

**Adviezen ter verbetering van de standzekerheid
van de waterkering te Hardinxveld-Giessendam-Oost en
Gorinchem-West tijdens de hoogwater-periode in januari 1995**

CO-350000/..
februari 1995
Roz/crisis.wp

Opgesteld in opdracht van:
Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard
en de Vijfheerenlanden
Molenstraat 109, GORINCHEM
Postbus 102, 4200 AC GORINCHEM

AFDELING GRONDCONSTRUCTIES
projectleider: ing. A.P.C. Rozing
projectbegeleider: ing. J. Dekker

GRONDMECHANICA DELFT
Stieltjesweg 2, 2628 CK DELFT
Postbus 69, 2600 AB DELFT

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21
Postbank 234342
Bank MeesPierson NV
Rek.nr. 25.92.35.911

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
2	Uitwerking noodmaatregelen	1
2.1	Vergelijking situatie december 1993 met januari 1995	1
2.2	Opzetten peil in Kanaal van Steenenhoek	5
2.3	Verhoging polderpeil te Hardinxveld Giessendam-Oost	6
2.4	Aanbrengen zandzakken te Hardinxveld Giessendam-Oost	9
2.5	Tijdsduur onveilige situatie na optreden hoogwater	10

FIGUREN

Figuur 2.1	Relatie stijghoogte / buitenwaterstand	3
Figuur 2.2	Relatie polderpeil evenwichtsfactor	8

TABELLEN

Tabel 1.1	Samenvatting voorgestelde noodmaatregelen	1
Tabel 2.1	Samenvatting berekeningsresultaten binnenwaartse macro-stabiliteit (huidige situatie onder MHW-omstandigheden) van de slechte dijkvakken te Gorinchem-West	2
Tabel 2.2	Samenvatting berekeningsresultaten binnenwaartse macro-stabiliteit (huidige situatie onder MHW-omstandigheden) van de slechte dijkvakken te Hardinxveld-Giessendam-Oost	4
Tabel 2.3	Berekeningsresultaten verhoging polderpeil Dp 012+055 m	7
Tabel 2.4	Berekeningsresultaten zandzakkenberm	10

BIJLAGEN

1 Inleiding

Naar aanleiding van de conclusies in de onlangs gereed gekomen rapporten ter beoordeling van de standzekerheid van de dijk voor huidige situatie onder maatgevende omstandigheden en de hoge waterstand in de Boven-Merwede van januari/februari 1995 werd duidelijk dat ter plaatse van aantal van de dijkvakken te Hardinxveld-Giessendam-Oost en Gorinchem-West een instabiele situatie zou kunnen ontstaan. Ter voorkoming van een dijkdoorbraak zijn door het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden alsmede door de Provincie noodmaatregelen bedacht. Het effect van deze maatregelen is door Grondmechanica Delft berekend.

Navolgend is een samenvatting gegeven van de voorgestelde noodmaatregelen:

datum	tijd	probleem
31-01-1995	circa 13.30h-16:30h	Vergelijking situatie december 1993 met januari 1995
31-01-1995	circa 22:00h-02:30h	Opzetten peil in Kanaal van Steenenhoek
2-02-1995	circa 12:00h-14:00h	Verhoging polderpeil te Hardinxveld Giessendam-Oost
2-02-1995	circa 14:30h-16:30h	Aanbrengen zandzakken te Hardinxveld Giessendam-Oost
3-02-1995	circa 16:00h-18:30h	Tijdsduur onveilige situatie na optreden hoogwater

Tabel 1.1 Samenvatting voorgestelde noodmaatregelen

2 Uitwerking noodmaatregelen

In de navolgende paragrafen zijn de in hoofdstuk 1 weergegeven noodmaatregelen uitgewerkt.

2.1 Vergelijking situatie december 1993 met januari 1995

berekeningen d.d. 31-01-1995, circa 13.30h-16:30h

Vraag:

Door het HHS werd de vraag gesteld in hoeverre de situatie van januari 1995 slechter zou worden dan de situatie van december 1993 (tevens in vergelijking tot de situatie bij MHW) voor de dijkvakken te Hardinxveld-Giessendam-Oost en Gorinchem-West. In december 1993 was de situatie niet kritiek. Indien uit de berekeningen zou volgen dat de situatie van januari 1995 niet veel zou afwijken van de situatie in december 1993 kon wellicht worden geconcludeerd dat geen

kritieke situatie zou ontstaan.

Oplossing:

Voor de dijkvakken is het meest maatgevende bezwijkmechanisme de macro-stabiliteit van het binnenwaartse talud. In eerste instantie is derhalve gekeken welke dijkvakken het minst stabiel zijn. Hiertoe zijn de berekeningsresultaten van de stabiliteitsanalyses in de rapporten ter beoordeling van de huidige situatie onder MHW-omstandigheden bestudeerd. Vervolgens zijn berekeningen uitgevoerd om het verschil aan te kunnen tonen. Hierna zijn de conclusies getrokken en met de opdrachtgever besproken.

Gorinchem-West

Voor Gorinchem-West zijn de volgende resultaten beschikbaar.

dijkvak	representatief dwarsprofiel [Dp. + m]	opdrifveiligheid [-]	berekende evenwichtsfactor (zone 1) [-]
2B	397+000	1.07	0.89
3A	399+100	1.06	0.93
3B	401+000	1.00	0.70
5A	001+000	1.09	0.85
5B	002+000	1.16	0.95

Tabel 2.1 Samenvatting berekeningsresultaten binnenwaartse macro-stabiliteit (huidige situatie onder MHW-omstandigheden) van de slechte dijkvakken te Gorinchem-West

hieruit volgde dat het maatgevende dwarsprofiel ter plaatse van Dp 401+000 m is gelegen. Voor dit profiel zijn dan ook berekeningen uitgevoerd.

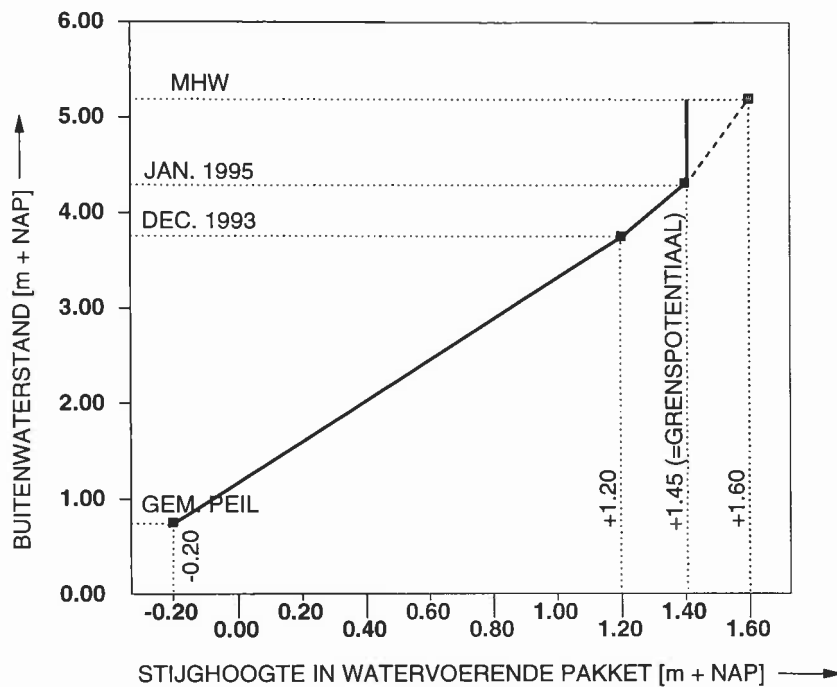
Uitgangspunten berekeningen:

- potentiaal in watervoerende pakket onder maatgevende omstandigheden in het midden van het kanaal van Steenenhoek = $\Phi_{(MHW)} = \text{NAP} + 1,45 \text{ m}$ (bij MHW = NAP +5,20 m, dit is echter de grenspotentiaal, de berekende potentiaal is circa NAP +1,60 m).

Buitenwaterstand december 1993 circa NAP +3,75 m. $\Phi_{(dec.1993)} = \text{NAP} + 1,20 \text{ m}$.

schatting $\Phi_{(jan.1995)} = \text{NAP} + 1,45 \text{ m}$

Een en ander uitgezet in figuur 1.1



Figuur 2.1 Relatie stijghoogte / buitenwaterstand

Berekeningsresultaten:

- De stabiliteit van de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden (bij MHW) is gezien het optreden van de grenspotential gelijk aan de situatie van januari 1995. De berekende evenwichtsfactor is 0.696 bij een oprijfveiligheid van 1,00
- De berekende evenwichtsfactor van de situatie in december 1993 is 0.89 bij een oprijfveiligheid van 1,05.

Conclusies:

Voor het beschouwde profiel is de situatie van december 1993 aanmerkelijk gunstiger dan de situatie van januari 1995. Derhalve kon worden geconcludeerd dat een zeer kritieke situatie zou kunne ontstaan.

Hardinxveld-Giessendam-Oost

Voor Hardinxveld-Giessendam-Oost waren de volgende resultaten beschikbaar.

dijkvak	representatief dwarsprofiel [Dp.,+.m]	oprijfveiligheid [-]	berekende evenwichtsfac- tor (zone 1) [-]
1A	004+094	1.00	0.57
1A	005+004	1.00	0.59
1A	005+140	1.00	0.71
1B	005+140	1.00	0.65
1B	006+129	1.00	0.63
1C	006+180	1.02	0.71
1C	007+025	1.00	0.72
2D	011+030	1.00	0.70
2F	012+055	1.00	0.66
2F	012+155	1.00	0.76
2I	014+050	1.00	0.65
3A	015+021	1.00	0.74
3A	015+141	1.00	0.64

Tabel 2.2 Samenvatting berekeningsresultaten binnenwaartse macro-stabiliteit (huidige situatie onder MHW-omstandigheden) van de slechte dijkvakken te Hardinxveld-Giessendam-Oost

hieruit volgde dat het dwarsprofiel ter plaatse van Dp 012+055 m als representatief slecht dwarsprofiel kan worden beschouwd. Voor dit profiel zijn dan ook berekeningen uitgevoerd.

Uitgangspunten berekeningen:

- potentiaal in watervoerende pakket onder maatgevende omstandigheden ter plaatse van de binnenteen van de dijk = $\Phi_{(MHW)} = \text{NAP} + 2,85 \text{ m}$ (bij MHW = NAP + 4.75 m, $\Phi_{(MHW)}$ is tevens de grenspotentiaal).

Buitenwaterstand december 1993 circa NAP +? m. $\Phi_{(dec.1993)} = \text{NAP} + 2.00 \text{ m}$.

schatting $\Phi_{(jan.1995)} = \text{NAP} + 2.25 \text{ m}$

Berekeningsresultaten:

- De stabiliteit van de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden (bij MHW) was reeds berekend (zie rapport beoordeling huidige situatie). De berekende evenwichtsfactor is 0.66 bij een oprijfveiligheid van 1,00.

- De berekende evenwichtsfactor van de situatie in december 1993 is 0.743 bij een oprijfveiligheid van 1,04.
- De berekende evenwichtsfactor van de situatie in januari 1995 is 0.772 bij een oprijfveiligheid van 1,02.

Conclusies:

Voor het beschouwde profiel is de situatie van december 1993 gunstiger dan de situatie van januari 1995. Derhalve kon worden geconcludeerd dat een kritieke situatie zou kunnen ontstaan.

2.2 Opzetten peil in Kanaal van Steenenhoek

Berekeningen d.d. 31-01-1995, 22:00h-02:30h

Vraag:

Door het HHS werd de vraag gesteld in hoeverre de stabiliteit voor de dijkvakken te Gorinchem-West verbeterde indien het peil in het Kanaal van Steenenhoek wordt opgezet van NAP +0.85 m (huidig) tot NAP +2,00 m.

Oplossing:

Hiertoe zijn berekeningen uitgevoerd in het maatgevende dwarsprofiel ter plaste van Dp 401+000 m. Als uitgangspunt zijn de resultaten genomen van de huidige situatie met de waterstanden en stijghoogten van januari 1995.

Aan de hand van deze berekeningsresultaten zijn de conclusies voor het gehele dijkvak getrokken en aan de opdrachtgever gerapporteerd.

Uitgangspunten berekeningen:

- Bij een verhoogd waterpeil in het kanaal gaat de grenspotential evenredig omhoog. De maximaal berekende potential is circa NAP +1,65 m.
- Het freatisch vlak in de dijk zal door verhoging van het kanaalpeil enigszins veranderen.
- Het korrelspanningverloop in het slappe lagenpakket in het kanaal verandert niet, voor zover het de 'grenslaag' niet betreft waarin t.g.v. consolidatie het waterspanningverloop maar ook het korrelspanningverloop verandert.

Berekeningsresultaten:

- De stabiliteit van de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden (januari 1995), zonder opgezet kanaalpeil is berekend op 0.696 bij een oprijfveiligheid van 1,00 (drukstaafmechanisme is maatgevend)
- De berekende evenwichtsfactor van de situatie in januari 1995 met een waterpeil van NAP +1,50 m in het kanaal is 1.000 bij een oprijfveiligheid van 1,09. Gezien de oprijfveiligheid bedraagt de $\frac{1.000}{0.975} = 1.03$ (drukstaafmechanisme). Gezien de

- relatief hoge oprijfveiligheid is een controle berekening volgens Bishop uitgevoerd. De berekende evenwichtsfactor bedroeg echter > 1.269 .
- De berekende evenwichtsfactor van de situatie in januari 1995 met een waterpeil van NAP +2,00 m in het kanaal is 1.145 bij een oprijfveiligheid van 1,16. Gezien de oprijfveiligheid bedraagt de ≈ 1.18 ($1.145/0.96 \approx 1.18$) (drukstaafmechanisme). Gezien de relatief hoge oprijfveiligheid is een controle berekening volgens Bishop uitgevoerd. De berekende evenwichtsfactor bedroeg echter > 1.228 .

Conclusies:

Uit de berekeningsresultaten volgt duidelijk dat, door het opzetten van het waterpeil in het Kanaal van Steenenhoek tot NAP +2,00 m (of NAP +1.50 m), de stabiliteit van het binnentalud verbeterd.

2.3 Verhoging polderpeil te Hardinxveld Giessendam-Oost

Berekeningen d.d. 2-02-1995, 12:00h-14:00h

Vraag:

Door het HHS werd de vraag gesteld in hoeverre de stabiliteit voor de dijkvakken te Hardinxveld-Giessendam-Oost verbeterd als het polderpeil wordt verhoogd van NAP -1.35 m (situatie d.d. 2-02-1995, namelijk gemiddeld 0,30 m onder de gemiddelde maaiveldhoogte) tot NAP -0,50 m (in stappen van 0,10 m).

Inmiddels is het gebied rond Boven-Hardinxveld geëvacueerd. Door het iets opzetten van het polderpeil zullen derhalve geen levensbedreigende situatie kunnen ontstaan terwijl slechts enkele woningen met wateroverlast te maken zullen krijgen.

Oplossing:

Hiertoe zijn berekeningen uitgevoerd in het maatgevende dwarsprofiel ter plaatse van Dp 012+055 m. Als uitgangspunt zijn de resultaten genomen van de huidige situatie met de waterstanden en stijghoogten van januari 1995.

Aan de hand van deze berekeningsresultaten zijn de conclusies voor het gehele dijkvak getrokken en aan de opdrachtgever gerapporteerd.

Uitgangspunten berekeningen:

- Bij een verhoogd freatisch vlak binnendijks zal, indien dit als stationair effect wordt beschouwd, de korrelspanningen afnemen. Opgemerkt wordt dat als dit snel gebeurt (stel uren) dan zal de situatie niet verslechteren. Indien het Polderpeil boven maaiveld uitkomt zal de waterschijf als tegenwerkend moment gaan werken in de stabiliteitsanalyse hetgeen een gunstige uitwerking heeft. Het korrelspanningverloop in het slappe lagenpakket in de polder verandert niet, voor zover het de 'grenslaag' niet betreft waarin t.g.v. consolidatie

het waterspanningverloop maar ook het korrelspanningverloop verandert.

Berekeningsresultaten:

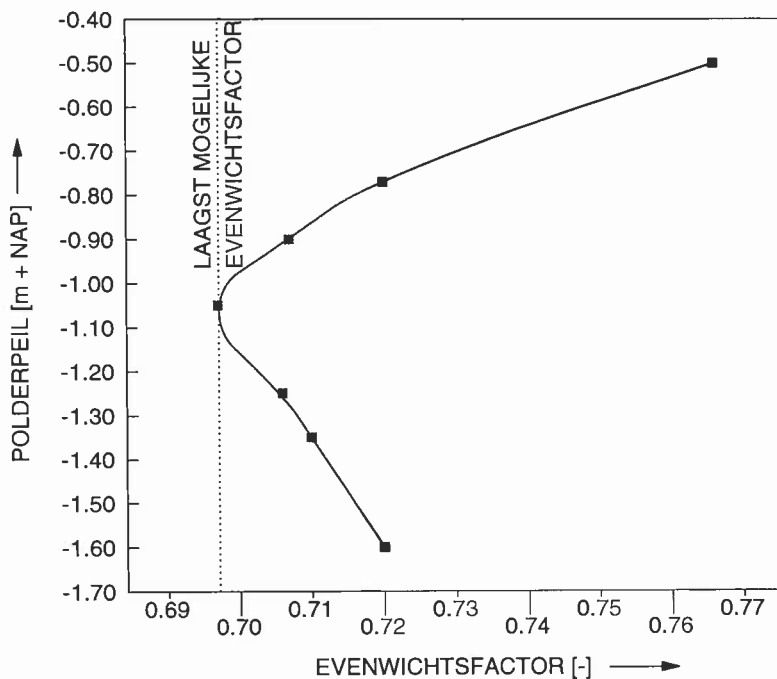
- De stabiliteit van de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden (januari 1995), zonder opgezet Polderpeil is berekend op 0.713 bij een oprijfveiligheid van 1,02 (drukstaafmechanisme is maatgevend) betekent dit dat de ...? 0.720 is. Hierbij was nog uitgegaan van het onder normale omstandigheden aanwezige polderpeil van NAP -1,60 m.
- Vervolgens is voor de verschillende verhogingen van het polderpeil de evenwichtsfactor berekend en in tabel 2.3 weergegeven.

polderpeil [m + NAP]	F_{ma} [-]	N_{opdr} [-]	evenwichtsfactor
-1.60	0.713	1.02	0.720
-1.35	0.703	1.02	0.710
-1.25	0.699	1.02	0.706
-1.05	0.690	1.00	0.697
-0.90	0.696	1.03	0.707
-0.75	0.706	1.04	0.720
-0.50	0.739	1.07	0.766

voor alle gevallen geldt dat het drukstaafmechanisme maatgevend is

Tabel 2.3 Berekeningsresultaten verhoging polderpeil Dp 012+055 m

De in tabel 2.3 weergegeven waarden zijn tevens uitgezet in figuur 2.2.



Figuur 2.2 Relatie polderpeil evenwichtsfactor

Conclusies:

Uit de berekeningsresultaten in het profiel ter plaatse van DP 012+055 m volgt dat, door het opzetten van het polderpeil in principe eerst een geringe verslechtering van de situatie kan optreden zolang het polderpeil niet boven maaiveldhoogte uitkomt. Deze verslechtering zal echter zeer gering zijn. Indien het polderpeil boven maaiveldhoogte uitkomt zal de stabiliteit snel verbeteren. Aangezien de polderpeil verhoging gering is zal echter ook de toename van de evenwichtsfactor gering zijn (toename van 0,04).

Om echter een uitspraak voor alle dijkvakken te Hardinxveld-Giessendam-Oost te kunnen doen is het echter van belang de maaiveldhoogte ter plaatse van de teen van de dijk te beschouwen. Hieruit werd geconcludeerd dat op een aantal dijkvakken de maaiveldhoogte ter plaatse van de binnenteen hoger is dan NAP -0,50 m. Voor deze trajecten kan gezegd worden dat het opzetten van het polderpeil tot NAP -0.50 m alleen een verslechtering betekent omdat het tegenwerkend moment van de waterschijf boven maaiveld ontbreekt, de korrelspanningen in het slappe lagenpakket in de polder wel afnemen en het freatisch vlak ter plaatse van het binnentalud hoger wordt.

Gezien bovengenoemde is het volgende geadviseerd:

ten gevolge van de genoemde noodmaatregel zal ter plaatse van de volgende trajecten een verbetering van de binnenwaartse stabiliteit plaatsvinden:

- Dp ... tot en met Dp
- Dp ... tot en met Dp

2.4 Aanbrengen zandzakken te Hardinxveld Giessendam-Oost

Berekeningen d.d. 2-02-1995, 14:30h-16:30h

Vraag:

Door het HHS werd de vraag gesteld in hoeverre de stabiliteit voor de dijkvakken te Hardinxveld-Giessendam-Oost verbeterd na het aanbrengen van zandzakken in de binnenteen. Tevens werd de vraag gesteld over welke hoeveel belasting nodig zou zijn teneinde een acceptabele verbetering te verkrijgen. Aangezien de zandzakken alleen per vrachtauto over de kruin van de dijk konden worden aangevoerd is tevens gekeken naar het effect van een verkeersbelasting op de stabiliteit van het binnentalud.

Oplossing:

Hiertoe zijn berekeningen uitgevoerd in het maatgevende dwarsprofiel ter plaatse van Dp 012+055 m. Als uitgangspunt zijn de resultaten genomen van de huidige situatie met de waterstanden en stijghoogten van januari 1995.

Aan de hand van deze berekeningsresultaten zijn de conclusies voor het gehele dijkvak getrokken en aan de opdrachtgever gerapporteerd.

Uitgangspunten berekeningen:

- Ten gevolge van het aanbrengen van een belasting op het binnendijkse maaiveld zullen wateroverspanningen in het slappe lagenpakket ontstaan welke door consolidatie in de tijd zullen afnemen. De korrelspanningen en daarmee de sterkte van de ondergrond neemt dus langzaam toe. Dit is echter een langdurig proces (jaren) waarmee geen rekening is gehouden.
- Ten gevolge van een relatief kort durende verkeersbelasting zullen de korrelspanningen en daarmee de sterkte van de ondergrond eveneens niet toenemen.

Berekeningsresultaten:

- De stabiliteit van de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden (januari 1995), zonder opgezet Polderpeil is berekend op 0.713 bij een oprijfveiligheid van 1,02 (drukstaafmechanisme is maatgevend) betekent dit dat de ...? 0.720 is. Hierbij was nog uitgegaan van het onder normale omstandigheden aanwezige polderpeil van NAP -1,60 m.
- Vervolgens is onderzocht wat voor verbetering van de evenwichtsfactor wordt bereikt bij toepassing van zandzakken. Hierbij is uitgegaan van een zandbelasting van 9 kN/m^2 (circa 0,50 m zand). De berekeningsresultaten zijn in tabel 2.4 weergegeven.

zandzakkenberm breedte [m]	afstand vanaf binnenkruinlijn [m]	berekende evenwichtsfactor ($N_{opdr} = 1.02$) [-]
0,0	n.v.t.	0.720
6.0	9.0 (= binnenteen dijk)	0.719
20.0	18.0	0.797

Tabel 2.4 Berekeningsresultaten zandzakkenberm

Conclusies:

Uit de berekeningsresultaten in het profiel ter plaatse van DP 012+055 m volgt dat, door het aanbrengen van zandzakken vanaf circa 20,0 m uit de binnenkruinlijn een redelijk toename van de evenwichtsfactor zal plaatsvinden. Hiervoor zijn echter heel veel zandzakken nodig die in relatief weinig tijd moeten worden aangebracht.

Aangezien de zandzakken met vrachtauto's over de dijk moeten worden aangevoerd is, gezien de verslechtering van de evenwichtsfactor hier tengevolge van, het totale effect van het aanbrengen van de zandzakken eerder negatief dan positief. Hierbij is het dynamische effect van het verkeer op de dijk, hetgeen een verslechtering van de situatie teweeg zal brengen, niet verdisconteerd. Geadviseerd is derhalve dan ook om deze noodmaatregel niet toe te passen. Indien toch de keuze wordt gemaakt om deze noodmaatregel wel toe te passen is geadviseerd om half volgeladen vrachtauto's zoveel mogelijk aan de buitenkruinzijde te laten rijden.

Opmerking:

Geconstateerd werd dat het programma MLIFT wateroverspanningen in het slappe pakket ten gevolge van aanpassingspercentages niet goed berekend. Dit dient te worden opgelost !!!

2.5 Tijdsduur onveilige situatie na optreden hoogwater

Berekeningen d.d. 3-02-1995, 16:00h-18:30h

Vraag:

Wanneer verbetert de standzekerheid van de waterkering (met name de macrostabiliteit binnewaarts bij het drukstaafmechanisme) na het optreden van de hoogste buitenwaterstand

Het antwoord op deze vraag is reeds door Dekker en Blinde geformuleerd.