

GELEIDELIJKE SLUITING

VII

STABILITEIT VAN EEN DAM OPGEBOUWD UIT BETONBLOKKEN

RAPPORT MODELONDERZOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
DELFT

M 731

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

GELEIDELIJKE SLUITING

VII

Stabiliteit van een dam opgebouwd uit betonblokken.

Rapport Modelonderzoek

M 731

december 1967

INHOUD

	blz.
1. Inleiding en opdracht.	1
2. Proefopstelling.	1
3. Proeven.	2
3.1. Stabiliteit van een dam met een enkele kruin en een kern van stortsteen.	2
3.2. Stabiliteit van een dam met een enkele kruin zonder een kern van stortsteen.	2
3.3. Stabiliteit van een dam met dubbele kruin in het geval van alleen stroming.	3
3.4. Stabiliteit bij stroming van zee en golfaanval uit zee in de opbouwfasen.	3
3.5. Stabiliteit bij stroming naar zee en golfaanval uit zee in de opbouwfasen.	4
3.6. Stabiliteit bij een tweetal opbouwfasen onder invloed van golven van zee en zowel stroming naar als van zee.	5
3.7. Stabiliteit wanneer beschadiging een plaatselijke verlaging tot gevolg heeft.	5
3.8. Onderzoek naar de mogelijkheden de doorlatendheid van de dam te verminderen door gebruik te maken van fijner materiaal.	6
4. Konklusies.	8

FIGUREN.

1. Doorsneden over de goot.
2. Betonblok ten behoeve van de geleidelijke sluiting.
3. Dam met een kern van stortsteen.
4. Dam met een enkele kruin.
5. De vorm van de dam met dubbele kruin.
6. Verband tussen damhoogte en verval en damhoogte en debiet.
7. Damhoogte - 2 m t.o.v. N.A.P. Vloed.
8. Damhoogte - 1 m t.o.v. N.A.P. Vloed.
9. Damhoogte N.A.P. Vloed.
10. Damhoogte + 1 m t.o.v. N.A.P. Vloed.
11. Damhoogte + 2 m t.o.v. N.A.P. Vloed.
12. Damhoogte + 3 m t.o.v. N.A.P. Vloed.
13. Het verband tussen damhoogte, de optredende schade en het daarbij horende verval bij vloed.
14. Damhoogte + 3 m t.o.v. N.A.P. Vloed.
15. Kruinen op verschillende hoogte. N.A.P en + 3 m t.o.v. N.A.P.
16. Kruinen op verschillende hoogte + 1 m t.o.v. N.A.P, + 3 m t.o.v. N.A.P.
17. Damhoogte - 2 m t.o.v. N.A.P. Eb.
18. Damhoogte - 1 m t.o.v. N.A.P. Eb.
19. Damhoogte N.A.P. Eb.
20. Het verband tussen de damhoogte, de optredende schade en het daarbij horende verval bij eb.
21. Schade bij stroming uit twee richtingen en golven uit zee. Damhoogte 1 m t.o.v. N.A.P.
22. Schade bij stroming uit twee richtingen en golven vanuit zee. Damhoogte + 3 m t.o.v. N.A.P.
23. Stabiliteit van de dam wanneer kalamiteiten een plaatselijke verlaging tot gevolg hebben. Damhoogte - 1 m t.o.v. N.A.P.
24. Stabiliteit van de dam wanneer kalamiteiten een plaatselijke verlaging tot gevolg hebben. Damhoogte + 1 m t.o.v. N.A.P.
25. Stabiliteit van de dam wanneer kalamiteiten een plaatselijke verlaging tot gevolg hebben. Damhoogte + 3 m t.o.v. N.A.P.
26. Stabiliteit van de dam wanneer kalamiteiten een plaatselijke verlaging tot gevolg hebben. Dam met een enkele kruin op - 1 m t.o.v. N.A.P.

27. Stabiliteit van de dam wanneer kalamiteiten een plaatselijke verlagings tot gevolg hebben. Dam met enkele kruin op + 1 m t.o.v. N.A.P.
28. Stabiliteit van de dam wanneer kalamiteiten een plaatselijke verlagings tot gevolg hebben. Dam met een enkele kruin op + 3 m t.o.v. N.A.P.
29. Snelheidsverdeling achter een dam opgebouwd uit betonblokken.
30. Snelheidsverdeling achter een dam opgebouwd uit 80 gew. % betonblokken en 20 gew. % stortsteen 10 - 300 kg.
31. Snelheidsverdeling achter een dam bekleed met een schil stortsteen 10 - 300 kg.
32. Stabiliteit van de dam opgebouwd uit 80 gew. % betonblokken en 20 gew. % stortsteen 10 - 300 kg.
33. Stabiliteit van de dam bekleed met een schil stortsteen 10 - 300 kg.

TABELLEN.

- I. Stabiliteit van de dam met dubbele kruin in het geval van alleen stroming. Damvoet op N.A.P. - 5 m.
- II. Stabiliteit van de dam met dubbele kruin in het geval van alleen stroming. Damvoet op N.A.P. - 10 m.

GELEIDELIJKE SLUITING

Stabiliteit van een dam opgebouwd uit betonblokken.

I. INLEIDING EN OPDRACHT.

Door de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst, werd bij een bespreking op 5 januari 1967 opdracht gegeven een onderzoek uit te voeren naar de stabiliteit van een dam, opgebouwd uit betonblokken, onder invloed van stroom en golven. De resultaten van dit onderzoek zijn van belang in verband met het bepalen van de benodigde hoeveelheid materiaal voor de sluiting van het zuidelijke sluitgat van het Brouwershavense Gat.

Om een indruk te krijgen van de stabiliteit van de dam onder verschillende omstandigheden zijn bij de proeven gevarieerd: de hoogte en de vorm van de dam, de vervallen over de dam, de golfhoogte, de stroomrichting en voor enkele proeven de samenstelling van het materiaal waaruit de dam is opgebouwd. De proeven zijn verricht door J.B.M. Wiggers, die tevens dit verslag samenstelde.

2. PROEFOPSTELLING.

De proeven zijn gedaan op schaal 1 : 20 in een goot met een breedte van 1 m en een horizontale bodem. De debieten werden gemeten met een bochtstukdebietmeter. De waterstanden voor en achter de dam werden bepaald met behulp van de statische drukopeningen van Pitotbuizen. Verder was de inrichting van de goot zo dat in beide richtingen een verval over de dam kon worden ingesteld. Een golfmachine zorgde voor de opwekking van golven vanuit één richting. In fig. 1 zijn doorsneden over de goot weergegeven.

De proeven beschreven in par. 3.1 en 3.2 zijn gedaan in een smallere goot (breedte = 0,80m) met een gering debiet zodat het verval maximaal 1,50 m kon bedragen.

De vorm van de betonblokken is weergegeven in fig. 2. De gemiddelde dichtheid van de betonblokken bedroeg 2430 kg/m^3 . Als storthoogte werd N.A.P. + 5 m aangenomen. Er is steeds in stilstaand water gestort bij een waterstand van N.A.P..

3. PROEVEN

3.1. STABILITEIT VAN EEN DAM MET EEN ENKELE KRUIJ EN EEN KERN

VAN STORTSTEEN.

Bij de aanvang van het onderzoek zijn in de goot met een breedte van 0,80 m enkele proeven gedaan die tot doel hadden de stabiliteit te bepalen van een dam met een enkele kruin en een kern van stortsteen. Bij een verval van ca. 1,50 m werd de golfhoogte stapsgewijs opgevoerd van 0,70 m tot 2,10 m. De periode was 7 sec. Onder deze omstandigheden trad er aanzienlijke schade op. Fig. 3 geeft een beeld van de vorm van de dam bij de aanvang van de proef en direkt daarna. De voet van de dam lag op N.A.P. - 15 m. Men vergelijk de boven beschreven proef met de proef omschreven in par. 3.4, fig. 12. Daaruit bleek dat een dam met een dubbele kruin op N.A.P. + 3,0 m bij een verval van 2,00 m en een golfhoogte $H_{\max} = 2,00$ m nog niet werd beschadigd.

3.2. STABILITEIT VAN EEN DAM MET EEN ENKELE KRUIJ ZONDER EEN KERN

VAN STORTSTEEN.

Het weglaten van de stortsteenkern had een gunstige invloed op de stabiliteit. Bij een golfhoogte $H_{\max} = 2,20$ m en een periode van 7 sec trad bij een verval van 1,50 m slechts geringe schade op. (Verschuiven van enkele blokken). De voet van de dam lag bij deze proef eveneens op N.A.P. - 15 m.

Met de zelfde meetopstelling is eveneens een dam beproefd waarvan de teen van het talud op N.A.P. - 5 m lag. In fig. 4 zijn doorsneden over de dam getekend die de situatie weergeven vóór de proef en direkt daarna. Het maximaal in te stellen verval bedroeg 2,20 m. (Dit verval kon worden bereikt doordat een dichte kern die tot N.A.P. - 1 m reikte aangebracht was.)

Bij een golfhoogte $H_{\max} = 1,45$ m en een periode van 7 sec trad de aangegeven schade op. Daar de vervallen waarbij schade optrad te klein werden geacht voor het Brouwershavense gat zijn de proeven voortgezet met een dam met dubbele kruin.

3.3. STABILITEIT VAN EEN DAM MET DUBBELE KRUIJN IN HET GEVAL ALLEEN STROMING OPTREEDT.

Bij alle proeven die nu achtereenvolgens beschreven zullen worden is de meetopstelling gebruikt zoals die in par. 2 eerste alinea is aangeduid. De reden waarom op een andere meetopstelling werd overgegaan was dat de beschikbare debieten bij de bredere goot voldoende groot waren om over de dam elk gewenst verval in te kunnen stellen, dit in tegenstelling tot de beschikbare debieten in de smallere goot.

Het dwarsprofiel van de dam met dubbele kruin is schematisch weergegeven in fig. 5. Deze vorm is ontstaan uit het gegeven dat de dam opgebouwd zal worden met behulp van een kabelbaan waarvan de kabels 6,5 m uit elkaar hangen.

De dam is onderzocht voor twee gevallen: één waarbij de teen van het talud op N.A.P. - 5 m lag en één waarbij deze op - 10 m lag. In beide gevallen werd de kruinhoogte gevarieerd van N.A.P. - 2m tot N.A.P. + 4 m. De stapgrootte was 1 m. De benedenstroomse waterstand was steeds N.A.P.. De bovenstroomse waterstand werd opgevoerd tot het schade criterium: 5 blokken verlies per m' model d.w.z. 5 blokken per 20 m' prototype met betrekking tot de kruin aan de benedenstroomse zijde werd bereikt. Dit komt overeen met de stort capaciteit per uur van de kabelbaan.

In de tabellen I en II zijn de meetresultaten weergegeven. Tevens is in fig. 6 grafisch het verband tussen de damhoogte en het verval waarbij het schade criterium wordt overschreden, aangegeven.

3.4. STABILITEIT BIJ STROMING VAN ZEE EN GOLFAANVAL UIT ZEE IN DE OPBOUWFASEN.

Bij alle onderzochte bouwfases lag de teen van het talud op N.A.P. - 10 m. De hoogte van de kruinen werd met stappen van 1 m gevarieerd van N.A.P. - 2 m tot N.A.P. + 4 m. Verder werd bij elke stap de buitenwaterstand gevarieerd terwijl bovendien bij elk verval een golf werd opgewekt van $H_{\max} = 0,60$ m tot $H_{\max} = 2,00$ m. De golfhoogte werd bepaald in stromend water. De binnenwaterstand was steeds N.A.P..

De figuren 7 t/m 12 geven een overzicht van het profiel van de dam vóór en ná de proeven, terwijl tevens is aangegeven bij welke bovenstroomse waterstand en golfhoogte de dammen zijn beproefd.

De figuren tonen duidelijk aan dat een dam met een dubbele kruin aanzienlijk stabiel is dan een dam met een enkele kruin. (Vergelijk par. 3-1, fig. 3). Verder valt uit de figuur af te lezen dat de dam waarbij de kruinen op N.A.P. + 3,0 m lagen onder de door de Deltadienst opgegeven omstandigheden nog schade opliep. De dam met de kruinen op N.A.P. + 4,0 m werd echter niet beschadigd.

In fig. 13 zijn de figuren 7 t/m 12 samengevat. Ter vergelijking is in de fig. een - . - lijn getrokken die het verval aangeeft bij hantering van het schadekriterium van 5 blokken per 20 m in het geval van alleen stroming. Een — — — lijn geeft het verval aan bij hantering van het zelfde schadekriterium maar nu voor het geval van stromen én golven.

Uit fig. 14 is tenslotte in combinatie met fig. 12 de invloed van de golfperiode op de schade af te lezen. Gebleken is dat de schade toenam bij het groter worden van de golfperiode. Bij $T = 4,5$ sec trad geen schade op. Bij $T = 7$ en 10 sec. echter wel. De schade was het grootst bij $T = 10$ sec.

Gedacht werd dat men de hoeveelheid te gebruiken materiaal zou kunnen beperken door de kruin aan de landzijde minder hoog op te storten dan aan de zeezijde. Twee damvormen werden onderzocht: één waarbij de kruin aan de zeezijde op N.A.P. + 3,0 m en aan de landzijde op N.A.P. lag en één waarbij de kruin aan zeezijde weer op N.A.P. + 3,0 m lag maar die aan de landzijde op N.A.P. + 1,0 m.

Uit de figuren 15 en 16 blijkt dat niet alleen de kruin aan landzijde werd beschadigd maar ook die aan zeezijde, zodat het niet mogelijk zal zijn zonder dat extra risico gelopen wordt op deze manier de benodigde hoeveelheid materiaal te verminderen.

3.5. STABILITEIT BIJ STROMING NAAR ZEE EN GOLFAANVAL UIT ZEE IN DE OPBOUWFASEN.

De voet van de dam lag ook bij deze serie proeven op N.A.P. - 10m. Achtereenvolgens zijn onderzocht dammen met de kruinen op N.A.P. - 2,0 m, - 1,0 m en + 1,0 m. In de figuren 17 t/m 19 is aangegeven welk verval over de dammen werd ingesteld. Tevens is de H_{max} van de van zee komende golf vermeld.

Uit de figuren blijkt dat ook nu de dam een redelijke stabiliteit vertoonde. In tegenstelling tot de proeven die in de vorige paragraaf zijn beschreven liep nu de kruin aan zeezijde schade op. De iets grotere schade die optrad in vergelijking met de proeven beschreven in par. 3.4 vond zijn oorzaak waarschijnlijk in het feit dat bij de proeven die in deze paragraaf besproken worden de waterstanden mogelijk ingesteld konden worden. Schade trad voor een groot deel reeds op tijdens het instellen van het juiste verval waarbij zowel de beneden- als de bovenstroomse waterstand te hoog waren. Bij de proeven omschreven in par 3.4 werd alleen de buitenwaterstand gevarieerd en geleidelijk op de juiste hoogte gebracht. Opgemerkt moet nog worden dat het verval echter nooit groter dan het opgegeven verval is geweest.

In fig. 20 zijn de resultaten van de proeven, weergegeven in fig. 17 t/m 19, samengevat.

3.6. STABILITEIT BIJ EEN TWEETAL OPBOUWFASEN ONDER INVLOED VAN GOLVEN VAN ZEE EN ZOWEL STROMING NAAR ALS VAN ZEE.

Omdat in het geval van vloedstroom en golven van zee alleen schade ontstond aan de kruin aan landzijde maar daarentegen bij ebstroom aan de kruin aan zeezijde zijn een tweetal proeven gedaan waarbij achtereenvolgens eb- en vloedstromen werden ingesteld.

In fig. 21 is de dam waarvan de kruinen aanvankelijk op N.A.P. + 1,0 m lagen weergegeven nadat eerst de toestand bij eb nagebootst was en daarna die bij vloed. Fig. 22 geeft hetzelfde voor een dam met een aanvankelijke kruinhoogte van N.A.P. + 3,0 m, echter met dit verschil dat niet eerst de ebstroom ingesteld werd maar de vloedstroom.

Uit de beide figuren valt op te maken dat onder de gegeven omstandigheden een stabiele toestand ontstond.

3.7. STABILITEIT WANNEER BESCHADIGING EEN PLAATSELIJKE VERLAGING TOT GEVOLG HEEFT.

Hierbij is van de gedachte uitgegaan dat in het geval van een lokale verstoring waardoor de kruin plaatselijk lager zou kunnen komen te liggen de stabiliteit sterk zou verminderen doordat in tegenstelling tot het geval waarbij de kruin in zijn geheel wordt aangetast het verval over de dam hetzelfde blijft. Een verdere verlaging van de dam zou hiervan weer het gevolg kunnen zijn.

3.7.1. STABILITEIT VAN EEN DAM MET EEN DUBBELE KRUIN.

De voet van de dam lag op N.A.P. - 10 m. De onderzochte opbouwfasen waren: de kruinen van de dam op N.A.P. - 1,0 m en + 3,0m. Voor het verval over de dam en de opgewekte golfhoogtes voor elke opbouwfase zie men de figuren 23 en 25. Uit deze figuren blijkt dat aanzienlijke schade aan beide kruinen optrad. Zodra echter de schade de vorm had aangenomen zoals die in de figuren is weergegeven werd het damlichaam onder gelijk blijvend verval niet verder beschadigd. Bij de proeven werd dus na het optreden van schade het verval konstant gehouden hetgeen werd bereikt door vergroting van het debiet.

3.7.2. STABILITEIT VAN EEN DAM MET EEN ENKELE KRUIN.

De teen van het talud lag op N.A.P. -10 m. De kruin van de dam is achtereenvolgens gelegd op N.A.P. - 1,0 m, + 1,0 m en + 3,0 m. De figuren 26 t/m 28 geven de toestand vóór en ná het instellen van het verval.

Bij geen van de drie onderzochte toestanden werd het gewenste verval bereikt. De figuren geven een overzicht van de schade die optrad bij de aangegeven vervallen.

In alle gevallen bleek de dam in een labiel evenwicht te verkeren. Elke verhoging van de buitenwaterstand gaf aanleiding tot meer schade.

Uit deze serie proeven is gebleken dat de hoeveelheid materiaal die met behulp van één kabelbaan in het werk gebracht kan worden te gering zal zijn om onder de gegeven omstandigheden een stabiele dam op te leveren.

3.8. ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN DE DOORLATENDHEID VAN DE DAM TE VERMINDEREN DOOR GEBRUIK TE MAKEN VAN FIJNER MATERIAAL.

De doorlatendheid van een dam opgebouwd uit betonblokken is groot. Dientengevolge kunnen de stroomsnelheden zulke waarden aannemen dat daarvan hinder kan worden ondervonden bij het spuiten van zand achter de dam.

Er zijn een aantal proeven gedaan waarbij achter dammen met verschillende opbouw de stroomsnelheden zijn gemeten. Daarnaast is de stabiliteit van deze dammen vergeleken met de dammen van dezelfde vorm die beschreven zijn in par. 3.4 (fig. 12)

3.8.1. DE SNELHEIDSVERDELING ACHTER DE DAMMEN MET VERSCHILLENDE OPBOUW.

Getracht is de doorlatendheid van de dam te verminderen op de volgende twee manieren:

- A. Het tegelijkertijd storten van betonblokken en stortsteen 10 - 300 kg in een verhouding 80 % betonblokken en 20 % stortsteen (gew. procenten).
- B. Het aan de landzijde van de dam aanbrengen van een laag stortsteen 10 - 300 kg.

De figuren 30 en 31 geven een indruk van de damvorm die aldus ontstaat. De kruinen lagen in beide gevallen op N.A.P. + 3,0 m. De taluds waren flauwer dan bij de dam van betonblokken. In fig. 29 t/m 31 zijn de snelheidsverdelingen getekend zoals die vlak achter de dam ontstaan bij respectievelijk:

een dam opgebouwd alleen met behulp van betonblokken, een dam opgebouwd uit 80 gew. % betonblokken en 20 gew. % stortsteen en een dam met een laag stortsteen 10 - 300 kg aan de landzijde. Het verval bedroeg steeds 2,00m. T.o.v. de dam alleen opgebouwd uit betonblokken verminderde het debiet door de dam in het geval van het mengsel met ca. 30 % en in het geval waarbij de laag was aangebracht met ca. 40 %.

3.8.2. STABILITEIT VAN DAMMEN MET VERSCHILLENDE OPBOUW.

De dam opgebouwd uit stortsteen en betonblokken is vervolgens onderzocht op zijn stabiliteit. Het verval bedroeg 3,00 m. De binnenwaterstand was N.A.P.

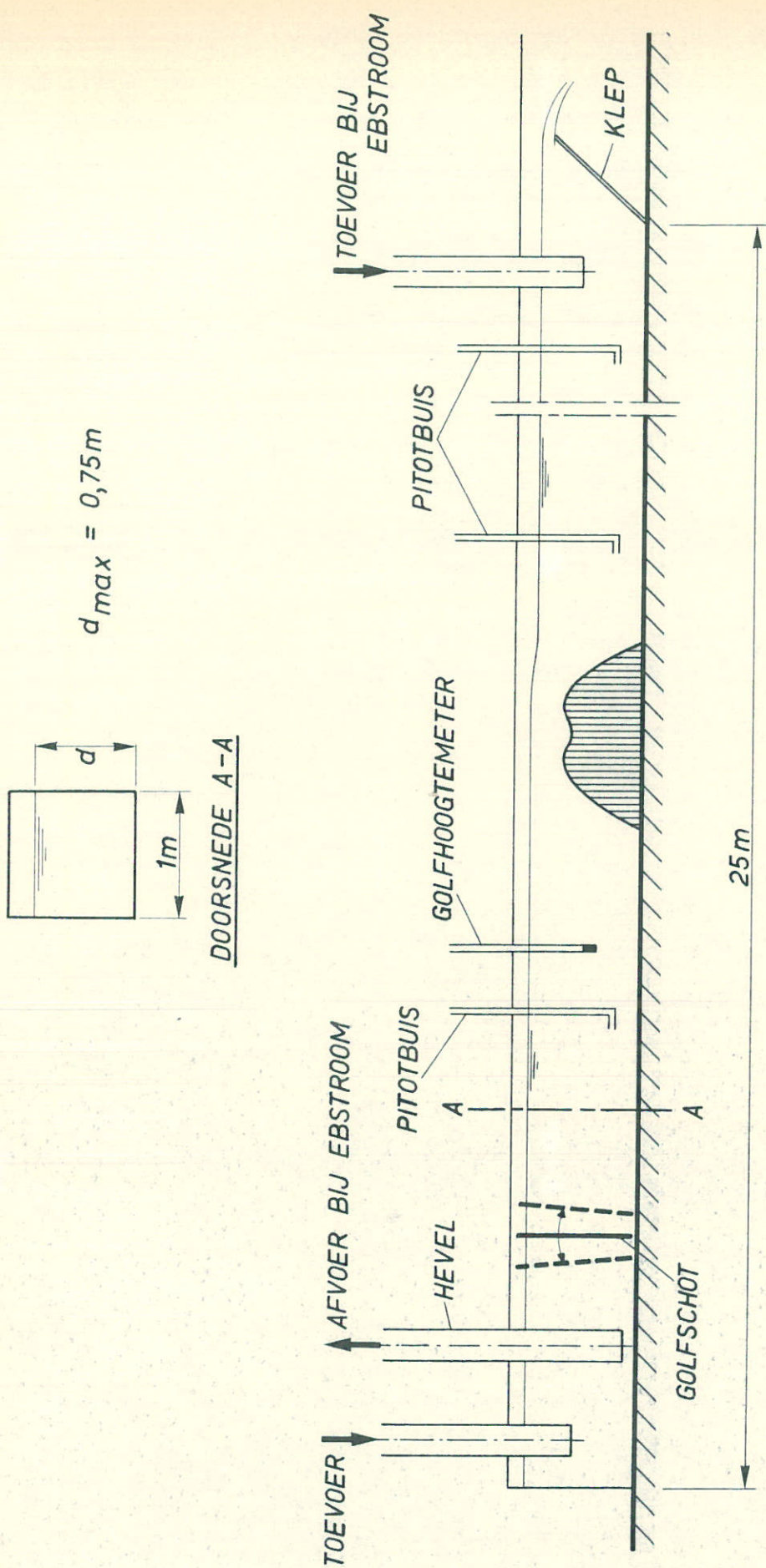
De golfhoogte (H_{\max}) is opgevoerd tot 2,10m. Onder invloed van stroom alleen ontstond reeds de aanzienlijke schade. In fig. 32 is de schade aangegeven die ontstond bij een bepaalde golfhoogte. Het verval werd na het optreden van schade door verhoging van het debiet konstant gehouden. Uit deze proef bleek dat de aldus opgebouwde dam veel minder stabiel was dan de dam uitsluitend opgebouwd met behulp van betonblokken.

De oorzaak hiervan was de aanwezigheid van de stortsteen die de hoek van inwendige wrijving wrijving verminderde.

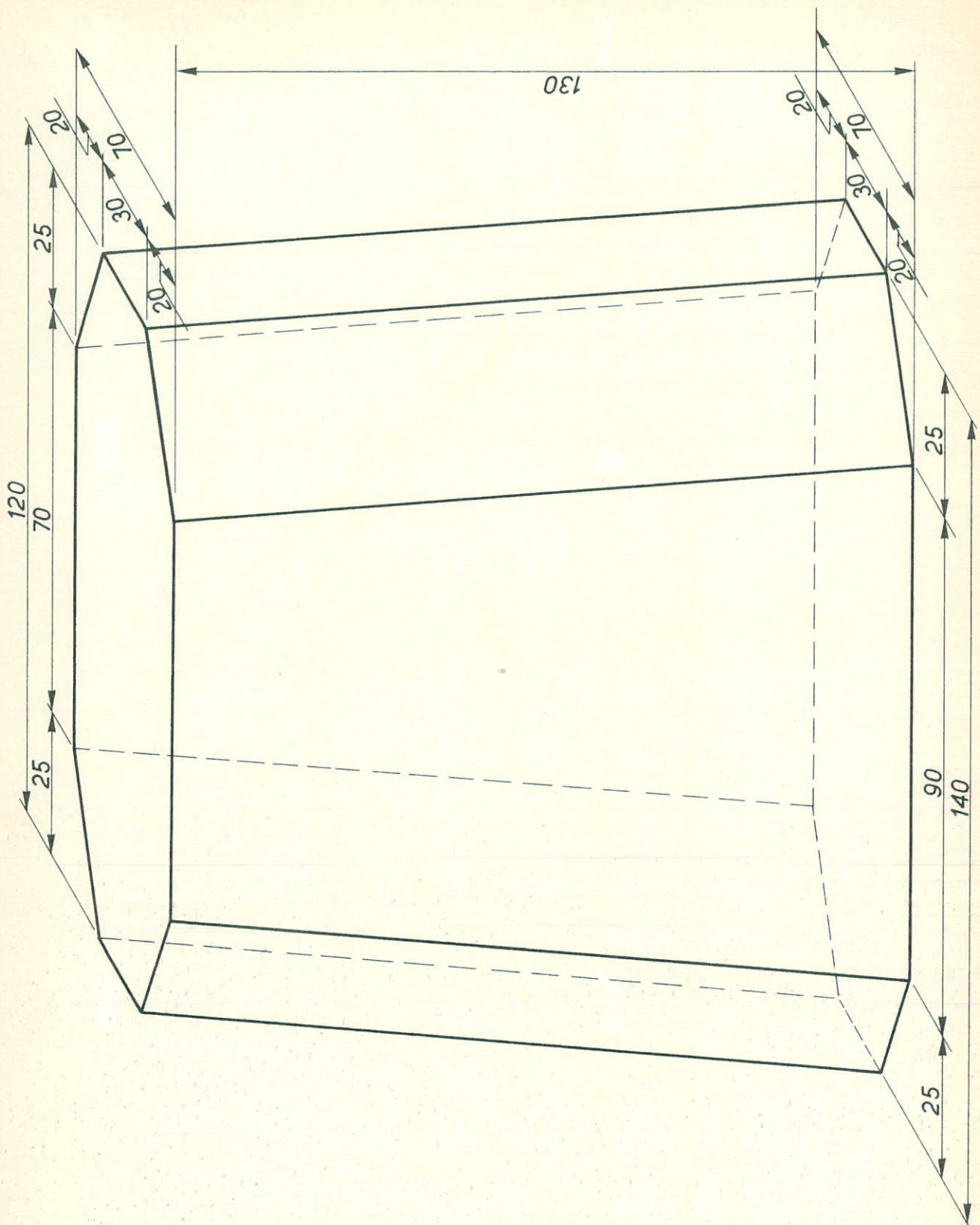
In fig. 33 is de schade aangegeven die optrad bij een verval van 3,00 m en een golfhoogte $H_{\max} = 1,20$ m voor het geval waarbij de dam bekleed was met een laag stortsteen 10-300 kg. De schade aan het stortsteen talud zelf was daarbij aanzienlijk, waardoor het beoogde doel, de vermindering van de doorlatendheid, niet werd bereikt.

4. KONKLUSIES.

1. Een dam opgebouwd uit betonblokken die in het werk worden gebracht met behulp van één kabelbaan bleek in vele van de opgegeven omstandigheden niet stabiel te zijn.
2. Een dam eveneens opgebouwd uit betonblokken maar nu gestort met behulp van twee kabelbanen die 6,5 m uit elkaar hangen was dit wel.
3. Een dam opgebouwd uit betonblokken met een kern en een binnentalud van stortsteen 10 - 300 kg was onder de gegeven omstandigheden niet stabiel.
4. Het is niet mogelijk de doorlatendheid van een dam opgebouwd met behulp van twee kabelbanen te verminderen door toepassing van een mengsel van betonblokken en stortsteen zonder dat dit gepaard gaat met een verlies van stabiliteit in vergelijking tot de dam die alleen uit betonblokken bestaat.
5. Het aanbrengen van een laag stortsteen 10 - 300 kg aan de landzijde van de dam die voor het overige slechts uit betonblokken bestaat met het doel de doorlatendheid te verminderen heeft alleen dan zin wanneer de hoeveelheid stortsteen per m' dam erg groot is. In dit geval verliest de dam zelf niet aan stabiliteit.



DOORSNEDEN OVER DE GOOT



MATEN IN cm

BETONBLOK t.b.v. GELEIDELIJKE SLUITING

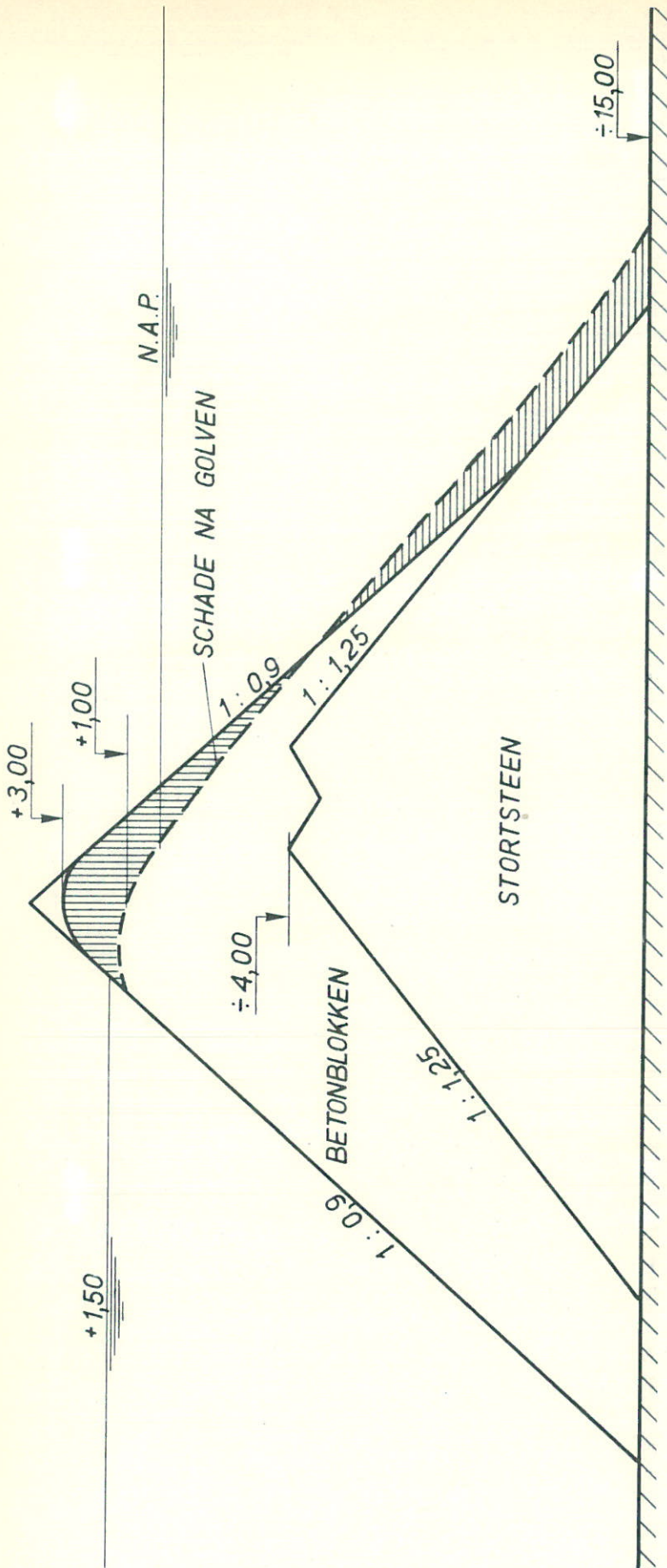
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1002

FIG. 2



$H_{max.} = 2,10m$

$T = 7sec$

PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAM MET EEN KERN VAN STORTSTEEN

SCHAAL 1 : 200

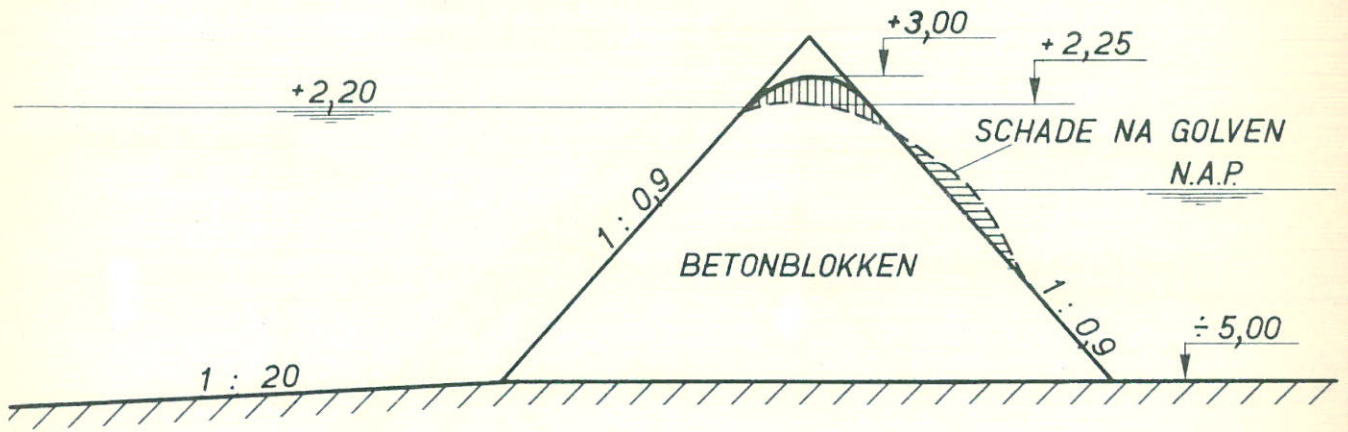
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1003

FIG. 3



$H_{max.} = 1,45m$

$T = 7sec$

PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAM MET EEN ENKELE KRUIJN

SCHAAL 1 : 200

j.w

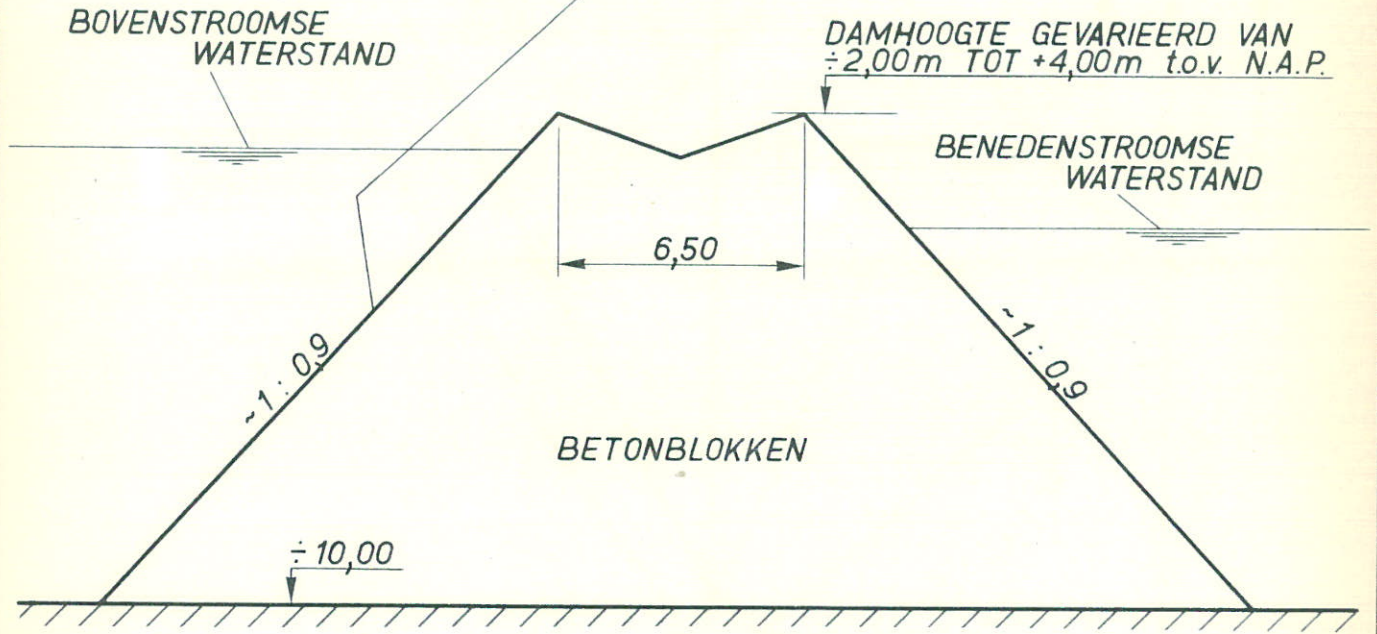
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1004

FIG. 4

HELLING VAN HET TALUD DAT
 ONSTAAT WANNEER DE BLOKKEN
 IN STILSTAAND WATER WORDEN GESTORT
 VALHOOGTE: 5,00 m
 WATERSTAND : N.A.P.



MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DE VORM VAN DE DAM MET DUBBELE KRUIN

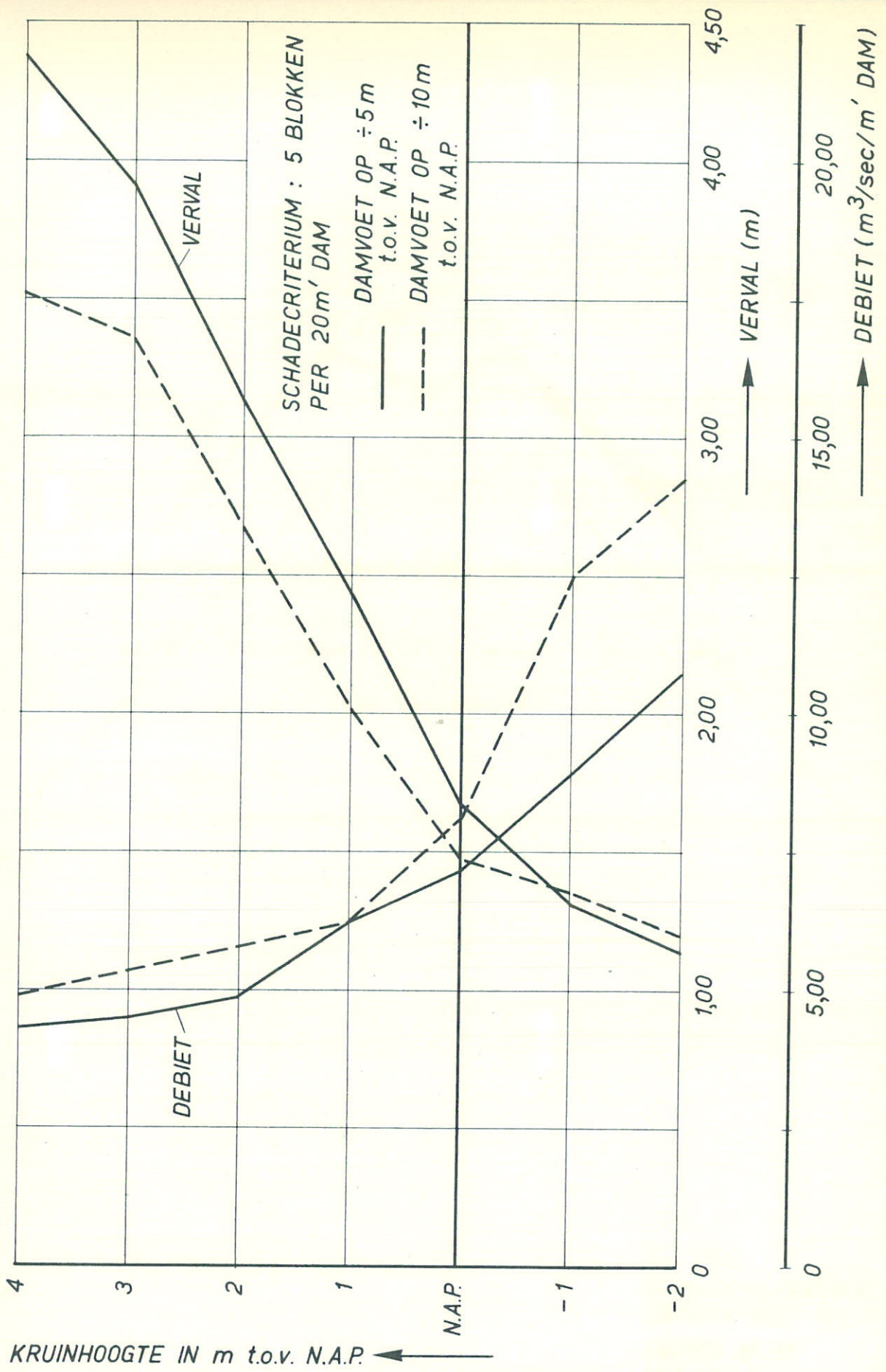
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1005

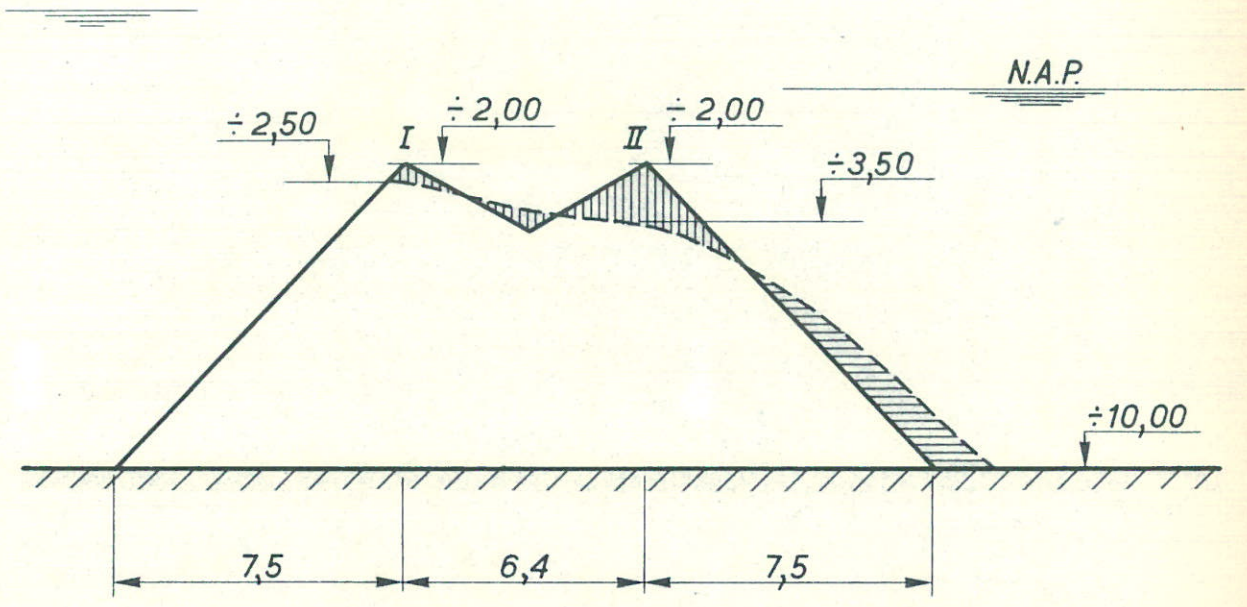
FIG. 5



HET VERBAND TUSSEN DAMHOOGTE EN Verval EN
DAMHOOGTE EN DEBIET

j.w.

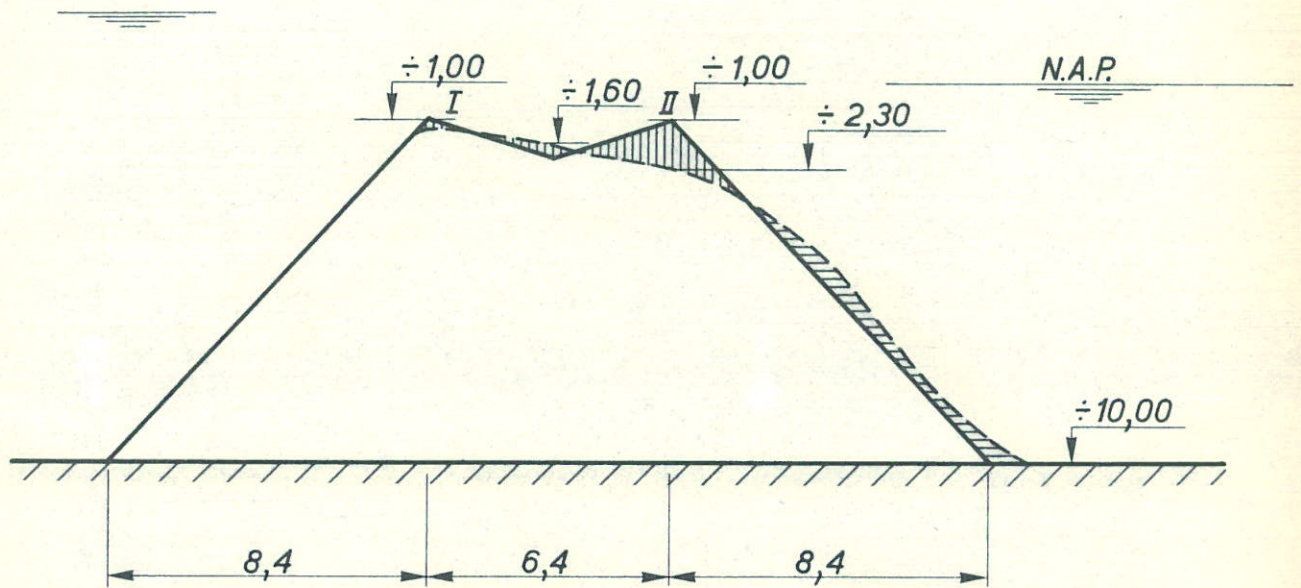
A4



bovenstroomse waterstand in m t.o.v. NAP	golfhoogte ^o in m	schade per 20 m' dam	debiet in m ³ /s/m'
0,00	1,70 2,30	- - 6 _I 8 _{II}	
+ 0.50	1.00 1.70 2.00	- - - - - 3 _{II}	
+ 1.00	0.65 1.10 1.85	- - - - zie tek.	
+ 1.25	1.10 1.80 2.00	- - - - - -	15,4 - -
+ 1.50	1.40 2.00	- - 4 _I -	17.0

T = 7sec
 BENEDENSTROOMSE -
 WATERSTAND : N.A.P.
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE ÷2,00m t.o.v. N.A.P. - VLOED		j.w.
	SCHAAL 1 : 200	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 731-1007	FIG. 7



bovenstroomse waterstand in m t.o.v. N.A.P.	golfhoogte in m	schade per 20m' dam	debiet in m ³ /s/m'
0,00	1.05	- -	-
	1.35	- -	-
	1.95	- -	-
+ 0.50	1.00	- -	4.8
	1.60	- 2 _{II}	-
	2.05	2 _I -	5.2
+ 1.00	0.90	- -	7.6
	1.45	- -	-
	2.10	3 _I 6 _{II}	-
+ 1.25	0.90	- -	9.9
	1.45	- 1 _{II}	-
	1.95	1 _I -	-
+ 1.50	1.45	- -	10.8
	1.95	- -	-

voor totale schade: zie tek.

$T = 7 \text{ sec}$

BENEDENSTROOMSE -
WATERSTAND: N.A.P.

MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE ÷1,00m t.o.v. N.A.P.-VLOED

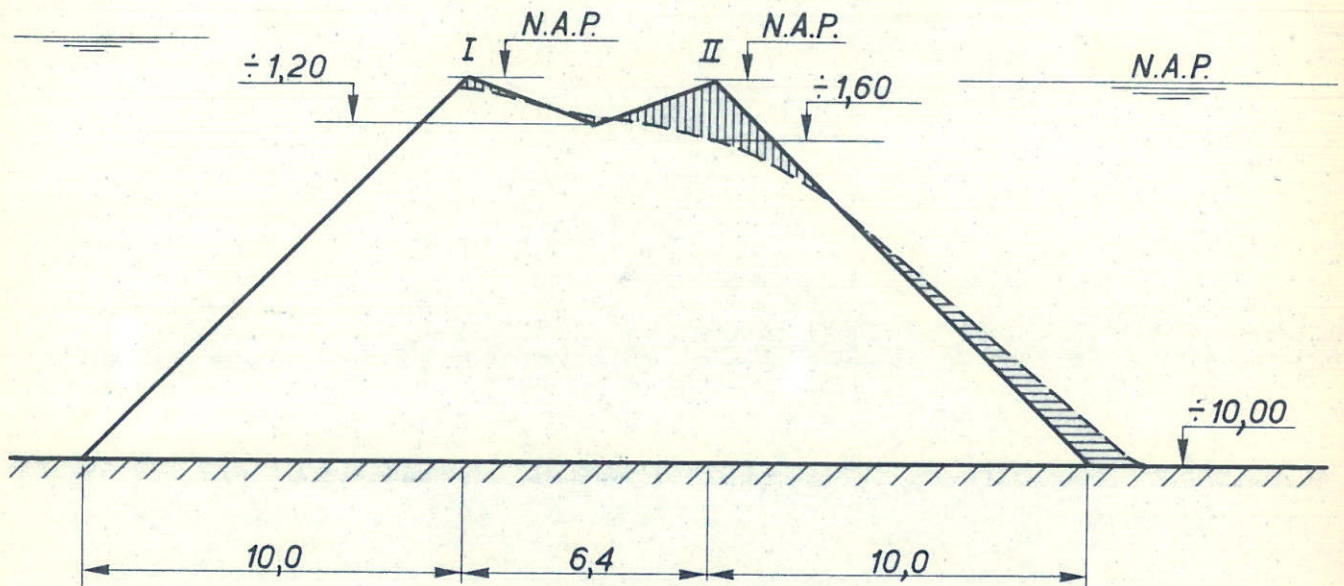
j.w.

SCHAAL 1 : 200 A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1008

FIG. 8



bovenstroomse waterstand in m t.o.v. NAP	golfhoogte in m	schade per 20 m' dam	debiet in m ³ /s/m'
0,00	0,95	- -	-
	1,45	- 2II	-
	1,95	- -	-
+ 0,50	0,90	- -	2,7
	1,40	- -	-
	1,95	- -	3,1
+ 1,00	1,30	- -	4,9
	1,60	2I -	-
	1,95	- 2II	5,1
+ 1,25	0,90	- -	5,9
	1,40	- -	-
	1,95	- 2II	6,2
+ 1,50	0,95	- -	7,2
	1,35	- -	-
	1,75	2I -	-
+ 2,00	2,10	- 3II	8,5
	0,90	- -	9,0
	1,45	- -	-
	2,05	- -	9,8

voor totale schade: zie tek.

$T = 7 \text{ sec}$

BENEDENSTROOMSE -
WATERSTAND: N.A.P.

MATEN IN m

PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE N.A.P. - VLOED

j.w.

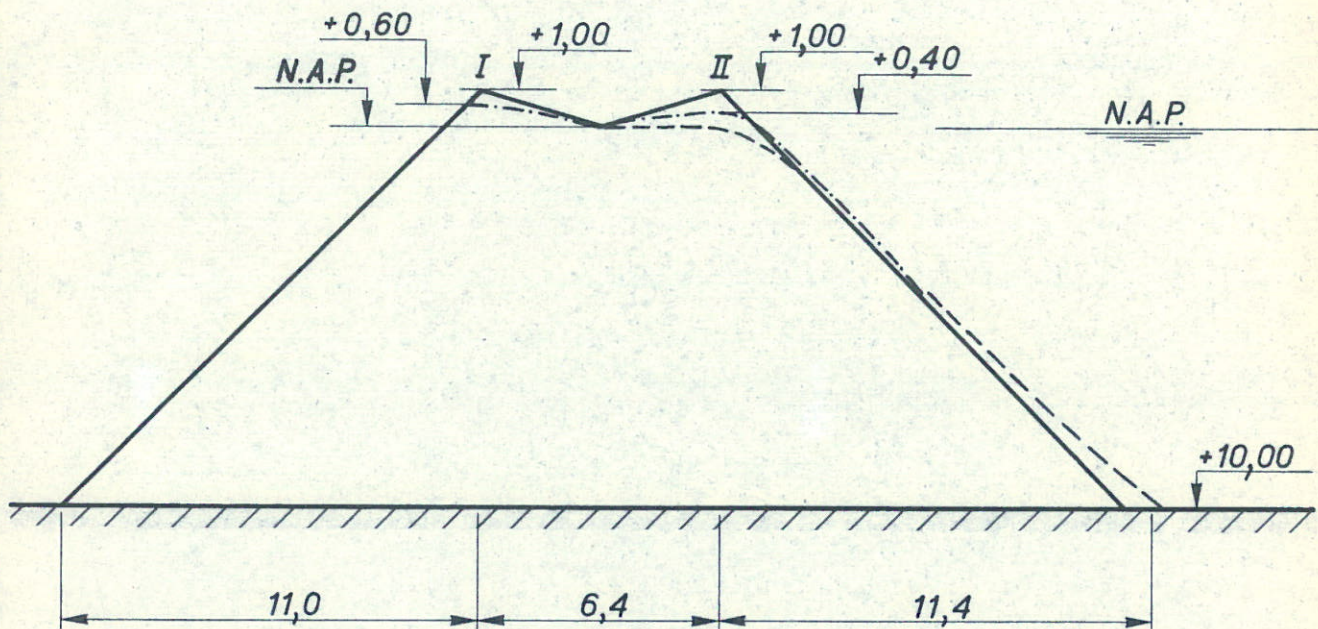
SCHAAL 1 : 200

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1009

FIG. 9



bovenstroomse waterstand in m t.o.v. NAP	golfhoogte in m	schade per 20 m' dam		debiet in m ³ /s/m'
0,00	1.75	-	-	-
	1.70	4I	-	-
	2.20	-	-	-
+ 0.50	1.05	-	-	2.2
	1.65	-	-	-
	2.10	-	-	-
+ 1.00	1.05	-	-	-
	1.60	-	-	-
	2.00	1I	- 1)	-
+ 1.25	1.05	-	-	3.6
	1.45	-	-	-
	1.90	-	-	4.0
+ 1.50	0.95	-	-	4.1
	1.45	-	-	-
	1.90	-	3II	4.9
+ 2.00	0.75	-	-	6.3
	1.40	-	-	-
	2.10	-	3II 2)	7.0

1) schade: zie -.- lijn

2) schade: zie --- lijn

$T = 7 \text{ sec}$

BENEDENSTROOMSE -
WATERSTAND : N.A.P.

MATEN IN m

PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE + 1,00 m t.o.v. N.A.P.-VLOED

SCHAAL 1 : 200

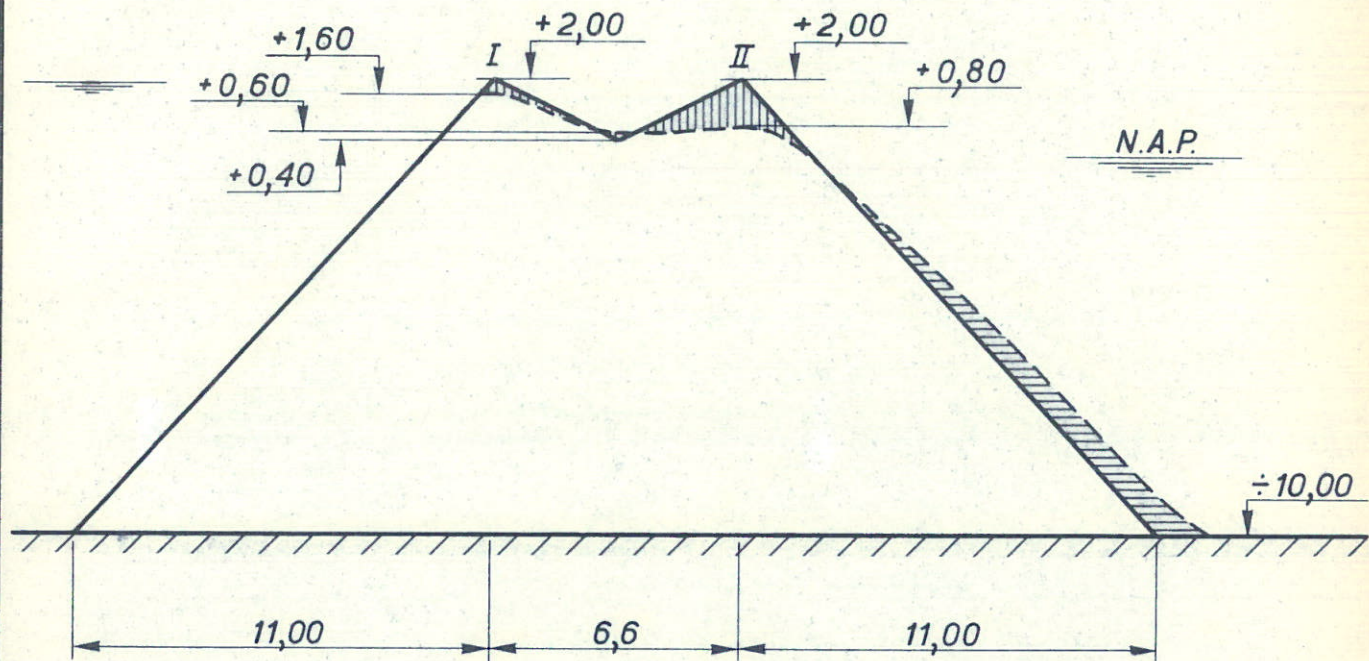
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1010

FIG. 10



bovenstroomse waterstand in m t.o.v. NAP	golfhoogte in m	schade per 20 m'dam	debiet in m ³ /s/m'
0.00	1,40	- -	-
	1.80	- -	-
	2.20	1 _I -	-
+ 0.50	1.40	- -	1.3
	1.80	- -	-
	2.25	- 2 _{II}	1.8
+ 1.00	1.45	- -	2.2
	2,20	- -	-
+ 1,50	1,70	- -	2,7
	1,95	- -	-
+ 2,00	1,20	- -	3,1
	1,70	1 _I 4 _{II}	-
	2,10	4 _I 8 _{II}	4,0
+ 2,50	1,55	- -	-
	2,00	5 _I -	5,4

voor totale schade: zie tek.

$T = 7 \text{ sec}$

BENEDENSTROOMSE -
WATERSTAND : N.A.P.

MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE +2,00m t.o.v. N.A.P. - VLOED

j.w.

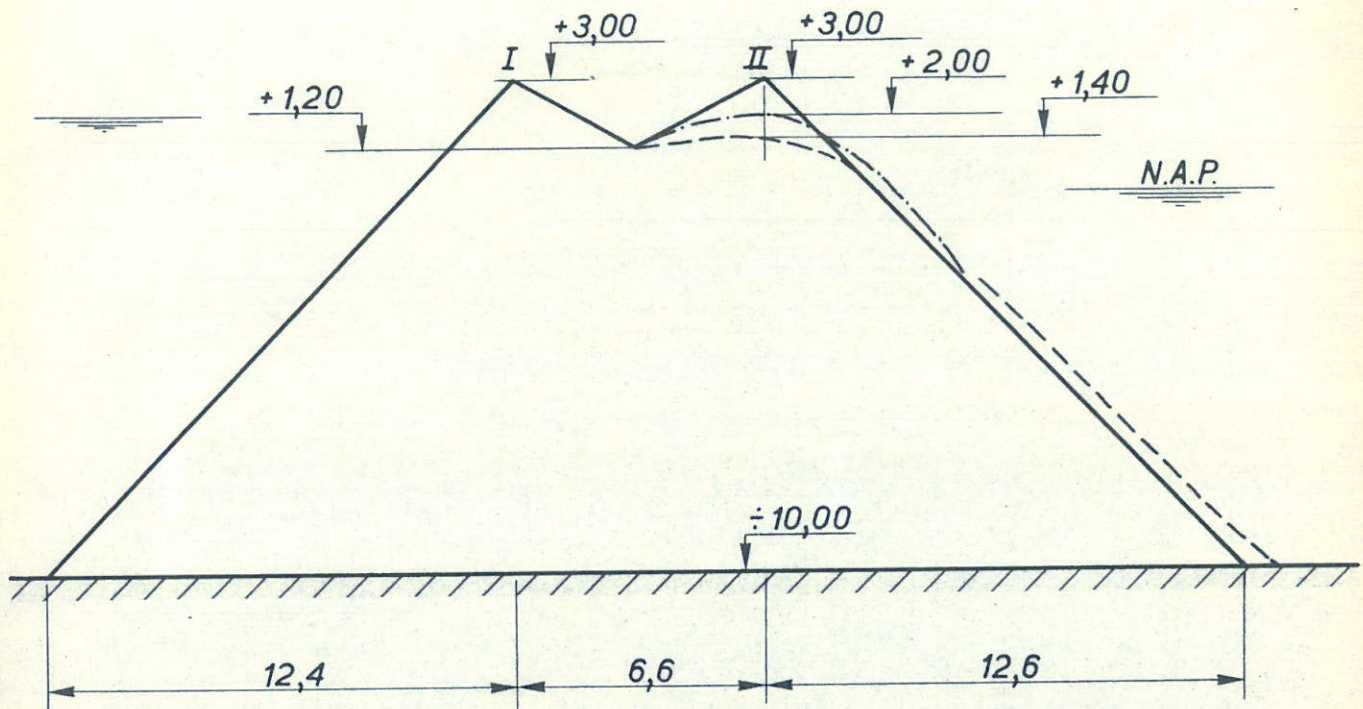
SCHAAL 1 : 200

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1011

FIG. 11



damhoogte	bovenstroomse waterstand in m t.o.v. NAP	golfhoogte in m	schade per 20 m' dam	debiet in m ³ /s/m'	
damhoogte + 3.00 m t.o.v. N.A.P.	+ 2.00	1.30	-	2.7	
		1.75	-	-	
		1.95	-	3.1	
	+ 2.50	1.35	-	3.6	
		2.10	-	5 _{II} 1)	4.0
	+ 3.00	1.45	-	4 _{II}	4.5
2.10		-	8 _{II} 2)	-	
damhoogte + 4.10 m t.o.v. N.A.P.	+ 2.00	0.70	-	-	
		1.35	-	-	
		2.00	-	-	
	+ 3.00	0.60	-	-	-
		1.00	-	-	-
		1.80	-	-	-
	2.10	3 _I	-	-	

- 1) Schade: zie -.- lijn
 2) Schade: zie ---- lijn

$T = 7 \text{ sec}$

**BENEDENSTROOMSE-
WATERSTAND: N.A.P.**

**MATEN IN m
PEILLEN IN m t.o.v. N.A.P.**

DAMHOOGTE +3,00m EN +4,00m t.o.v. N.A.P. -VLOED

SCHAAL 1 : 200

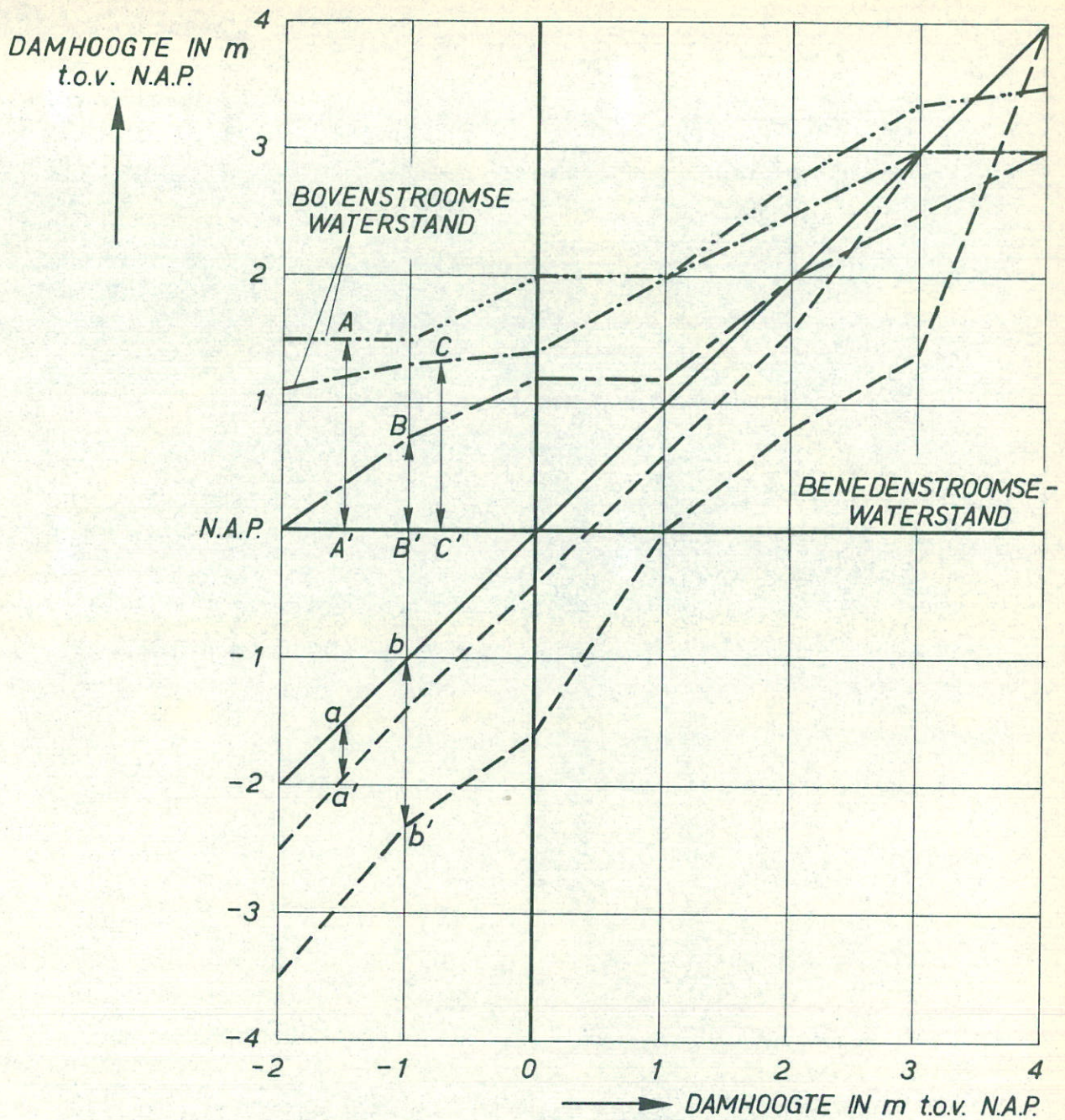
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.731 - 1012

FIG. 12

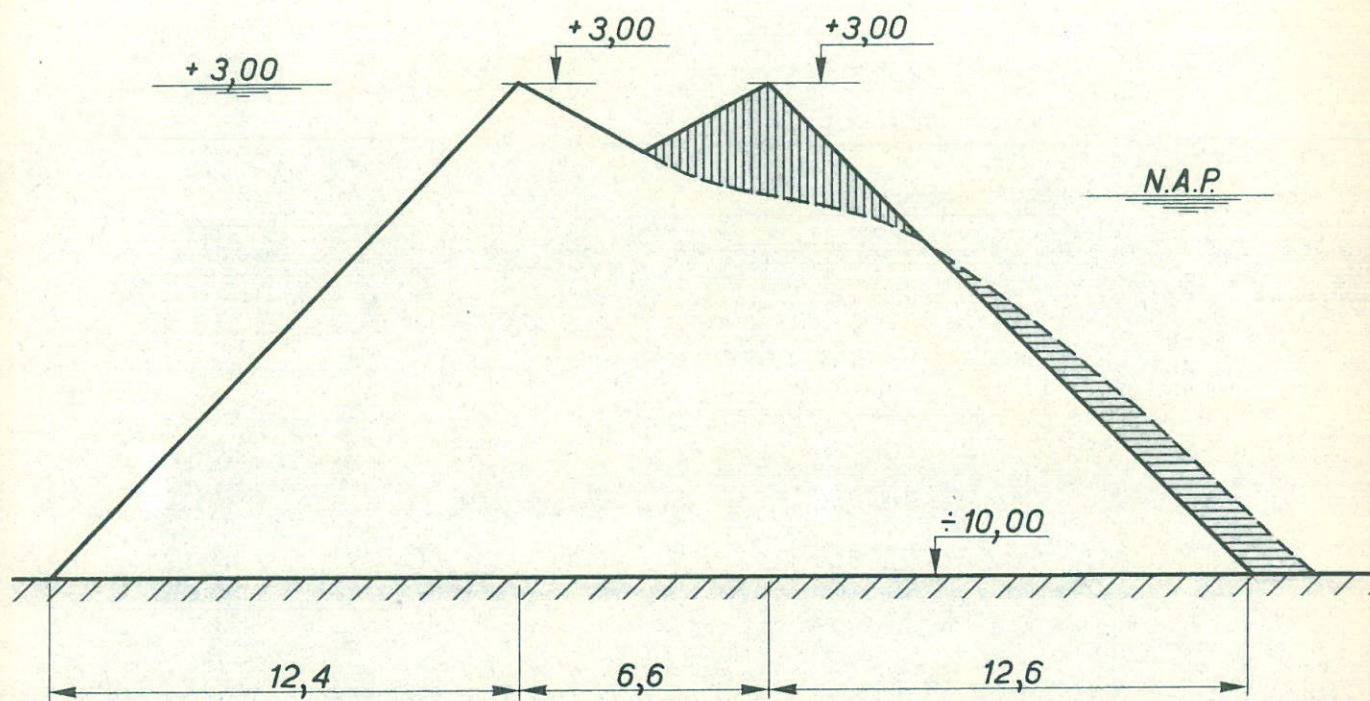


- a - a¹ : Schade aan de kruin aan bovenstroomse zijde
- b - b¹ : Idem aan benedenstroomse zijde
- A - A¹ : Verval waarbij de getekende schade optrad
- B - B¹ : Verval voor het schade criterium 5 blokken per 20 m' bij stroming en golven
- C - C¹ : Verval voor het schadecriterium 5 blokken per 20 m' bij alleen stroming

HET VERBAND TUSSEN DAMHOOGTE, DE OPTREDENDE SCHADE EN HET DAARBIJ BEHORENDE VERVAL BIJ VLOED

j.w.

A4



BOVENSTROOMSE WATER- STAND IN m t.o.v. NAP	GOLPHOOGTE in m	PERIODE in sec	SCHADE
+ 3.00	2.50	4.5	GEEN
+ 3.00	1.70	10.0	zie de tek.

BENEDENSTROOMSE -
WATERSTAND : N.A.P.

MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE +3,00m t.o.v. N.A.P. - VLOED

SCHAAL 1 : 200

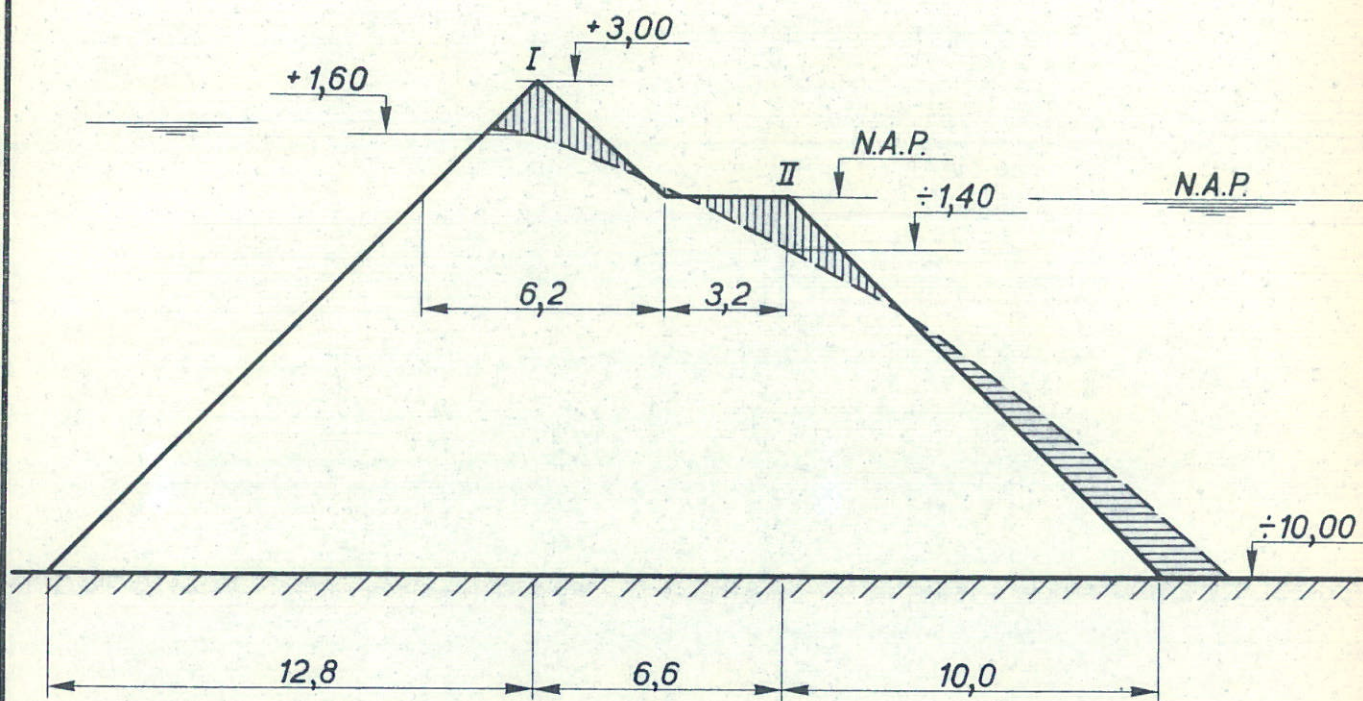
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1014

FIG. 14



BOVENSTROOMSE WATER- STAND IN m t.o.v. NAP	GOLFHOOGTE IN m	SCHADE per 20 m' DAM	DEBIET in m ³ /s/m'
+ 2.00	1.40	1 _I -	3.1
	1.70	- -	-
	2.20	8 _I -	-
+ 2.50	1.40	1 _I -	4.5
	1.60	8 _I -	-
	1.90	- 2 _{II}	4.9
+ 3.00	1.40	zie tek.	5.2

$T = 7\text{sec}$

BENEDENSTROOMSE-
WATERSTAND : N.A.P.

MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

KRUINEN OP VERSCHILLENDE HOOGTE
N.A.P. EN +3,00 m t.o.v. N.A.P.-VLOED

SCHAAL 1 : 200

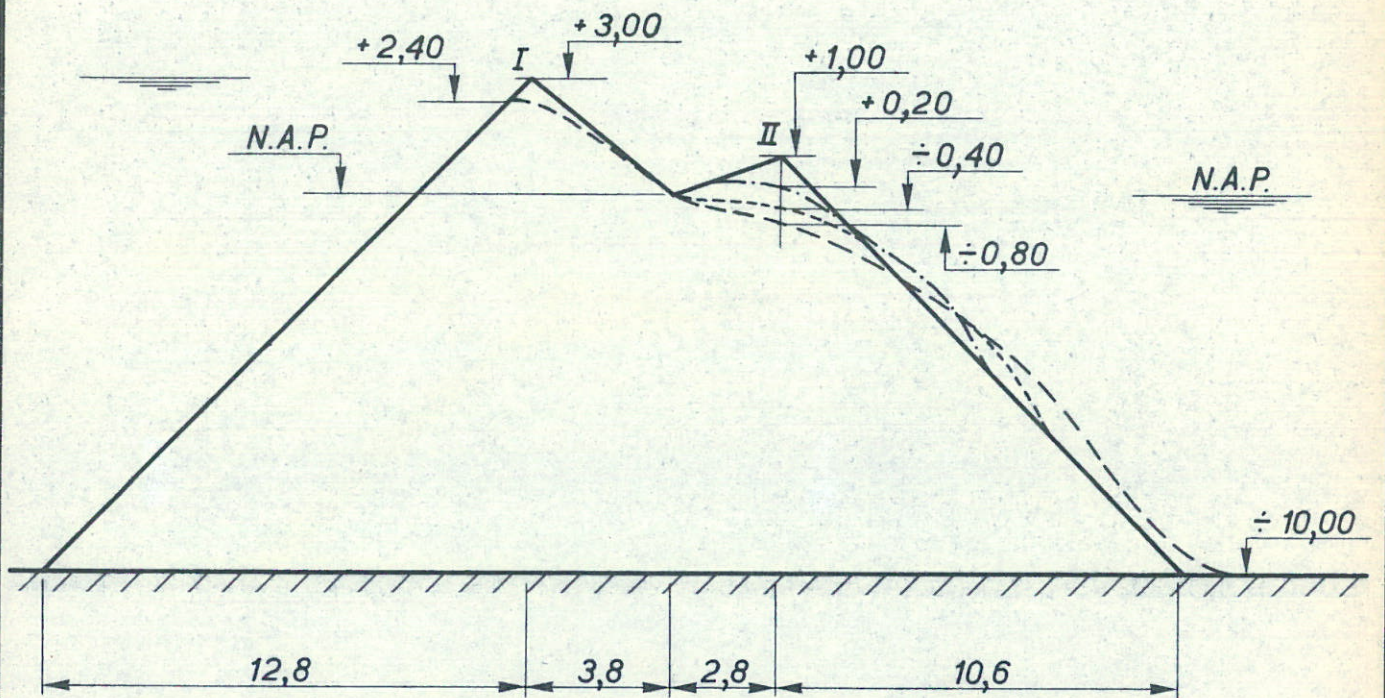
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1015

FIG. 15



BOVENSTROOMSE WATERSTAND IN m t.o.v. NAP	GOLFHOOGTE in m	SCHADE PER 20 m'	DEBIET in m ³ /s/m'
+ 2.00	0.95	geen	3.1
	1.70	- 2 _{II}	-
	2.10	zie ---lijn	3.5
+ 2.50	1.10	geen	4.0
	1.75	1 _I 2 _{II}	-
	2.05	8 _I 5 _{II} zie ---lijn	4.5
+ 3.50	0.95	geen	5.3
	1.70	- 4 _{II}	-
	2.00	zie ---lijn	6.0

$T = 7 \text{ sec}$

BENEDENSTROOMSE -
WATERSTAND : N.A.P.

MATEN IN m

PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

KRUIJEN OP VERSCHILLENDE HOOGTE
+1,00m EN +3,00m t.o.v. N.A.P. -VLOED

j.w.

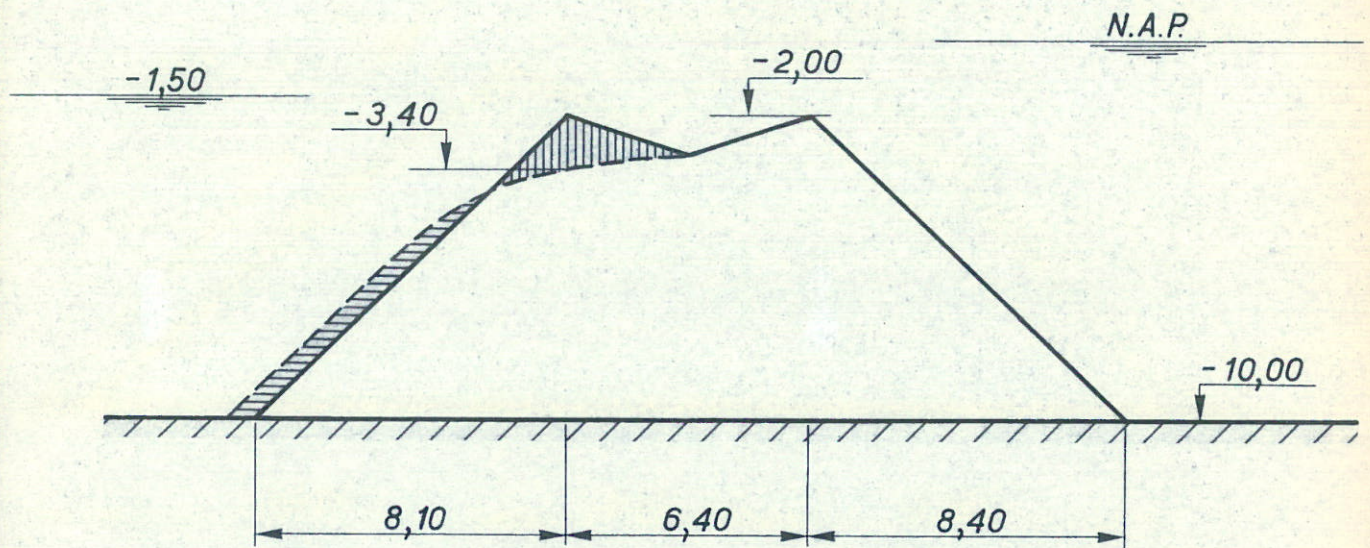
SCHAAL 1 : 200

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1016

FIG. 16



GOLFHOOGTE (inkomende golf) in m	SCHADE
1.20	geen
1.80	zie tek.

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE $-2,00 \text{ m t.o.v. N.A.P. -EB}$

SCHAAL 1 : 200

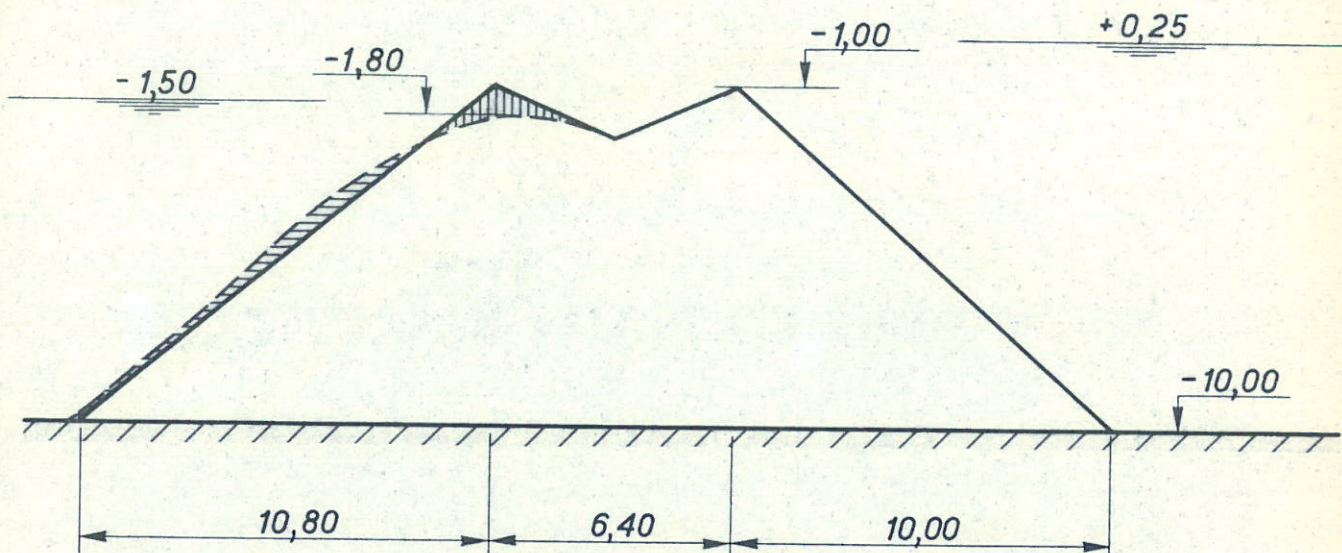
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.731-1017

FIG. 17



GOLFHOOGTE (inkomende golf) IN m	SCHADE
-	1)
0.90	geen
1.30	"
1.60	"
2.00	"

1) De schade trad op direkt na instellen van het verval

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE $\div 1,00 \text{ m t.o.v. N.A.P. - EB}$

j.w.

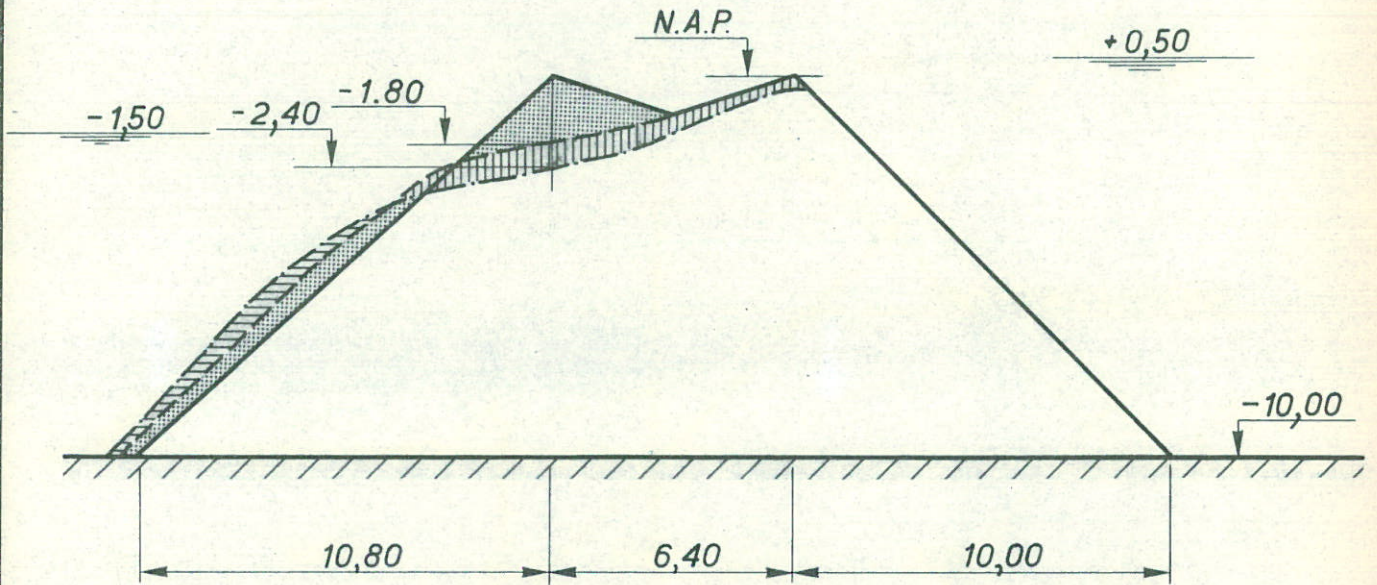
SCHAAL 1 : 200

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1018

FIG. 18



GOLFHOOGTE (inkomende golf) in m	SCHADE
-	1)
1.20	geen
1.60	"
1.90	2)

1) --- Schade die optrad direkt na instellen van het verval

2) -.-.-.- Totale schade

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

DAMHOOGTE: N.A.P. - EB

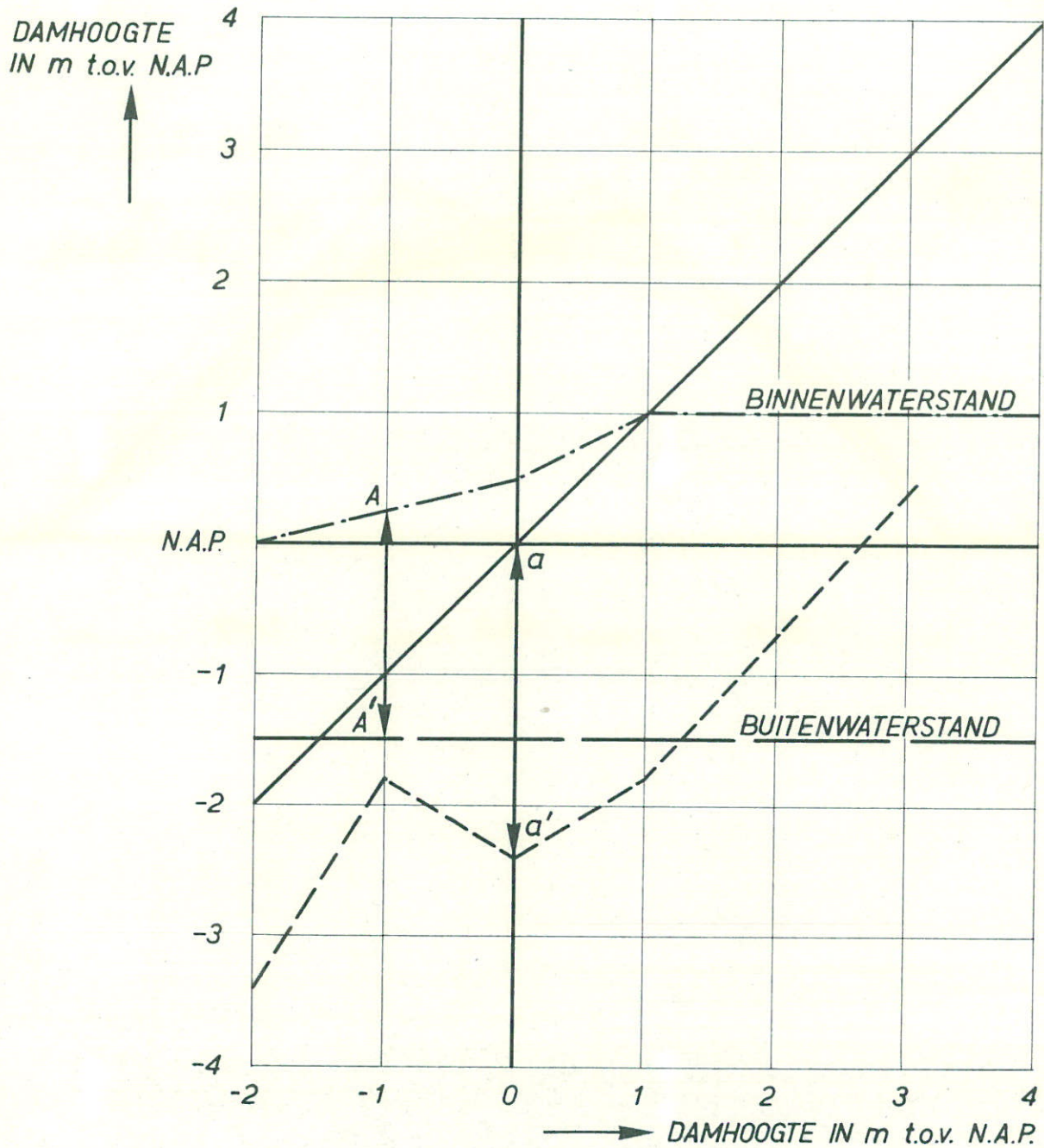
j.w.

SCHAAL 1 : 200 A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1019

FIG. 19



A - A' VERVAL WAARBIJ DE AANGEGEVEN SCHADE OPTRAD

a - a' SCHADE AAN KRUIJN ZEEZIJDE

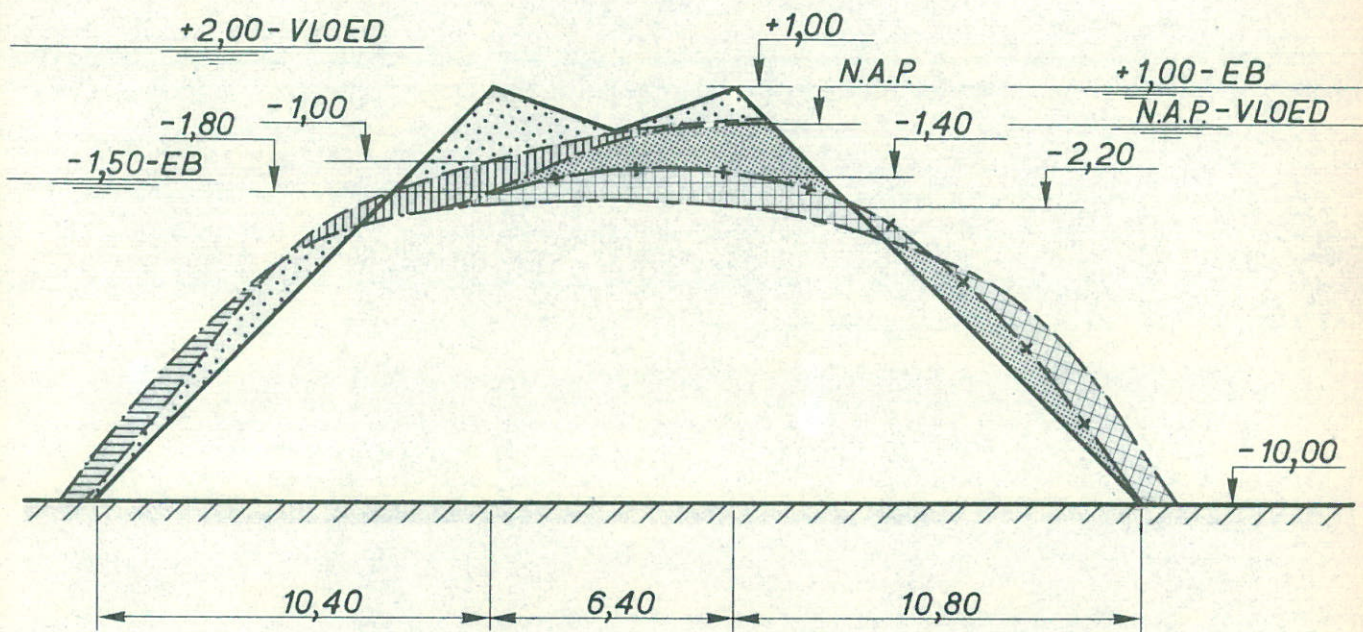
GOLFHOOOGTE: $H_{max.} = 2,00m$ (ZEEZIJDE)

DAMVOET OP $\div 10,00m$ t.o.v. N.A.P.

HET VERBAND TUSSEN DE DAMHOOGTE, DE OPTREDENDE
SCHADE EN HET DAARBIJ BEHORENDE VERVAL BIJ EB

j.w.

A4



	GOLFHOOGTE in m	SCHADE
EB	-	1)
	0.80 ^{≠)}	geen
	1.10 ^{≠)}	"
	1.65 ^{≠)}	2)
VLOED	-	3)
	1.00	geen
	1.50	"
	2.05	4)

- 1) zie --- lijn
 2) zie -.- lijn
 3) zie +- lijn
 4) zie - - - lijn

^{≠)} Inkomende golf

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

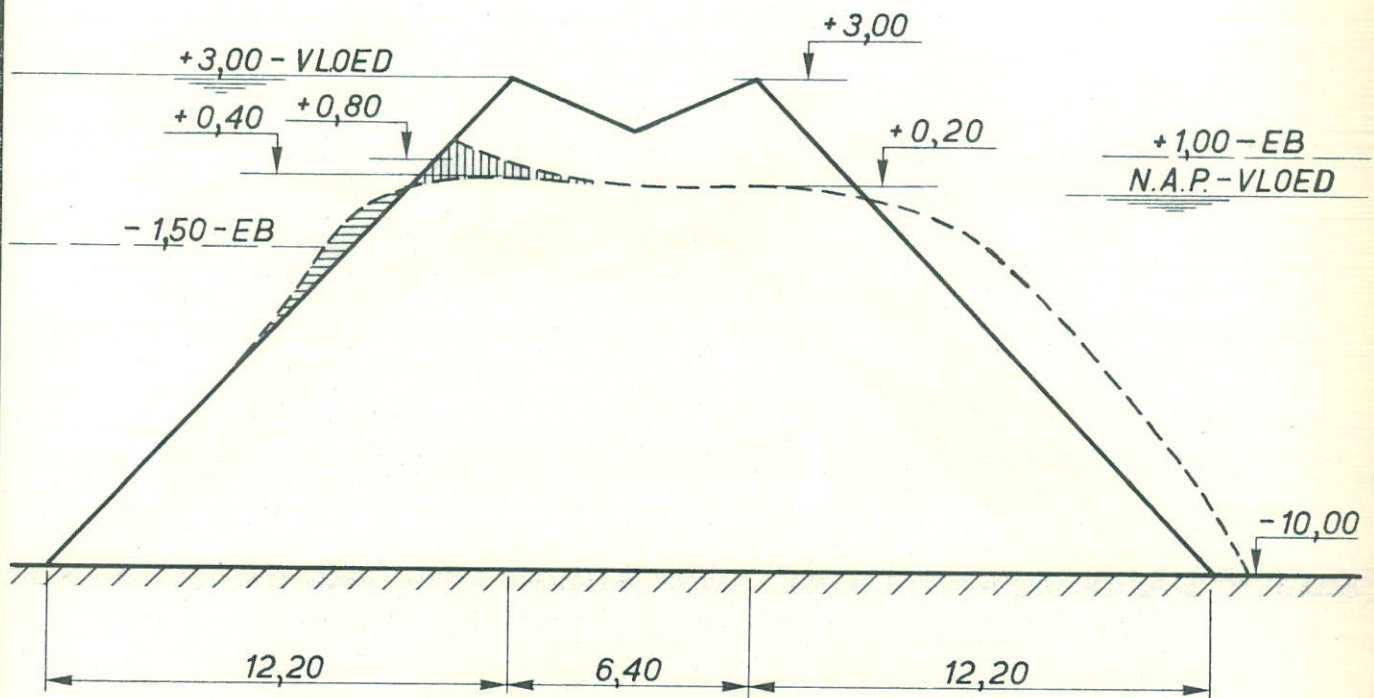
SCHADE BIJ STROMING UIT TWEE RICHTINGEN EN
 GOLVEN VAN UIT ZEE

j.w.

SCHAAL 1 : 200 A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1021 FIG. 21



	GOLFHOOGTE in m	SCHADE
VLOED	2,25	zie --- lijn
EB	0,95	geen
	1,25	"
	1,80	1)

1) Zie het gearceerde deel

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

SCHADE BIJ STROMING UIT TWEE RICHTINGEN EN
 GOLVEN VAN UIT ZEE

SCHAAL 1 : 200

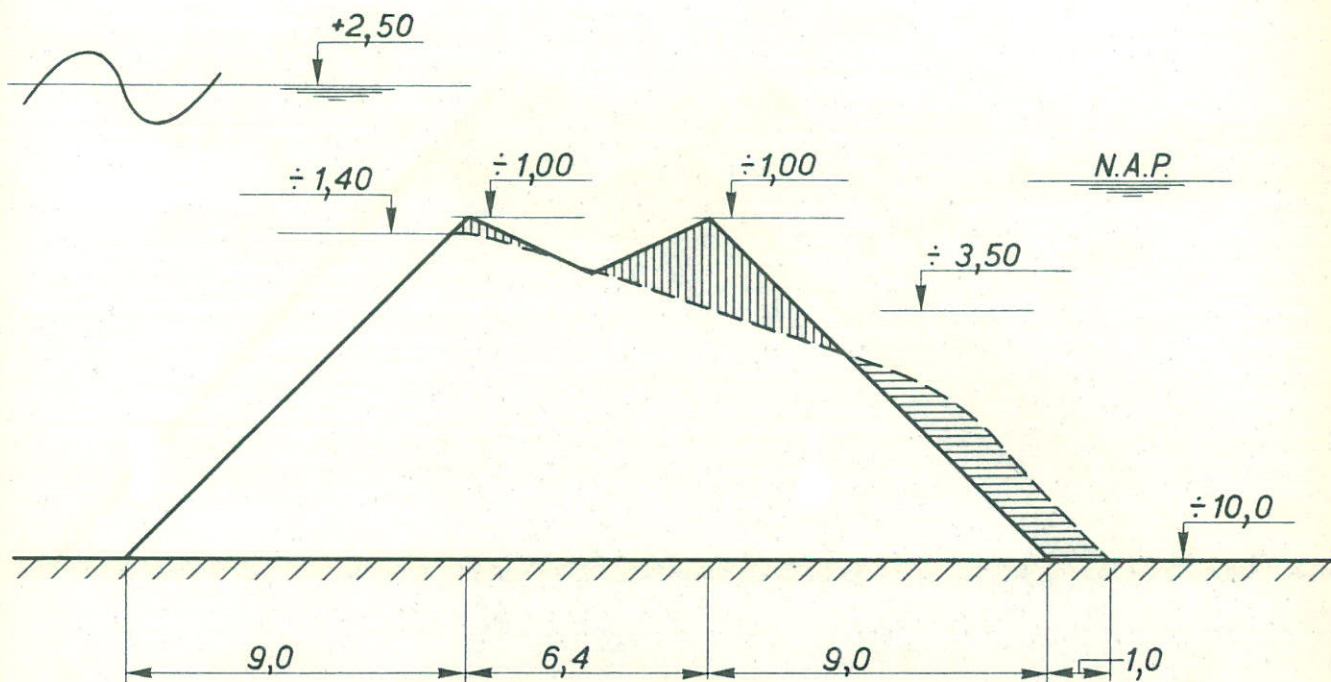
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1022

FIG. 22



GOLFHOOGTE in m	SCHADE	DEBIET m ³ /s/m'
1.35	De schade ontstond bij het instellen van het verval.	17.0
2.00	Daarna geen extra schade	18.0

$T = 7\text{sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

STABILITEIT VAN DE DAM WANNEER KALAMITEITEN EEN
 PLAATSELIJKE VERLAGING VAN DE DAM TOT GEVOLG HEBBEN

SCHAAL 1 : 200

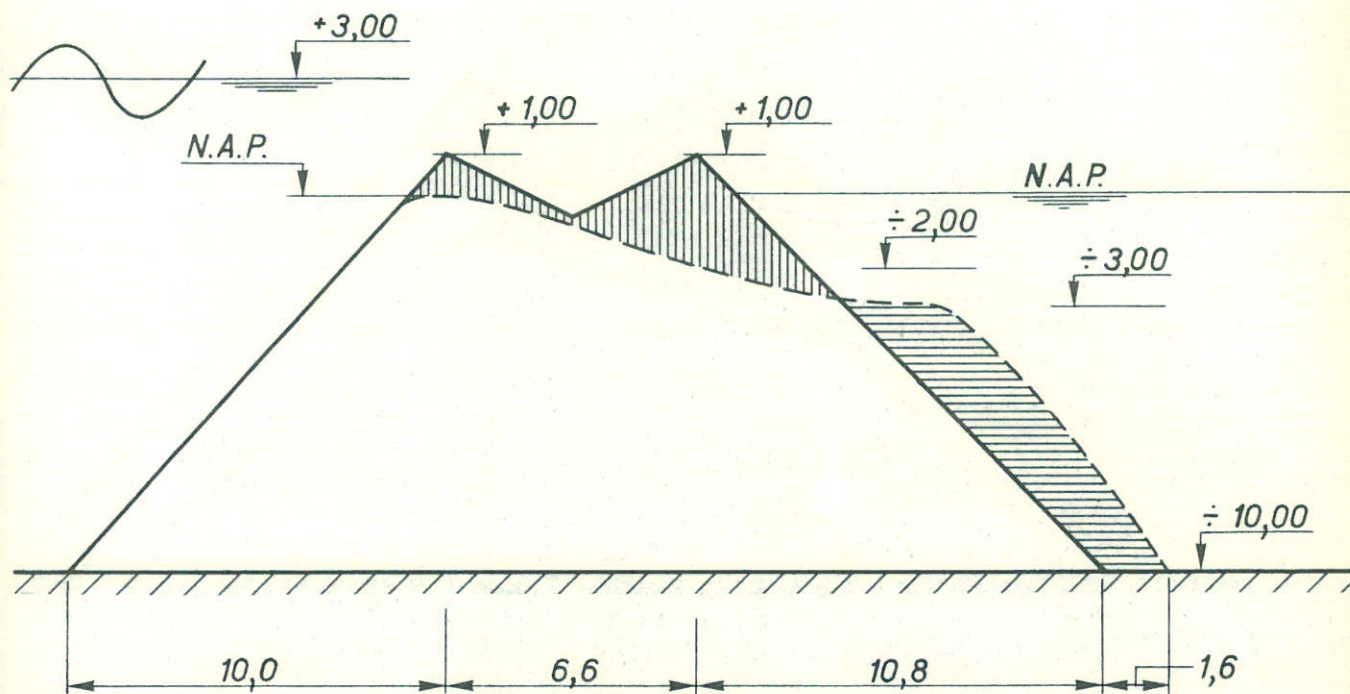
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1023

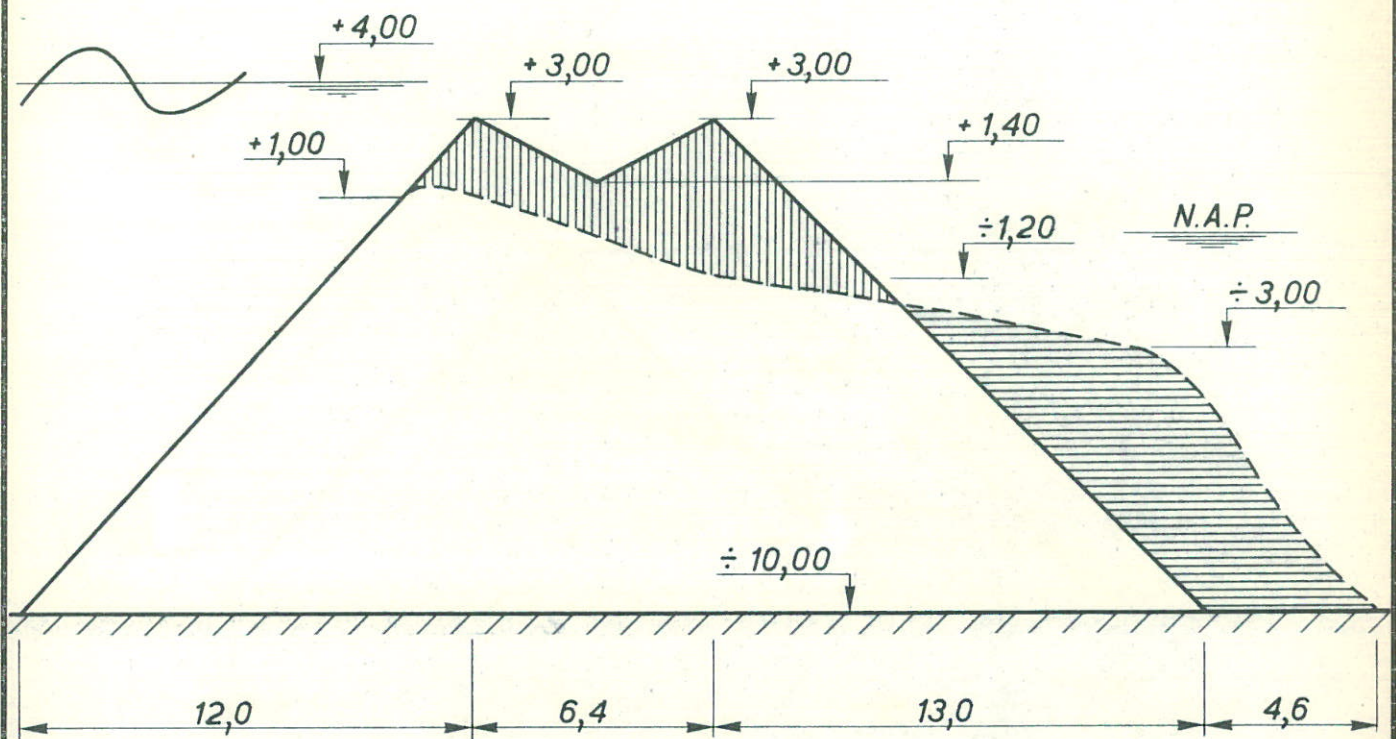
FIG. 23



GOLFHOOGTE in m	SCHADE	DEBIET in m ³ /s/m'
2.10	De schade ontstond bij het instellen van het verval. Daarna geen extra schade	15.2

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

STABILITEIT VAN DE DAM WANNEER KALAMITEITEN EEN PLAATSELIJKE VERLAGING VAN DE DAM TOT GEVOLG HEBBEN		j.w.
	SCHAAL 1 : 200	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 731 - 1024	FIG. 24

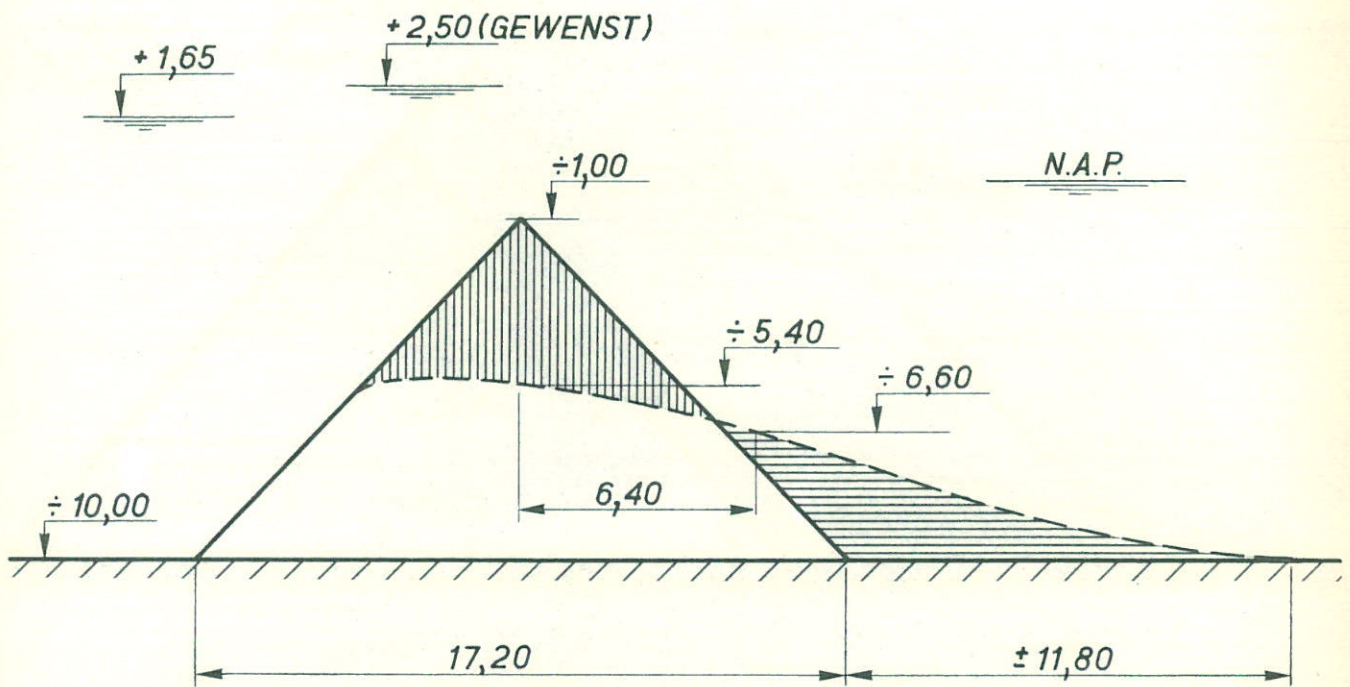


GOLFHOOGTE IV m	SCHADE	DEBIET
-	zie ---lijn 1)	-
1.60	geen extra schade	15.2
2.20	idem	16.0

1) Schade ontstaan tijdens het instellen van het verval

$T = 7\text{sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

STABILITEIT VAN DE DAM WANNEER KALAMITEITEN EEN PLAATSELIJKE VERLAGING VAN DE DAM TOT GEVOLG HEBBEN		j.w.
	SCHAAL 1 : 200	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 731-1025	FIG. 25



DE AANGEGEVEN SCHADE ONTSTOND TIJDENS HET INSTELLEN
VAN HET VERVAL

BIJ EEN GOLFHOOGTE VAN 1,20m GEEN EXTRA SCHADE

$T = 7\text{sec}$
MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

STABILITEIT VAN DE DAM WANNEER KALAMITEITEN EEN
PLAATSELIJKE VERLAGING VAN DE DAM TOT GEVOLG HEBBEN

SCHAAL 1 : 200

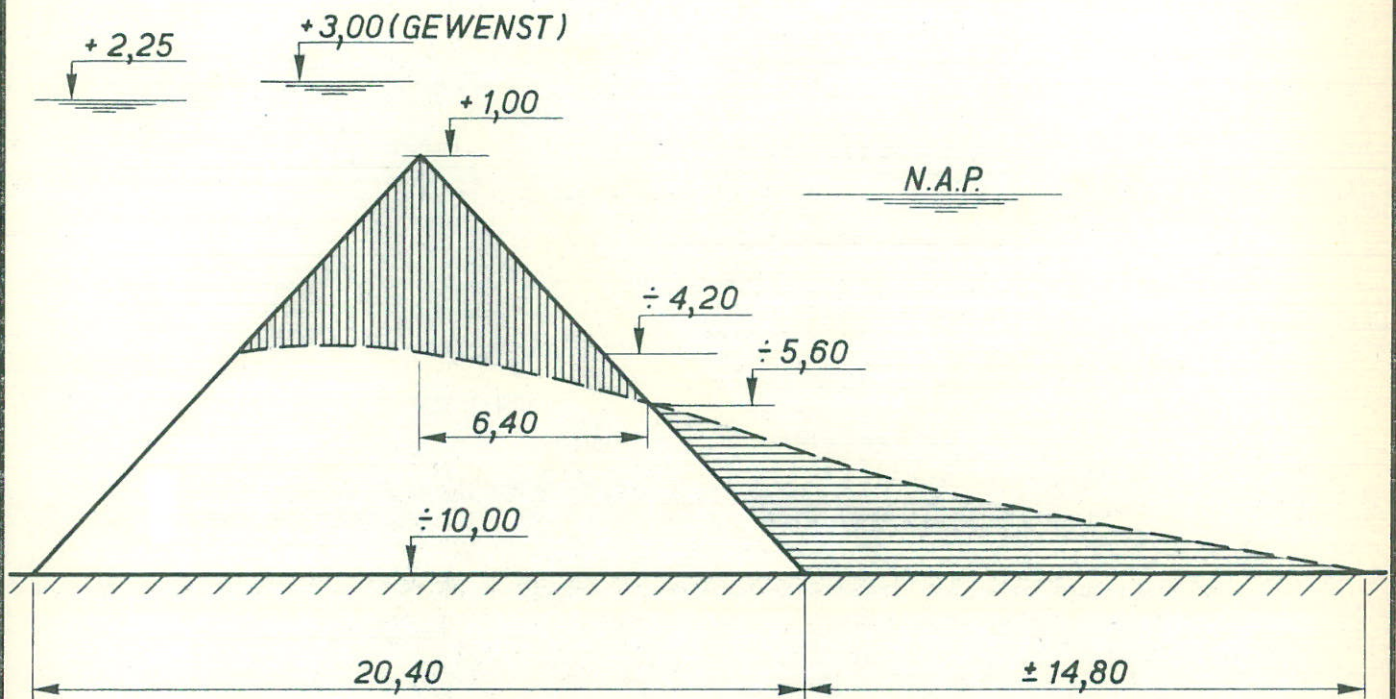
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1026

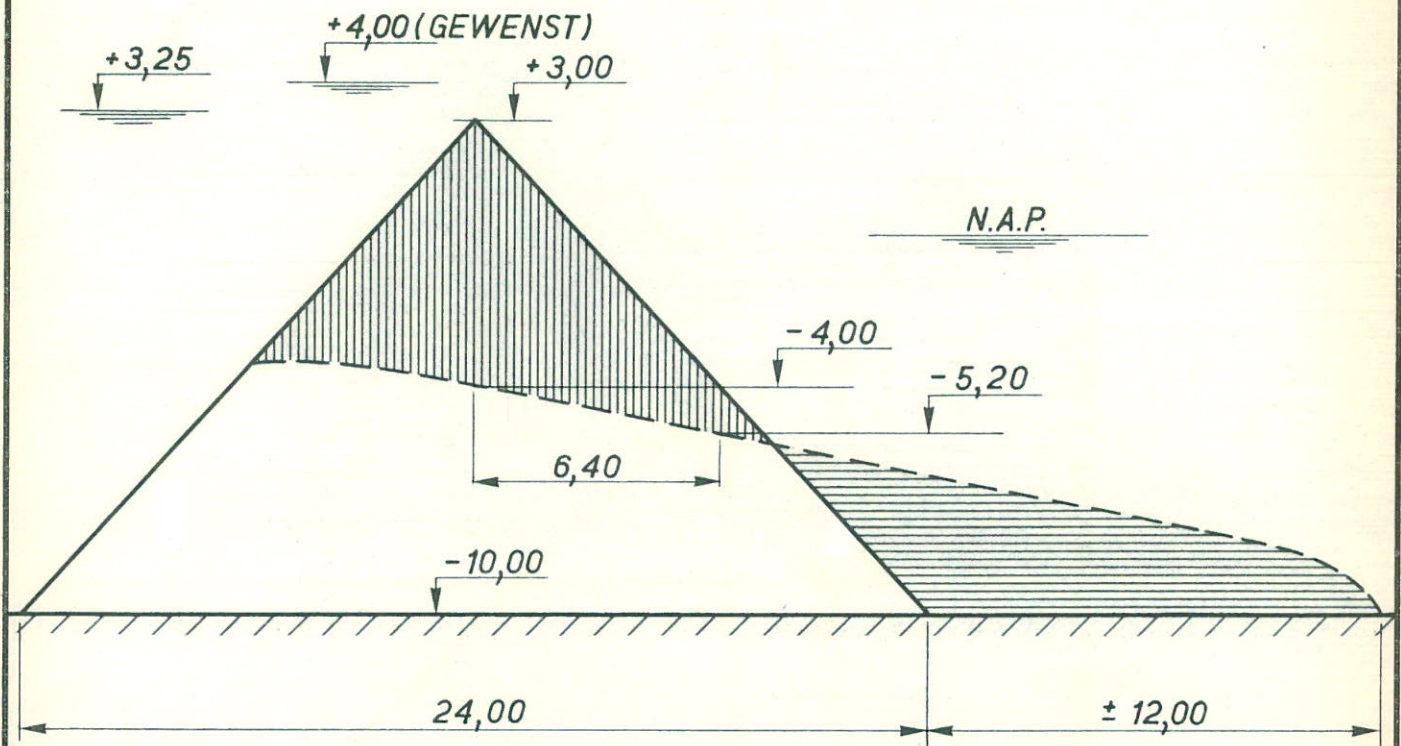
FIG. 26



DE GETEKENDE SCHADE ONTSTOND REEDS BIJ HET INSTELLEN
 VAN HET IN DE FIGUUR AANGEGEVEN VERVAL
 BIJ EEN GOLFHOOGTE VAN 2,00m GEEN EXTRA SCHADE

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

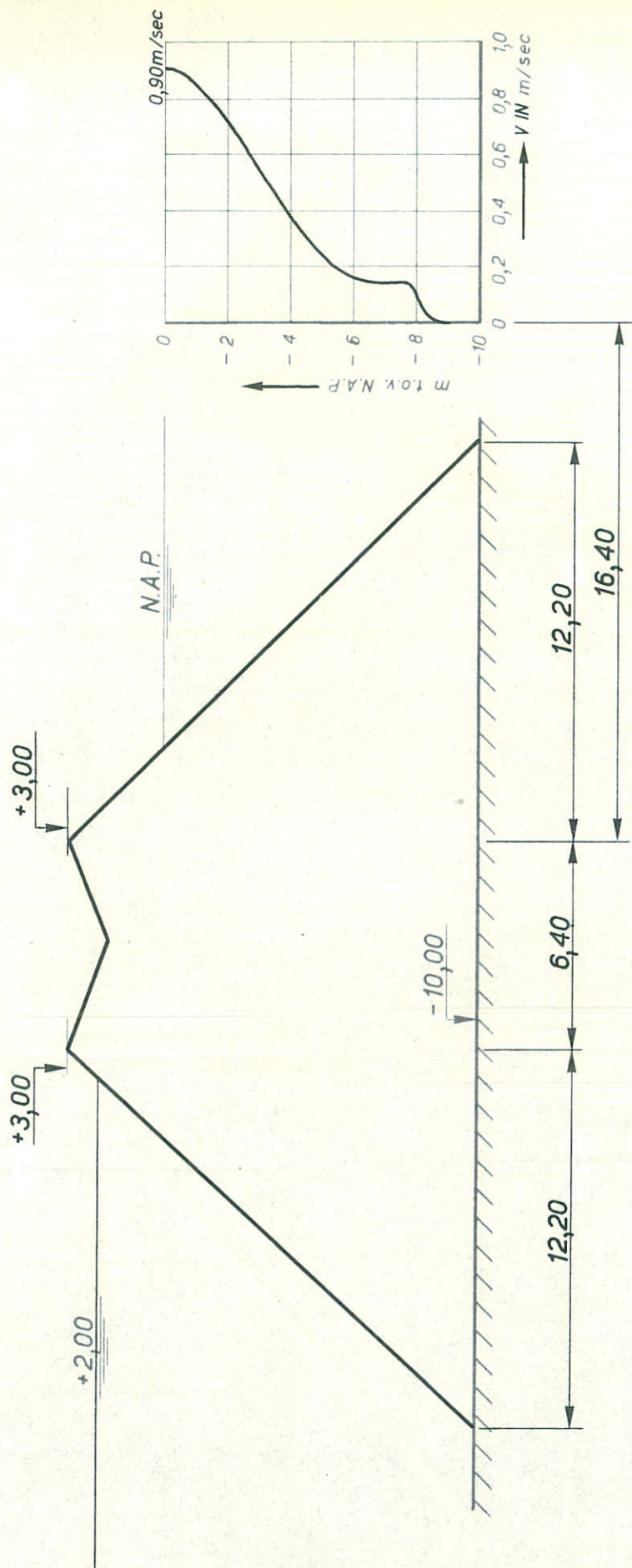
STABILITEIT VAN DE DAM WANNEER KALAMITEITEN EEN PLAATSELIJKE VERLAGING VAN DE DAM TOT GEVOLG HEBBEN			j.w.
	SCHAAL 1 : 200		A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.731 - 1027	FIG. 27	



DE GETEKENDE SCHADE ONTSTOND REEDS
 BIJ HET INSTELLEN VAN HET IN DE FIGUUR
 AANGEGEVEN VERVAL
 GEEN GOLVEN

MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

STABILITEIT VAN DE DAM WANNEER KALAMITEITEN EEN PLAATSELIJKE VERLAGING VAN DE DAM TOT GEVOLG HEBBEN			j.w.
	SCHAAL 1 : 200		A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 731-1028	FIG. 28	



BIJ HET AANGEGEVEN Verval BEDROEG HET DEBIET $3,7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}'$

MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

SNELHEIDSVREDELING ACHTER EEN DAM OPGEBOUWD
UIT BETONBLOKKEN

SCHAAL 1 : 200

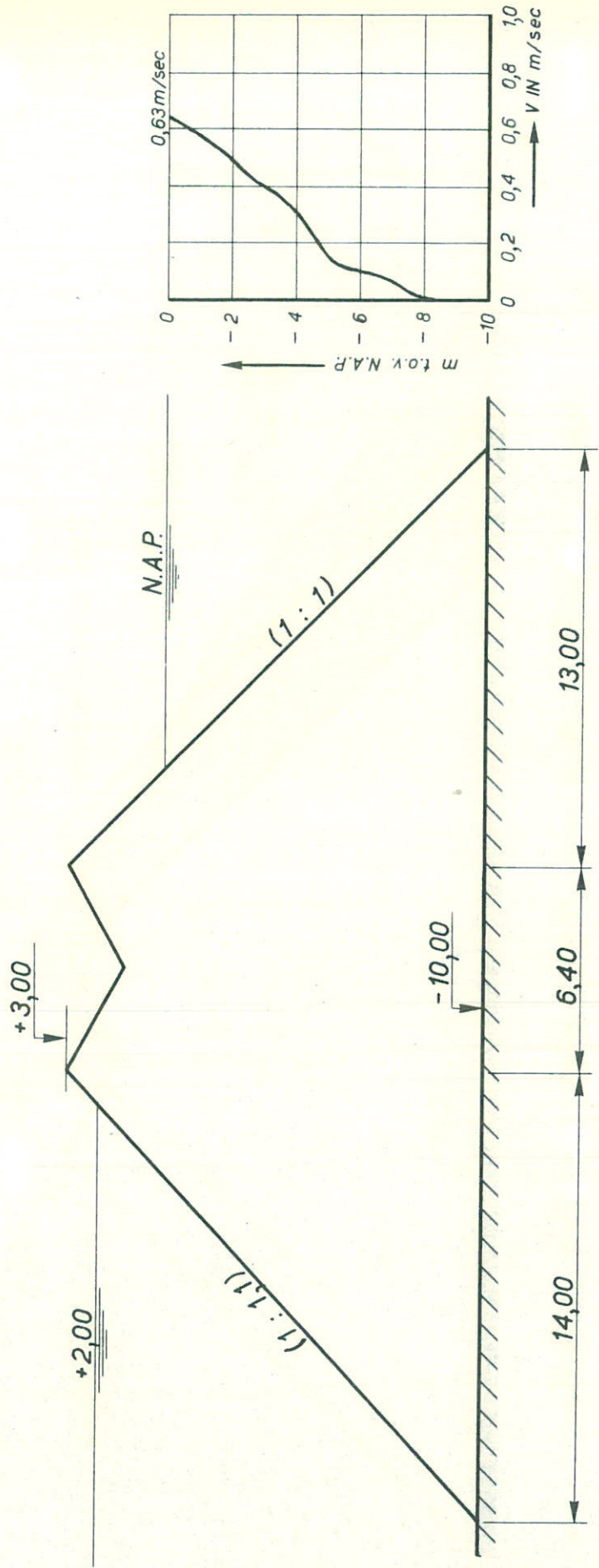
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1029

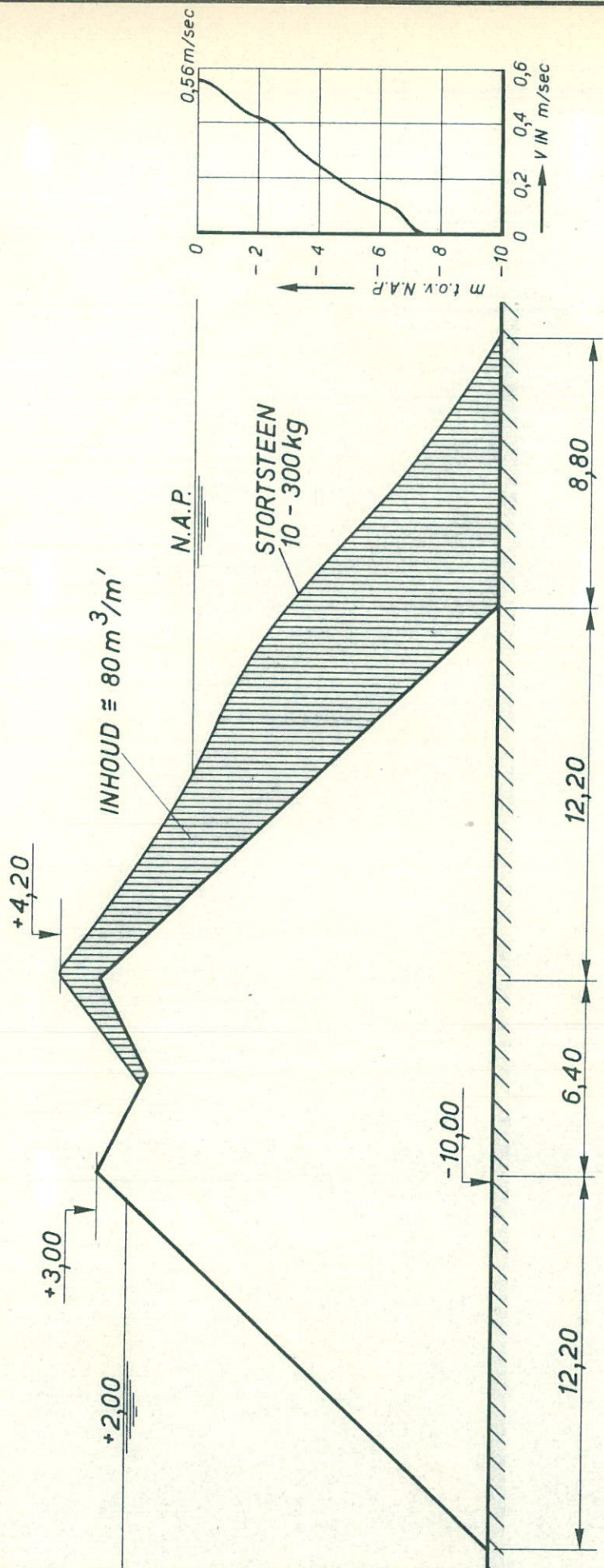
FIG. 29



BIJ HET AANGEGEVEN VERVAL BEDROEG HET DEBIET $2,3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}'$

MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

SNELHEIDSVERDELING ACHTER EEN DAM OPGEBOUWD UIT: 80 GEW. % BETONBLOKKEN, 20 GEW. % STORTSTEEN 10-300kg		j.w.
	SCHAAL 1 : 200	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 731- 1030	FIG. 30



VERVAL BIJ STORTEN : 2,00m

DEBIET : $2,2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}'$

HET STORTSTEENTALUD WAS BIJ HET AANGEGEVEN
VERVAL JUIST STABIEL

MATEN IN m
PEILEN IN m to.v. N.A.P.

SNELHEIDSVERDELING ACHTER EEN DAM BEKLEED MET
EEN SCHIL STORTSTEEN 10 - 300kg

SCHAAL 1 : 200

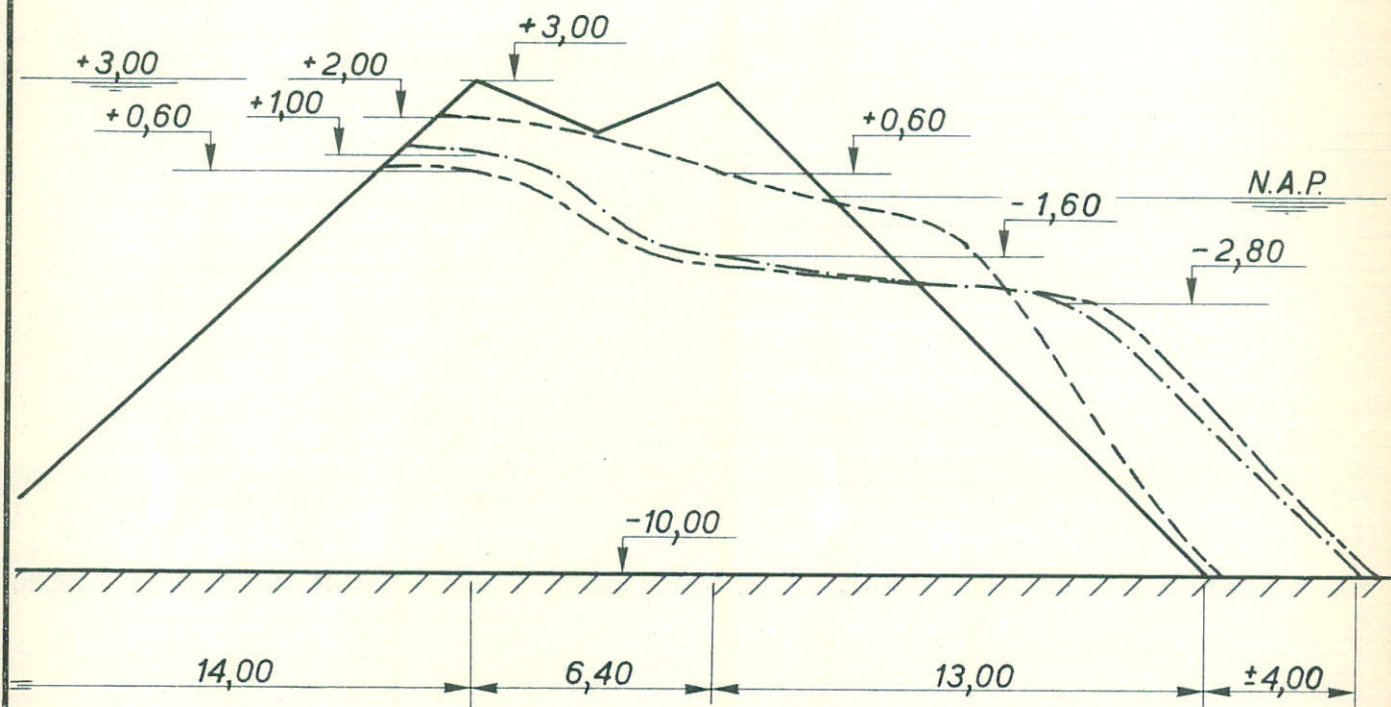
j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1031

FIG. 31



GOLFHOOGTE in m	DEBIET in m ³ /s/m'	SCHADE
-	4.3	geen
0.90	6.4	---
1.80	9.2	-.-.-.-
2.10	11.5	----

$T = 7 \text{ sec}$
 MATEN IN m
 PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

STABILITEIT VAN EEN DAM OPGEBOUWD UIT 80% GEW.
 BETONBLOKKEN EN 20% GEW. STORTSTEEN 10-300kg

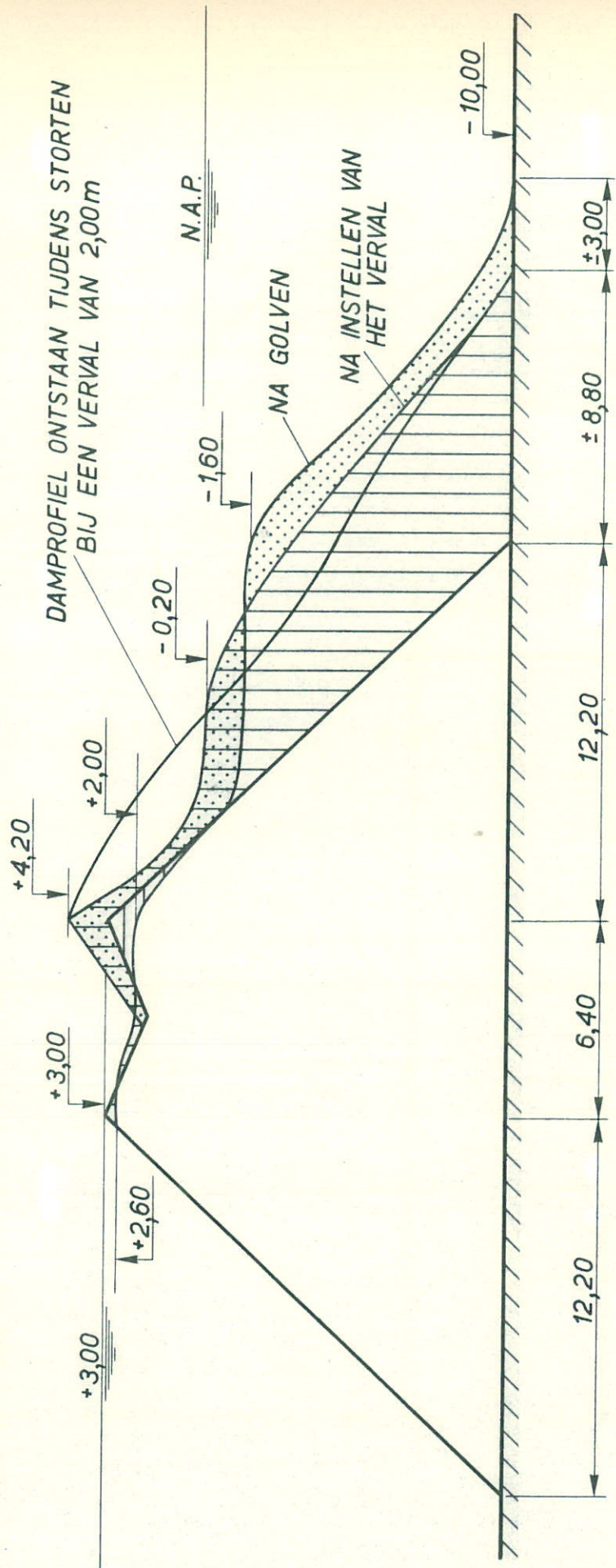
j.w.

SCHAAL 1 : 200 A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1032

FIG. 32



DE GOLFHOOGTE WAAR BIJ DE AANGEGEVEN SCHADE
OPTRAD BEDROEG 1,20m. $T = 7\text{sec}$

MATEN IN m
PEILEN IN m t.o.v. N.A.P.

STABILITEIT VAN EEN DAM BEKLEED MET EEN SCHIL
STORTSTEEN 10 - 300kg

j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731-1033

FIG. 33

TABEL I.

De benedenstroomse waterstand was steeds N.A.P.

Bovenstroomse waterstand in m t.o.v. N.A.P.

I geeft aan het aantal blokken dat verplaatst is van de kruin aan bovenstroomse zijde per 20 m^1 dam, II idem maar nu voor de kruin aan benedenstroomse zijde.

Debiet in m^3/s per m^1 dam.

Kruinhoogte in m t.o.v. N.A.P.	Bovenstroomse waterstand	Debiet	schade	
			I	II
- 2	+ 0,84	8,95	-	-
	+ 0,98	9,85	-	1
	+ 1,14	10,75	-	9
- 1	+ 1,00	7,15	-	2
	+ 1,22	8,05	-	2
	+ 1,32	8,95	-	8
N.A.P.	+ 1,10	4,50	-	1
	+ 1,26	5,35	2	1
	+ 1,48	6,25	-	-
	+ 1,68	7,15	2	+10
+ 1	+ 2,08	4,50	-	2
	+ 2,22	4,90	1	1
	+ 2,24	5,35	-	2
	+ 2,30	5,80	1	-
	+ 2,44	6,25	-	+17

STABILITEIT VAN EEN DAM MET DUBBELE KRUIN IN HET GEVAL
VAN ALLEEN STROMING. DAMVOET OP N.A.P. - 5,00m

Kruinhoogte in m t.o.v. N.A.P.	Bovenstroomse waterstand	Debiet	schade	
			I	II
+ 2	+ 2,85	4,00	-	1
	+ 3,14	4,90	-	6
	+ 3,16	5,35	1	+13
+ 3	+ 3,51	3,60	-	-
	+ 3,69	4,00	-	-
	+ 3,91	4,50	-	3
	-	4,90	-	+30
+ 4	+ 4,34	3,60	-	1
	+ 4,36	4,00	-	1
	-	4,50	∞	∞

TABEL II.

Benedenstroomse waterstand N.A.P.

Bovenstroomse waterstand in m t.o.v. N.A.P.

I geeft aan het aantal blokken dat verrold is aan de kruin aan bovenstroomse zijde per 20 m^1 dam. II idem, maar nu voor de kruin aan benedenstroomse zijde.

Debiet in $\text{m}^3/\text{sec.}$ per m^1 dam.

Kruinhoogte in m t.o.v. N.A.P.	Bovenstroomse waterstand	Debiet	Schade	
			I	II
- 2	+ 0,80	10,75	1	1
	+ 0,94	11,65	-	1
	+ 1,06	12,50	-	1
	+ 1,14	13,40	2	2
	+ 1,20	14,30	-	10
- 1	+ 0,98	8,95	-	3
	+ 1,08	9,85	-	-
	+ 1,20	10,75	1	-
	+ 1,30	11,65	-	7
	+ 1,36	12,50	2	6
N.A.P.	+ 0,96	5,35	1	-
	+ 1,14	6,25	-	1
	+ 1,34	7,15	-	2
	+ 1,48	8,05	-	5
	+ 1,64	8,95	1	4
	+ 1,78	9,85	-	5

STABILITEIT VAN EEN DAM MET DUBBELE KRUIJN IN HET GEVAL
VAN ALLEEN STROMING. DAMVOET OP N.A.P. -10,00m

Kruinhoogte in m t.o.v. N.A.P.	Boven stroomse waterstand	Debiet	Schade	
			I	II
+ 1	+ 1,58	4,45	-	1
	+ 1,84	5,35	1	3
	+ 2,02	6,25	-	5
	+ 2,18	7,15	2	5
+ 2	+ 2,66	4,45	-	1
	+ 2,66	4,90	-	3
	+ 2,76	5,35	3	-
	+ 2,88	5,80	1	-
+ 3	+ 2,36	3,60	-	-
	+ 2,56	4,00	-	-
	+ 2,94	4,45	-	4
	+ 3,08	4,90	-	-
	+ 3,36	5,35	-	4
+ 4	+ 2,76	4,00	-	-
	+ 3,14	4,45	-	-
	+ 3,52	4,90	-	+ 40

