



waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

stabiliteit toplaag van de drempel zonder
aanstorting bij geopende schuiven

AFGEHANDELD

verslag modelonderzoek

M 2151/Q 237

maart 1986

stormvloedkering Oosterschelde

stabiliteit toplaag van de drempel zonder
aanstorting bij geopende schuiven

verslag modelonderzoek

M 2151/Q 237

maart 1986

INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
1.1 Voorgeschiedenis.....	1
1.2 Opdracht.....	2
1.3 Probleemstelling.....	2
1.4 Conclusies.....	3
2. <u>Modelonderzoek</u>	5
2.1 Opbouw van het model.....	5
2.2 Gebruikte steensorteringen.....	5
2.3 Uitvoering van de proeven.....	6
2.4 Proevenprogramma.....	7
2.5 Invloed van de drempelhoogte.....	8
3. <u>Resultaten</u>	9
3.1 Invloed van de doorstroomopening.....	9
3.2 Invloed van de spleethoogte.....	9
3.3 Uitvoeringsonnauwkeurigheden in de kruin van de drempel.....	10
3.4 Gesloten schuif bij ontbreken van de dorpelbalk.....	11
3.5 Optrekken van de schuif tot NAP +2,50 m.....	11
3.6 Specifieke vervallen.....	11
3.7 Verloop van de waterspiegel boven- en benedenstrooms van de drempel	12
4. <u>Nadere beschouwing van de resultaten</u>	13
4.1 Berekening van het drukverval over de spleet.....	13
4.2 Berekening vande stroomsnelheden in de spleet.....	15
4.3 Berekening van het begin van bewegen.....	15

LITERATUUR

TABELLEN

FIGUREN

TABELLEN

- 1 Proevenprogramma
- 2 Meetresultaten
- 3 Specifieke vervallen
- 4 Berekening c_{Od} -waarden
- 5 Berekening van stroomsnelheid bij begin van bewegen

FIGUREN

- 1 Tussenpadgoot
- 2 Micromolen

Proefopstellingen

- 3 IA en IB
- 4 IC en ID
- 5 IIA en IIB
- 6 IIC en IIIA
- 7 IIIB en IIIC
- 8 IIID en IVA
- 9 Gaten in de toplaag

Schade drempelkruin als functie van verval

- 10 Invloed drempelhoogte
- 11 Invloed doorstroomopening
- 12 Invloed spleethoogte
- 13 Invloed onregelmatige kruin
- 14 Invloed gaten in toplaag
- 15 Invloed neerlaten schuif zonder dorpel
- 16 Invloed hoger optrekken schuif

Waterstanden boven onderdorpel en benedenstrooms daarvan

- 17 IA, IIA, IIB, IIC
- 18 IB, IC, ID

- 19 Verband tussen verval over de spleet en verval over de constructie
- 20 Relatie drukverval over de spleet - snelheidshoogte in de spleet
- 21 Vergelijking van gemeten en berekende snelheden in de spleet
- 22 Relatie snelheid in de spleet - schade
- 23 Relatie snelheid in de spleet - schade (dimensieloos)

SYMBOLLEN

a	drempelhoogte	m
A	doorstroomprofiel ter plaatse van dorpelbalk	m
c	hoogte dorpelbalk	m
C	Chézy coëfficiënt	$m^{1/2}s^{-1}$
c_{od}	$c_{od} = \Delta p / \Delta h$	-
d	inzinking boven de dorpelbalk ten opzichte van benedenwaterstand	m
D_n	nominale diameter = $\sqrt[3]{\frac{M}{\rho} \cdot 50}$	m
ΔE	energieverlies	m
g	gravitatieversnelling	m/s^2
h	spleethoogte	m
H	$H = h + \frac{1}{2}Dg_0$	m
h_2	waterdiepte benedenstrooms	m
Δh	drukverval over de constructie	m
k	ruwheid volgens Nikuradze	m
L	lengte spleet	m
M	massa van de steen	kg
P	natte omtrek	m
Δp	drukverval over de spleet	m
R	hydraulische straal	m
u_{kr}	stroomsnelheid waarbij begin van bewegen optreedt	m/s
u_{spleet}	stroomsnelheid in de spleet	m/s
V	volume van de steen	m^3
v_0	stroomsnelheid in de aanstroming	m/s
v_1	stroomsnelheid bovend de dorpelbalk	m/s
v_2	stroomsnelheid benedenstrooms	m/s
α	vergrotingsfactor voor ψ_{kr} voor kleine waterdiepten	-
Δ	$\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$	-
μ	contractiecoëfficiënt	-
ξ	verliescoëfficiënt	-
ρ_s	dichtheid steen	kg/m^3
ρ_w	dichtheid water	kg/m^3
ψ_{kr}	$u_{*kr}^2 / \Delta g D$ (Shields' parameter)	-

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE

Stabiliteit toplaag van de drempel zonder aanstorting bij geopende schuiven

1. Inleiding

1.1 Voorgeschiedenis

In het modelonderzoek M 1740 [1] is de stabiliteit van de toplaag van de drempel in de bouwfase onderzocht. In de bouwfase zijn de dorpelbalken reeds geplaatst maar de aanstortingen zijn nog niet aangebracht. Het onderzoek M 1740 is uitgevoerd met de schuif boven de beschouwde dorpelbalk in gesloten stand. Aan deze keuze ligt de vooronderstelling ten grondslag dat de situatie met gesloten schuif een lager kritiek verval oplevert dan de situatie met geopende schuif.

Later zijn in het modelonderzoek M 2097-II [2] enkele oriënterende proefjes gedaan om deze vooronderstelling te toetsen. De voornaamste resultaten van die proefjes zijn, dat de relatie tussen schade en stroomsnelheid in de spleet weliswaar onveranderd blijft, maar dat bij een geopende schuif veel hogere stroomsnelheden in de spleet optreden dan bij een gesloten schuif bij een overigens gelijk verval. Derhalve zijn de kritieke vervallen, zoals die gevonden zijn in het onderzoek M 1740, te optimistisch.

Een en ander brengt met zich mee, dat het kritieke verval voor de Roompot minder is dan het geëiste verval, dat overeenkomt met 1,5x het éénmaal per jaar optredende verval.

Het huidige onderzoek dient om opheldering te krijgen over de volgende punten:

1. Vaststellen welke locatie en omstandigheden betreffende ontwerp en belasting maatgevend zijn;
2. Vaststellen welke eisen gesteld moeten worden aan de uitvoeringsnauwkeurigheid.
3. Voor beide voorgaande punten is het tevens nodig meer te weten over de schade-ontwikkeling als functie van het verval.

1.2 Opdracht

Per brief van 22 mei 1985 is door het Hoofd van de Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst van Rijkswaterstaat aan het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven om de situatie met geopende schuif nader te onderzoeken. Het onderzoek werd namens Rijkswaterstaat begeleid door ir. J. Wouters van het Bouwbureau Stormvloedkering van de Directie Sluizen en Stuwen.

Het onderzoek is in april 1985 uitgevoerd in de Tussenpadgoot in het Laboratorium De Voorst. Het werd uitgevoerd onder leiding van ir. E.A. van Kleef, die ook dit verslag samenstelde.

1.3 Probleemstelling

Tijdens de bouwfase van de stormvloedkering treden er situaties op, waarin de dorpelbalk wel geplaatst is, maar waarin nog geen aanstortingen aanwezig zijn. Uit het modelonderzoek M 2097 [2] is naar voren gekomen, dat voor de stabiliteit van de toplaag van de drempel de situatie met niet-gesloten schuiven de meest ongunstige is.

Voor deze situatie wordt een antwoord gezocht op de volgende vragen:

1. Welke van de poorten in de stormvloedkering brengt de ongunstigste situatie met zich mee;
2. Wat is de invloed van de spleethoogte op de optredende schade;
3. Hoe is het (schade- en bezwijk-) gedrag van de drempel, indien gaten aanwezig zijn in de toplaag in combinatie met een te kleine gradering van de stenen in de afwerklaag;
4. Wat is de invloed van een sterk hobbelerende kruinlijn, in combinatie met een dunne toplaag;
5. Is de schade gedurende de periode dat nog geen aanstortingen aanwezig zijn en de bovenbalk nog niet geplaatst is, te beperken door de schuif tot NAP +2,50 m te heffen;
6. Wat is de optredende schade, indien de schuif gesloten wordt voordat de dorpelbalk aangebracht is.

Gevraagd werd het verband tussen het verval over de kering en de optredende schade te bepalen voor dorpelbalkniveaus NAP -10,50 m, NAP -7,50 m en NAP -4,50 m.

Voor het ongunstigste dorpelbalkniveau werd het verband tussen het verval en de schade gevraagd voor spleethoogtes van 1,50 m, 1,75 m en 2,00 m. Tevens werd hierbij gevraagd het bezwijkverval te bepalen, waarbij onder bezwijken iedere aantasting van de afwerklaag werd verstaan, dat wil zeggen dat plaatselijk een schadeconcentratie >1 was opgetreden.

1.4 Conclusies

- De maatgevende doorsnede is die met een doorstroomopening van 11,50 m (dorpelbalkniveau NAP -10,50 m, midden Roompot).
- Het verval waarbij 10 stenen schade optreedt bedraagt bij een spleethoogte van 1,50 m:
bij een doorstroomopening van 11,50 m: 1,80 m,
bij een doorstroomopening van 8,50 m: 2,30 m,
bij een doorstroomopening van 5,50 m: 2,90 m.
- Bij een doorstroomopening van 11,50 m varieert het verval waarbij 10 stenen schade optreedt tussen 1,80 (bij een spleethoogte van 1,50 m) en 2,40 m (bij een spleethoogte van 1,75 m). De afwerklaag wordt aangetast bij een verval van 4,50 m bij een spleethoogte van 1,75 m of 2,00 m, en een verval van 4,80 m bij een spleethoogte van 1,50 m.
- Variatie van de spleethoogte in stromingsrichting in combinatie met een dunne toplaag geeft een verlaging van de specifieke vervallen met ca. 0,60 m. Bij vervallen rond het kritieke verval (10 stenen schade) heeft de dunne toplaag geen nadelige invloed.
- Een gat in de toplaag van de drempel vormt de zwakste plek. Ter plaatse van het gat vindt geen uitschuring van de afwerklaag plaats. Het bezwijken treedt op door stabiliteitsverlies van de toplaag rondom het gat. Het bezwijkverval ligt ca. 0,60 m lager dan bij een toplaag zonder gat.
- Optrekken van de schuif bij afwezigheid van de bovendorpel tot de onderzijde op NAP +2,50 m ligt, geeft bij vervallen die lager zijn dan 3,00 m, een vermindering van de schade. Bij het kritieke verval (10 stenen schade) is geen verschil aanwezig.

- De situatie schuif dicht, geen dorpelbalk is niet maatgevend voor de stabiliteit van de toplaag.
- De stroomsnelheid in de spleet laat zich berekenen met $\Delta p = 1,2 u_{\text{spleet}}^2 / 2g$.
- De stroomsnelheid waarbij begin van bewegen in de spleet optreedt is $u_{\text{spleet}} = 5,5$ m/s. Deze stroomsnelheid is in overeenstemming met de uitkomst van de formule uit het onderzoek M 711-II [5] met de correctie van Ashida en Bayazit [3] voor kleine waterdiepten.
- Het drukverval over de spleet is bij geopende schuif 1,4 à 2,0x zo groot als bij gesloten schuif bij eenzelfde verschil tussen boven- en benedenwaterstand.

2. Modelonderzoek

2.1 Opbouw van het model

Het model is geometrisch gelijkvormig op schaal 1:30 gebouwd. De bijbehorende snelheidsschaal n_v is volgens het criterium van Froude $n_L^{1/2}$. Dit geldt tevens voor de tijdschaal n_t .

De proeven zijn gedaan in de Tussenpadgoot (figuur 1). De breedte van deze goot (0,79 m) maakte het niet mogelijk een heel poortje met pijlers weer te geven. Het is slechts mogelijk een breedte van $30 \times 0,79 \text{ m} = 23,70 \text{ m}$ na te bouwen. Gekozen is voor het middengedeelte van een poortje, dus zonder pijlers.

De afmetingen en ligging van de drempel, dorpelbalk, schuif en bovendorpel zijn weergegeven in figuren 3...8.

2.2 Gebruikte steensorteringen

Voor de stenen 1-3 ton is in het model basalt gebruikt met zeefdiameters 30 resp. 40 mm. Een gewichtsanalyse van een steekproef van 27 stenen gaf het volgende beeld:

$$M_{15} = 37 \text{ g}; M_{50} = 67 \text{ g}; M_{85} = 108 \text{ g}$$

De dichtheid van het gebruikte materiaal is bepaald op 3000 kg/m^3 .

Uit M_{50} is de ΔD -waarde te bepalen.

$$V_{50} = M_{50} / \rho = 67 \text{ g} / 3000 \text{ kgm}^{-3} = 22,3 \text{ cm}^3$$

$$D_N = \sqrt[3]{V_{50}} = 2,82 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{3000 - 1000}{1000} = 2,0$$

$$(\Delta D_N)_{\text{model}} = 2,0 \times 2,82 \text{ cm} = 5,64 \text{ cm}$$

Dit komt overeen met een prototypewaarde

$$(\Delta D_N)_{\text{proto}} = 30 \times 5,64 \text{ cm} = 1,69 \text{ m}$$

De in het prototype aangebrachte stenen hebben een ΔD_N van 1,64 m. Deze waarden stemmen goed overeen.

Voor de gradaties 300-1000 kg zijn dezelfde stenen gebruikt als in het onderzoek M 2115. Van deze stenen was $(\Delta D_N)_{\text{model}} = 1,14 \text{ m}$.

2.3 Uitvoering van de proeven

De benedenwaterstand werd constant op NAP +0,70 m gehouden. De bovenwaterstand werd te beginnen met NAP +1,60 m opgevoerd met stappen van 0,30 m.

Ieder verval werd gedurende ca. 15 min. (ca. 1,5 uur prototype) gehandhaafd. Gemeten werden de snelheidshoogte bovenstrooms met behulp van een pitotbuis; de stroomsnelheid boven en onder de dorpelbalk met behulp van een micromolen.

Deze micromolen heeft een meetbereik van 2 m/s en is ter bescherming voorzien van een kokertje (zie figuur 2). Aangezien de stroomsnelheid lokaal sterk kan dalen ten gevolge van opgewipte stenen onder de dorpelbalk, is bij elke proef de stroomsnelheid gemeten op drie plaatsen en is de hoogst gemeten waarde aangehouden.

De diepte van de inzinking boven de dorpelbalk is gemeten met een duimstok. De schade aan de drempel is visueel bepaald. Onder schade wordt in dit onderzoek verstaan, dat een steen over tenminste een afstand gelijk aan zijn eigen diameter verplaatst.

Om enig inzicht te krijgen over de plaats waar de stenen vandaan kwamen en waar zij naar toe gingen, waren de stenen onder de dorpelbalk anders gekleurd dan de stenen benedenstrooms van de dorpelbalk.

De proeven werden voortgezet tot een bepaald schadecriterium bereikt was. Dit schadecriterium was bij de proeven IA-ID: 20 stenen; bij de proeven IIA-C en IIIA-C werd doorgedaan tot bezwijken van de drempel optrad, dat wil zeggen tot de afwerklaag aangetast werd (schadeconcentratie voor de toplaag >1).

2.4 Proevenprogramma

In totaal zijn 12 proeven gedaan. De proeven vielen uiteen in een viertal series. In de eerste serie (proef IA...ID, figuren 3 en 4 en tabel 1) is nagegaan wat de invloed is van de grootte van de doorstroomopening op de relatie tussen schade en verval. Hiermee is vastgesteld bij welke doorstroomopening de grootste schade verwacht kon worden. Alle volgende proevenseries zijn met de ongunstigste doorstroomopening uitgevoerd.

In de tweede serie (proef IIA...IIC, figuren 5 en 6 en tabel 1) is de spleethoogte onder de dorpelbalk gevarieerd. De afstand dorpelbalk-gootbodemp is hierbij constant gehouden. Ook in het prototype zal een variatie in de spleethoogte immers ontstaan door een ietwat hogere danwel lagere drempel. De spleethoogte werd gevarieerd tussen 1,50 m en 2,00 m en was overal onder de dorpelbalk gelijk.

In de derde serie proeven (proef IIIA...IIID, figuren 6,7 en 8 en tabel 1) zijn variaties aangebracht in de spleethoogte onder de dorpelbalk. De spleethoogte bedroeg gemiddeld 1,75 m, maar varieerde tussen 1,50 m en 2,00 m. In proef IIIC was de toplaag bovendien slechts 1 steen dik in plaats van de gebruikelijke dikte van 2 stenen. In proef IIID was de spleet constant 1,75 m, maar was een tweetal gaten in de toplaag van 2,0 x 3,0 m aangebracht. Een van deze gaten bevond zich aan de bovenstroomse zijde van de dorpel half onder de dorpelbalk (zie figuur 9), de andere op soortgelijke wijze aan de benedenstroomse zijde. De afwerklaag bestond uit stenen 60-300 kg.

In proef IVA is de situatie bekeken, waarin de schuif wordt neergelaten voordat de dorpelbalk geplaatst is (zie figuur 8 en tabel 1). De drempelhoogte was NAP -20,25 m.

2.5 Invloed van de drempelhoogte

Aangezien de hoogte van de Tussenpadgoot niet voldoende was om alle proeven met volledige drempelhoogte uit te voeren, is de drempelhoogte bij een aantal proeven gereduceerd van 8 m tot 5 m.

De invloed van deze verlaging van de drempel op de gevonden relaties tussen schade en verval is nagegaan aan de hand van een tweetal proeven die overigens gelijk waren. De gevonden relaties tussen schade en verval van deze twee proeven zijn in figuur 10 ingetekend. Er is geen significant verschil te zien.

3. Resultaten

3.1 Invloed van de doorstroomopening

In figuur 11 is de relatie tussen de optredende schade en het verval over de kering afgebeeld bij een spleethoogte van 1,50 m. Duidelijk is te zien, dat bij grotere doorstroomopening ceteris paribus een grotere schade aan de drempel ontstaat.

Merkwaardig is het optreden van een soort versteviging van de drempel bij vervallen tussen de 2,00 en 4,00 m. Bij grotere spleethoogten is deze versteviging overigens niet meer waargenomen.

Uit deze metingen volgen onderstaand specifieke vervallen:

doorstroomopening	2 stenen	10 stenen	20 stenen	bezwijken
11,50 m	1,20 m	1,80 m	2,20 m	4,80 m
8,50 m	1,50 m	2,30 m	2,80 m	-
5,50 m	1,80 m	2,90 m	3,60 m	-

3.2 Invloed van de spleethoogte

Figuur 12 geeft de optredende schade weer bij spleethoogten van resp. 1,50 m, 1,75 m en 2,00 m.

De schade bij een spleethoogte van 1,75 m is lager dan bij een spleethoogte van 2,00 m. Van de versteviging die bij een spleethoogte van 1,50 m werd waargenomen is bij grotere spleethoogten niets meer te bemerken. De invloed van de spleethoogte is alleen nagegaan voor de ongunstigste doorstroomopening.

Uit deze proeven komen de volgende specifieke vervallen naar voren:

spleethoogte	2 stenen	10 stenen	20 stenen	bezwijken
1,50 m	1,20 m	1,80 m	2,20 m	4,80 m
1,75 m	1,50 m	2,40 m	3,00 m	4,50 m
2,00 m	1,80 m	2,20 m	2,50 m	4,50 m

Het bezwijken heeft een zeer explosief karakter; in ca. 1 min. modeltijd verdwijnt de gehele afwerklaag.

3.3 Uitvoeringson nauwkeurigheden in de kruin van de drempel

In de proeven IIIA...IIID is nagegaan of en in hoeverre uitvoeringson nauwkeurigheden de tot dusverre gevonden relatie tussen het verval en de schade aan de drempel beïnvloeden. Hierbij is het onderzoek beperkt tot afwijkingen van de rechte kruin, die in de vorige paragrafen besproken is: een in stroomrichting veranderende hoogte van de spleet, een dunnere toplaag en gaten van 2 x 3 m in de toplaag.

De resultaten van de proeven met onregelmatige kruinlijn en een dunne toplaag zijn in figuur 13 verzameld.

In proef IIIA was de spleethoogte bovenstrooms kleiner dan benedenstrooms; in proef IIIB en IIIC was de spleethoogte bovenstrooms het grootst. In proef IIIC was bovendien de toplaag slechts half zo dik als in de overige proeven.

Onregelmatigheden in de kruinlijn blijken altijd een ongunstige invloed te hebben op de optredende schade. Een halvering van de dikte van de toplaag blijkt weinig invloed te hebben, zeker bij vervallen rond de kritieke waarde. Er moet mee gerekend worden dat oneffenheden in de kruinlijn het bezwijkverval met ca. 0,60 m kunnen doen dalen.

Het lijkt niet zinvol de specifieke vervallen die in proef IIIB gevonden zijn als maatgevend te hanteren. De lage vervallen die in die proef werden gevonden zijn ontstaan door de hoge schade die in de eerste stappen ontstond. Deze hoge aanvangsschade werd in proef IIIC die voor kleine schade als herhaling van IIIB kan worden opgevat, niet teruggevonden.

De invloed van gaten (figuur 14) blijkt bij grote vervallen op te treden. Het bezwijkverval ligt ongeveer 0,60 m lager dan bij de overeenkomstige proef met een onbeschadigde kruin. Hierbij moet bedacht worden, dat in proef IIID een lichtere steensortering (60-300 kg) is gebruikt voor de afwerklaag.

De schade in proef IIID wordt veroorzaakt nabij het bovenstroomse gat; het benedenstroomse gat wordt geleidelijk opgevuld. Het bezwijken van de drempel wordt in dit geval gefinitieerd door het bovenstroomse gat. Er vindt voorafgaand aan het bezwijken geen uitschuring van de afwerklaag in het gat plaats.

De toplaag verdwijnt in het cirkelvormige gebied in figuur 9 vrijwel gelijktijdig geheel, samen met een gedeelte van de afwerklaag ter plaatse.

3.4 Gesloten schuif bij ontbreken van de dorpelbalk

In proef IVA is onderzocht wat de schade was indien de schuif is neergelaten voordat de onderdorpel geplaatst is (zie figuur 15). Deze situatie blijkt niet maatgevend te zijn. De specifieke vervallen zijn:

2 stenen	10 stenen	20 stenen
1,70 m	2,20 m	2,50 m

3.5 Optrekken van de schuif tot NAP +2,50 m

Bij het hoogste dorpelbalkniveau (NAP -4,50 m) is ook onderzocht, wat de invloed op de schade-vervalrelatie is van het optrekken van de schuif tot NAP +2,50 m. In figuur 16 zijn naast elkaar de proeven IC (schuif op NAP +1,00 m) en ID (schuif op NAP +2,50 m) uitgezet. Het extra optrekken van de schuif doet de optredende schade aan de drempel verminderen bij vervallen tot 3,00 m. Bij hogere vervallen is geen verschil geconstateerd.

Het verval van 3,00 m is ook ongeveer het verval waarbij de extra geheven schuif het stroombeeld gaat beïnvloeden. De schuif raakt het wateroppervlak bij een verval van 2,70 m.

3.6 Specifieke vervallen

De in de voorafgaande paragrafen gevonden specifieke vervallen zijn samengevat in tabel 3.

Bij een spleethoogte van 1,50 m wordt een kritiek verval voor schades van 10-20 stenen gevonden dat 0,60-0,80 cm lager ligt dan bij andere spleethoogten.

Het verval bij bezwijken ligt echter weer boven het bezwijkverval dat voor de andere spleethoogten gevonden is.

Onregelmatigheden in de kruinafwerking geven de maatgevende situatie.

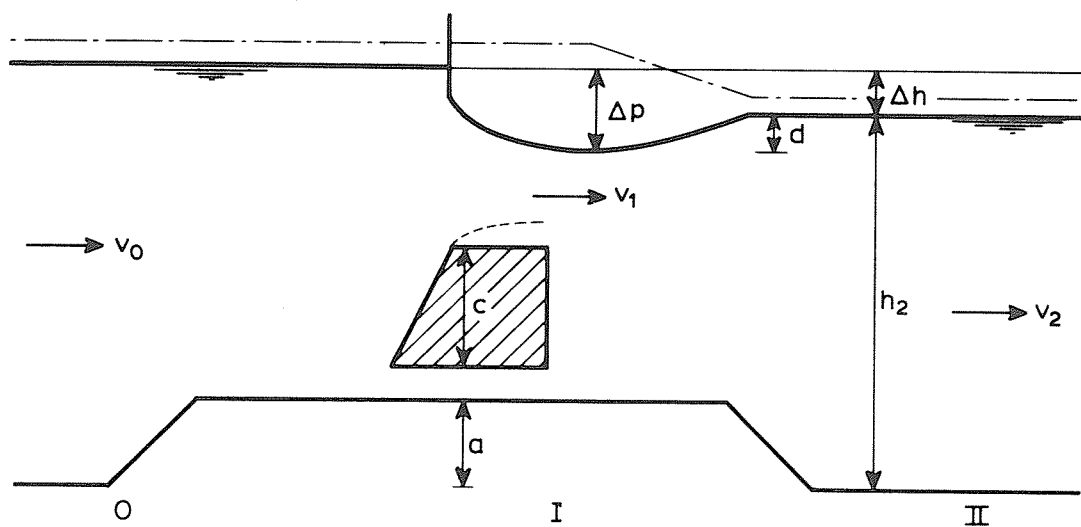
3.7 Verloop van de waterspiegel boven- en benedenstrooms van de drempel

Tijdens de proeven is het verloop van de waterspiegel boven- en benedenstrooms van de dorpelbalk vastgelegd. De nauwkeurigheid van deze metingen is laag (± 15 cm). Op het oppervlak bevinden zich namelijk dikwijls golven. In dergelijke gevallen is visueel de gemiddelde waterstand bepaald. De gevonden waterspiegels zijn getekend in de figuren 17 en 18.

4. Nadere beschouwing van de resultaten

4.1 Berekening van het drukverval over de spleet

Onder de aanname, dat in de contractie tussen doorsnede 0 en doorsnede I (zie figuur) geen energieverlies optreedt, mag tussen doorsnede 0 en doorsnede I Bernoulli worden toegepast.



$$\Delta p = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} \quad (1)$$

De stroomsnelheid voor en achter de dorpelbalk zijn ongeveer even groot.

$$v_0 \approx v_2 \quad (2)$$

Δh is gelijk te stellen aan het energieverlies tussen doorsnede I en doorsnede II. Berekend met de formule van Carnot wordt dit verlies:

$$\Delta h = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (3)$$

Met de continuïteitsvergelijking tussen I en II is v_1 uit te drukken in v_2

$$v_1 = \frac{h_2}{\mu A} \cdot v_2 \quad (4)$$

met

$$A = h_2 - a - c - d$$

Uit (1), (2) en (4) volgt nu voor het drukverval over de spleet

$$\Delta p = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} \approx \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} = \left\{ \left(\frac{h_2}{\mu A} \right)^2 - 1 \right\} \frac{v_2^2}{2g}$$

Uit (3) en (4) volgt voor het verval over de kering

$$\Delta h = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} = \left\{ \frac{h_2}{\mu A} - 1 \right\}^2 \frac{v_2^2}{2g}$$

Het drukverval over de spleet is nu uit te drukken als het produkt van een factor c_{od} en het verval over de kering

$$\Delta p = c_{od} \cdot \Delta h = \frac{\left(\frac{h_2}{\mu A} \right)^2 - 1}{\left(\frac{h_2}{\mu A} - 1 \right)^2} \cdot \Delta h$$

Nemen wij voor μ een waarde van 0,8 aan, dan laat c_{od} zich berekenen voor de verschillende proeven.

In figuur 19 is op de verticale as het verschil tussen de waterstand voor de schuif en de waterstand in het diepste punt van de kuil uitgezet en op de horizontale as het verval over de kering. De waarden op de y-as zijn te beschouwen als een benadering uit de metingen van het drukverval over de spleet.

In deze figuur zijn een aantal rechten ingetekend die overeenkomen met $c_{od} = 1,4$; $c_{od} = 1,6$; $c_{od} = 1,8$ en $c_{od} = 2,0$.

Hoewel de gemeten waarden van $c_{od} = 1,4 \dots 2,0$ goed in de buurt liggen van de berekende waarden $c_{od} = 1,5 \dots 2,1$ (tabel 4), worden de tendensen die uit de metingen volgen, door de berekeningen niet gereproduceerd. De hoogste waarden van c_{od} worden in metingen gevonden bij kleine doorstroomopeningen. Dit kan zijn oorzaak vinden in verandering van de grootte van de druk en/of de grootte van de contractiecoëfficiënt.

4.2 Berekening van de stroomsnelheden in de spleet

In figuur 20 is het drukverval over de spleet uitgezet als functie van de snelheidshoogte in de spleet. Er blijkt weinig verschil tussen verschillende spleethoogten. De ξ van de spleet bedraagt ca. 1,2. Dit stemt overeen met $\xi = 1,17$ die gevonden is in het onderzoek M 1451/8 [4].

Met de in het voorgaande gevonden $\xi = 1,2$ en de c_{od} -waarden uit tabel 4, is de snelheidshoogte in de spleet te berekenen.

$$\frac{u_{\text{spleet}}^2}{2g} = \frac{c_{od}}{\xi} \cdot \Delta h$$

De resultaten van deze berekening zijn in figuur 21 vergeleken met de meetresultaten. Er bestaat goede overeenstemming.

4.3 Berekening van het begin van bewegen

Bij het bepalen van de stabiliteit van de stortsteen onder de drempel is behalve de steeneigenschappen en de stroomsnelheid ook de verhouding tussen spleethoogte en steendiameter van belang.

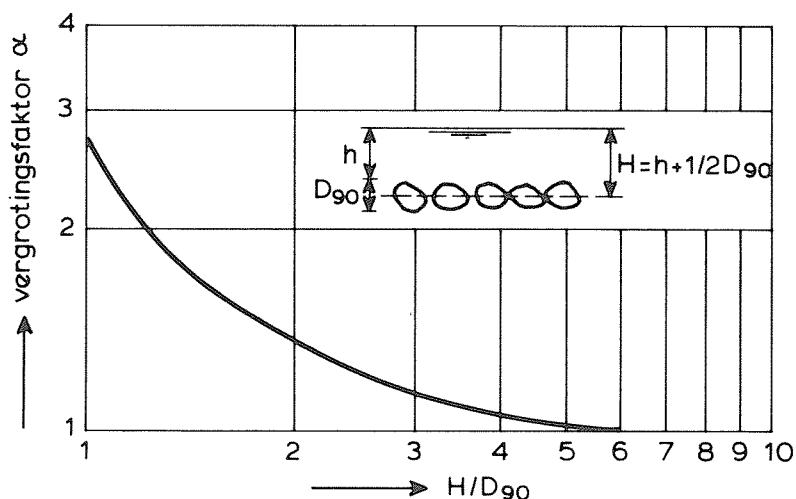
Volgens M 711-II [5] kan voor de kritieke stroomsnelheid bij begin van bewegen worden geschreven:

$$u_{kr} = 1,4 \cdot \log \left(3,5 \frac{h}{D_n} \right) \cdot \sqrt{(\Delta g D_n)}$$

Deze formule is gevonden uit experimenten met een vrije waterspiegel en $h/D_n > 5$.

Uit onderzoek van Ashida en Bayazit [3] en M 1740 [1] blijkt, dat deze waarde voor kleine waterdiepten vermenigvuldigd moet worden met een vergrotingsfactor α , welke een functie is van H/D_{90} .

In tabel 5 is $u_{kr} = 1,4 \cdot \alpha \cdot \log \left(3,5 \frac{h}{D_n} \right) \cdot \sqrt{(\Delta g D_n)}$ uitgerekend voor een aantal gevallen.



De berekende waarden voor u_{kr} liggen tussen 5,5 m/s en 6,0 m/s. Dit is in overeenstemming met de experimenten (zie figuur 22).

In figuur 23 zijn de cumulatieve schades uitgezet tegen het dimensieloze getal u_{spleet}/u_{kr} . Hierin is u_{spleet} de gemeten maximale stroomsnelheid in de spleet en u_{kr} de in de vorige paragraaf uitgerekende kritieke stroomsnelheid. Dit is gedaan voor de proeven IIA, IIB en IIC met spleethoogten van resp. 1,50 m, 1,75 m en 2,00 m.

In deze figuur is geen systematisch verschil tussen de verschillende spleethoogten te zien, zodat aangenomen wordt, dat de invloed van de spleethoogte voldoende wordt weergegeven door de optredende stroomsnelheden bij deze spleethoogten.

Bij vergelijking van verschillende spleethoogten hebben wij dus te maken met twee elkaar tegenwerkende effecten:

- Bij toenemende spleethoogte neemt ξ af en de stroomsnelheid dus toe.
- Bij toenemende spleethoogte neemt de u_{kr} toe.

De nauwkeurigheid van de berekeningen is niet hoog genoeg om a priori te zeggen welke van deze twee effecten de overhand heeft.

LITERATUUR

- 1 Stormvloedkering Oosterschelde, stabiliteit toplaag drempelkruin in de
bouwfase
Verslag modelonderzoek M 1740,
Waterloopkundig Laboratorium, Delft, 1980
- 2 Stormvloedkering Oosterschelde
Modelonderzoek M 2097-II
Waterloopkundig Laboratorium, Delft, 1985
- 3 Ashida, K. en Bayazit, M.
Initiation of motion and roughness of flows in steep channel
Proc. 15th IAHR Congress, Istanbul, Sept. 1973
- 4 Stormvloedkering Oosterschelde, doorlatendheid van de spleet onder de
dorpel
Interim verslag modelonderzoek M 1451-8
Waterloopkundig Laboratorium, Delft, 1980
- 5 Stroombestendigheid sluitgatdrempel; Brede kruin
Modelonderzoek M 711-II
Waterloopkundig Laboratorium, Delft, 1963

serie	drempel- kruin tov NAP [m]	dorpelbalk niveau tov NAP [m]	onderzijde schuif tov NAP [m]	bodem tov NAP [m]	doorstroom- hoogte [m]	spleet- hoogte [m]	w.s. OS tov NAP [m]	opm.
IA	-20,00	-10,50	+1,00	-28,00	11,50	1,50	+0,70	(1)
IB	-17,00	-7,50	+1,00	-25,00	8,50	1,50	+0,70	(1)
IC	-14,00	-4,50	+1,00	-22,00	5,50	1,50	+0,70	(1)
ID	-14,00	-4,50	+2,50	-22,00	7,00	1,50	+0,70	(1) (8)
IIA	-20,00	-10,50	+1,00	-25,00	11,50	1,50	+0,70	(2)
IIB	-20,25	-10,50	+1,00	-25,25	11,50	1,75	+0,70	(2)
IIC	-20,50	-10,50	+1,00	-25,50	11,50	2,00	+0,70	(2)
IIIA	-20,25	-10,50	+1,00	-28,25	11,50	1,75	+0,70	(2) (3)
IIIB	-20,25	-10,50	+1,00	-28,25	11,50	1,75	+0,70	(2) (4)
IIIC	-20,25	-10,50	+1,00	-28,25	11,50	1,75	+0,70	(2) (3) (5)
IIID	-20,25	-10,50	+1,00	-28,25	11,50	1,75	+0,70	(2) (6)
IVA	-20,00	-	-10,50	-28,00	-	-	+0,70	(7)

(1) proef voortgezet tot ca. 20 stenen schade

(2) proef voortgezet tot bezwijken

(3) spleet variërend van 1,50 m (bovenstrooms) tot 2,00 m (benedenstrooms)

(4) spleet variërend van 2,00 m (bovenstrooms) tot 1,50 m (benedenstrooms)

(5) dunne toplaag

(6) gaten in toplaag, afwerklaag 60-300 kg

(7) geen onderdorpel aanwezig

(8) geen bovendorpel aanwezig

Tabel 1 Proevenprogramma

proefnr.	verval	w.s. NZ tov NAP	$u^2/2g$ aanstr.	u_{boven}	u_{spleet}	deuk tov NAP	schade	Δp
	[m]	[m]	[cm]	[m/s]	[m/s]	[cm]	[stuks]	[m]
IA1	0,90	1,60	15,6	5,50	4,91	+30	geen	1,30
IA2	1,20	1,90	23,1	6,27	5,67	-21	2	2,10
IA3	1,50	2,20	26,4	6,81	6,48	-30	4	2,50
IA4	1,80	2,50	30,0	7,83	6,98	-30	9	2,80
IA5	2,10	2,80	32,7	8,63	7,58	-45	18	3,25
IB1	0,90	1,60	8,1	0,56*	5,00	0	geen	1,60
IB2	1,20	1,90	10,2	0,65*	5,63	-45	geen	2,35
IB3	1,50	2,20	13,5	0,43*	6,31	-30	2	2,50
IB4	1,80	2,50	16,5	7,41	6,94	-30	7	2,80
IB5	2,10	2,80	21,6	8,25	7,36	-45	11	3,25
IB6	2,40	3,10	25,4	8,80	6,52	-75	14	3,85
IB7	2,70	3,40	26,7	9,43	8,46	-90	16	4,30
IB8	3,00	3,70	31,8	10,07	7,96	-120	18	4,90
IB9	3,30	4,00	27,3	10,45	6,90	-120	26	5,20
IC1	0,90	1,60	4,5	2,03*	4,27	-15	geen	1,75
IC2	1,20	1,90	5,4	3,07*	5,09	-30	geen	2,20
IC3	1,50	2,20	8,1	3,12*	5,92	-45	geen	2,65
IC4	1,80	2,50	8,4	6,63*	6,19	-75	2	3,25
IC5	2,10	2,80	12,0	8,00*	6,74	-105	4	3,85
IC6	2,40	3,10	13,2	8,27*	7,28	-120	6	4,30
IC7	2,70	3,40	12,9	8,93*	7,56	-135	7	4,75
IC8	3,00	3,70	14,1	7,56*	6,63	-135	7	5,05
IC9	3,30	4,00	15,6	9,91*	8,54	-165	16	5,65
IC10	3,60	4,30	16,2	9,80*	8,43	-150	19	5,80
IC11	3,90	4,60	18,0	9,31*	8,22	-180	21	6,40
ID1	0,90	1,60	4,8	-	4,87	-30	geen	1,90
ID2	1,20	1,90	7,5	-	5,53	-75	geen	2,65
ID3	1,50	2,20	12,0	-	6,24	-120	geen	3,40
ID4	1,80	2,50	12,6	-	6,68	-135	geen	3,85
ID5	2,10	2,80	14,4	-	7,33	-165	1	4,45
ID6	2,40	3,10	16,2	-	7,78	-180	2	4,90
ID7	2,70	3,40	19,8	-	8,27	-240	2	5,80
ID8	3,00	3,70	21,0	-	7,33	-240	6	6,10
ID9	3,30	4,00	26,4	-	4,17	-300	15	6,55
ID10	3,60	4,30	25,8	-	4,16	-270	15	7,00
ID11	3,90	4,60	26,4	-	9,15	-285	26	7,45

* snelheid gemeten 2 cm boven onderdorpel

Tabel 2 Meetresultaten (proevenserie IA...ID)

proefnr.	verval [m]	w.s. NZ tov NAP [m]	$u^2/2g$ aanstr. [cm]	u_{boven} [m/s]	u_{spleet} [m/s]	deuk tov NAP [cm]	schade [stuks]	Δp [m]
IIA1	0,90	1,60	18,9	5,63	4,66	0	geen	1,60
IIA2	1,20	1,90	24,0	6,31	4,91	-15	geen	2,05
IIA3	1,50	2,20	26,7	7,36	5,76	-24	3	2,45
IIA4	1,80	2,50	28,5	7,07	6,69	-30	10	2,80
IIA5	2,10	2,80	34,2	8,72	5,97	-30	18	3,10
IIA6	2,40	3,10	40,8	9,35	8,12	-30	26	3,40
IIA7	2,70	3,40	45,9	9,81	7,24	-45	31	3,85
IIA8	3,00	3,70	51,3	10,57	8,55	-60	34	4,30
IIA9	3,30	4,00	53,1	10,61	4,66	-60	37	4,60
IIA10	3,60	4,30	56,1	11,08	8,98	-90	37	5,20
IIA11	3,90	4,60	62,2	11,17	-	-120	44	5,80
IIA12	4,20	4,90	65,2	11,34	-	-135	49	6,25
IIA13	4,50	5,20	70,2	11,93	-	-195	71	7,15
IIA14	4,80	5,50	-	12,82	-	-	106	
IIB1	0,90	1,60	17,1	5,38	5,08	15	geen	1,45
IIB2	1,20	1,90	27,9	5,97	5,25	-15	geen	2,05
IIB3	1,50	2,20	33,0	7,19	6,27	0	2	2,20
IIB4	1,80	2,50	37,8	7,62	6,69	0	3	2,50
IIB5	2,10	2,80	39,9	8,46	6,73	0	9	2,80
IIB6	2,40	3,10	44,4	9,31	8,17	0	10	3,10
IIB7	2,70	3,40	46,8	7,96	9,69	-30	14	3,70
IIB8	3,00	3,70	48,9	9,90	8,72	-60	16	4,30
IIB9	3,30	4,00	66,9	10,36	8,76	-75	28	4,75
IIB10	3,60	4,30	71,1	10,53	9,73	-105	39	5,35
IIB11	3,90	4,60	76,8	11,29	-	-120	45	5,80
IIB12	4,20	4,90	79,5	12,05	-	-135	65	6,25
IIB13	4,50	5,20	82,5	11,80	-	-180	ca.80 +3 afw.laag	7,00
IIC1	1,20	1,90	30,9	6,43	6,18	-15	geen	2,05
IIC2	1,50	2,20	36,3	7,15	5,80	-15	geen	2,35
IIC3	1,80	2,50	39,0	7,83	6,94	-15	2	2,65
IIC4	2,10	2,80	40,8	8,29	6,81	-30	7	3,10
IIC5	2,40	3,10	42,6	8,88	7,96	-15	18	3,25
IIC6	2,70	3,40	48,9	9,69	7,87	-60	25	4,00
IIC7	3,00	3,70	53,1	10,36	9,39	-60	46	4,30
IIC8	3,30	4,00	59,4	10,66	9,90	-105	52	5,05
IIC9	3,60	4,30	72,3	11,21	9,81	-120	54	5,50
IIC10	3,90	4,60	76,5	11,55	10,24	-150	74	6,10
IIC11	4,20	4,90	84,9	11,97	-	-195	93	6,85
IIC12	4,50	5,20	89,1	12,22	-	-	108 +8 afw.laag	

Tabel 2 Vervolg meetresultaten (proevenserie IIA...IIC)

proefnr.	verval	w.s. NZ tov NAP	$u^2/2g$ aanstr.	u_{boven}	u_{spleet}	deuk tov NAP	schade
	[m]	[m]	[cm]	[m/s]	[m/s]	[cm]	[stuks]
IIIA1	0,90	1,60	21,3	6,15	3,86	-30	geen
IIIA2	1,20	1,90	23,1	6,18	4,53	-45	geen
IIIA3	1,50	2,20	24,9	6,65	3,94	-15	geen
IIIA4	1,80	2,50	27,6	7,45	6,22	-15	6
IIIA5	2,10	2,80	30,9	8,29	6,94	-15	10
IIIA6	2,40	3,10	33,6	8,84	7,36	-45	15
IIIA7	2,70	3,40	34,5	9,23	8,25	-90	21
IIIB1	0,90	1,60	12,6	5,25	5,04	30	geen
IIIB2	1,20	1,90	23,7	6,22	5,84	-30	9
IIIB3	1,50	2,20	26,1	6,98	6,60	-15	20
IIIB4	1,80	2,50	28,2	7,41	7,15	-15	22
IIIB5	2,10	2,80	29,7	8,13	7,74	-30	24
IIIB6	2,40	3,10	30,3	8,80	8,29	-45	27
IIIC1	0,90	1,60	19,2	5,55	4,96	0	geen
IIIC2	1,20	1,90	29,4	6,56	5,88	-30	3
IIIC3	1,50	2,20	34,2	7,32	6,22	-30	6
IIIC4	1,80	2,50	36,9	7,87	6,31	-45	7
IIIC5	2,10	2,80	39,3	8,42	7,79	0	11
IIIC6	2,40	3,10	45,3	9,05	7,03	-30	15
IIIC7	2,70	3,40	49,8	9,69	-	-60	32
IIIC8	3,30	4,00	65,4	10,28	-	-60	+2 afw.laag 68
IIIC9	3,60	4,30	75,0	11,00	-	-150	76
IIIC10	3,90	4,60	75,3	11,34	-	-135	82
IIIC11	4,20	4,90	75,0	11,78	-	-150	82
IIIC12	4,50	5,20	81,0	11,97	-	-	82
IIID1	0,90	1,60	22,8	5,84	4,28	-15	geen
IIID2	1,20	1,90	28,8	6,39	-	-15	geen
IIID3	1,50	2,20	33,9	7,07	-	-30	2
IIID4	1,80	2,50	38,1	7,87	-	-30	4
IIID5	2,10	2,80	43,8	8,38	-	-45	8
IIID6	2,40	3,10	48,0	9,22	-	-45	18
IIID7	3,00	3,70	52,2	9,77	-	-60	24
IIID8	3,30	4,00	60,6	10,11	-	-	63
IIID9	3,60	4,30	74,4	10,36	-	-105	68
IIID10	3,90	4,60	81,9	10,78	-	-120	101 + ±12 afw.laag

Tabel 2 Vervolg meetresultaten (proevenserie IIIA...IID)

proefnr.	verval [m]	w.s. NZ tov NAP [m]	$u^2/2g$ aanstr. [cm]	u_{boven} [m/s]	u_{spleet} [m/s]	deuk tov NAP [cm]	schade [stuks]
IVA1	0,90	1,60	3,0	3,89	-	30	geen
IVA2	1,20	1,90	4,8	4,38	-	21	geen
IVA3	1,50	2,20	6,9	5,04	-	3	geen
IVA4	1,80	2,50	9,6	5,53	-	-	3
IVA5	2,10	2,80	12,9	6,85	-	-30	8
IVA6	2,40	3,10	12,3	6,52	-	-	14

Tabel 2 Vervolg meetresultaten (proevenserie IVA)

proef	doorstroom- opening [m]	spleet- hoogte [m]	2 stenen schade	10 stenen schade	20 stenen schade	bezwijken
IA	11,50	1,50	1,20	1,80	2,20	-
IB	8,50	1,50	1,50	2,30	2,80	-
IC	5,50	1,50	1,80	2,90	3,60	-
ID	7,00	1,50	2,40	3,00	3,60	-
IIA	11,50	1,50	1,20	1,80	2,20	4,80
IIB	11,50	1,75	1,50	2,40	3,00	4,50
IIC	11,50	2,00	1,80	2,20	2,50	4,50
IIIA	11,50	1,75	1,30	2,10	2,60	-
IIIB*	11,50	1,75		1,30	1,50	-
IIIC	11,50	1,75	1,10	1,80	2,30	3,80
IIID	11,50	1,75	1,50	2,20	2,60	3,90
IVA	-	-	1,70	2,20	2,50	-

* zie opmerking in paragraaf 3.3

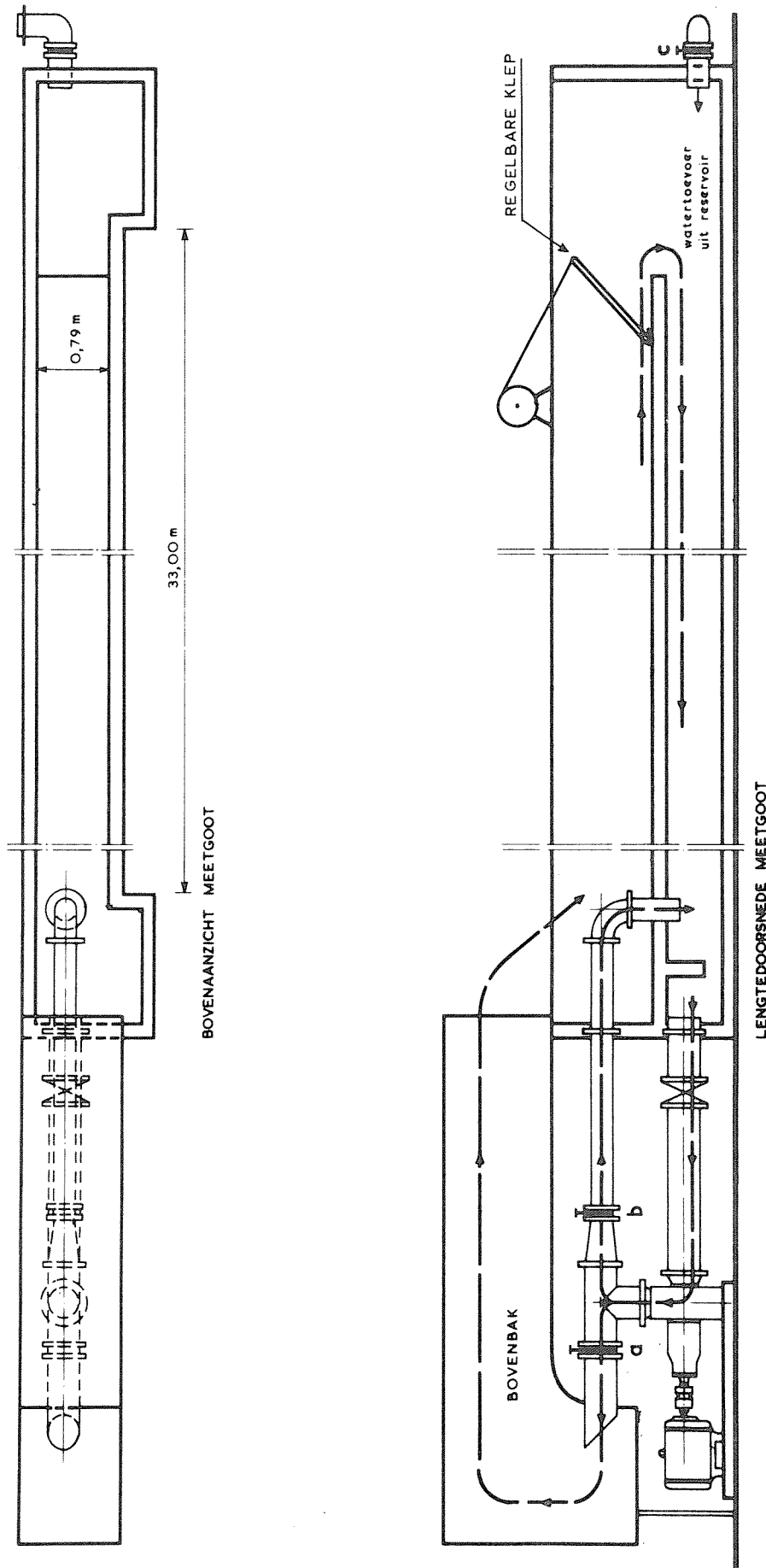
Tabel 3 Specifieke vervallen [m]

proef	h_2 [m]	a [m]	d [m]	A [m]	μA [m]	$\frac{h_2}{\mu A}$ [-]	c_{od} [-]
IA	28,70	8,0	1,20	11,50	9,20	3,12	1,94
IB	25,70	8,0	1,20	8,50	6,80	3,78	1,72
IC	22,70	8,0	1,20	5,50	4,40	5,16	1,48
ID	22,70	8,0	1,20	5,50	4,40	5,16	1,48
IIA	25,70	5,0	1,20	11,50	9,20	2,79	2,12
IIB	25,95	5,0	1,20	11,75	9,40	2,76	2,14
IIC	26,20	5,0	1,20	12,00	9,60	2,73	2,16

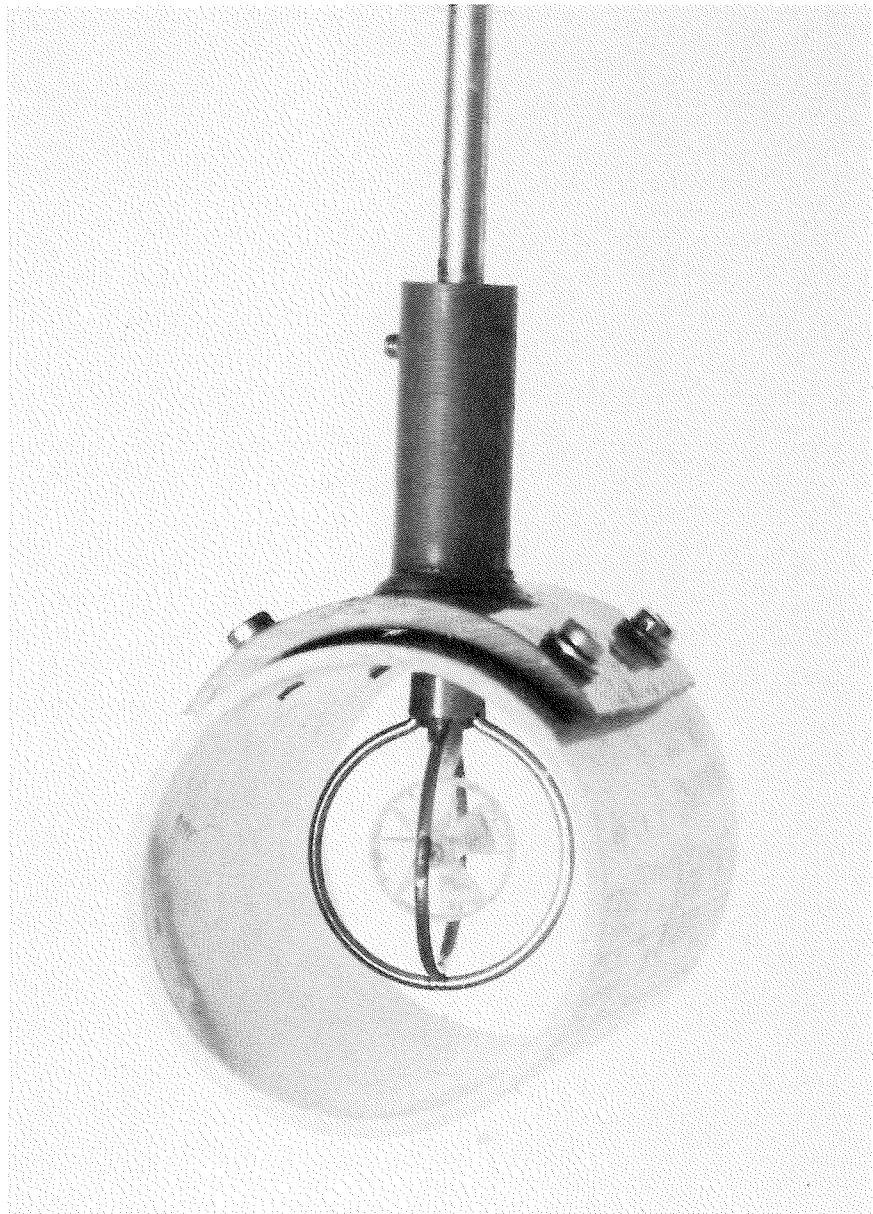
Tabel 4 Berekening c_{od} -waarden

h [m]	D_n [m]	D_{90} [m]	H [m]	h/D_n [-]	H/D_{90} [-]	α [-]	u_{kr} [m/s]
1,50	0,84	1,26	2,13	1,78	1,69	1,50	5,47
1,75	0,84	1,26	2,38	2,08	1,88	1,42	5,84
2,00	0,84	1,26	2,63	2,38	2,08	1,34	6,06

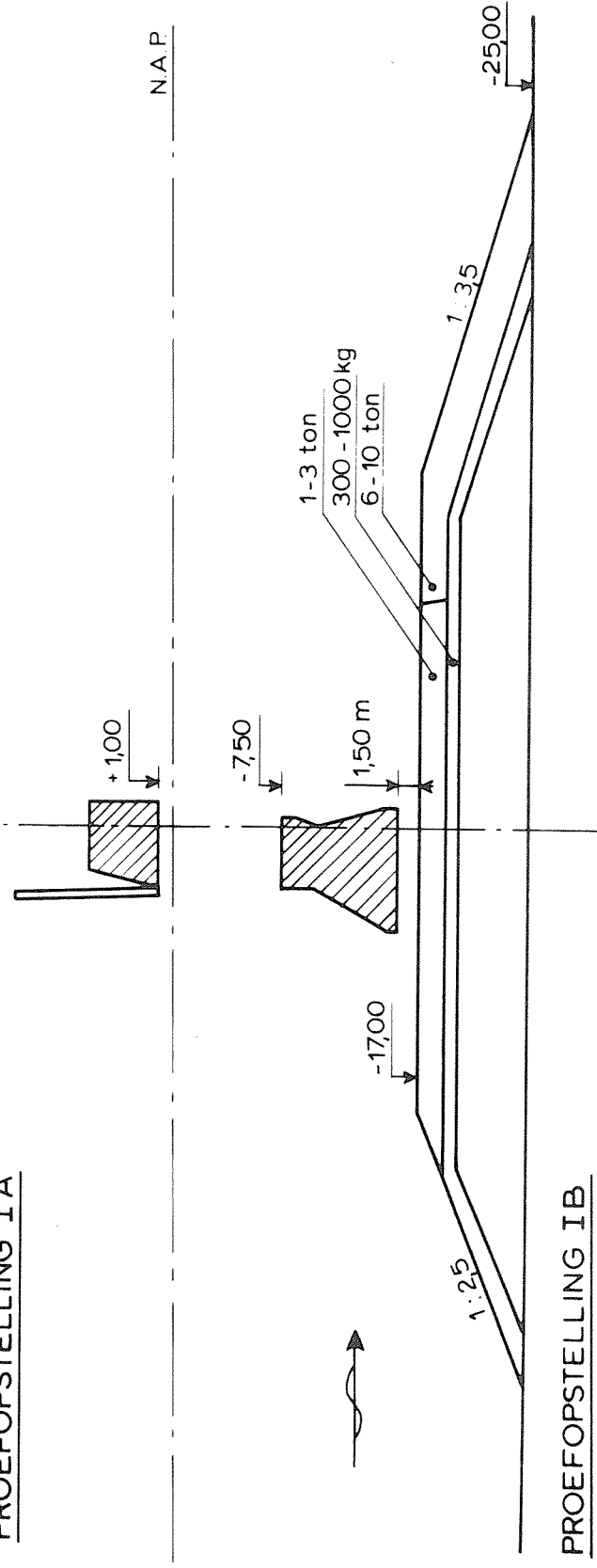
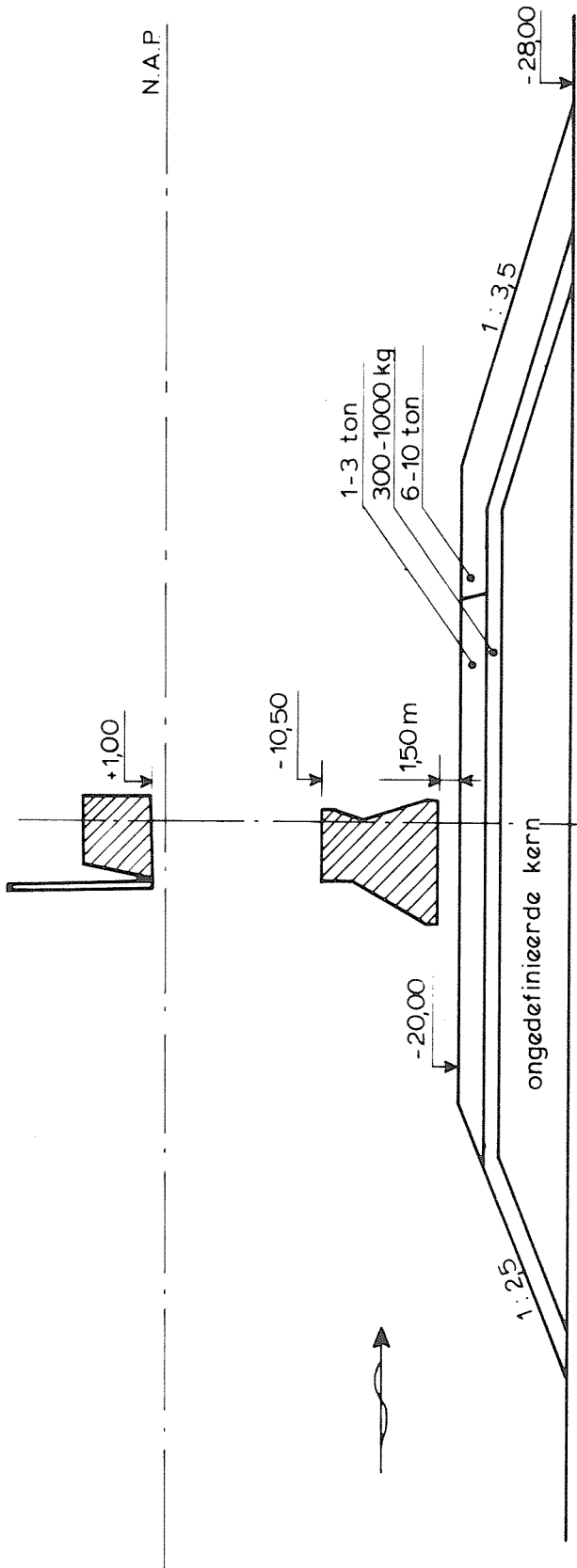
Tabel 5 Berekening van stroomsnelheid bij begin van bewegen



TUSSENPADGOOT



Micromolen



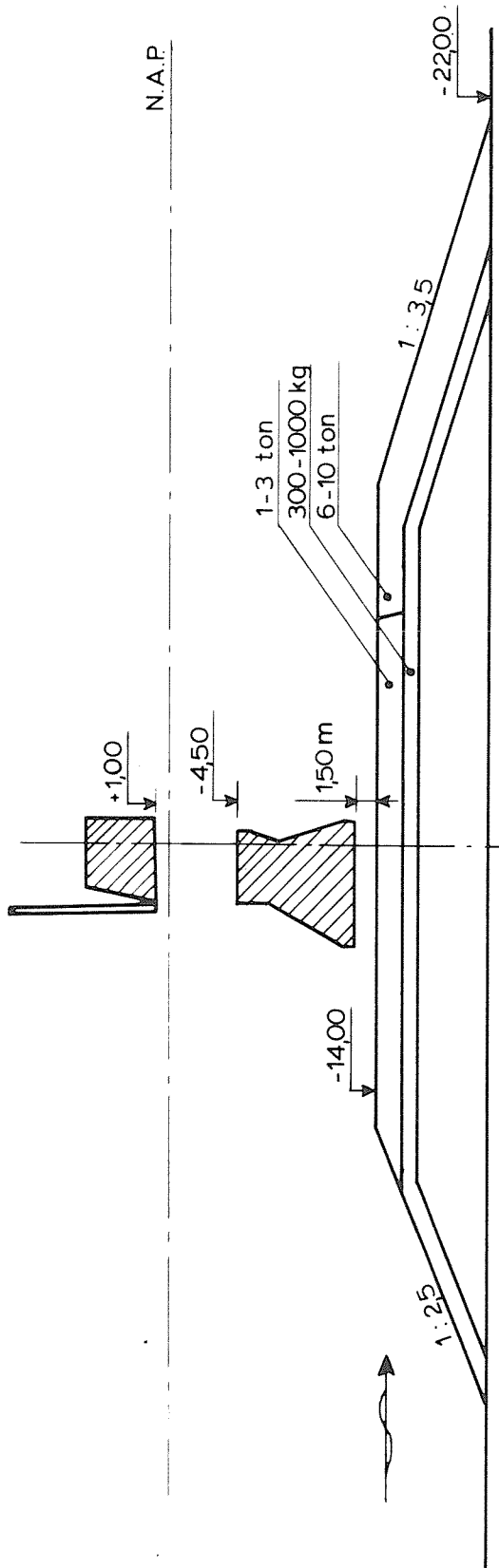
PROEFOPSTELLINGEN

SCHAAL 1:500

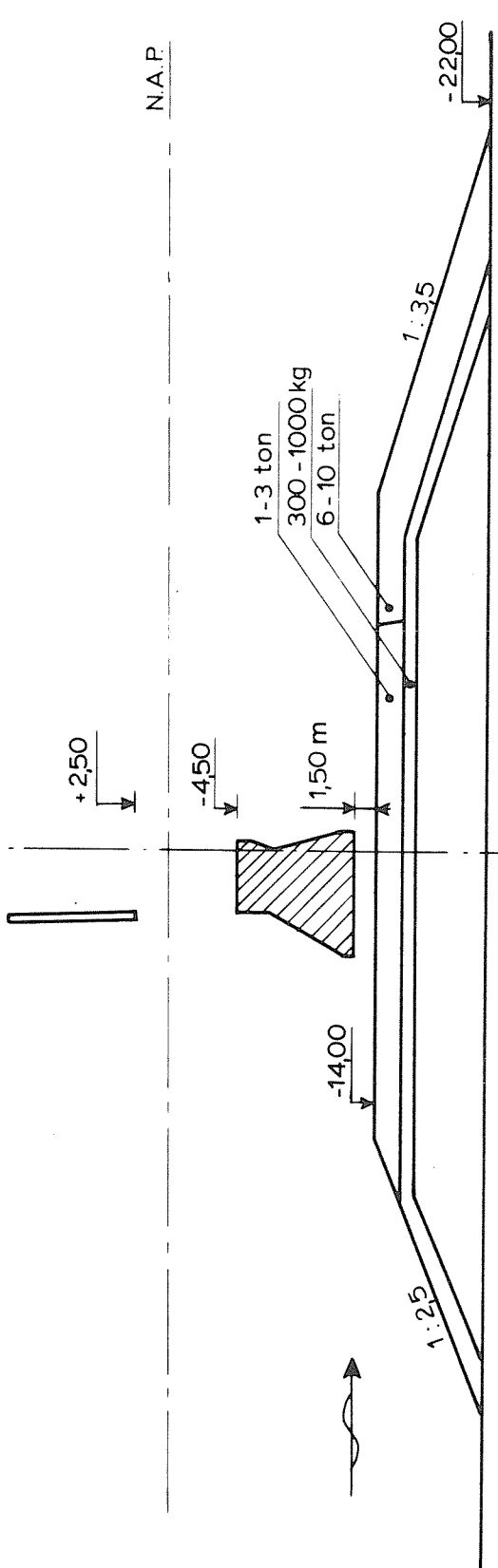
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG 3



PROEFOPSTELLING IC



PROEFOPSTELLING ID

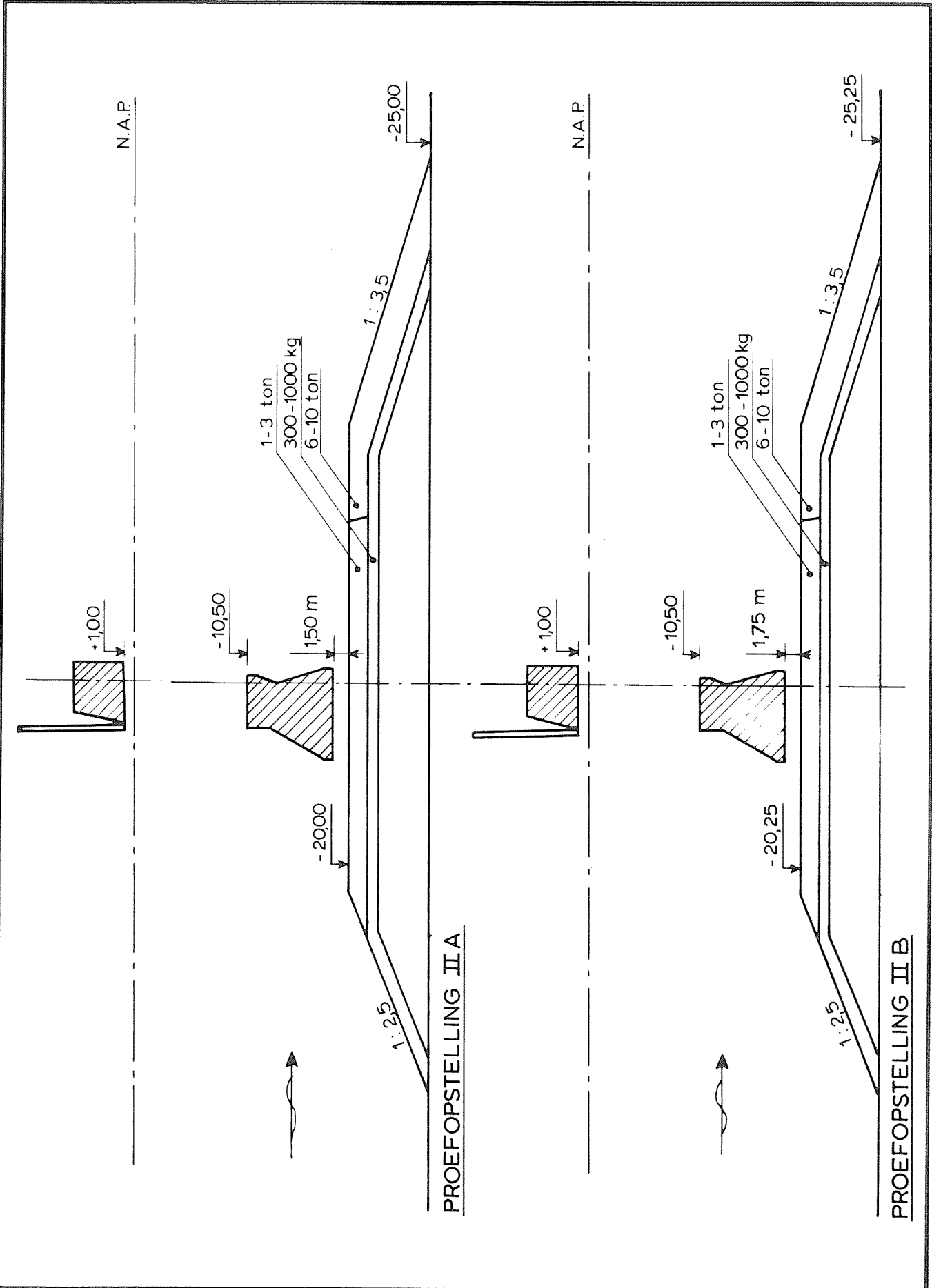
PROEFOPSTELLINGEN

SCHAAL 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG 4



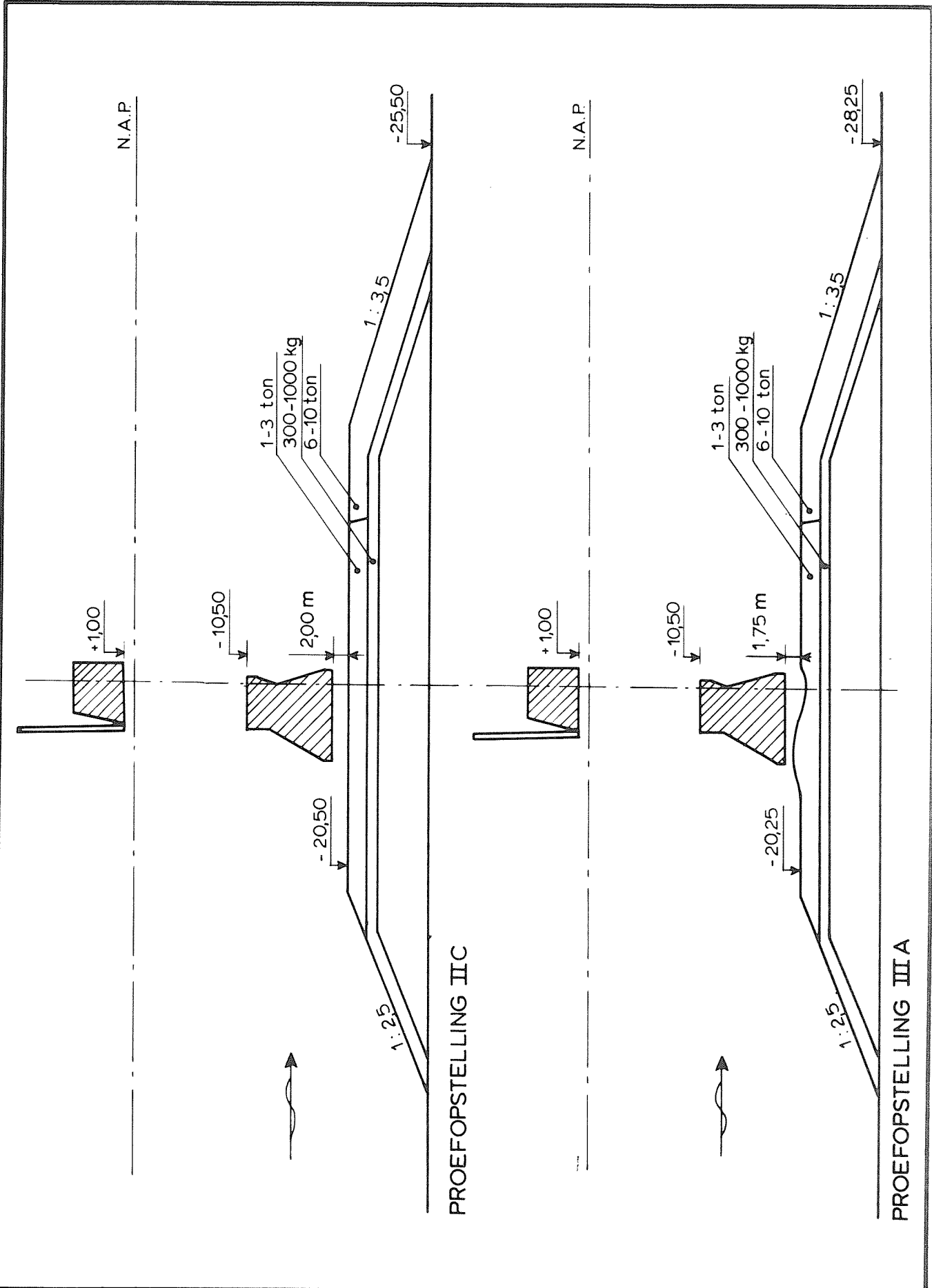
PROEFOPSTELLINGEN

SCHAAL 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG. 5



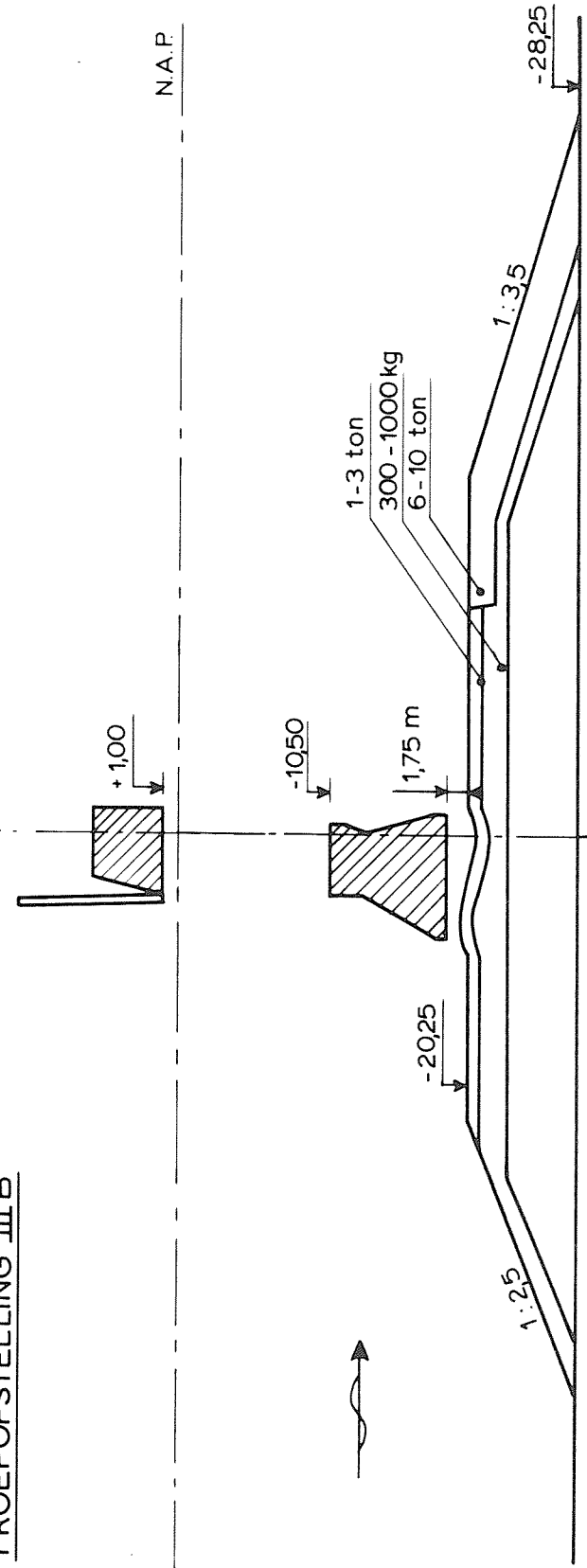
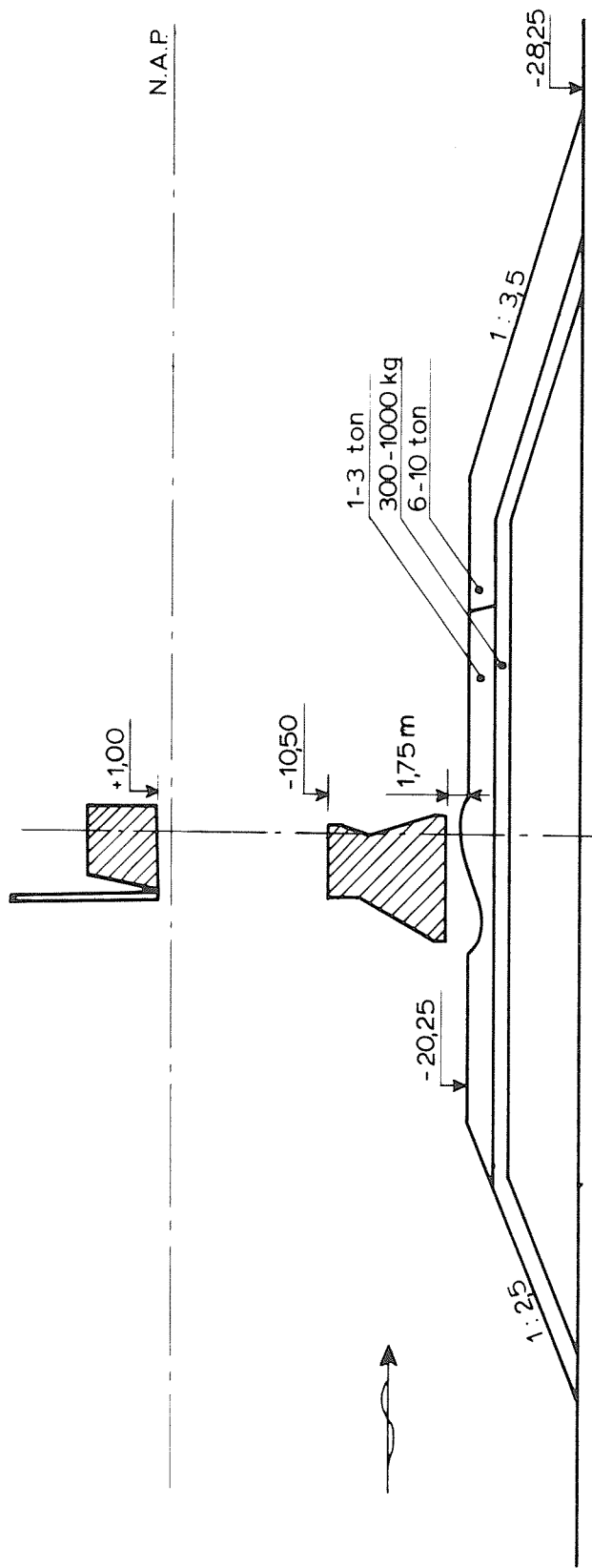
PROEFOPSTELLINGEN

SCHAAL 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG. 6



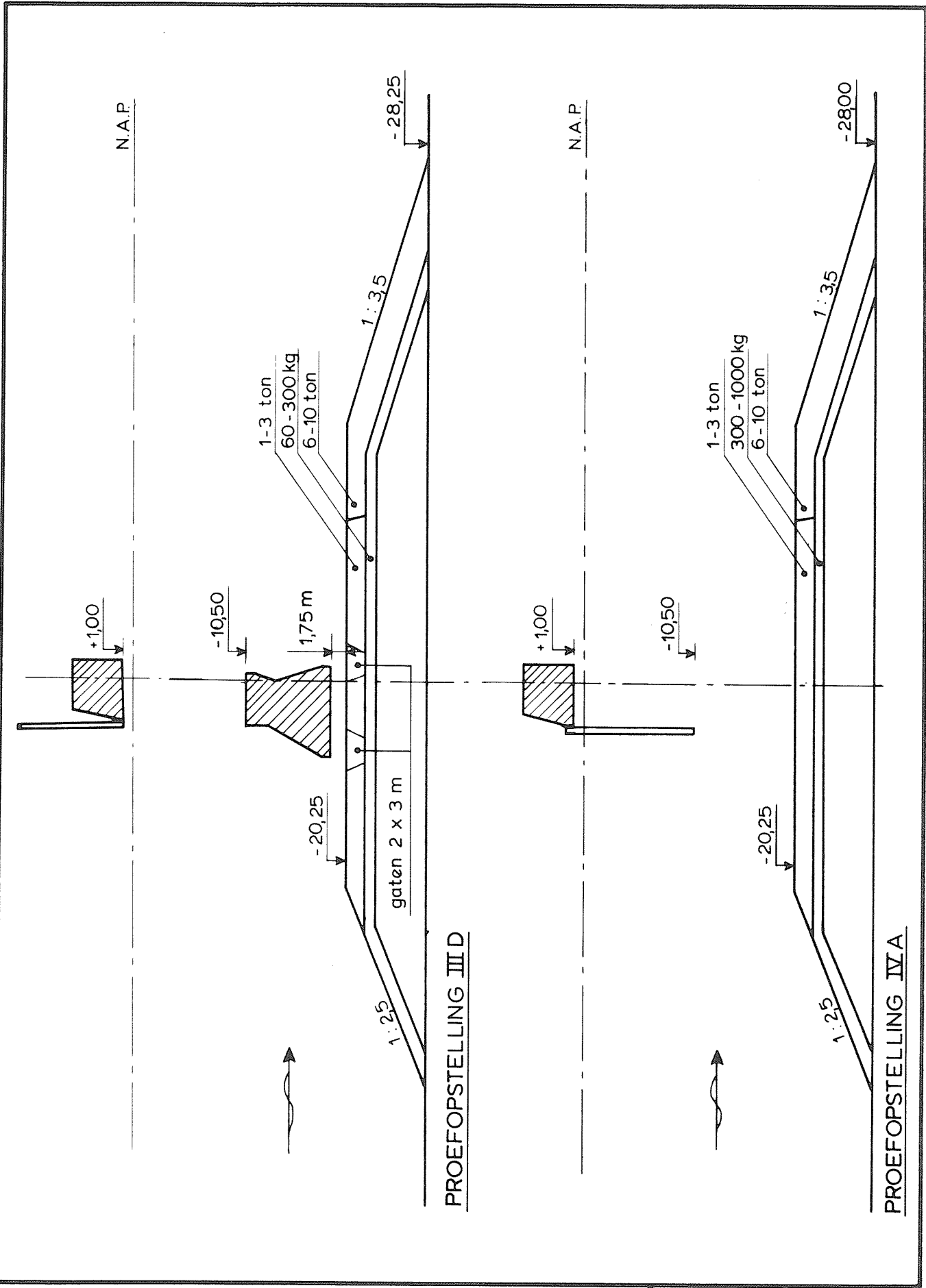
PROEFOPSTELLINGEN

SCHAAL 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG. 7



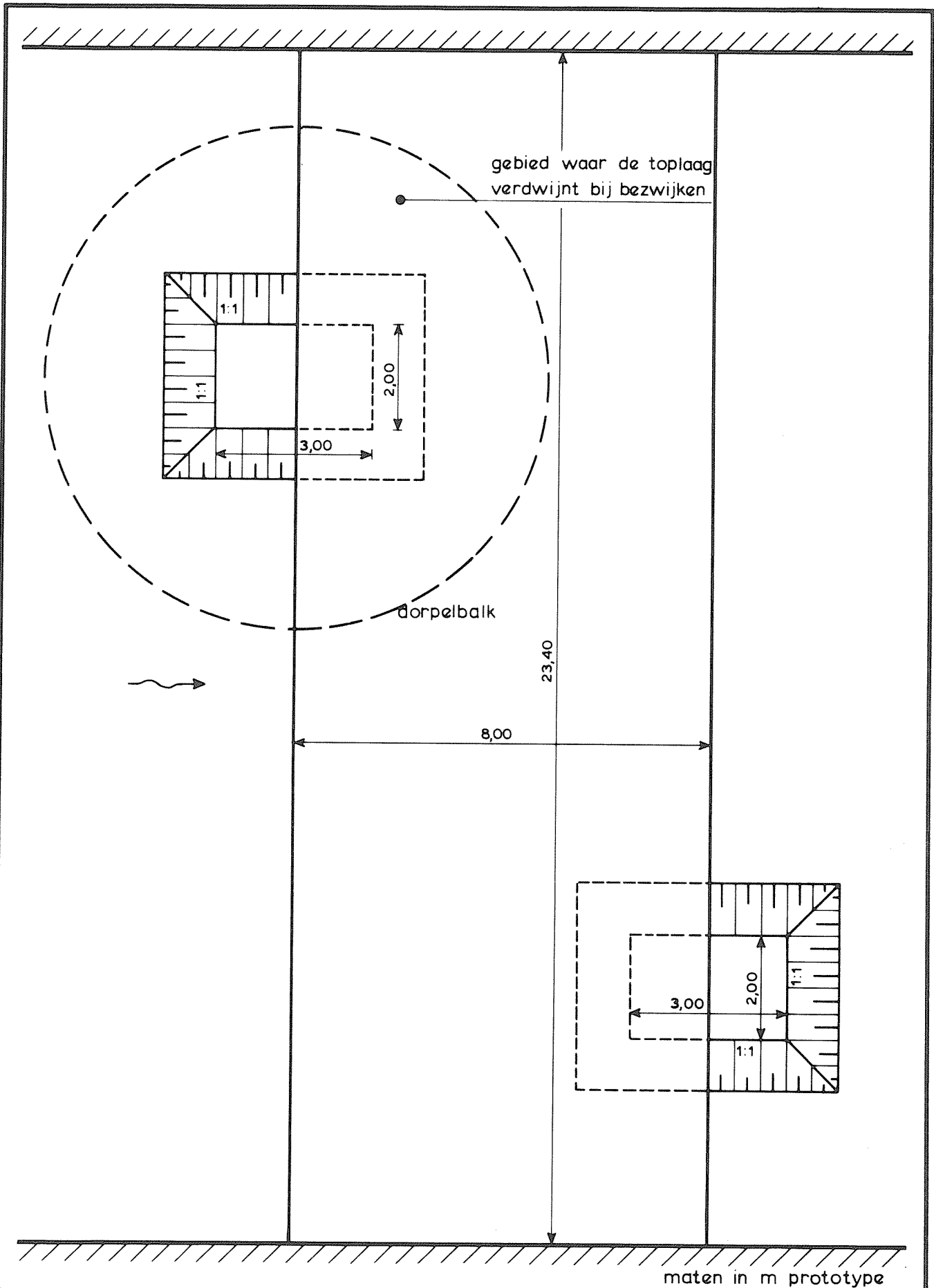
PROEFOPSTELLINGEN

SCHAAL 1:500

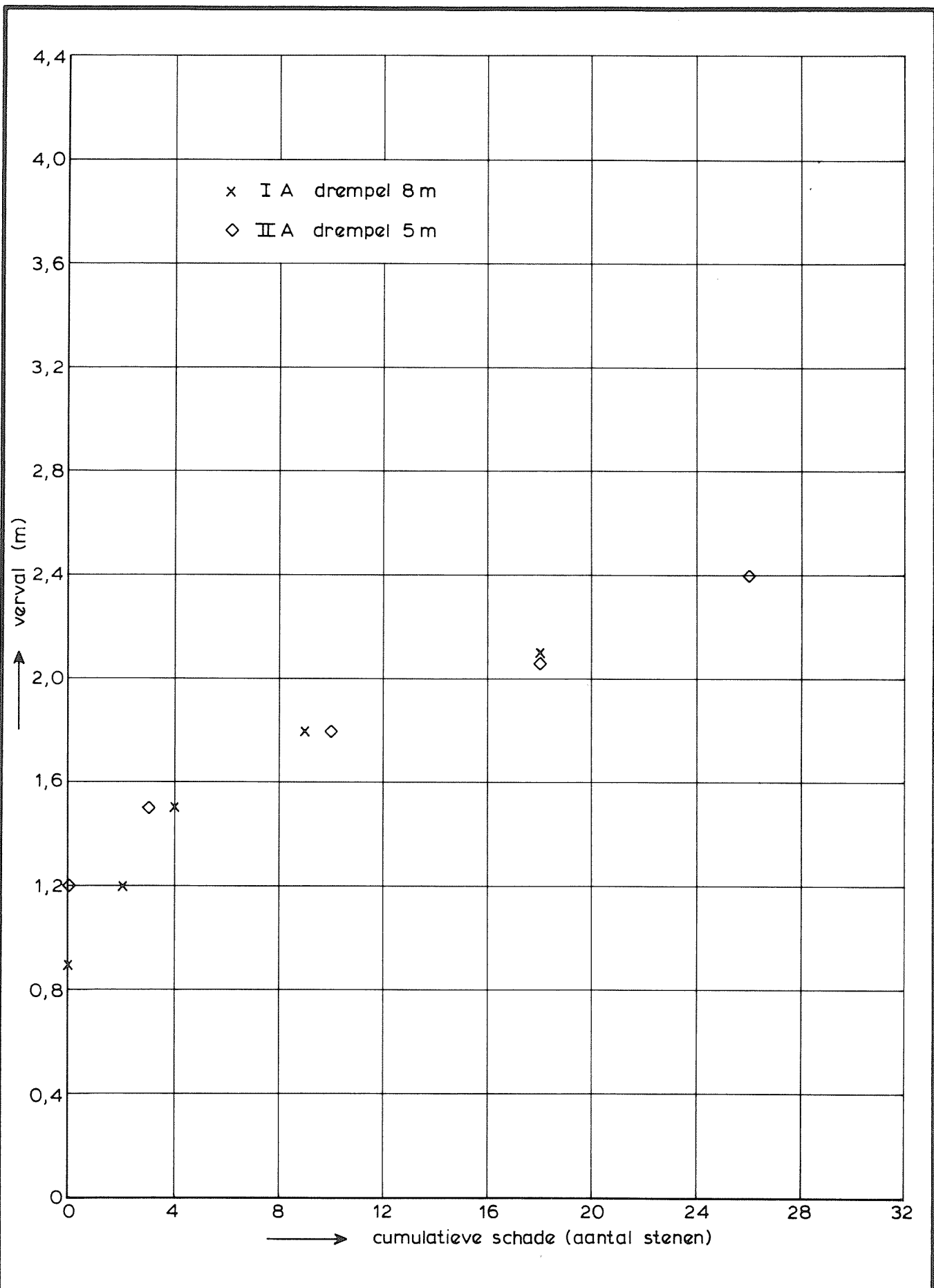
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

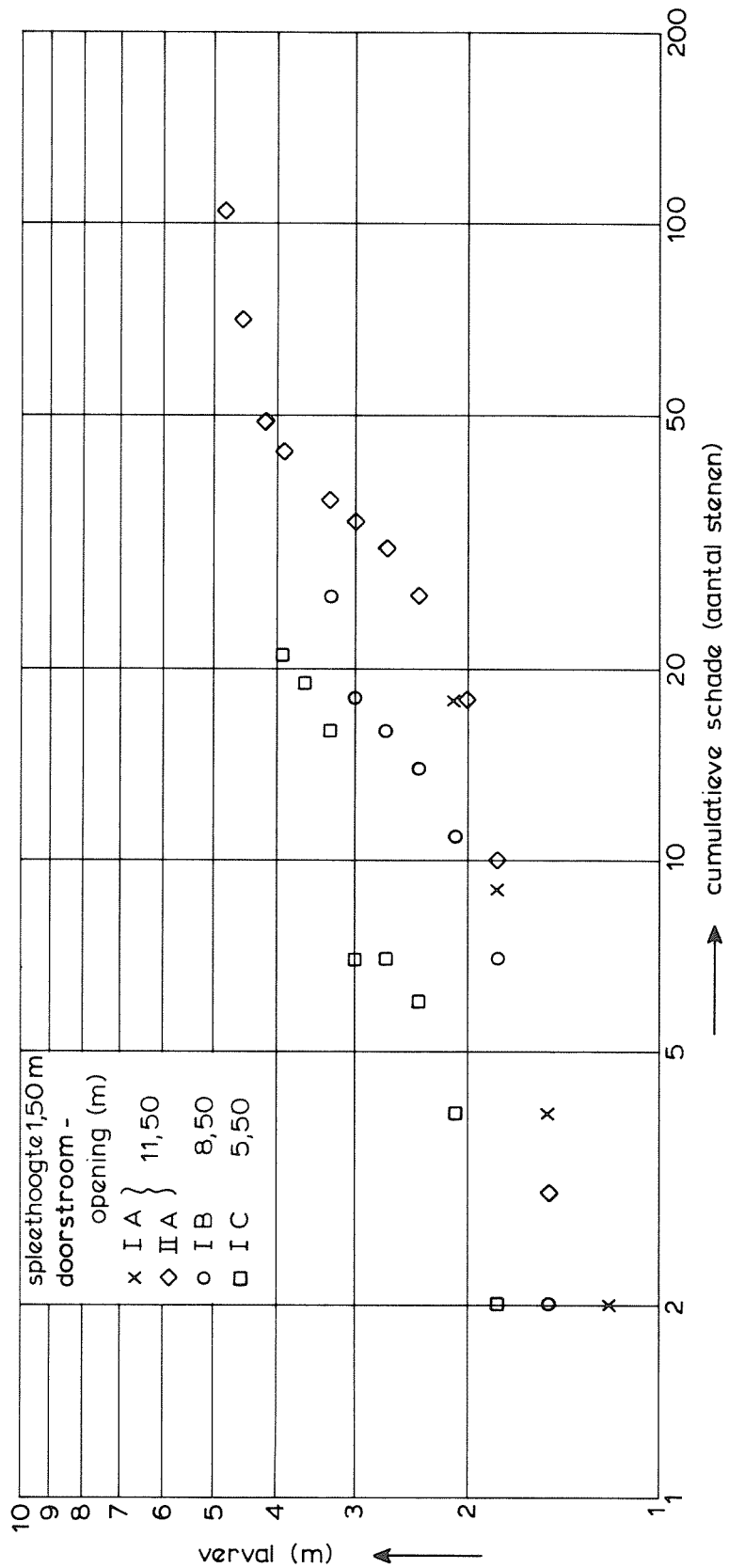
FIG. 8



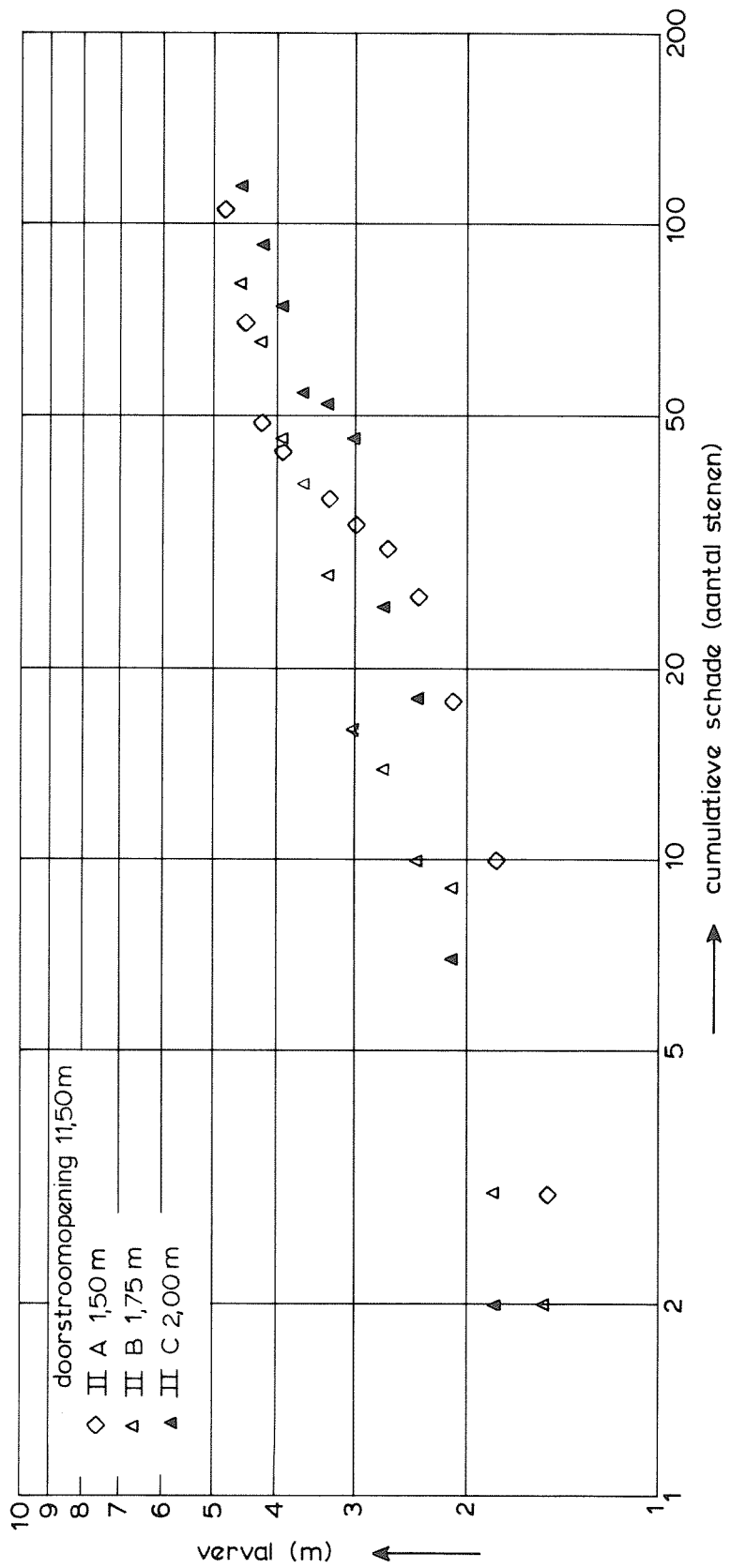
BOVENAANZICHT PROEF III D (GATEN IN TOPLAAG)		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 2151	FIG. 9



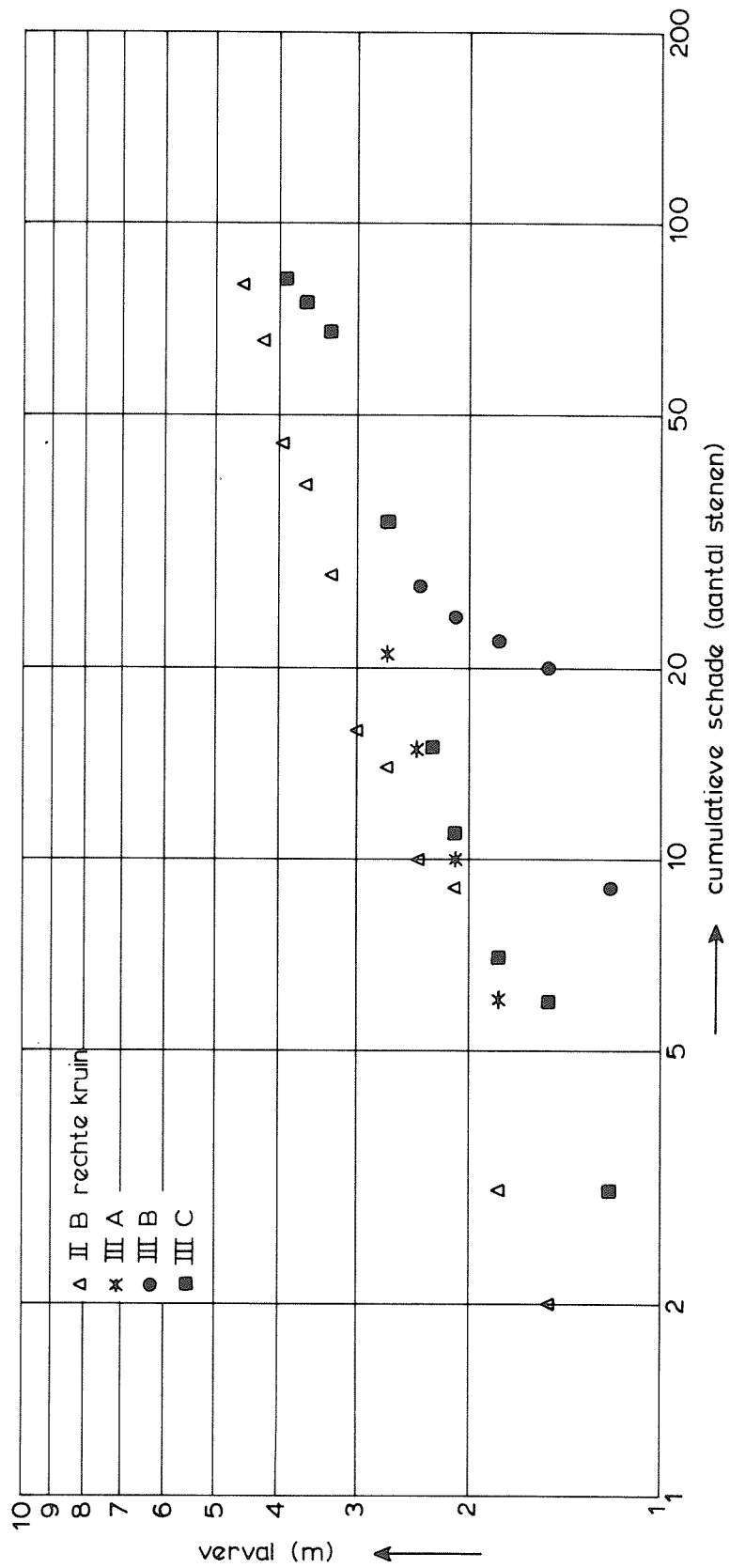
SCHADE DREMPELKRUIN ALS FUNCTIE VAN Verval
 INVLOED DREMPELHOOGTE



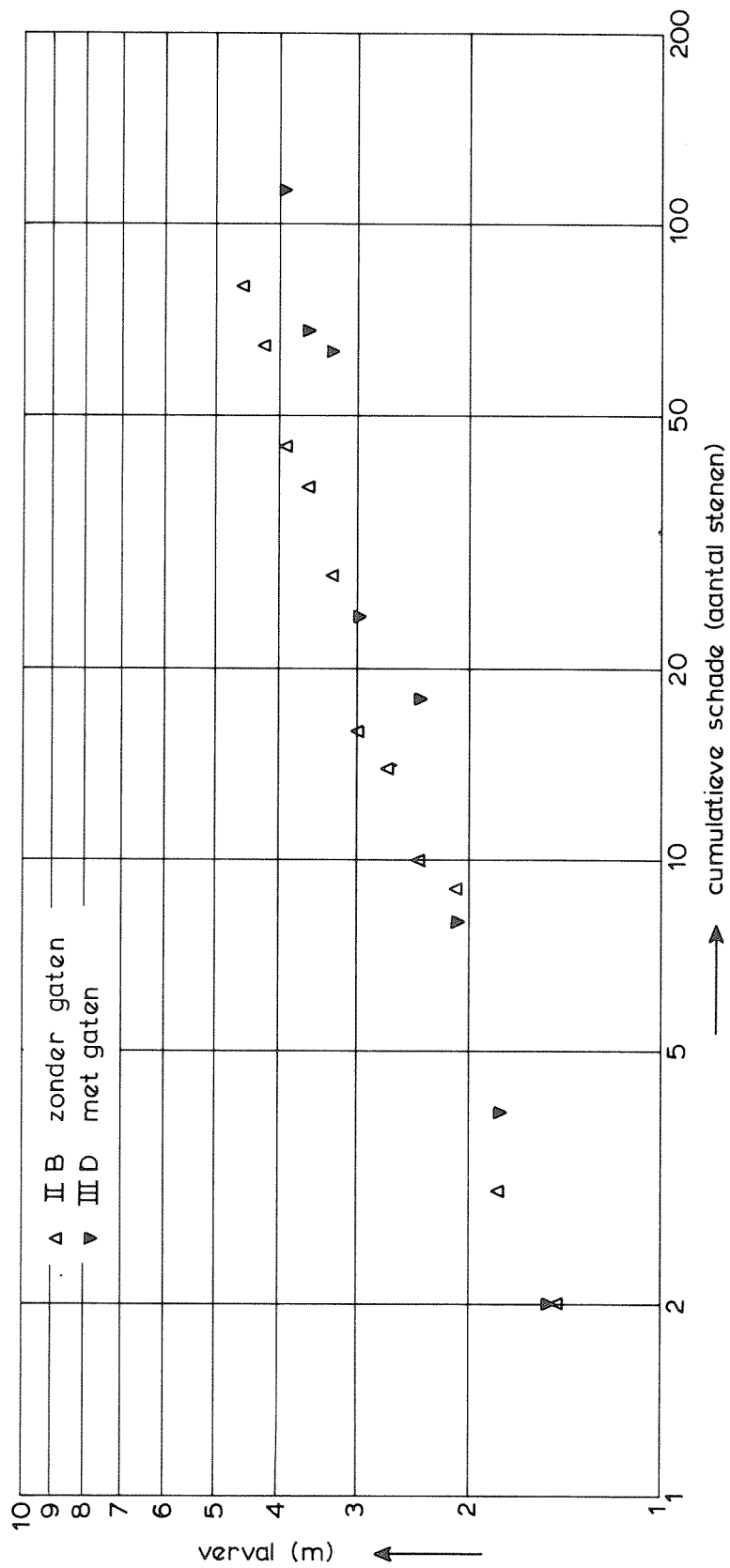
SCHADE DREMPELKRUIN ALS FUNCTIE VAN VERVAL
 INVLOED DOORSTROOMOPENING



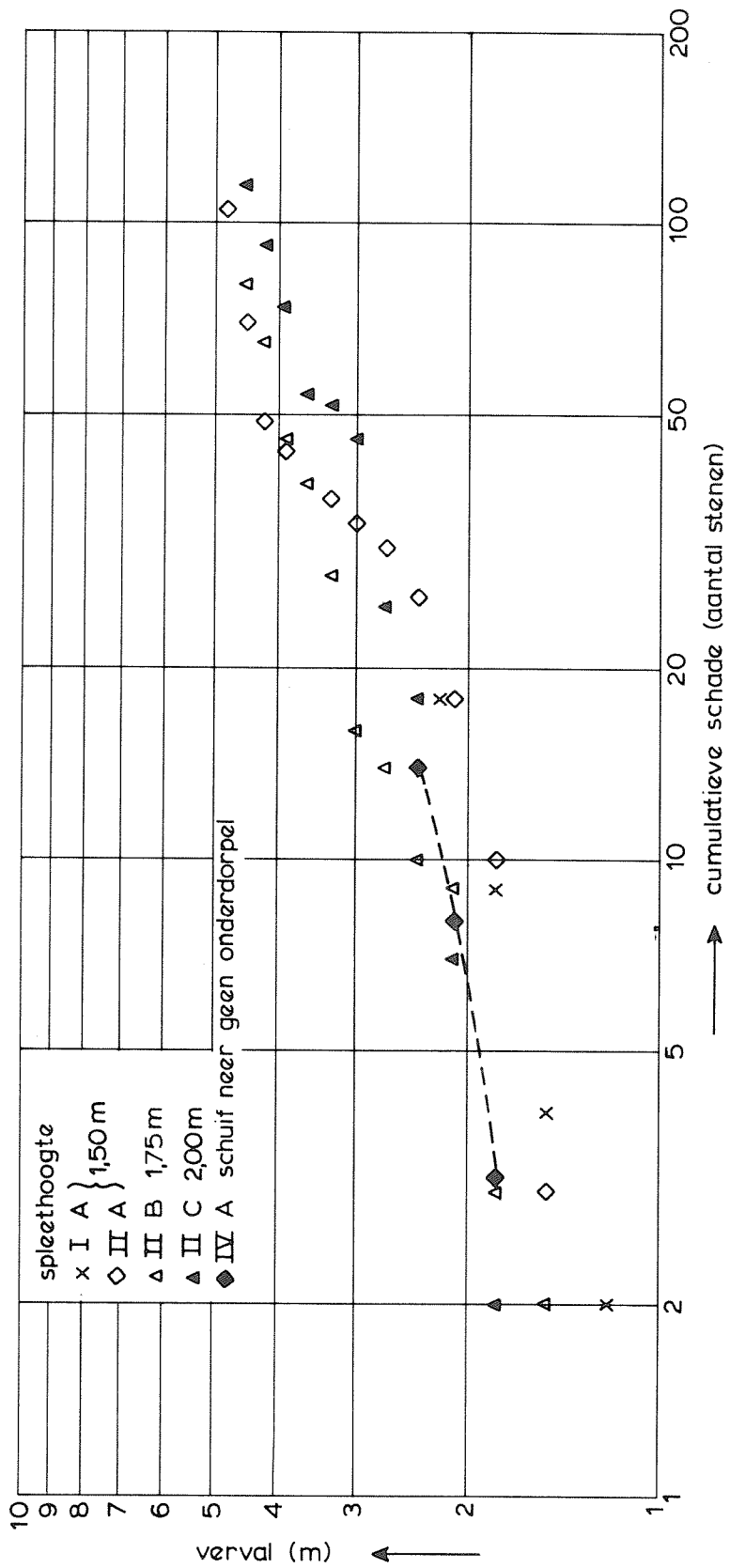
SCHADE DREMPELKRUIN ALS FUNCTIE VAN VERVAL
 INVLOED SPLEETHOOGTE



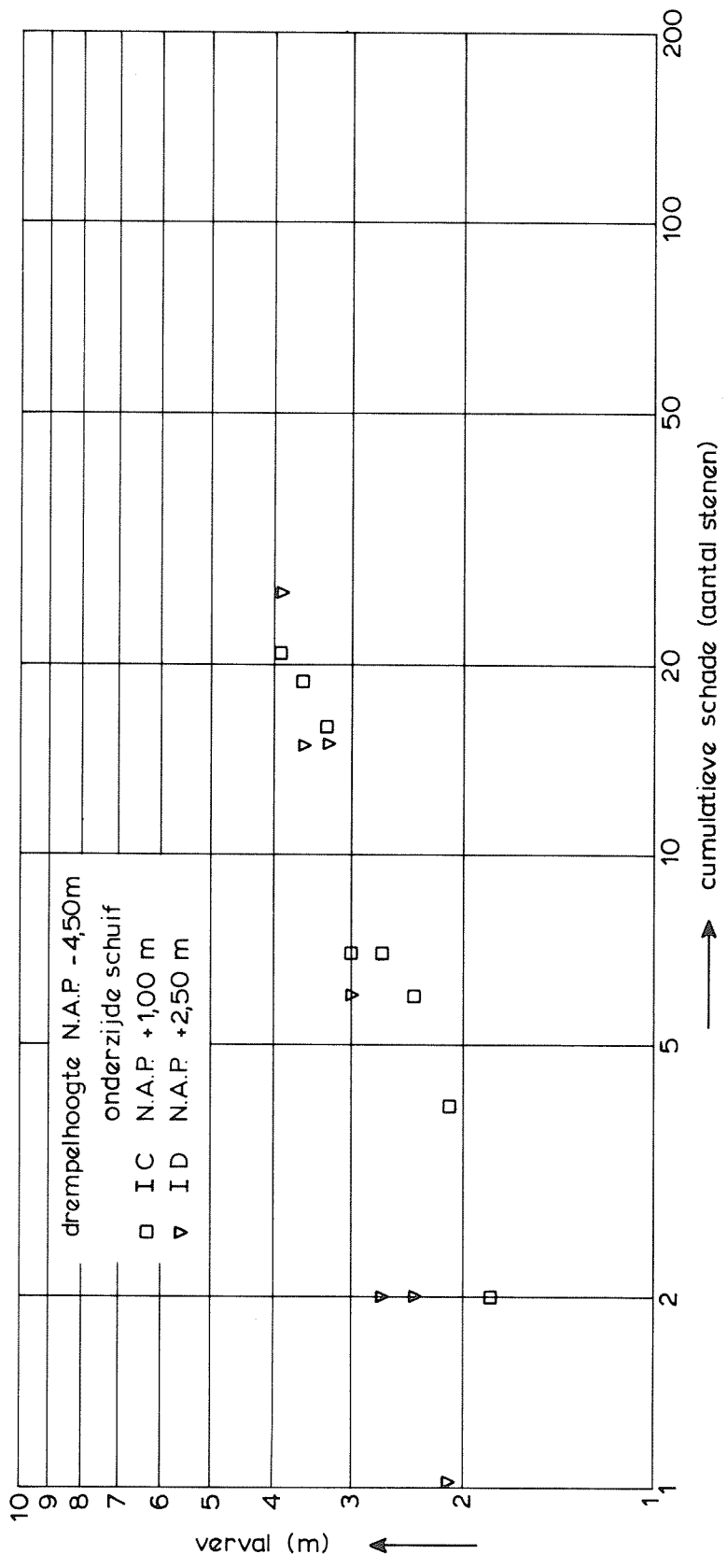
SCHADE DREMPELKRUIN ALS FUNCTIE VAN VERVAL
 INVLOED ONREGELMATIGE KRUIN



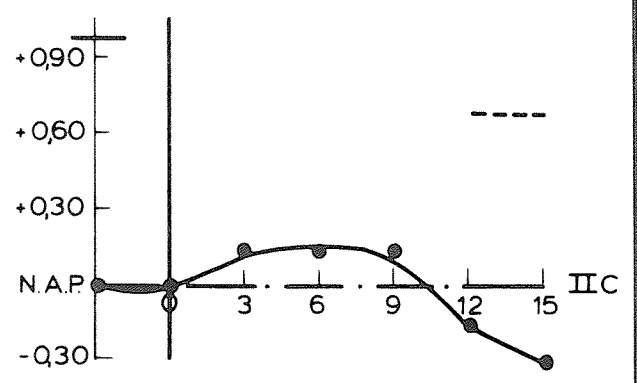
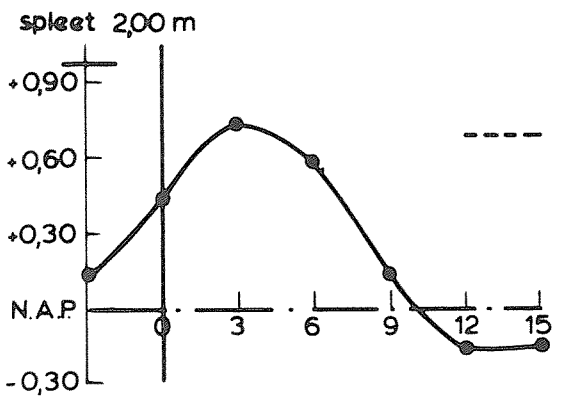
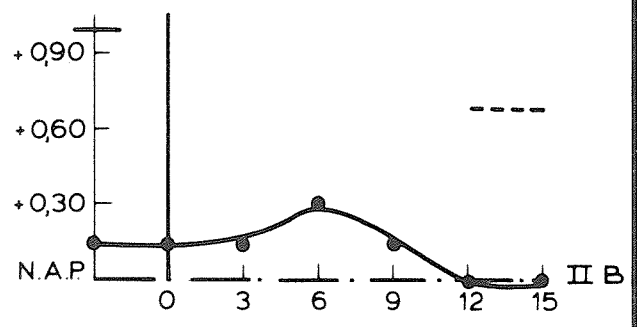
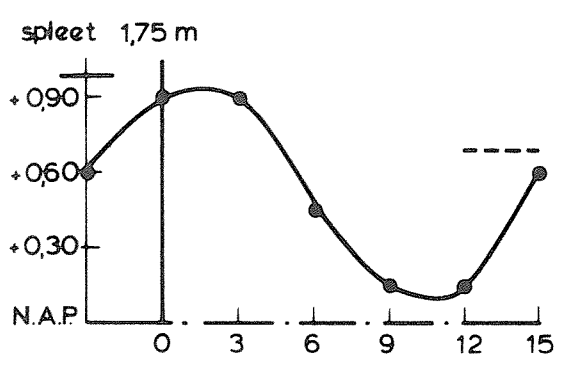
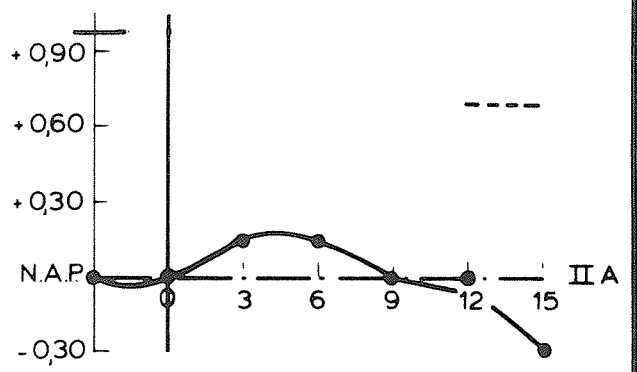
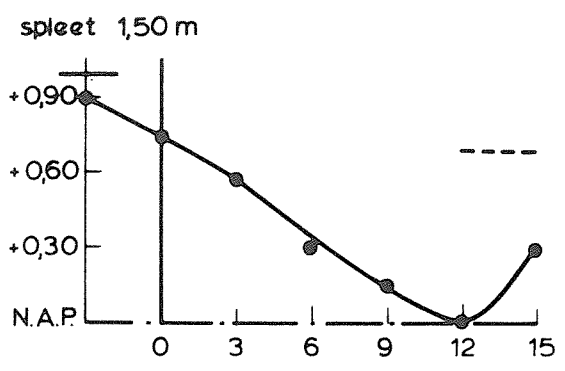
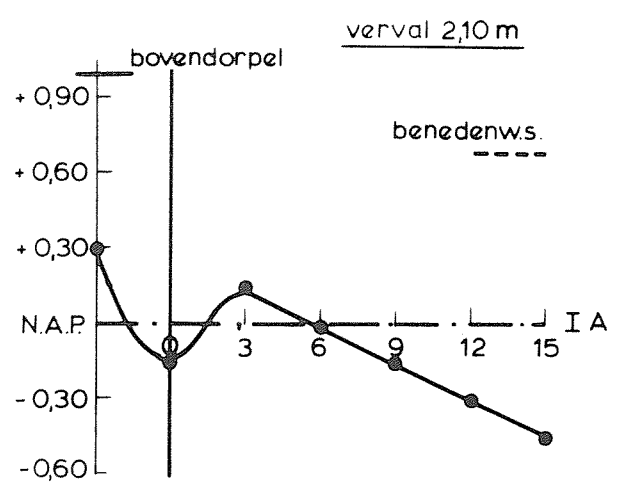
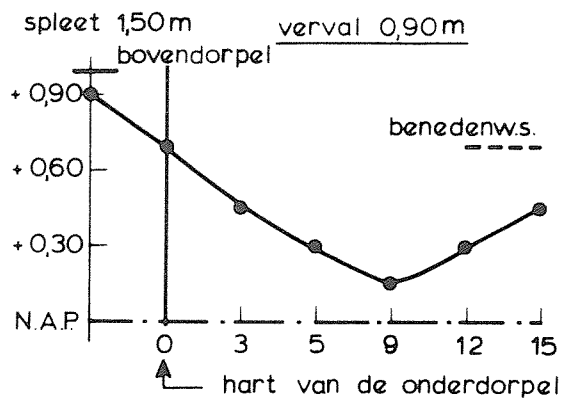
SCHADE DREMPELKRUIN ALS FUNCTIE VAN VERVAL
 INVLOED GATEN IN TOPLAAG



SCHADE DREMPELKRUIN ALS FUNCTIE VAN VERVAL
 INVLOED NEERLATEN SCHUIF ZONDER DORPEL

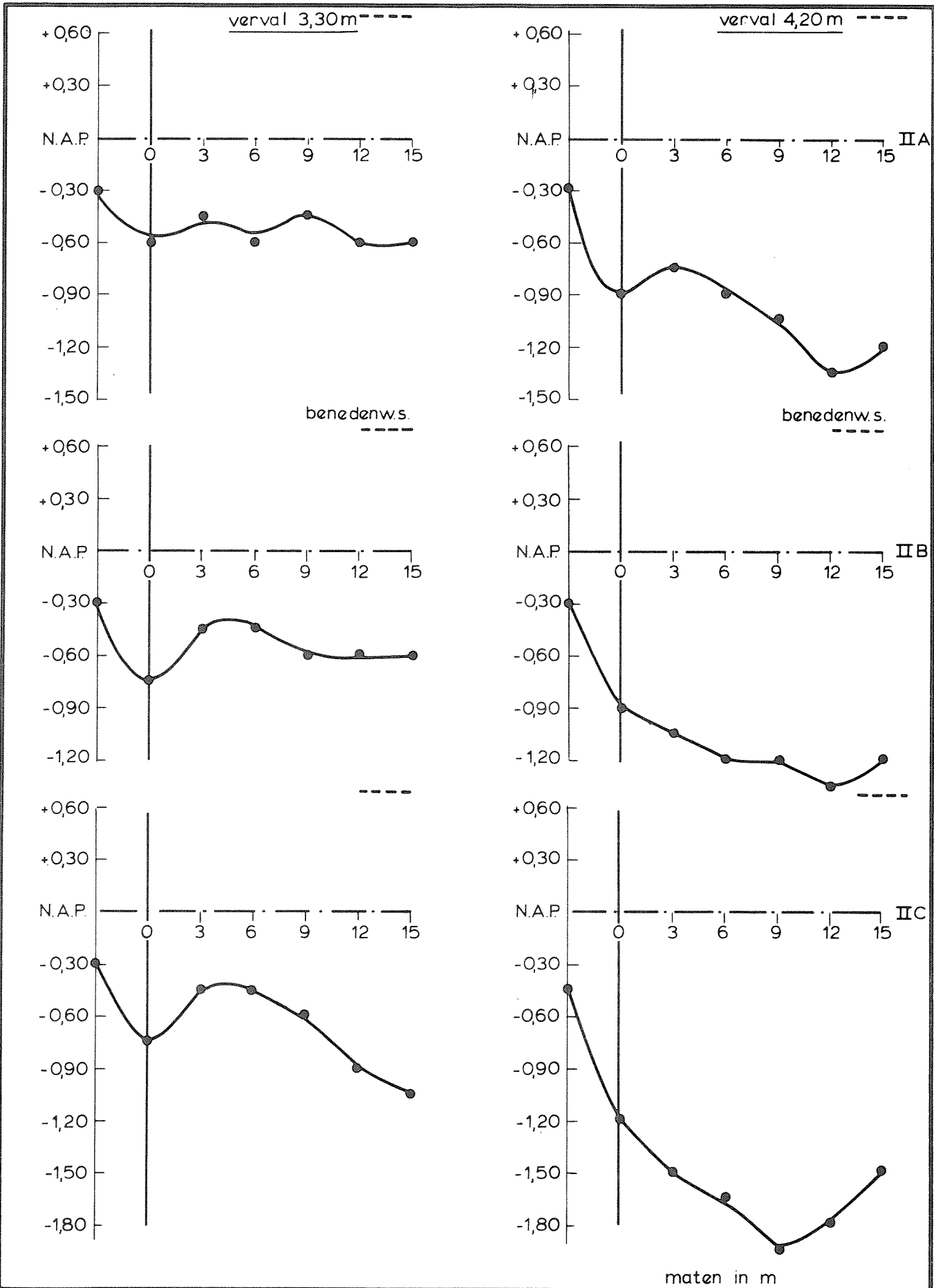


SCHADE DREMPELKRUIN ALS FUNCTIE VAN VERVAL
 INVLOED HOGER OPTREKKEN SCHUIF

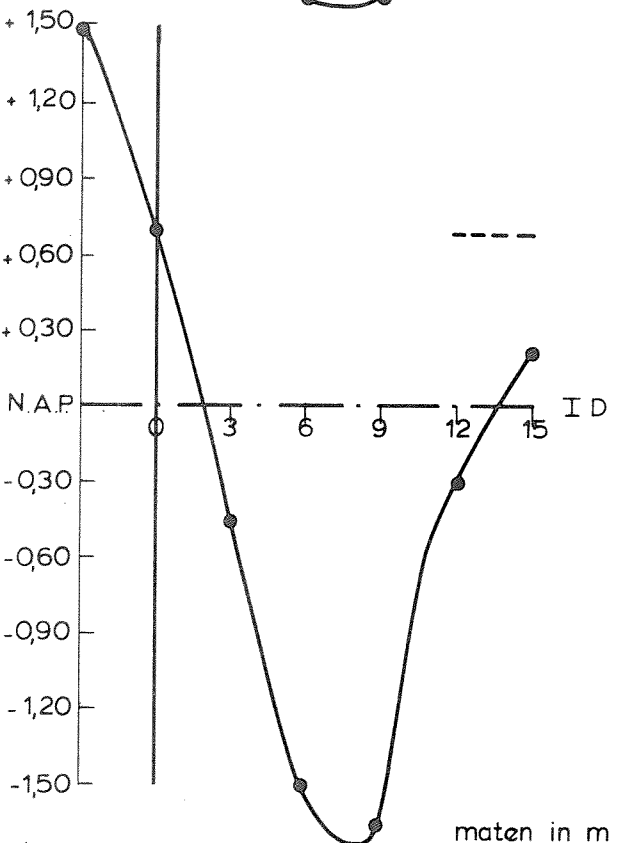
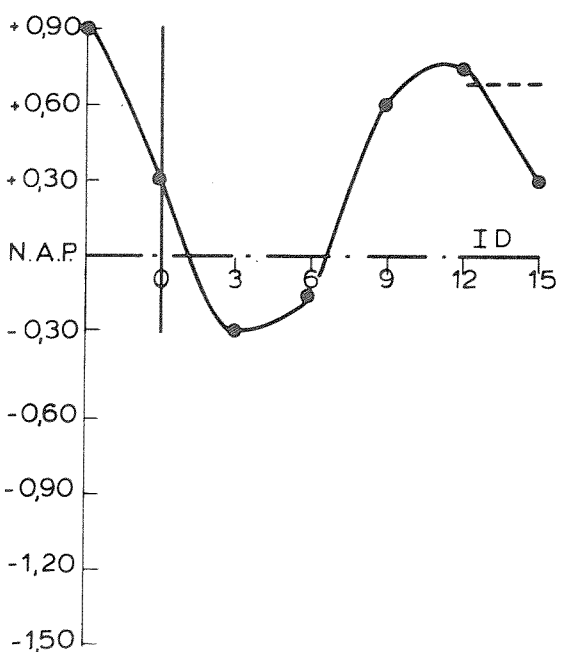
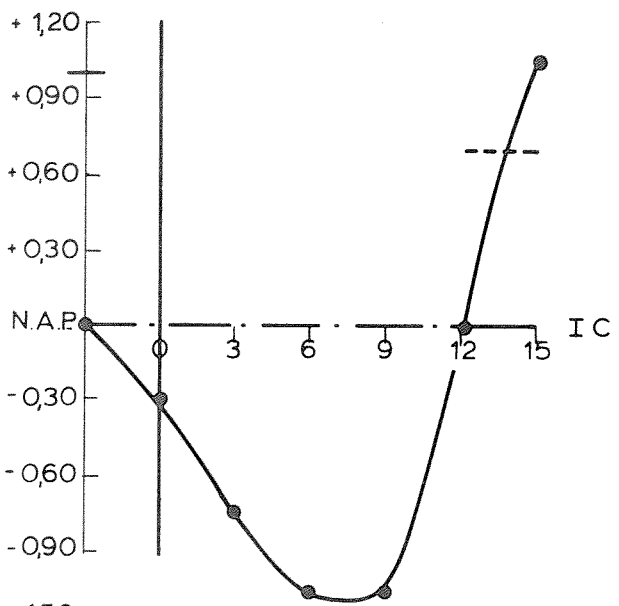
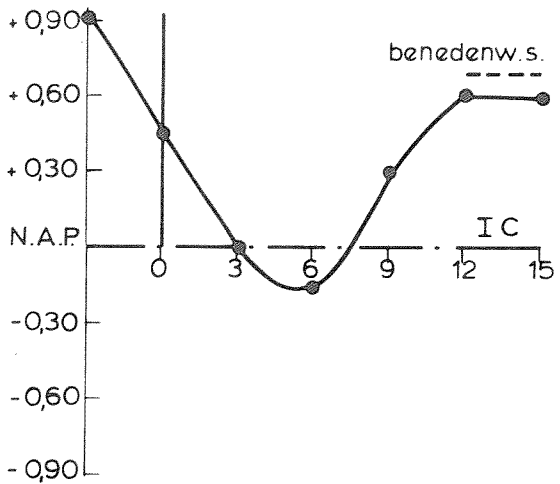
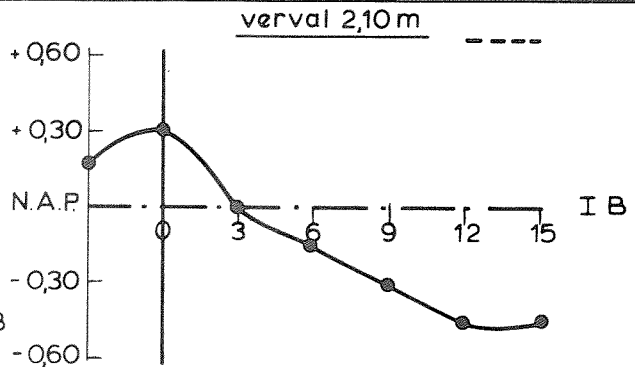
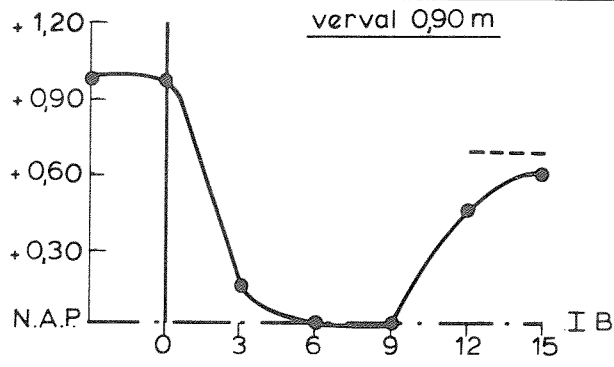


maten in m

WATERSTANDEN BOVEN ONDERDORPEL EN
BENEDENSTROOMS DAARVAN I A, II A, II B, II C



WATERSTANDEN BOVEN ONDERDORPEL EN
BENEDENSTROOMS DAARVAN II A, II B, II C



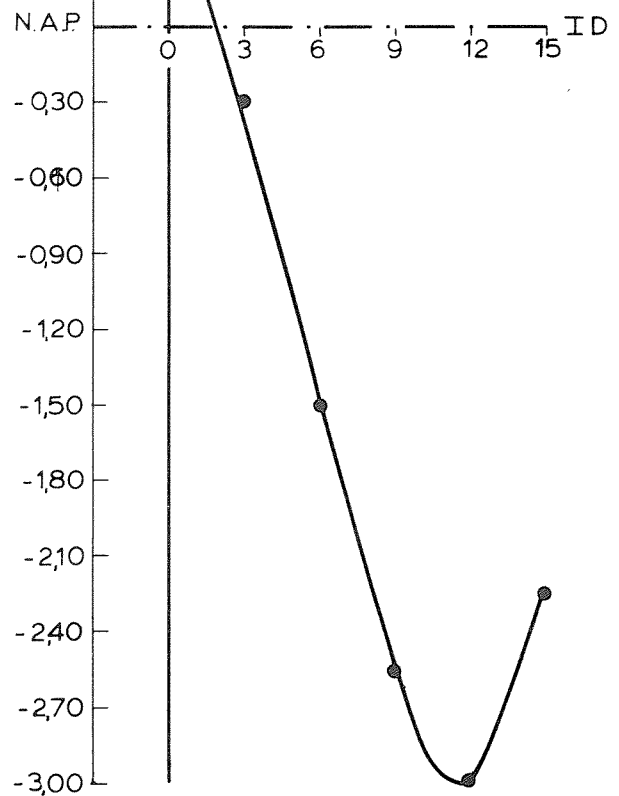
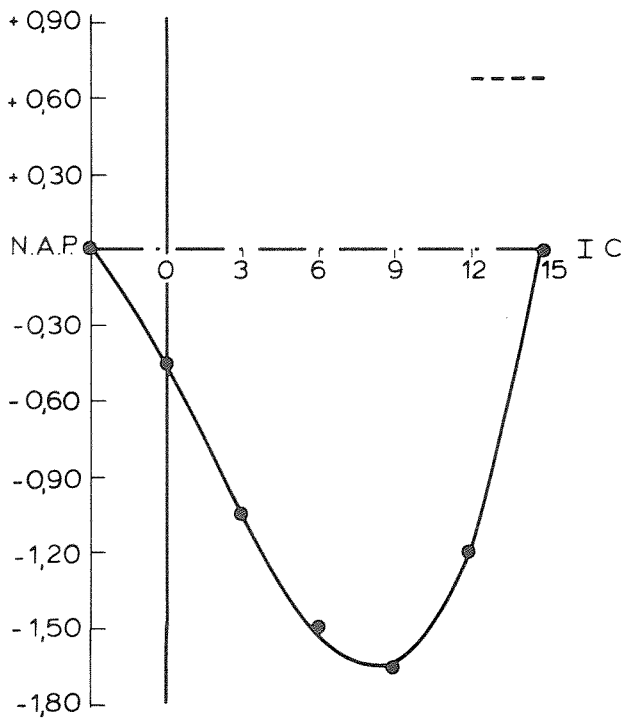
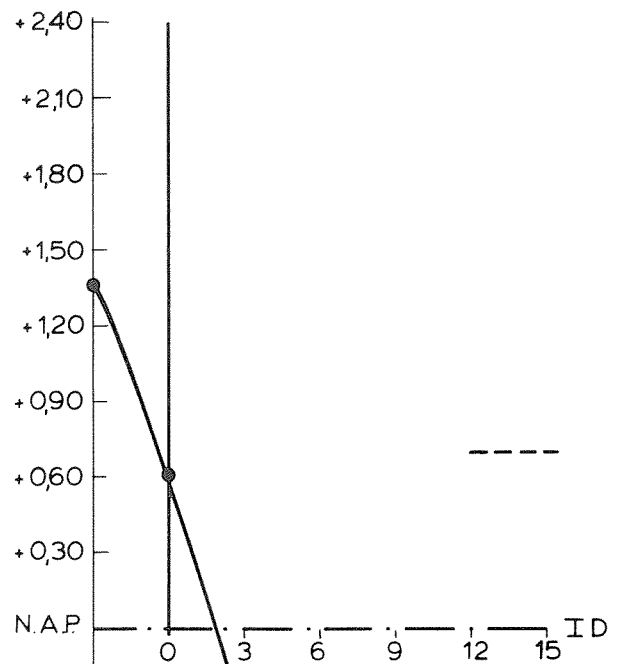
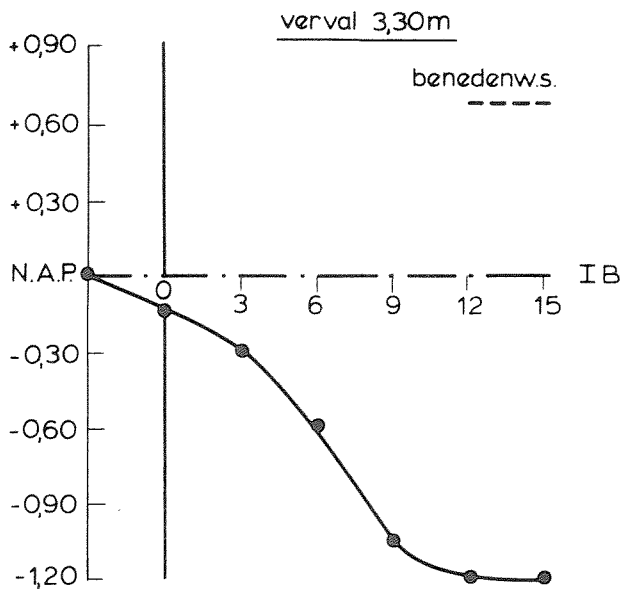
maten in m

WATERSTANDEN BOVEN ONDERDORPEL EN
BENEDENSTROOMS DAARVAN I B, I C, I D

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG. 18 a



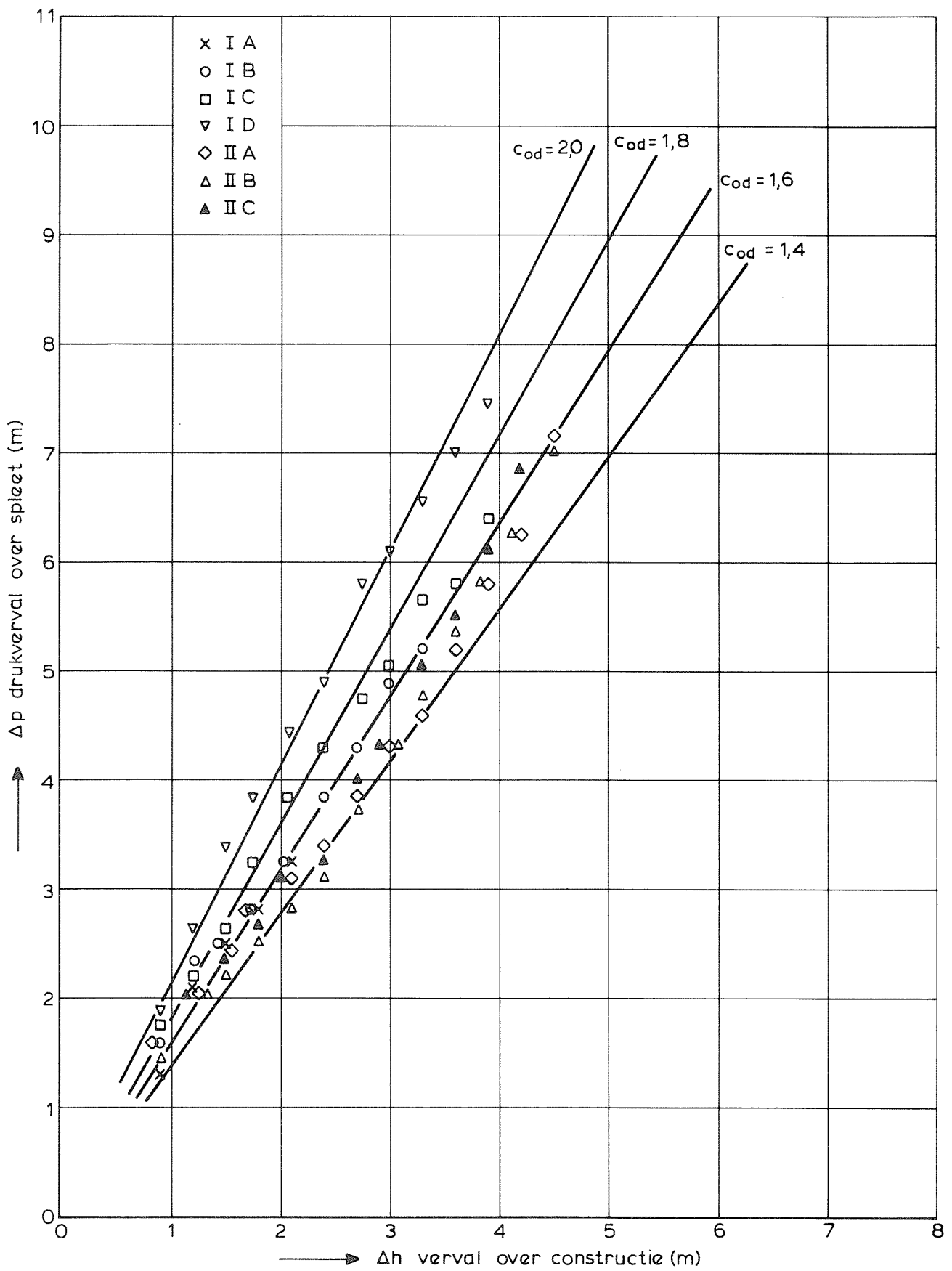
maten in m.

WATERSTANDEN BOVEN ONDERDORPEL EN
BENEDENSTROOMS DAARVAN IB, IC, ID

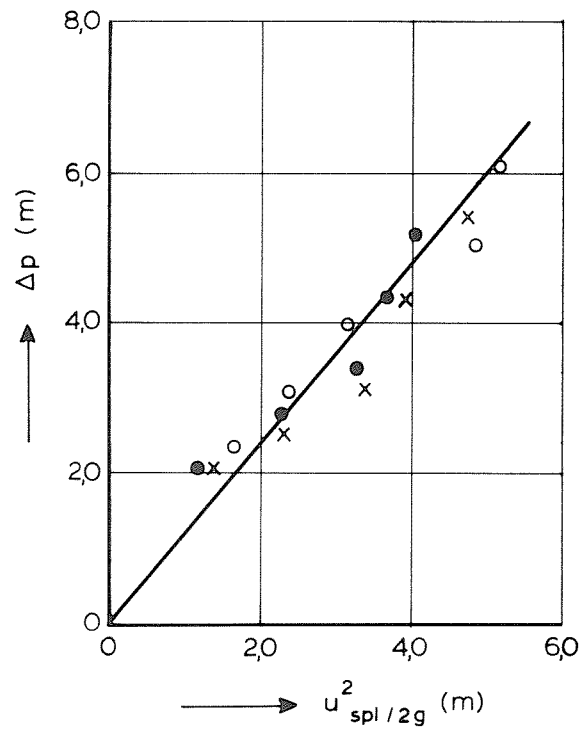
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG. 18 b

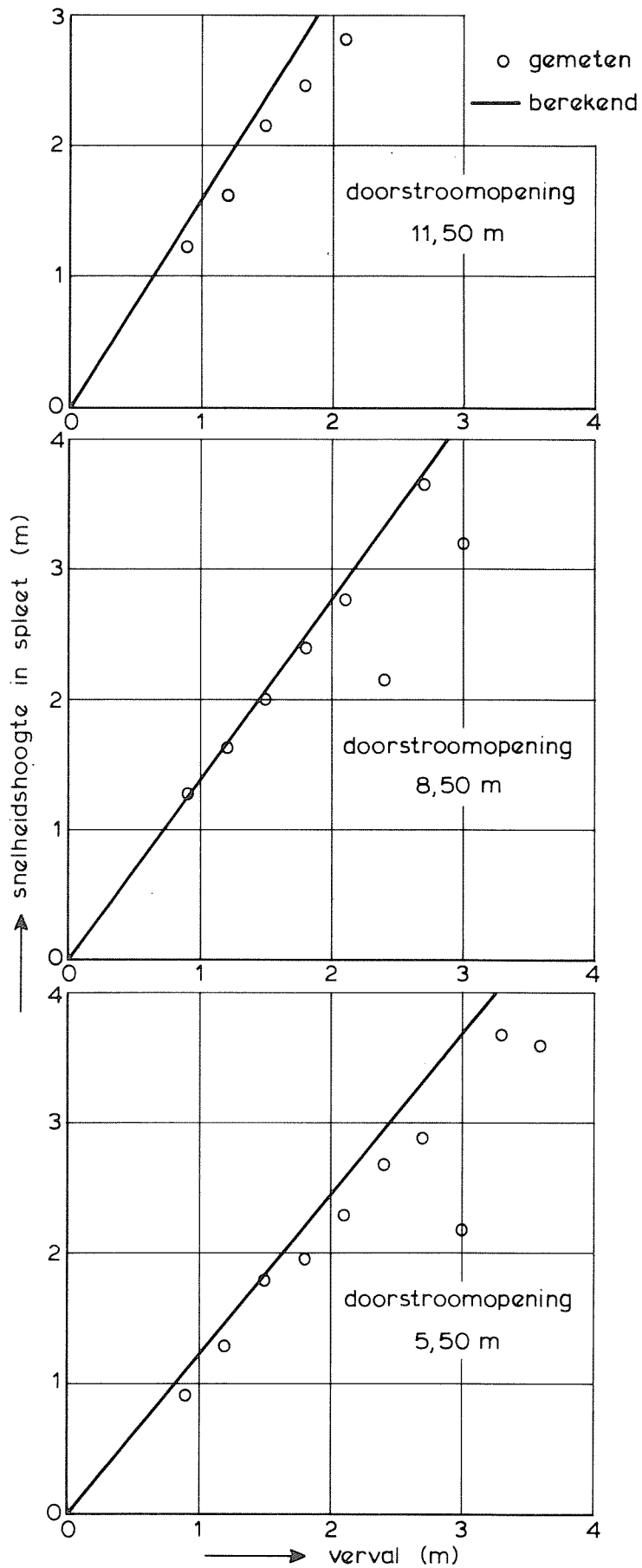


VERBAND TUSSEN VERVAL OVER DE SPLEET EN
VERVAL OVER DE CONSTRUCTIE

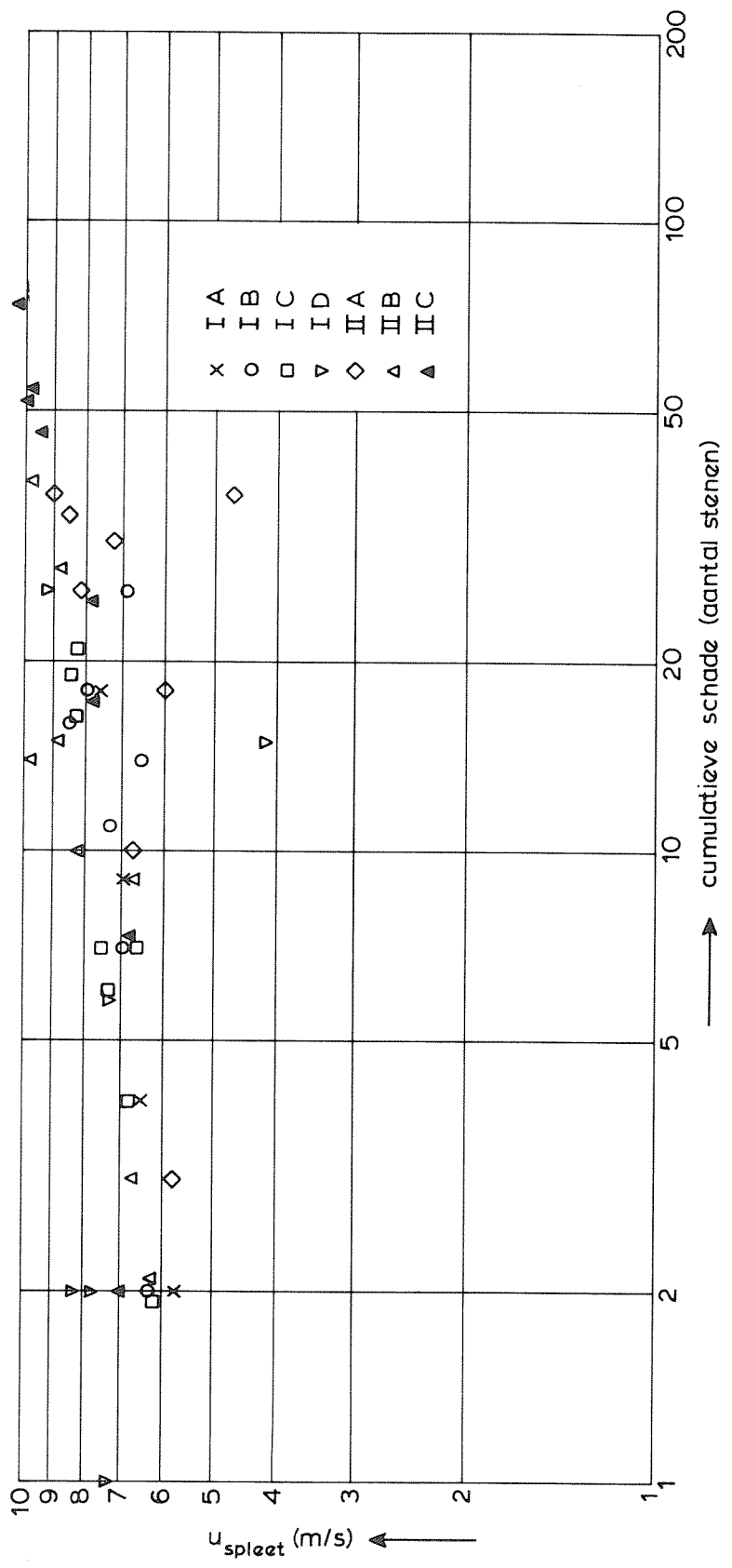


- spleethoogte
- 1,50 m
 - x 1,75 m
 - 2,00 m

RELATIE DRUKVERVAL OVER DE
SPLEET-SNELHEIDSHOOGTE IN DE SPLEET



VERGEL'JKING VAN GEMETEN EN BEREKENDE
 SNELHEDEN IN DE SPLEET

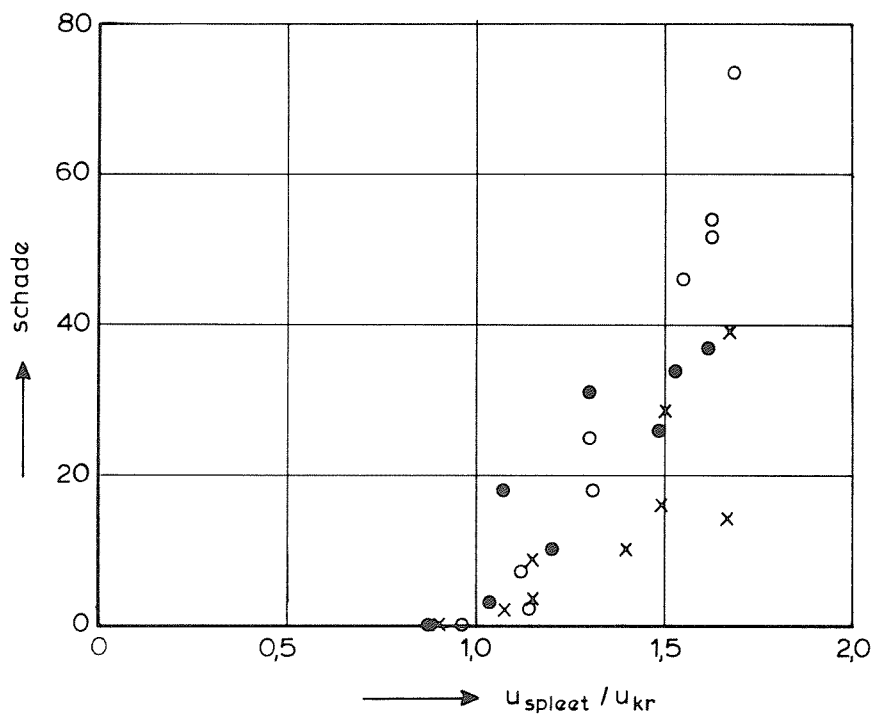


RELATIE SNELHEID IN SPLEET - SCHADE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2151

FIG. 22



- spleethoogte
- 1,50 m
 - x 1,75 m
 - 2,00 m

RELATIE SNELHEID IN DE SPLEET - SCHADE
(DIMENSIELOOS)

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands