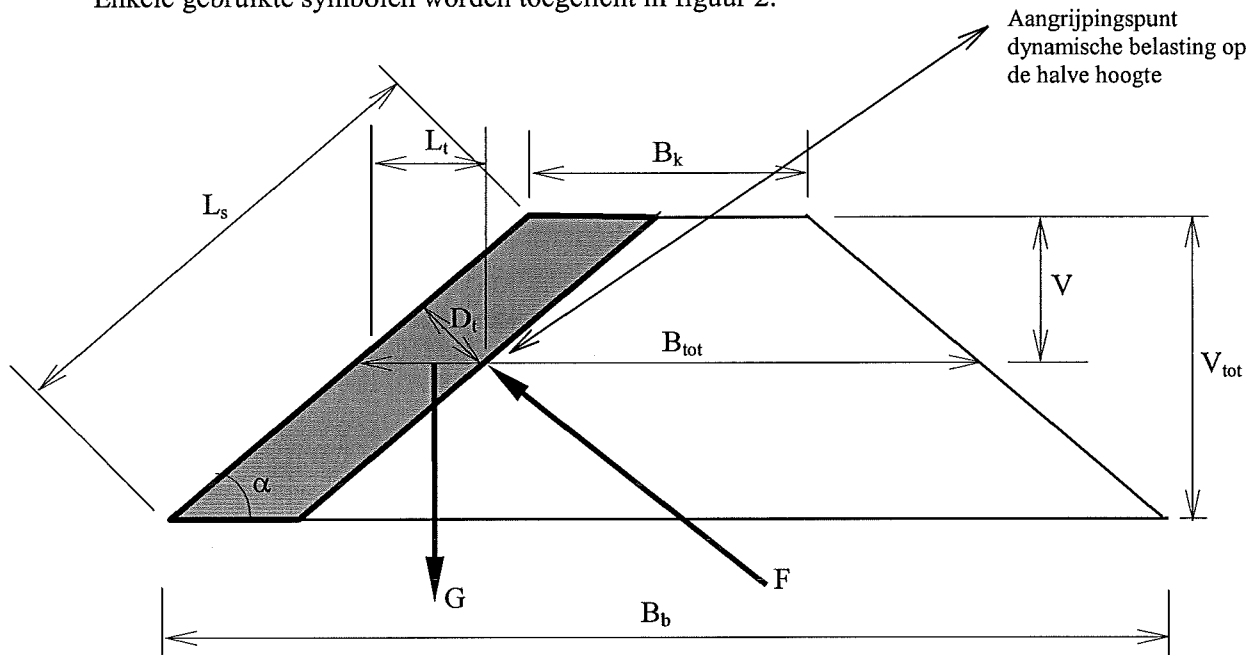
De hier bij horende breedte / hoogte verhouding van de individuele container bedraagt circa 3,5.

## 5. Geotechnische stabiliteit

Deze paragraaf beschouwt een berekeningsmethode voor het bepalen van de geotechnische stabiliteit van een stapeling geocontainers.

De berekeningsmethode is ontleend aan de methode van Koehorst zoals beschreven in Berendsen, '99. De afleiding staat uitgewerkt in bijlage B. De methode is een evenwichtsbeschouwing en gebaseerd op elementaire mechanica.

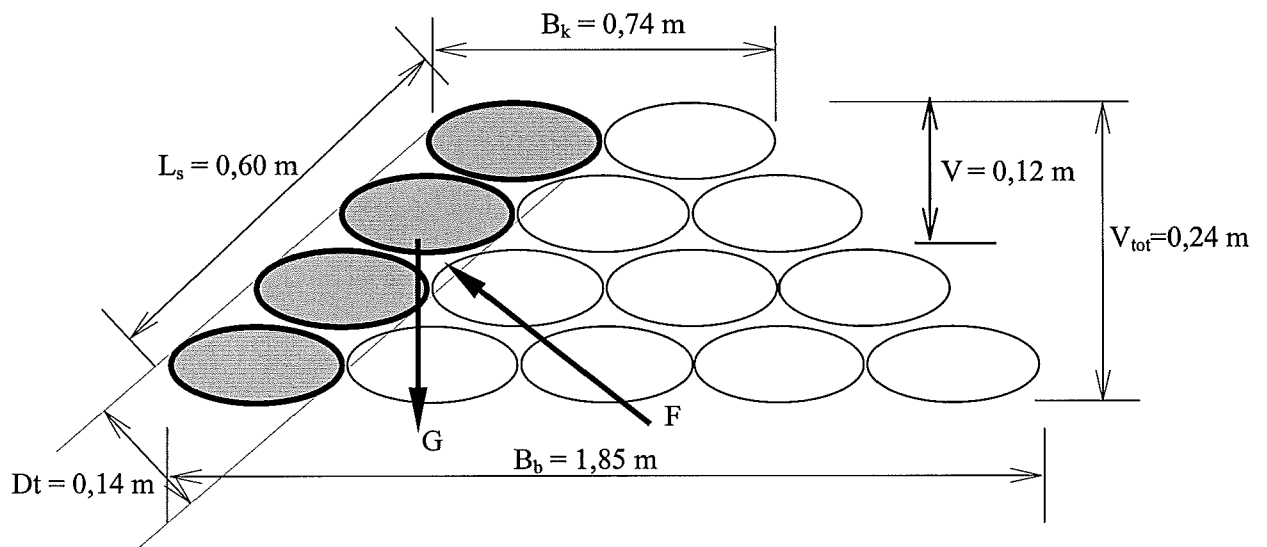
Hieronder wordt deze stabiliteitsbenadering toegepast op de experimenten die zijn uitgevoerd. Enkele gebruikte symbolen worden toegelicht in figuur 2.



Figuur 2 Definitie van symbolen bij aangrijping dynamische belasting op de helft van de stapelinghoogte

### 1e stapeling

De relevante maten voor de eerste stapeling staan vermeld in figuur 3. De donker gekleurde geocontainers worden beschouwd.



Figuur 3 Dimensies 1e stapeling

De hoek  $\beta$  waaronder de geocontainers zouden willen glijden is verondersteld  $\beta \approx 0^\circ$  te zijn, doordat de geocontainers behoorlijk plat zijn en een duidelijk horizontaal contactvlak hebben. De dimensieloze afstand tot het talud  $D_t$  op de helft van de stapelinghoogte wordt gevonden met:

$$\frac{D_t}{B_{tot}} = \frac{L_t \cdot \sin \alpha}{B_{tot}} = \frac{0,37 \cdot \sin 23}{1,295} = 0,11$$

De druk  $P$  wordt gevonden door de relatie:

$$P = \rho_w \cdot g \cdot H \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln \left( \frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 0,77 \right\}$$

$$P = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,224 \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln(0,11 + 0,04) + 0,77 \right\}$$

$$P = 697 \quad N / m^2$$

De grootste golfhoogte bij de proeven met de eerste stapeling bedroeg 0,224 m.

Vervolgens wordt de kracht  $F$  gevonden door het oppervlak in ogeschouw te nemen, waarbij de lengte langs het talud  $L_s = 0,60$  m bedraagt en 1 m lengte in rekening wordt gebracht.

$$F = 697 \cdot 0,60 \cdot 1 = 418 \quad N$$

Het gewicht  $G$  wordt bepaald door het totaal gewicht van de 4 containers. Het droge gewicht van één container bedroeg bij de eerste stapeling 49 kg. De vier containers langs het talud wogen dus gezamenlijk 196 kg. De afmetingen van de container staan vermeld in tabel 1 (0,06 x 0,37 x 1,40 m<sup>3</sup>). Het volume van één container wordt benaderd door:

$$I_c = 0,06 \cdot 0,37 \cdot 1,40 = 0,031 \quad m^3$$

De dichtheid van het zand incl. poriën bedroeg dus:

$$\rho_b = \frac{196}{4 \cdot 0,031} = 1580 \quad kg / m^3$$

Het volume  $I$  van een container per strekkende meter is derhalve:

$$I = 0,031 \cdot \frac{1}{1,40} = 0,022 \quad m^3 / m^1$$

De naar beneden gerichte kracht  $G$  van de containers onder water per strekkende meter kan nu worden gevonden door:

$$G = (\rho_b - \rho_w \cdot (1 - n)) \cdot I_t$$

$$G = (1580 - 1000 \cdot (1 - 0,4)) \cdot (4 \cdot 0,022) = 86 \quad kg$$

$$G = 843 \quad N$$



Op basis van de bovenstaande gegevens en de stabiliteitsvergelijking uit bijlage B kan worden achterhaald dat tijdens de experimenten de wrijvingscoëfficiënt  $f_e = 0,356$  (-) bedroeg. Tijdens de experimenten is bepaald dat de kritieke wrijvingscoëfficiënt  $f_c = 1$  was. Het feit dat de stapeling niet is bezweken wordt hierdoor bevestigd, aangezien  $f_e < f_c$  en instabiliteit zou zijn opgetreden als  $f_e > f_c$ .

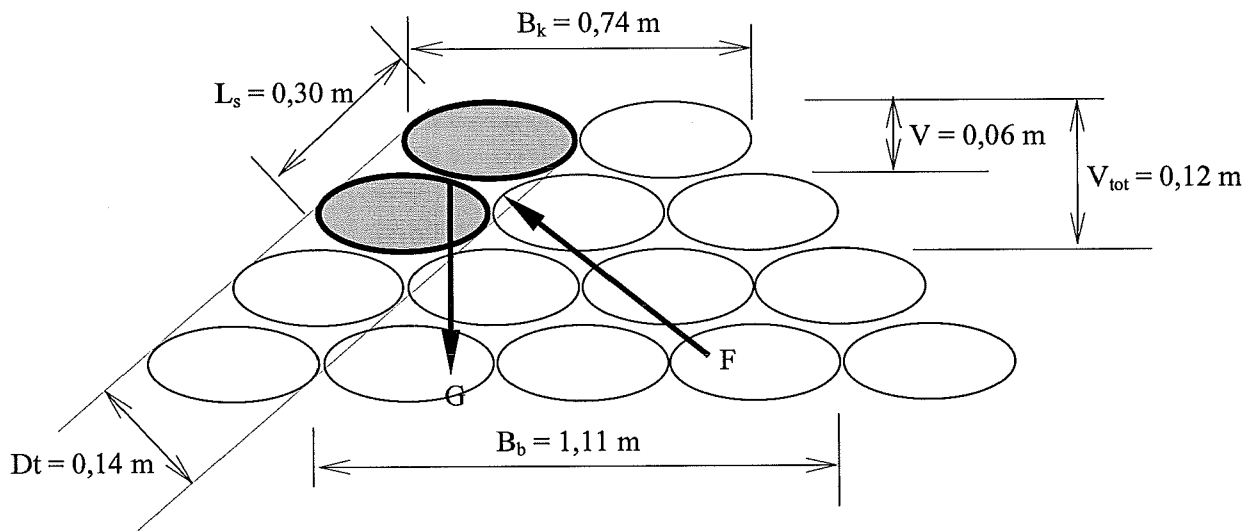
Derhalve kan worden achterhaald dat bij een kracht  $F = 642$  N instabiliteit zou zijn opgetreden. Door dit te delen door het oppervlak wordt een kritieke druk  $P_c = 1071$  N/m<sup>2</sup> gevonden. Hieruit kan de kritieke golfhoogte worden bepaald, via:

$$H_c = \frac{P_c}{\rho \cdot g \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln\left(\frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04\right) + 0,77 \right\}}$$

$$H_c = \frac{P_c}{1000 \cdot 9,81 \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln(0,11 + 0,04) + 0,77 \right\}} = 0,34 \text{ m}$$

Deze golfhoogte is ongeveer 1,5 maal de golfhoogte die tijdens de experimenten is toegepast.

Het is echter ook goed mogelijk dat niet alle vier maar bijvoorbeeld slechts 2 containers over de twee onderste containers afschuiven (figuur 4). Deze situatie wordt hieronder bekeken.



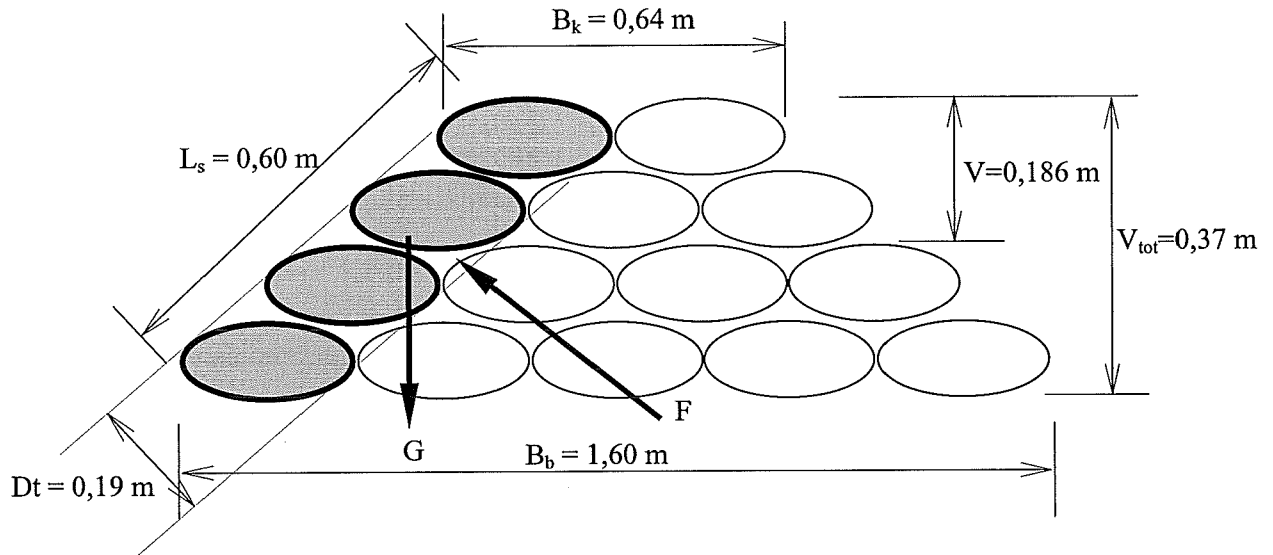
Figuur 4 Dimensies 1e stapeling (2 containers verplaatsen)

De verhouding  $D_t/B_{tot}$  bedraagt in deze situatie  $0,14 / 0,925 = 0,156$ . De kracht  $F = 250$  N ( $P = 833$  N/m<sup>2</sup>). Het gewicht is de helft van het eerste voorbeeld, waardoor  $G = 422$  N. Op basis van deze gegevens en de stabiliteitsformulering kan worden bepaald dat de wrijvingscoëfficiënt in het experiment  $f_e = 0,509$  (-) bedroeg. Ook hieruit blijkt dat bezwijken niet zou hebben opgetreden. Aangezien  $f_c = 1$  had bij een kracht  $F$  van  $F = 321$  N ( $P = 321 / 0,60 = 1070$  N/m<sup>2</sup>) wel bezwijking opgetreden. Dit komt overeen met met een golfhoogte  $H_c = 0,29$  m.

Opgemerkt wordt dat voor de lengte langs het talud van het beschouwde deel de helft van de totale taludlengte is genomen. Het blijkt echter dat verschillende aanpakken hier tot verschillende lengtes leidt, wat invloed zal hebben op de uiteindelijk uitkomsten.

*2e stapeling*

De relevante maten voor de eerste stapeling staan vermeld in figuur 5. De donker gekleurde geocontainers worden beschouwd.



Figuur 5 Dimensies 2e stapeling (4 containers verplaatsen)

De hoek  $\beta$  waaronder de geocontainers zouden willen glijden is verondersteld  $\beta \approx 0^\circ$  te zijn, doordat de geocontainers behoorlijk plat zijn en een duidelijk horizontaal contactvlak hebben. De dimensieloze afstand tot het talud op de helft van de stapelinghoogte wordt gevonden met:

$$\frac{D_t}{B_{tot}} = \frac{L_t \cdot \sin \alpha}{B_{tot}} = \frac{0,32 \cdot \sin 37}{1,12} = 0,17$$

De druk  $P$  en vervolgens hieruit afgeleid de kracht  $F$  wordt gevonden door de volgende relatie, die ten opzicht van de eerste stapeling met een factor 1,3 is verhoogd:

$$P = 1,3 \cdot \rho_w \cdot g \cdot H \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln \left( \frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 0,77 \right\}$$

$$P = 1,3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,249 \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln(0,17 + 0,04) + 0,77 \right\}$$

$$P = 1262 \quad N / m^2$$

De grootste golfhoogte bij de proeven met de eerste stapeling bedroeg 0,249 m.

De kracht  $F$  wordt gevonden door het oppervlak in oenschouw te nemen, waarbij de lengte langs het talud  $L_s = 0,60$  m bedraagt en 1 m lengte in oenschouw wordt genomen.

$$F = 1262 \cdot 0,60 \cdot 1 = 757 \quad N$$

Bij de berekeningen met de eerste stapeling is reeds gevonden dat de bulkdichtheid van het zand  $1580 \text{ kg/m}^3$  bedraagt. De afmetingen van de containers in de tweede stapeling staan vermeld in tabel 1 ( $0,093 \times 0,32 \times 1,40 \text{ m}^3$ ). Het volume van één container in de tweede stapeling is:

$$I_c = 0,093 \cdot 0,32 \cdot 1,40 = 0,042 \quad m^3$$

Het volume I van een container per strekkende meter is derhalve:

$$I = 0,042 \cdot \frac{1}{1,40} = 0,0297 \quad m^3 / m^1$$

De naar beneden gerichte kracht G van de containers onder water per strekkende meter kan nu worden gevonden door:

$$G = (\rho_b - \rho_w \cdot (1 - n)) \cdot I_t$$

$$G = (1580 - 1000 \cdot (1 - 0,4)) \cdot (4 \cdot 0,0297) = 116 \quad kg$$

$$G = 1142 \quad N$$

Op basis van de bovenstaande gegevens en de stabiliteitsvergelijking uit bijlage B kan worden achterhaald dat tijdens de experimenten de wrijvingscoëfficiënt  $f_e = 0,848$  (-) bedroeg. Tijdens de experimenten is bepaald dat de kritieke wrijvingscoëfficiënt  $f_c = 1$  was. Het feit dat de stapeling niet is bezweken wordt hierdoor bevestigd aangezien  $f_e < f_c$  en instabiliteit zou zijn opgetreden als  $f_e > f_c$ .

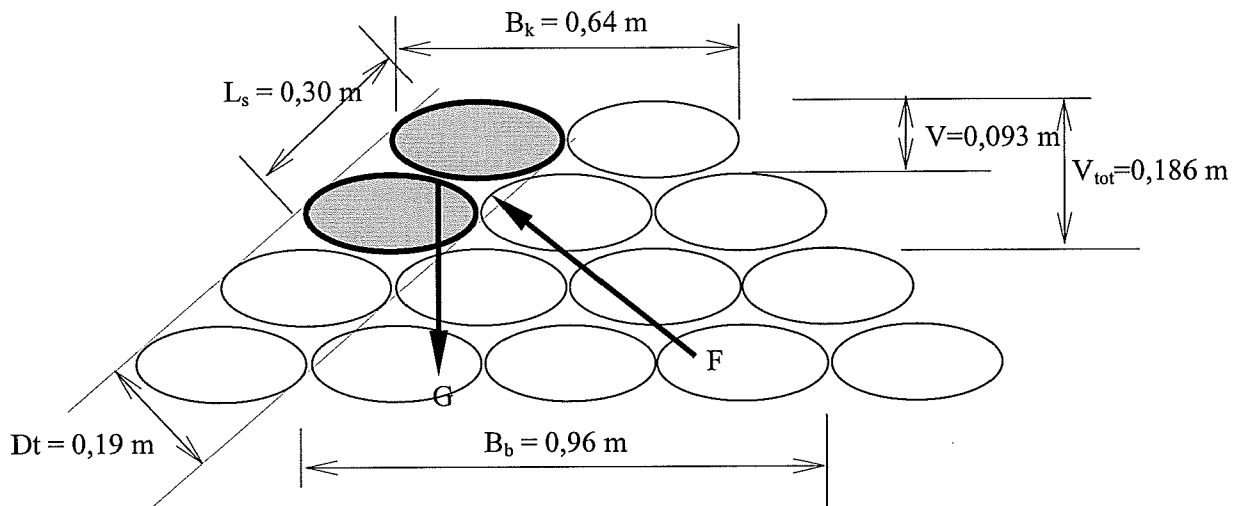
Derhalve kan worden achterhaald dat bij een kracht  $F = 815$  N instabiliteit zou zijn opgetreden. Door dit te delen door het oppervlak wordt een kritieke druk  $P_c = 1358$  N/m<sup>2</sup> gevonden. Hieruit kan de kritieke golfhoogte worden bepaald, via:

$$H_c = \frac{P_c}{1,3 \cdot \rho \cdot g \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln\left(\frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04\right) + 0,77 \right\}}$$

$$H_c = \frac{P_c}{1,3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot \left\{ 0,24 \cdot \ln(0,17 + 0,04) + 0,77 \right\}} = 0,27 \quad m$$

Deze golfhoogte is tijdens de bezwijkproeven bereikt.

Indien wordt aangenomen dat slechts 2 containers zouden verplaatsen, dan wordt de volgende situatie verkregen (zie figuur 6).



Figuur 6 Dimensies 2e stapeling (2 containers verplaatsen)

De verhouding  $D_t/B_{tot}$  bedraagt in deze situatie  $0,19 / 0,8 = 0,24$ . De kracht  $F = 442 \text{ N}$  ( $P = 1476 \text{ N/m}^2$ ). Het gewicht is de helft van die in het eerdere voorbeeld van de tweede stapeling, waardoor  $G = 571 \text{ N}$ . Op basis van deze gegevens en de stabiliteitsformulering kan worden bepaald dat de wrijvingscoëfficiënt in het experiment  $f_e = 1,22$  (-) bedroeg. Op basis van deze bevinding zou bezwijken net moeten hebben optreden. Dit komt overeen met met een golfhoogte  $H_c = 0,23 \text{ m}$ .

Volgens de berekeningen zou de tweede stapeling dus bezwijken moeten zijn, terwijl dat in werkelijkheid niet is gebeurd. Hieruit blijkt dat de methode conservatief is.

## 6. Conclusies en aanbevelingen

Onderwerp van dit memo is de stabiliteit van stapelingen geocontainers. Hiervoor zijn in 2001 experimenten uitgevoerd en geanalyseerd. De experimenten betroffen twee stapelingen geocontainers die gedurende een bepaalde tijd werden belast met regelmatige of onregelmatige golven. De stapelingen zijn hierbij niet bezwijken. In de analyse bleek een aantal beslissingen te zijn genomen die bij nader inzien niet zo logisch waren. Deze analyse is derhalve in dit verslag verbeterd.

Op grond van de data afkomstig uit de experimenten en de analyse is de volgende formule opgesteld die de naar buiten gerichte netto stijghoogte, dimensieloos gemaakt door deling met de golfhoogte, koppelt aan de dimensieloze locatie in de stapeling:

$$\frac{\phi_{50\%}}{H} = 0,24 \cdot \text{Ln} \left( \frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 0,77$$

Voor deze stapeling geldt een breedte / hoogte verhouding van de individuele geocontainers van orde 6. In de tweede stapeling was de belasting 1,3 maal groter, hetgeen leidt tot:

$$\frac{\phi_{50\%}}{H} = 0,31 \cdot \text{Ln} \left( \frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 1,0$$

Hiervoor geldt een breedte / hoogte verhouding van de individuele geocontainers van circa 3,5.

Ten tweede is een stabiliteitsberekening toegepast op basis van een benadering zoals beschreven in Berendsen '99. In deze benadering is de dynamische belasting in rekening gebracht via de formule die uit de analyse is voortgekomen. Voor de eerste stapeling bevestigen de berekeningen hetgeen is waargenomen tijdens de experimenten, namelijk dat deze stapeling stabiel blijft onder de opgelegde belastingen. Volgens de berekeningen zou voor de tweede stapeling bezwijken hebben moeten voordoen, hetgeen niet is geschiedt. Op basis hiervan lijkt de methode een conservatieve benadering.

Opgemerkt wordt dat de aandrijvende kracht  $F$  in de voorbeelden steeds op één niveau is bepaald. Mogelijk dat het bepalen van  $F$  op basis van een geïntegreerde aanpak over de hoogte beter zal zijn.

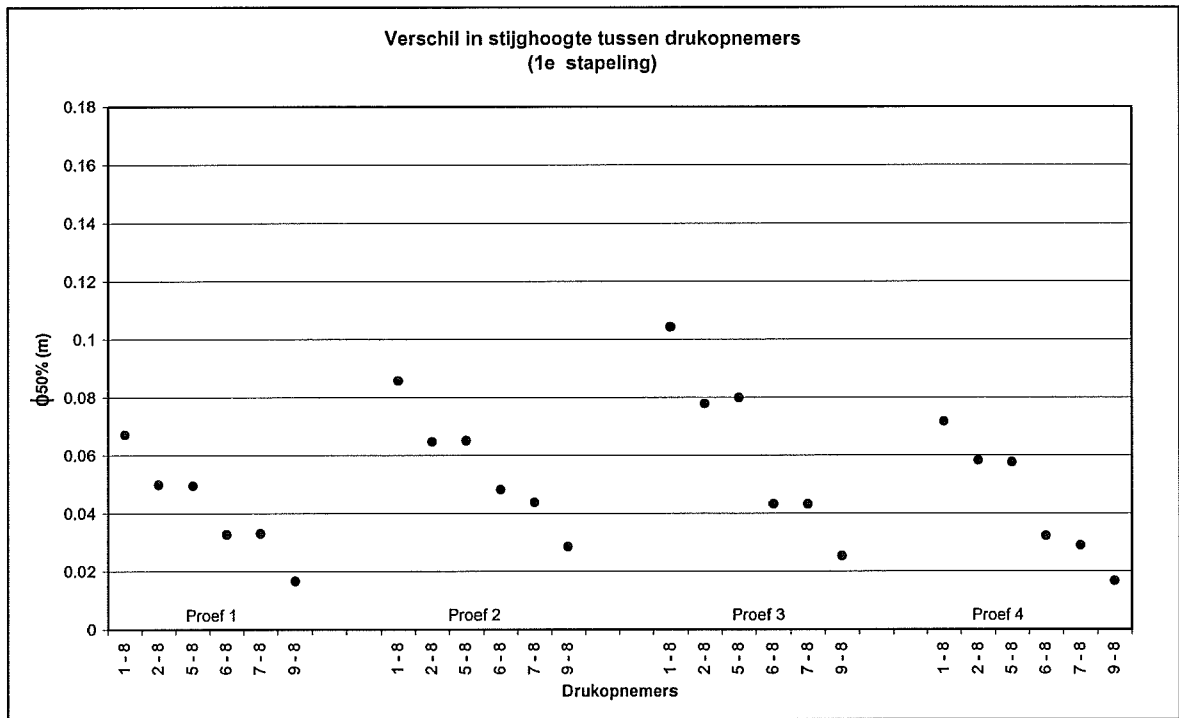
## Lijst van Symbolen

Symbol	Eenheid	Betekenis
a, b, c, d	m	parameters die afstanden vertegenwoordigen
$B_b$	m	breedte stapeling op de basis (bodem)
$B_k$	m	breedte stapeling op kruinniveau
$B_{tot}$	m	totale horizontale breedte van de stapeling op een bepaald niveau
$D_t$	m	haakste afstand van drukopnemer tot talud
$D_8$	m	directe afstand van drukopnemer tot drukopnemer 8
F	N	dynamische kracht in de stapeling
f	-	wrijvingscoëfficiënt
$f_c$	-	kritieke wrijvingscoëfficiënt
$f_e$	-	wrijvingscoëfficiënt uit experiment
G	N	kracht door eigen gewicht
g	$m/s^2$	gravitatieversnelling ( $9,81 m/s^2$ )
h	m	waterdiepte
H	m	golfhoogte
$H_c$	m	kritieke golfhoogte
I	$m^3/m^1$	volume van een geocontainer per strekkende meter
$I_c$	$m^3$	volume van een geocontainer
$I_t$	$m^3/m^1$	volume van een verzameling geocontainers per strekkende meter
$L_t$	m	horizontale afstand van de een bepaalde locatie (bijvoorbeeld vanaf de drukopnemer) tot het talud aan de zeezijde
$L_s$	m	beschouwde lengte langs het talud
$L_8$	m	horizontale afstand van de drukopnemer tot drukopnemer 8
N	N	Normaalkracht
n	-	poriëngetal
P	$N/m^2$	netto (naar buiten gerichte) druk in de stapeling
$P_c$	$N/m^2$	kritieke (naar buiten gerichte) druk in de stapeling
$P_x$	$N/m^2$	drukwaarde van drukopnemer x, respectievelijk 1, 2, 5, 6, 7, 9
V	m	afstand onder de kruin
$V_{tot}$	m	totale hoogte van de stapeling
W	N	wrijvingskracht
zero-level	$kN/m^2$	drukniveau van de drukopnemer bij stilstaand
$\beta$	°	hoek waaronder de geoelementen over elkaar willen afschuiven
$\phi$	m	stijghoogteverschil tussen twee drukopnemers
$\phi_{50\%}$	m	50% overschrijdingswaarde van het stijghoogteverschil tussen twee drukopnemers
$\gamma$	°	hoek van inwendige wrijving
$\rho_b$	$kg/m^3$	bulkdichtheid van zand (= inclusief poriën)
$\rho_w$	$kg/m^3$	dichtheid van water ( $1000 kg/m^3$ )

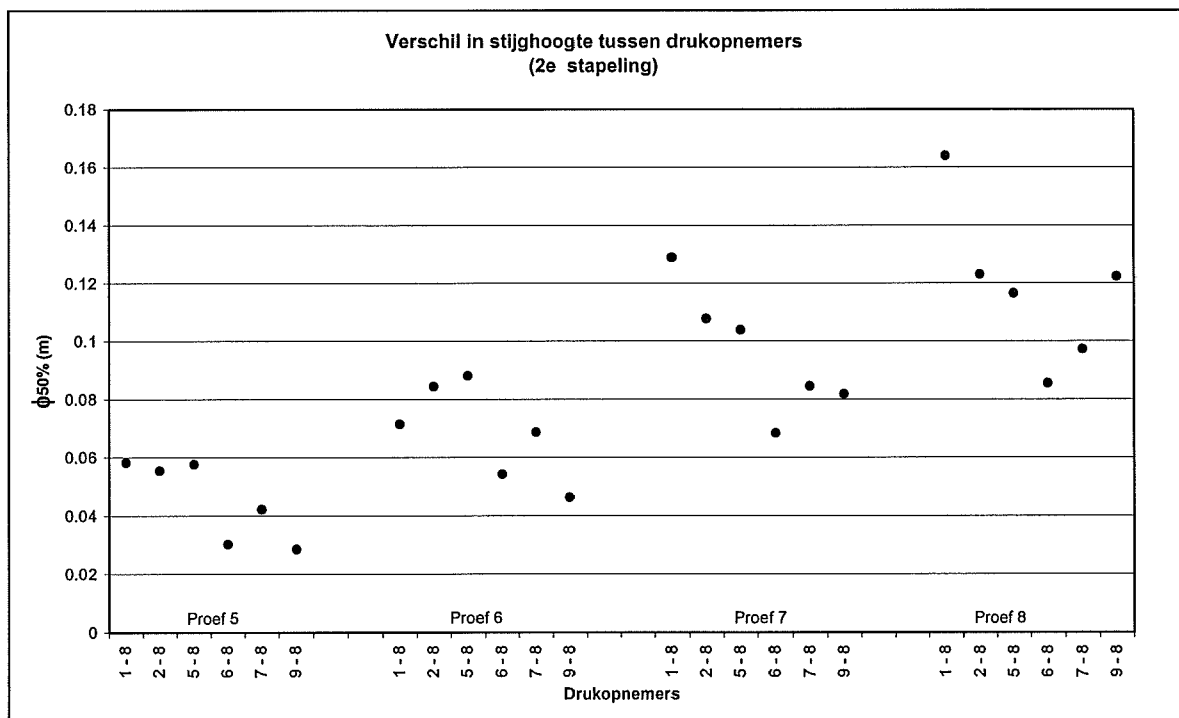
## **Literatuur**

Klein Breteler, M. en J. Lambek (2001), **Geotechnische stabiliteit van geocontainers, Analyse van modelonderzoek**, H3820, Delft Cluster project 03.02.01

## Bijlage A Figuren van analyse

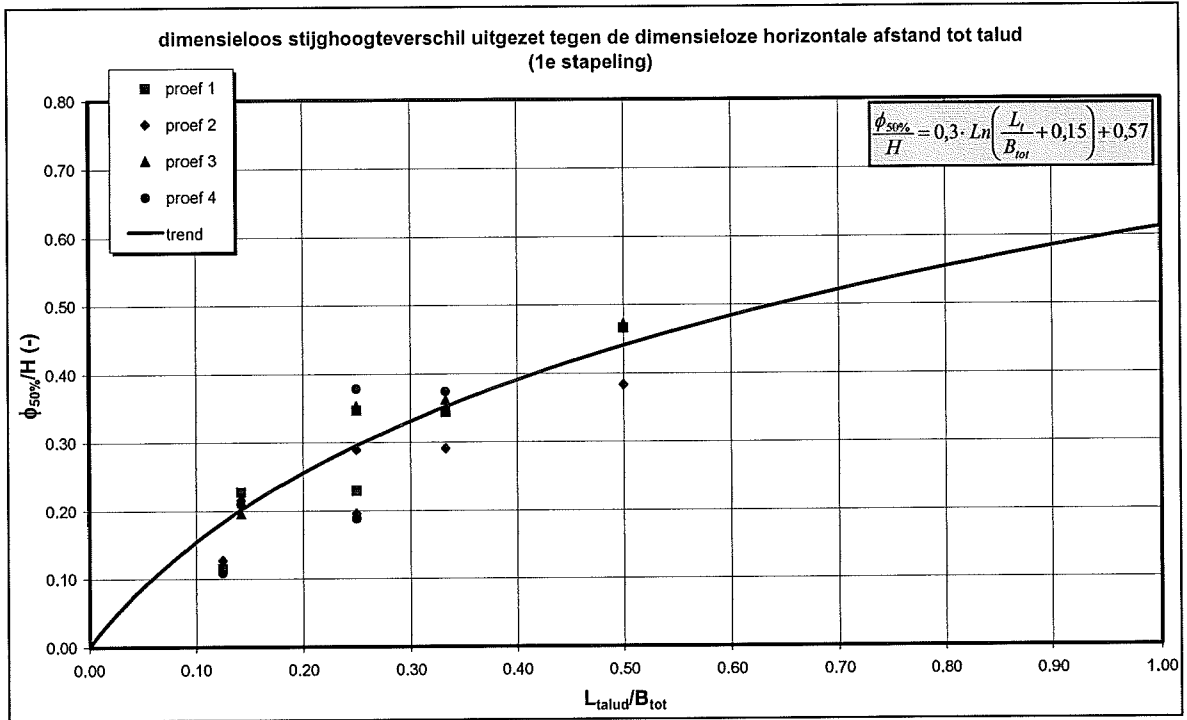


Figuur A-1 Verschil in stijghoogte tussen drukopnemer 1, 2, 5, 6, 7, 9 en 8 (1e stapeling)

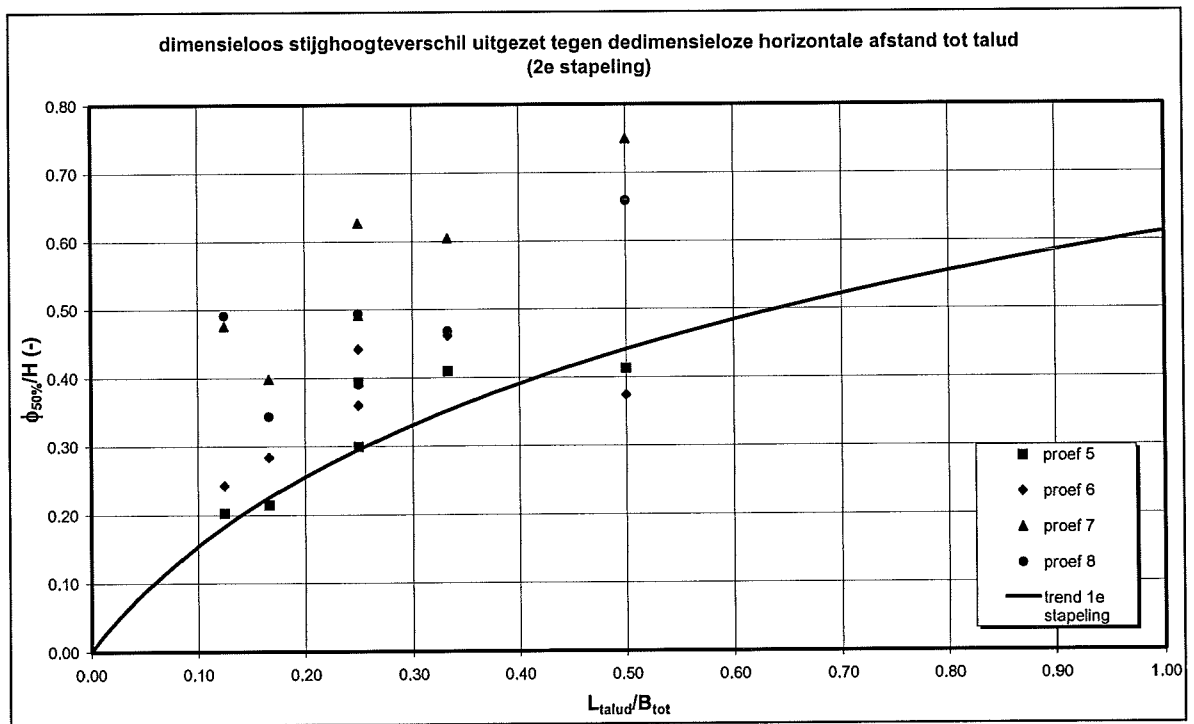


Figuur A-2 50% overschrijdswaarde van verschil in stijghoogte tussen drukopnemers 1, 2, 5, 6, 7, 9 en 8 (2e stapeling)

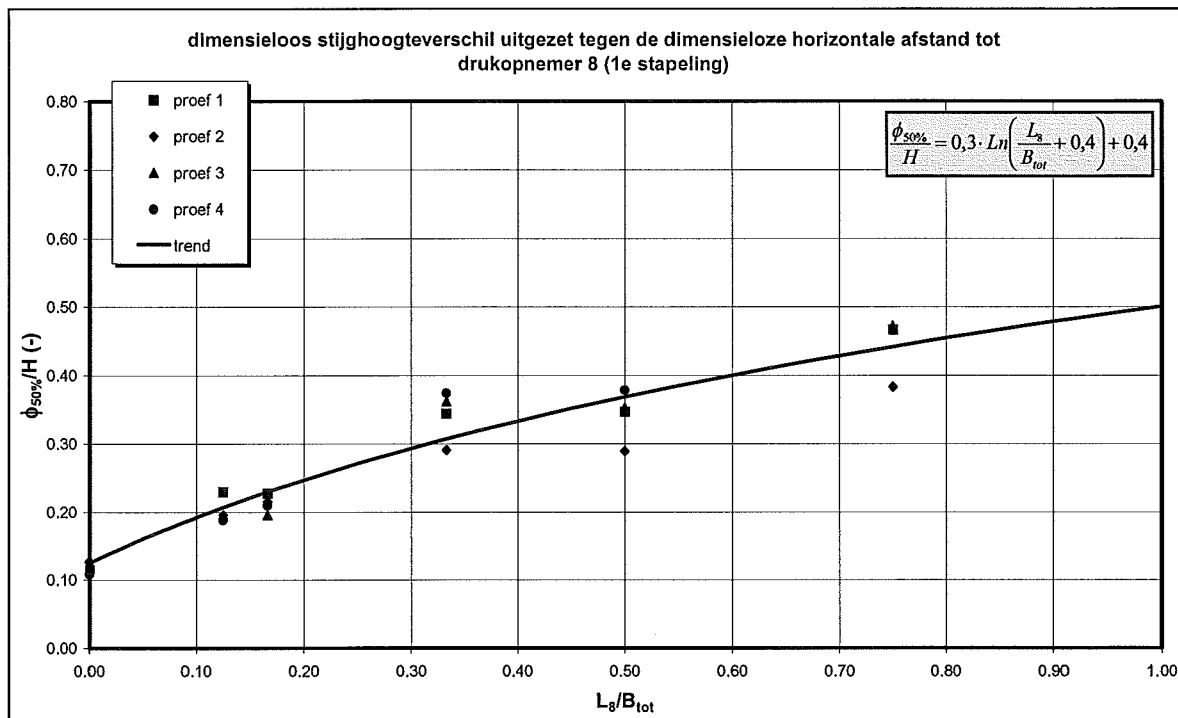




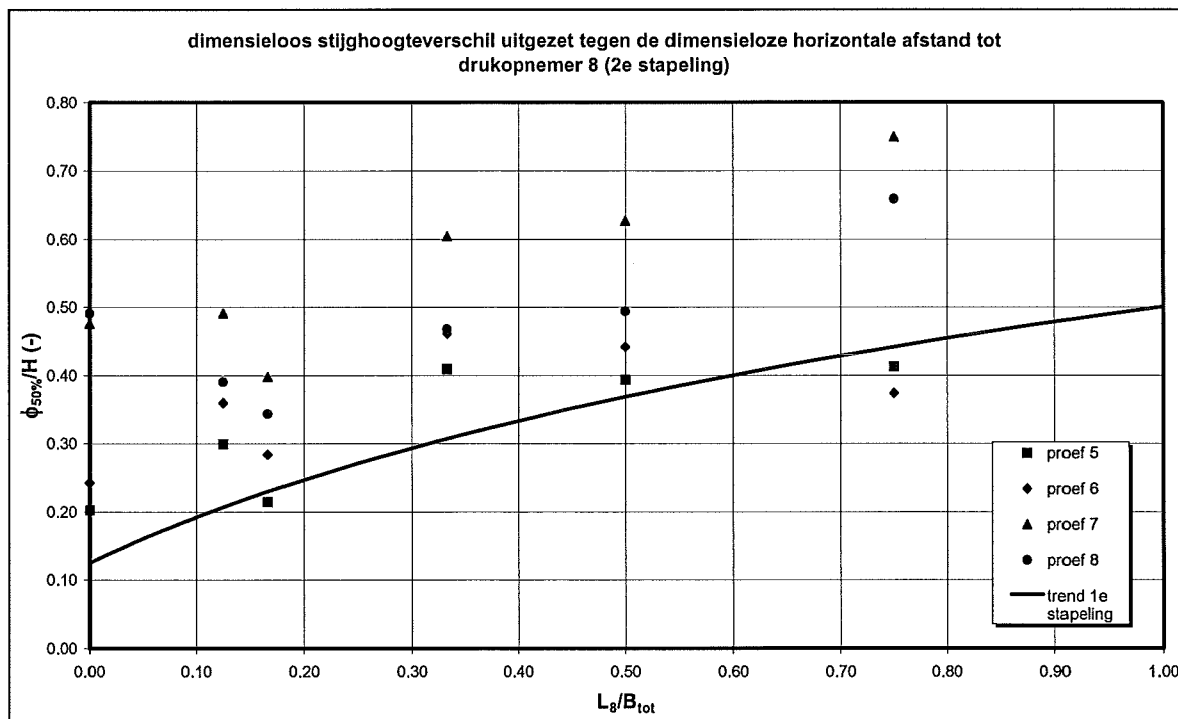
Figuur A-3 Dimensieloos stijghegterschil uitgezet tegen de dimenseloze horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)



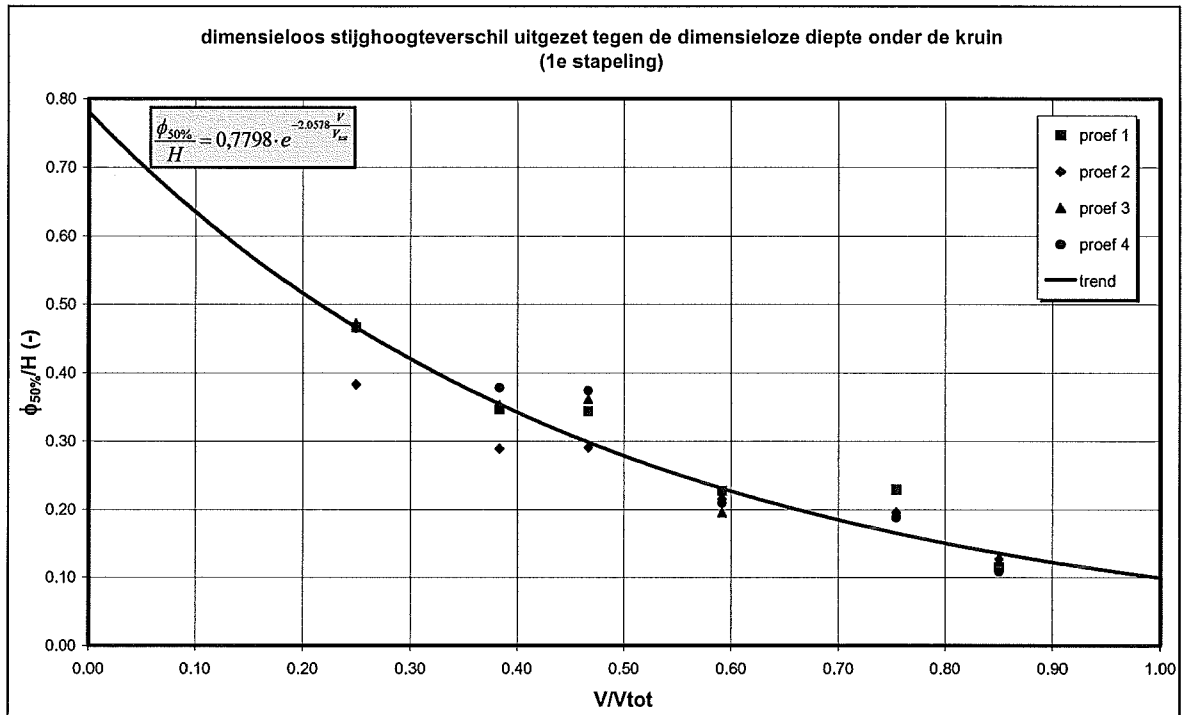
Figuur A-4 Dimensieloos stijghegterschil uitgezet tegen de dimenseloze horizontale afstand in de stapeling (2e stapeling)



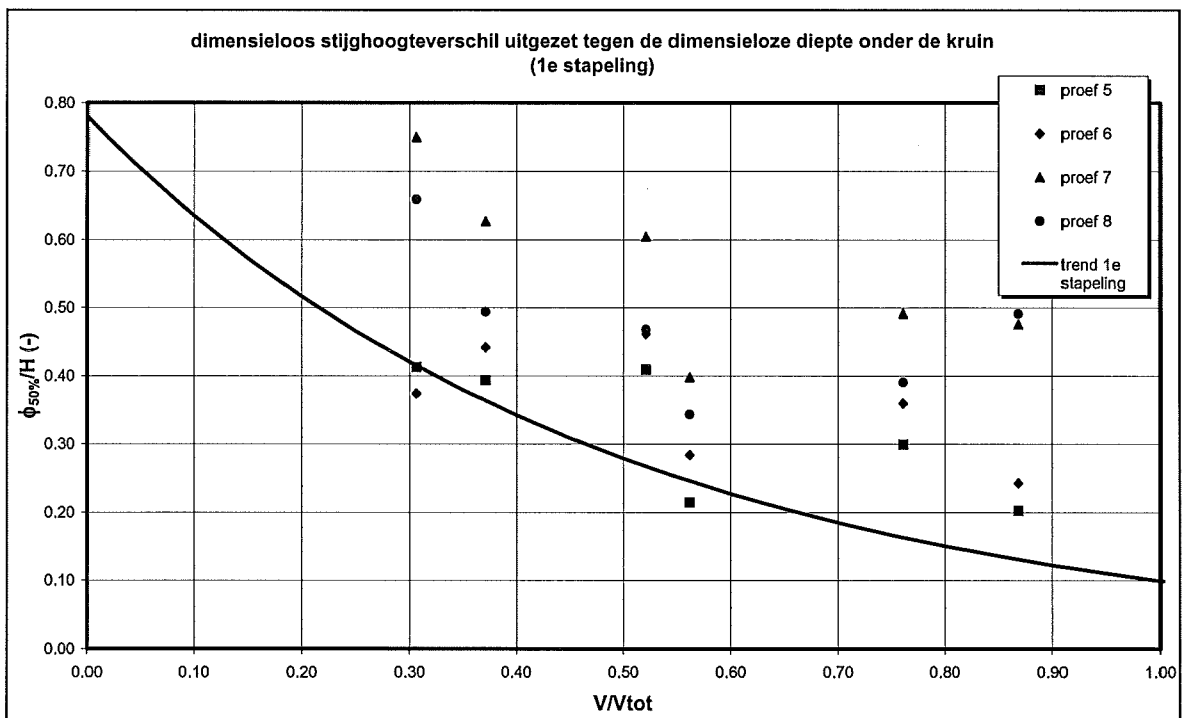
Figuur A-5 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze horizontale afstand tot drukopnemer 8 (1e stapeling)



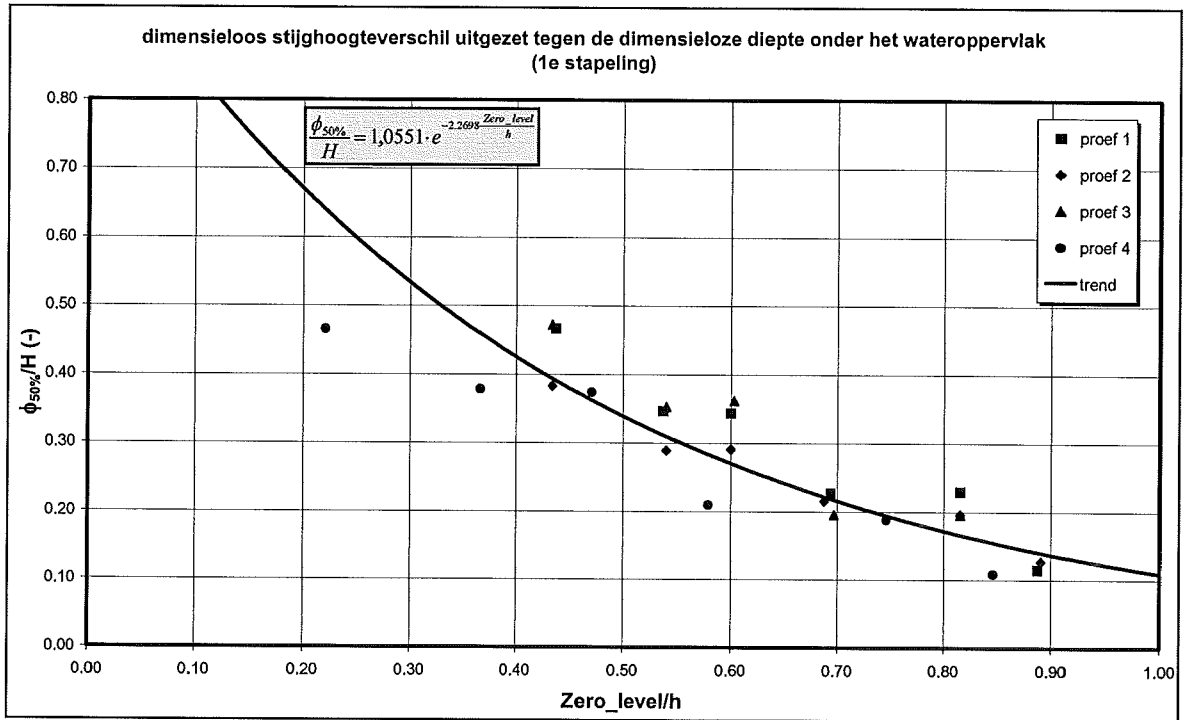
Figuur A-6 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze horizontale afstand tot drukopnemer 8 (2e stapeling)



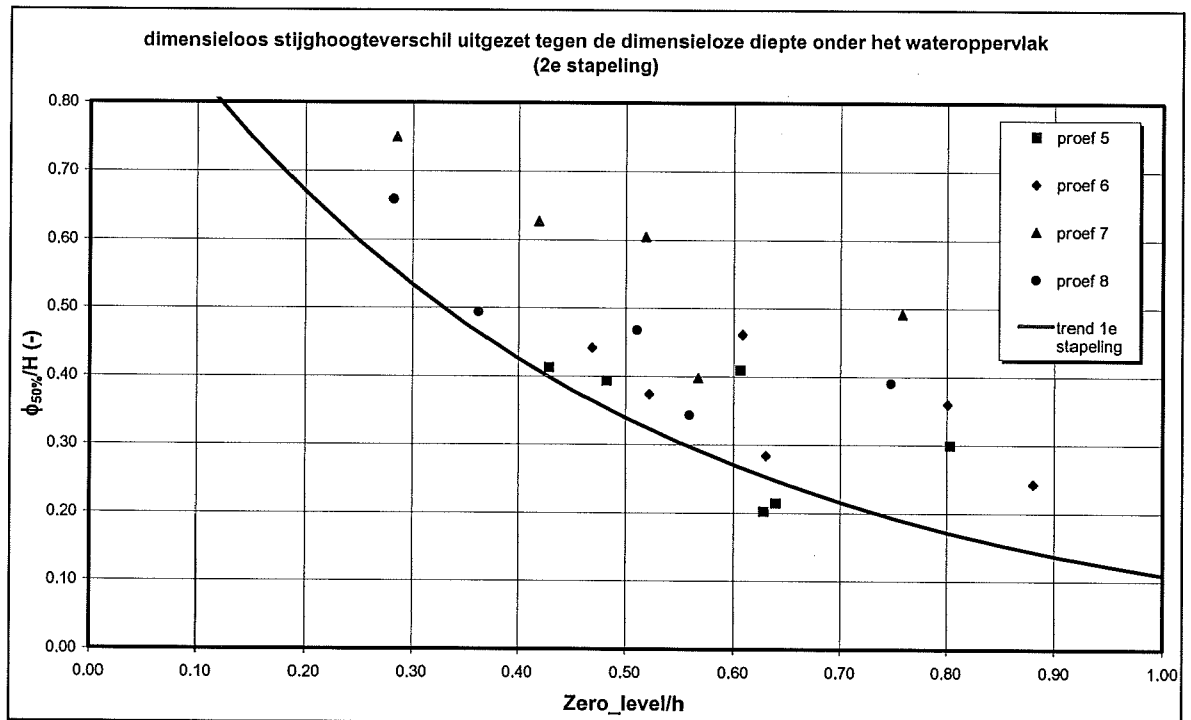
Figuur A-7 Dimensieloos stijhoogteverschil uitgezet tegen de dimenseloze verticale afstand onder de kruin (1e stapeling)



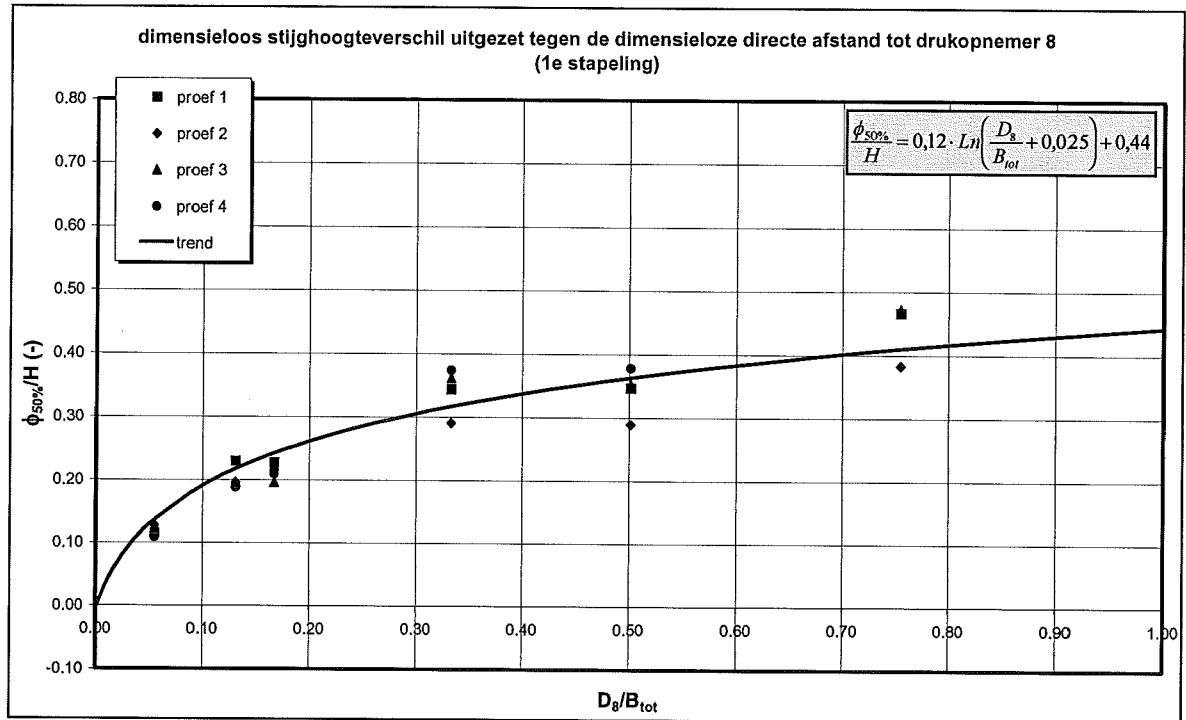
Figuur A-8 Dimensieloos stijhoogteverschil uitgezet tegen de dimenseloze verticale afstand onder de kruin (2e stapeling)



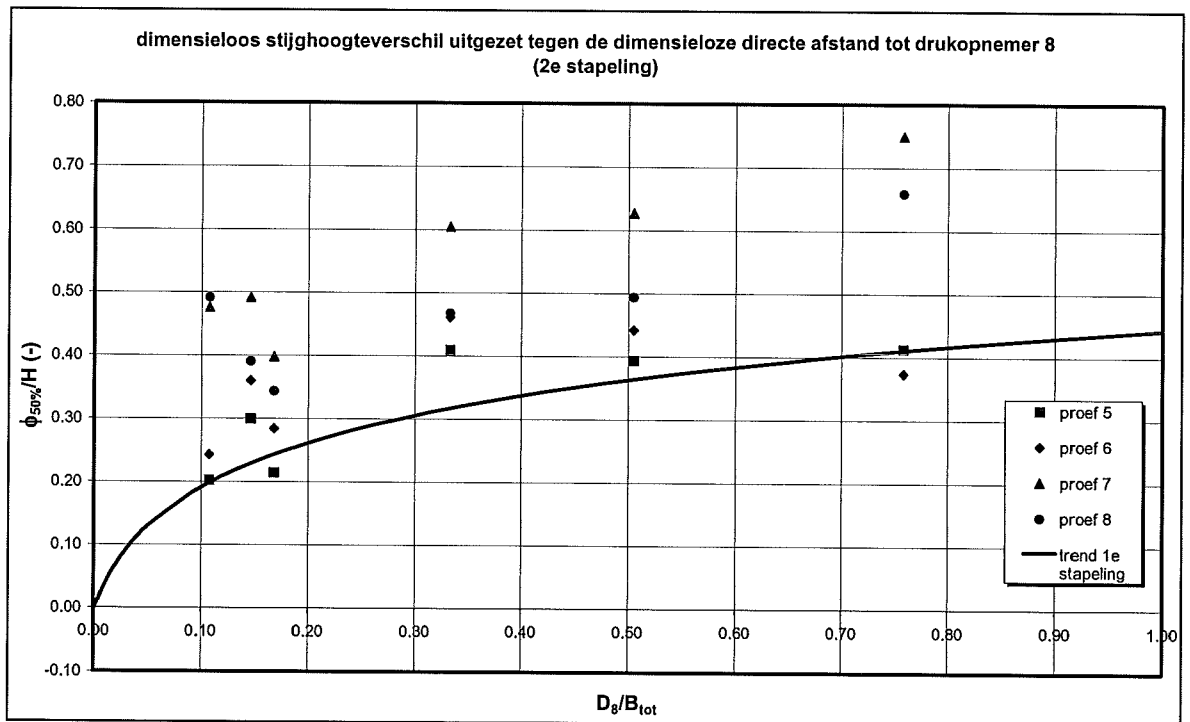
Figuur A-9 Dimensieloos stijhoogteverschil uitgezet tegen de dimenseloze verticale afstand onder het wateroppervlak (1e stapeling)



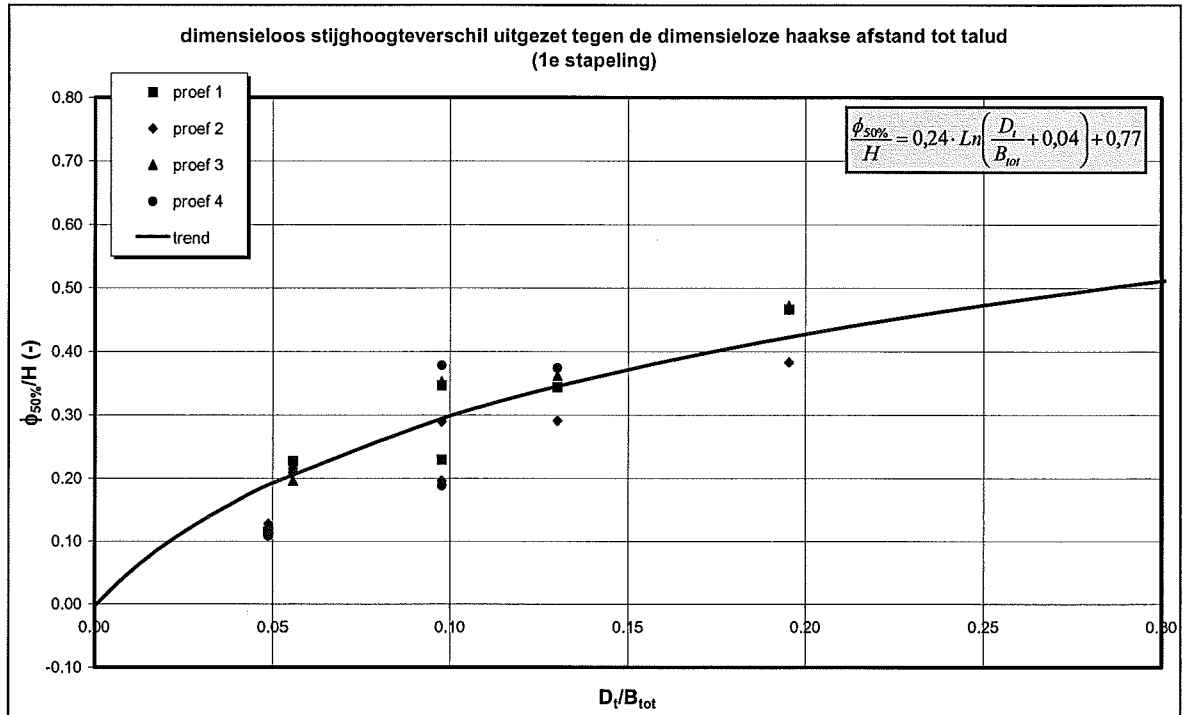
Figuur A-10 Dimensieloos stijhoogteverschil uitgezet tegen de dimenseloze verticale afstand onder het wateroppervlak (2e stapeling)



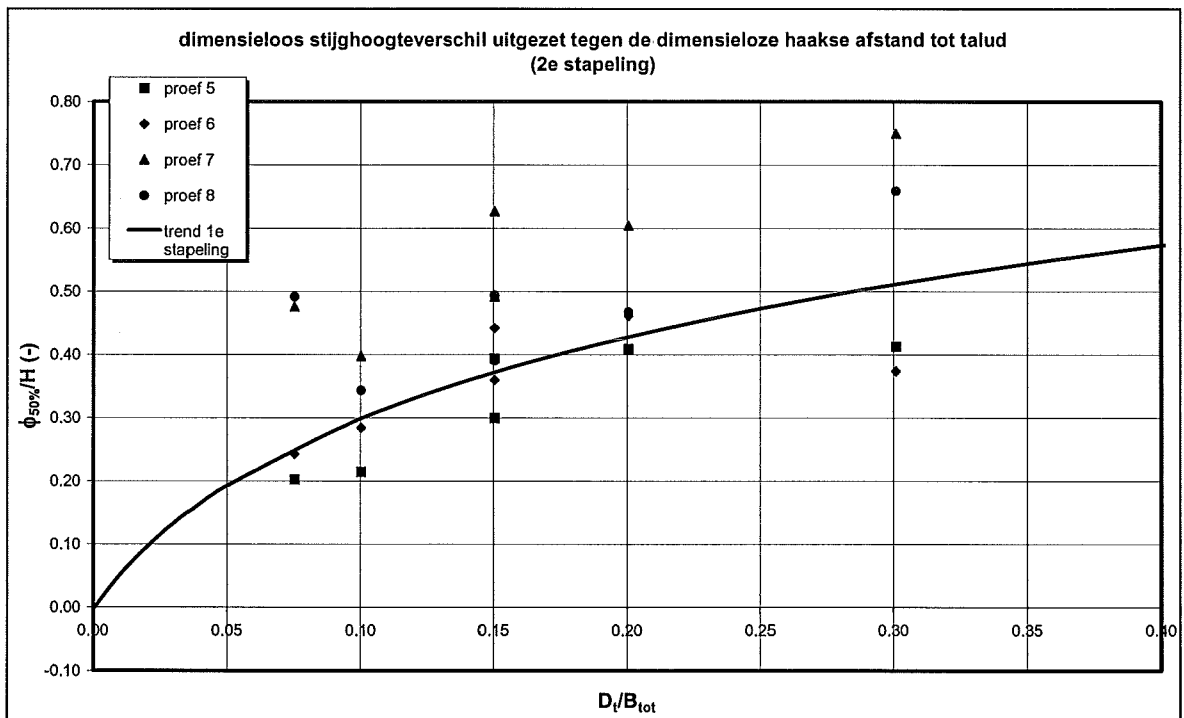
Figuur A-11 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze directe afstand tot drukopnemer 8 (1e stapeling)



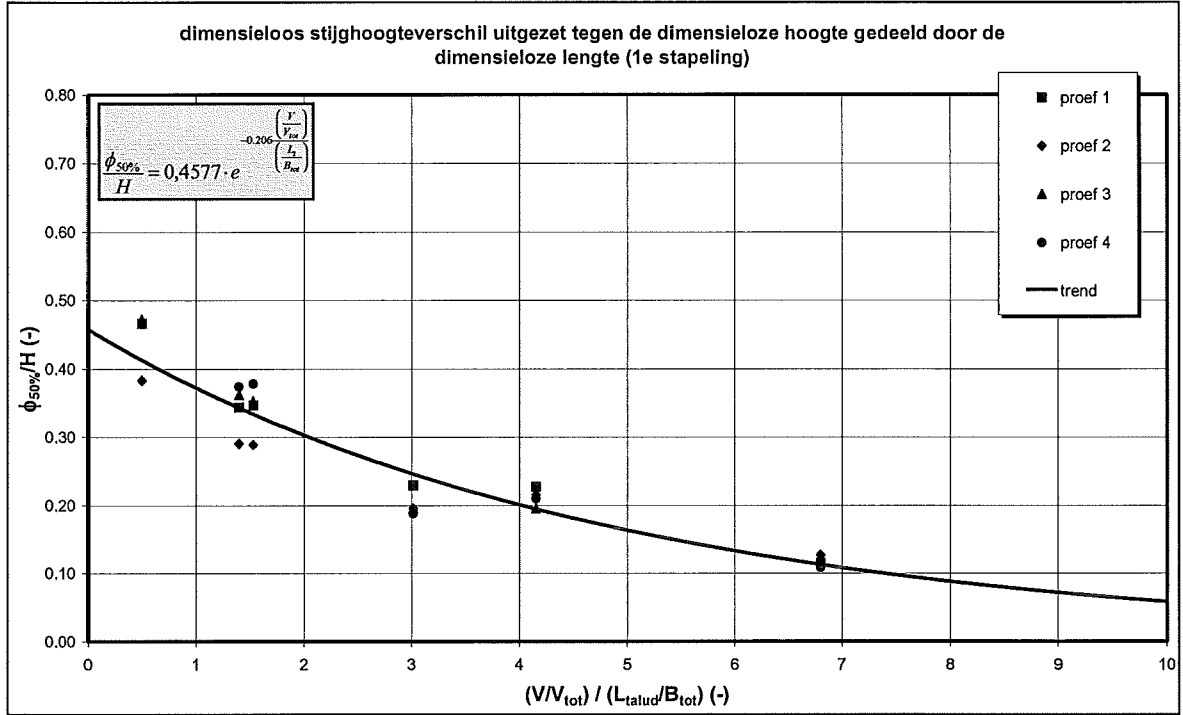
Figuur A-12 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze directe afstand tot drukopnemer 8 (2e stapeling)



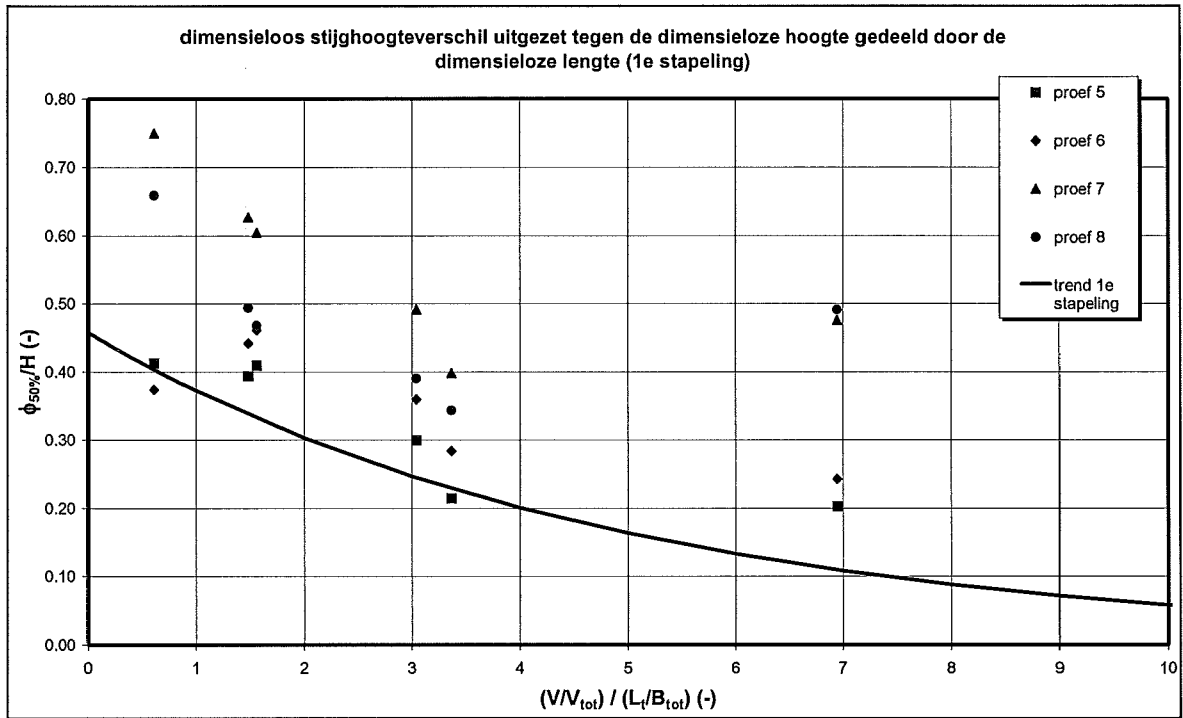
Figuur A-13 Dimensieloos stijhoogteverschil uitgezet tegen de haakse afstand tot het talud (1e stapeling)



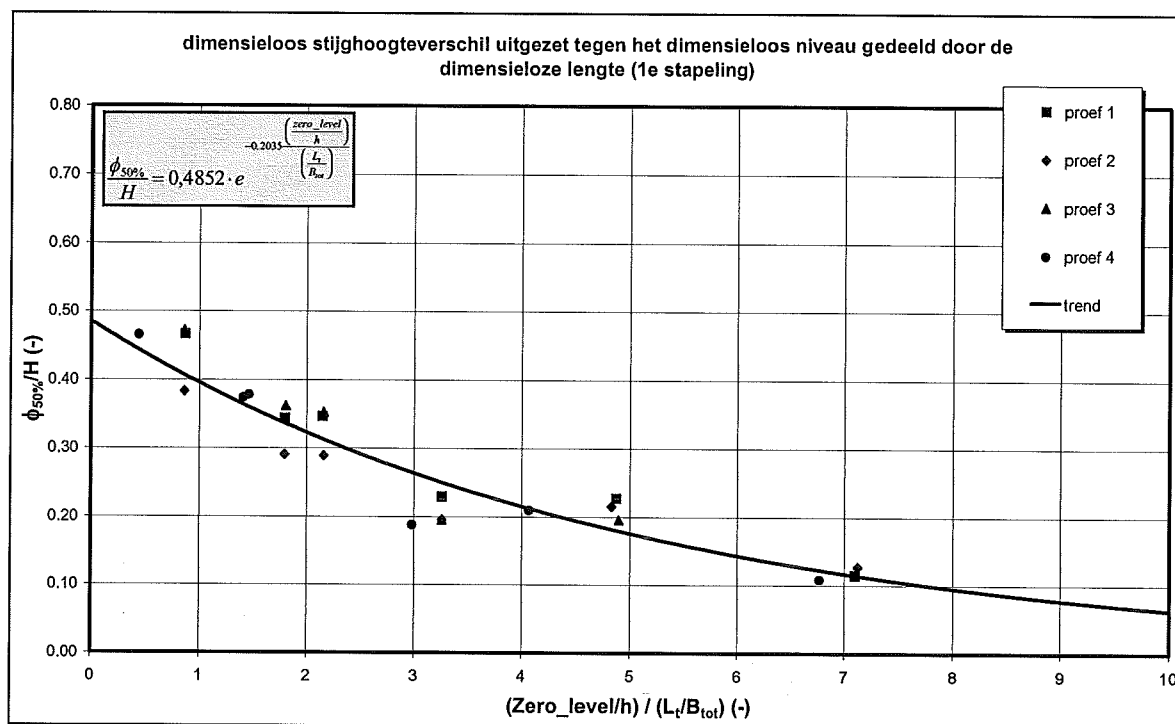
Figuur A-14 Dimensieloos stijhoogteverschil uitgezet tegen de haakse afstand tot het talud (2e stapeling)



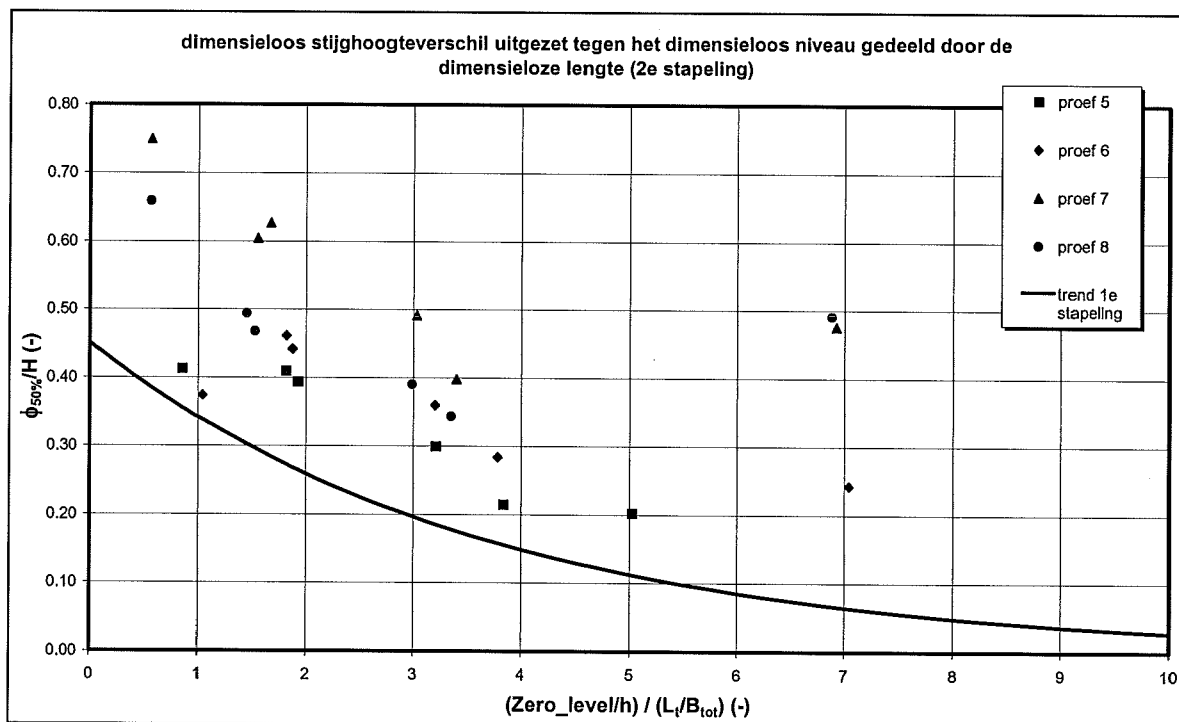
Figuur A-15 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verhouding tussen verticale en horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)



Figuur A-16 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verhouding tussen verticale en horizontale afstand in de stapeling (2e stapeling)

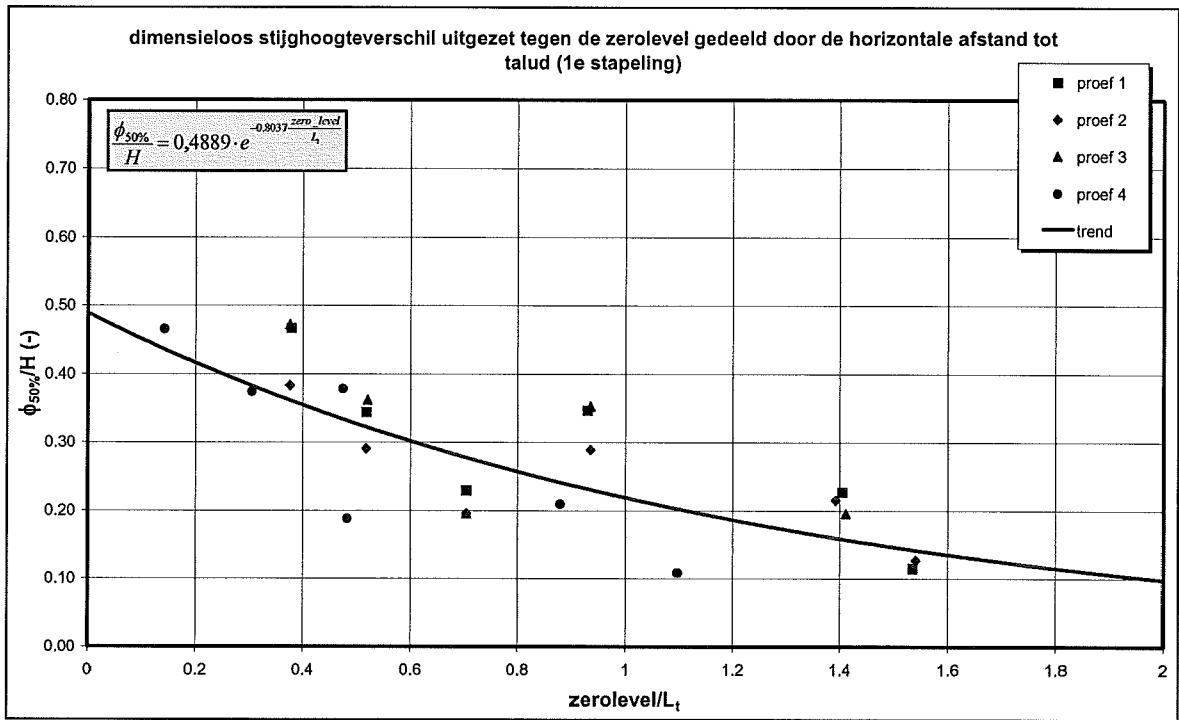


Figuur A-17 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensioze verhouding tussen verticale afstand onder de waterspiegel en de horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)

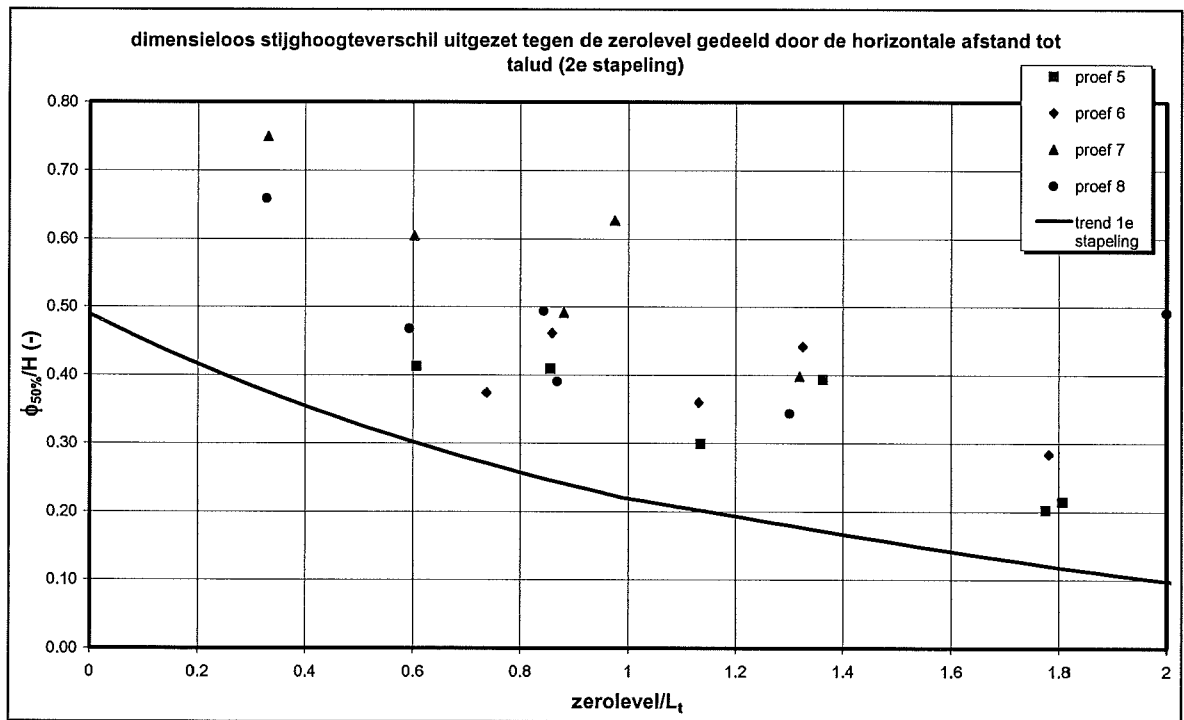


Figuur A-18 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensioze verhouding tussen verticale afstand onder de waterspiegel en de horizontale afstand in de stapeling (1e stapeling)





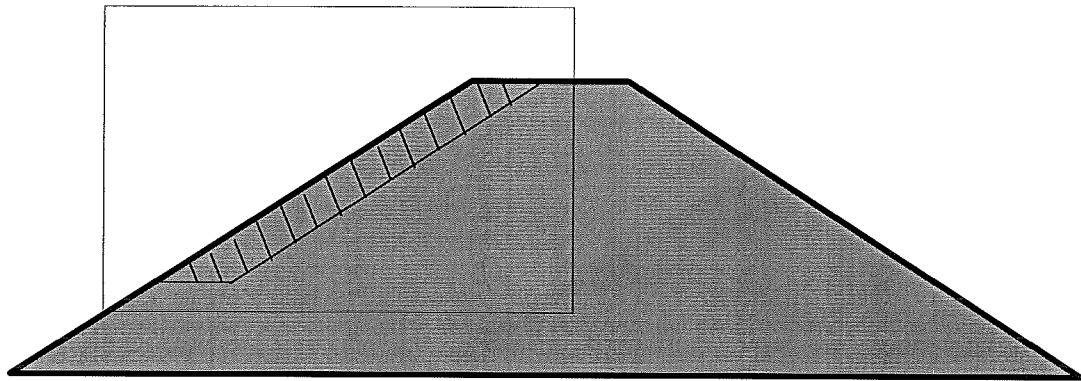
Figuur A-19 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verhouding tussen verticale afstand in de stapeling en de haakse afstand tot het talud (1e stapeling)



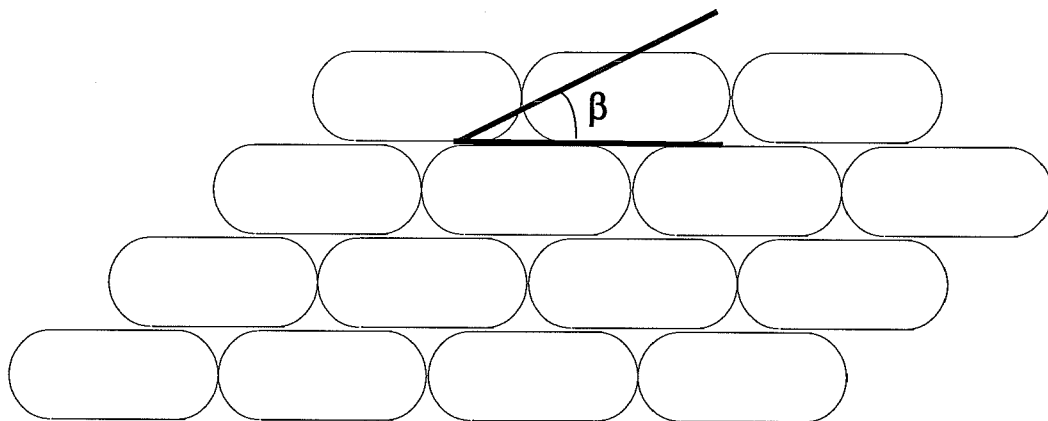
Figuur A-20 Dimensieloos stijghoogteverschil uitgezet tegen de dimensieloze verhouding tussen verticale afstand in de stapeling en de haakse afstand tot het talud (2e stapeling)

## Bijlage B

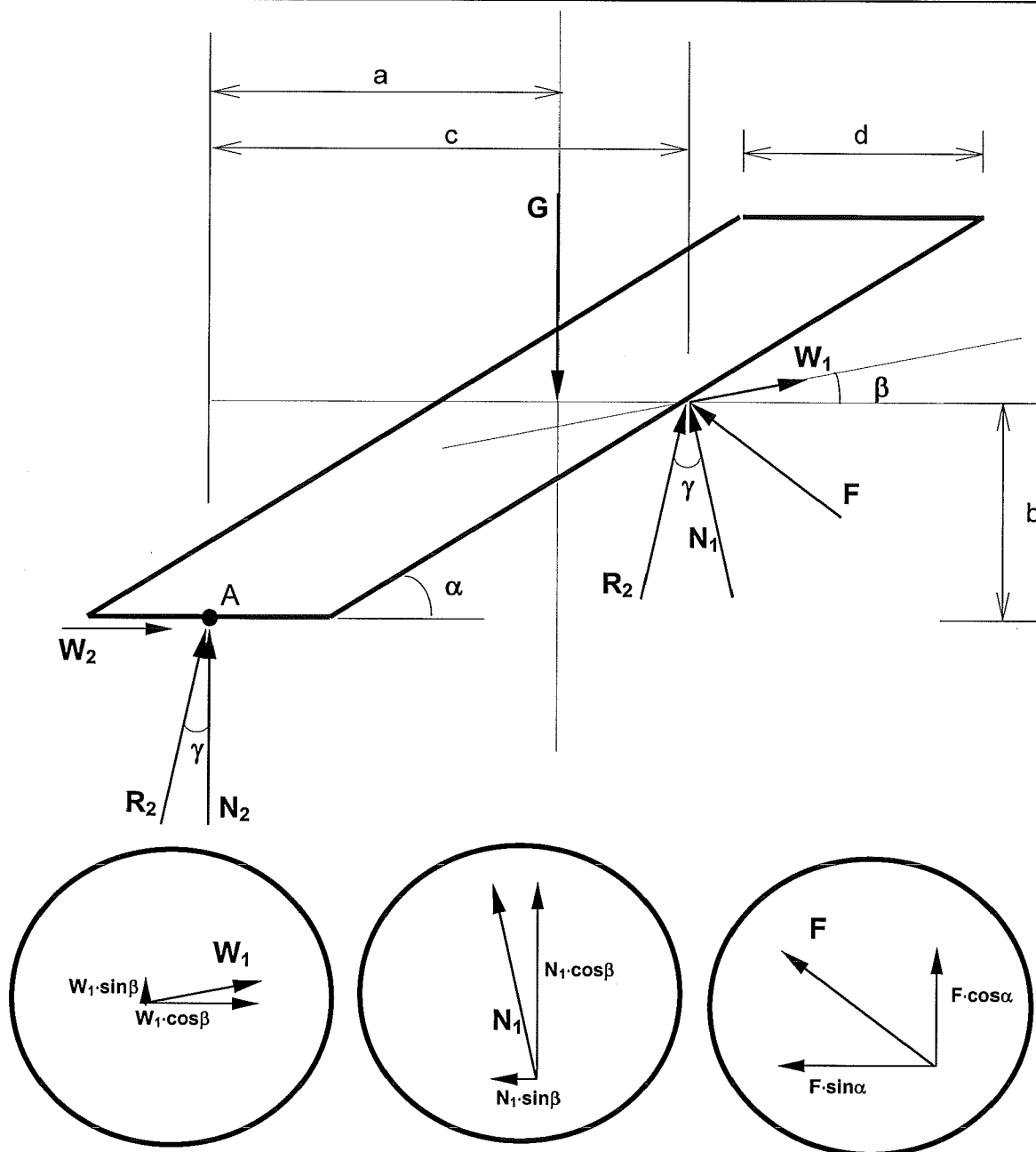
## Afleiding voor stabiliteitsberekening



Figuur B-1. dijkdoorsnede



Figuur B-2. Stapeling geocontainers



Figuur B-3

Krachtspel in een stapeling goeementen

**Uitgangssituatie**

1. Gegevens:
  - Dijkhoogte :  $2b$  (m)
  - Breedte goeement :  $d$  (m)
  
2. Symbolen
  - $f$  = wrijvingsfactor
  - $F$  = dynamische inwendige naar buiten gerichte kracht
  - $G$  = eigen gewicht (aandrijvende kracht)
  - $N$  = Normaalkracht
  - $R$  = Reactiekracht
  - $W$  = Wrijvingskracht

- $\beta$  = hoek waaronder het geo-element c.q. wil afschuiven
- $\gamma$  = hoek van inwendige wrijving

### 3. Berekening

#### *Krachtenevenwicht*

$$\text{Verticaal evenwicht } (\Sigma V=0) \Rightarrow G = N_2 + N_1 \cdot \cos \beta + W_1 \cdot \sin \beta + F \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

$$\text{Horizontaal evenwicht } (\Sigma H=0) \Rightarrow W_2 + W_1 \cdot \cos \beta = N_1 \cdot \sin \beta + F \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Momenten evenwicht } (\Sigma M_A=0) \Rightarrow \\ a \cdot G + b \cdot W_1 \cdot \cos \beta = b \cdot N_1 \cdot \sin \beta + c \cdot N_1 \cdot \cos \beta + c \cdot W_1 \cdot \sin \beta + c \cdot F \cdot \cos \alpha + b \cdot F \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

#### *Vastlegging wrijvingsfactoren*

$$\begin{aligned} W_1 &= f \cdot N_1 \\ W_2 &= f \cdot N_2 \end{aligned}$$

#### *Berekening*

Met de wrijvingsfactoren worden (1), (2) en (3) respectievelijk:

$$N_2 = G - N_1 \cdot \cos \beta - f \cdot N_1 \cdot \sin \beta - F \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

$$f \cdot N_2 + f \cdot N_2 \cdot \cos \beta = N_1 \cdot \sin \beta + F \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

$$N_1 \cdot (c \cdot f \cdot \sin \beta - b \cdot f \cdot \cos \beta + b \cdot \sin \beta + c \cdot \cos \beta) = a \cdot G - b \cdot F \cdot \sin \alpha - c \cdot F \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

(4) in (5) levert:

$$\begin{aligned} f \cdot G - f \cdot N_1 \cdot \cos \beta - f^2 \cdot N_1 \cdot \sin \beta - f \cdot F \cdot \cos \alpha + f \cdot N_1 \cdot \cos \beta &= N_1 \cdot \sin \beta + F \cdot \sin \alpha \\ \Leftrightarrow N_1 \cdot (\sin \beta + f^2 \cdot \sin \beta) &= f \cdot G - f \cdot F \cdot \cos \alpha - F \cdot \sin \alpha \\ \Leftrightarrow N_1 &= \frac{f \cdot G - f \cdot F \cdot \cos \alpha - F \cdot \sin \alpha}{(\sin \beta + f^2 \cdot \sin \beta)} \end{aligned} \quad (7)$$

(5) gelijkstellen aan (6) levert dan:

$$\begin{aligned} (f \cdot G - f \cdot F \cdot \cos \alpha - F \cdot \sin \alpha) \cdot (c \cdot f \cdot \sin \beta - b \cdot f \cdot \cos \beta + b \cdot \sin \beta + c \cdot \cos \beta) &= \\ (\sin \beta + f^2 \cdot \sin \beta) \cdot (a \cdot G - b \cdot F \cdot \sin \alpha - c \cdot F \cdot \cos \alpha) & \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow c \cdot f^2 \cdot G \cdot \sin \beta - b \cdot f^2 \cdot G \cdot \cos \beta + b \cdot f \cdot G \cdot \sin \beta + c \cdot f \cdot G \cdot \cos \beta -$$

$$c \cdot f^2 \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha + b \cdot f^2 \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - b \cdot f \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha -$$

$$c \cdot f \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - c \cdot f \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + b \cdot f \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta -$$

$$b \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta - c \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta =$$

$$a \cdot G \cdot \sin \beta - b \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta - c \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha + a \cdot f^2 \cdot G \cdot \sin \beta -$$

$$b \cdot f^2 \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta - c \cdot f^2 \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha$$

$$\Leftrightarrow (c-a) \cdot f^2 \cdot G \cdot \sin \beta - b \cdot f^2 \cdot G \cdot \cos \beta + b \cdot f \cdot G \cdot \sin \beta + c \cdot f \cdot G \cdot \cos \beta +$$

$$b \cdot f^2 \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - b \cdot f \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha - c \cdot f \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta -$$

$$c \cdot f \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + b \cdot f \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - c \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - a \cdot G \cdot \sin \beta +$$

$$c \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha + b \cdot f^2 \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta = 0$$

Hetgeen leidt tot de uiteindelijke vergelijking:

$$\Leftrightarrow f^2 \left\{ (c-a) \cdot G \cdot \sin \beta - b \cdot G \cdot \cos \beta + b \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta + b \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \right\} +$$

$$f \left\{ b \cdot G \cdot \sin \beta + c \cdot G \cdot \cos \beta - b \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha - c \cdot F \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha - \right. \\ \left. c \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + b \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta \right\} -$$

$$a \cdot G \cdot \sin \beta - c \cdot F \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + c \cdot F \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha = 0$$

(8)

**Pilarczyk, K.W. (DWW)**

---

**Van:** Pilarczyk, K.W. (DWW)  
**Verzonden:** woensdag 27 november 2002 10:29  
**Aan:** 'Chris Stolker'  
**CC:** 'mark Klein Breteler'; Maarten de Groot (E-mail); Berendsen, E. (DWW)  
**Onderwerp:** RE: heranalyse geotechnische stabiliteit geocontainers- vervolg

Chris en Mark,

Nog een suggestie.

1) Het zal nuttig zijn de gegevens van large geobags (Hannover) mee te nemen in deze analyse. Misschien zijn Duitsers bereid om de gegevens met ons uit te wisselen. Eventueel via prof. Oumeraci.

2) Het is jammer dat wij geen bezwijkproef hebben; daaruit zouden wij veel meer kunnen halen ; is nog mogelijkheid om zo'n proef uit te voeren.

krystian

-----Oorspronkelijk bericht-----

**Van:** Pilarczyk, K.W. (DWW)  
**Verzonden:** woensdag 27 november 2002 9:48  
**Aan:** 'Chris Stolker'; k.pilarczyk@planet.nl; Pilarczyk, K.W. (DWW)  
**CC:** mark Klein Breteler; Adam Bezuijen (E-mail); Maarten de Groot (E-mail); Berendsen, E. (DWW)  
**Onderwerp:** RE: heranalyse geotechnische stabiliteit geocontainers

Chris,

bedank voor je aangepaste schets met definities.

Ik heb problemen met definitie van de kracht F.

De druk P werkt niet over de hele oppervlak  $L_s \times 1m$ . In je schets je tekent alsof er overall een vrije ruimte tussen geocontainers is (zwevende containers).

Ik denk dat de effectieve oppervlak ca 50 % kleiner is; alleen in de vrije ruimte in de hoekjes. Daar waar de contact is tussen de geocontainers onderling zal dit zo niet werken. Onze grondmechanici (Adam, Maarten) zouden ons moeten adviseren (op basis van hun ervaring en metingen) hoe jij druk overdracht op contact-oppervlak moet benaderen (of verwaarlozen?).

Ik denk ook dat de derde dimensie (lengte) ook een rol speelt, bij lange containers (of tubes) is meer direct contact tussen de elementen dan bij korte.

de effectieve oppervlak zal gedefinieerd kunnen worden als  $r \times A_t = r \{L_s \times l(\text{lengte})\}$ , waar r is de reductie coefficient (% of contact tussen de elementen).

In ons geval zal de effectieve oppervlak  $L_s \times l(\text{lengte})$  misschien in orde van 20% of minder kunnen zijn.

Groeten

Krystian

Krystian Pilarczyk, Manager International Co-operation  
 Rijkswaterstaat  
 Road and Hydraulic Engineering Institute  
 Van der Burghweg 1  
 P.O. Box 5044  
 2600 GA Delft  
 The Netherlands

Tel. +31-15-2518427

Fax +31-15-2518568/2518555

Email (Office): [k.w.pilarczyk@dww.rws.minvenw.nl](mailto:k.w.pilarczyk@dww.rws.minvenw.nl)

Email(Home): [k.pilarczyk@planet.nl](mailto:k.pilarczyk@planet.nl)

-----Oorspronkelijk bericht-----

**Van:** Chris Stolker [<mailto:Chris.Stolker@wldelft.nl>]

**Verzonden:** dinsdag 26 november 2002 11:19

**Aan:** [k.pilarczyk@planet.nl](mailto:k.pilarczyk@planet.nl); [K.W.Pilarczyk@DWW.RWS.MinVenW.NL](mailto:K.W.Pilarczyk@DWW.RWS.MinVenW.NL)

**CC:** mark Klein Breteler; Chris Stolker

**Onderwerp:** heranalyse geotechnische stabiliteit geocontainers

Beste Krystian,

Ik heb via Mark je vraag / opmerkingen ontvangen. Mijn excuses dat sommige dingen niet duidelijk zijn. Ik heb op jouw verzoek een definitieschets toegevoegd en de symbolenlijst uitgebreid plus hier en daar enige aanpassingen gedaan. Ik hoop dat dit een en ander verduidelijkt.

Zo niet, schroom niet contact met mij op te nemen via email of telefonisch.

vr. gr.

Chris Stolker  
WL | delft hydraulics  
River engineering  
Rotterdamseweg 185  
(p.o.box 177)  
2600 MH Delft  
015 - 285 84 71  
e-mail: [Chris.Stolker@wldelft.nl](mailto:Chris.Stolker@wldelft.nl)