

GELEIDELIJKE SLUITING

XIV

AFVOERKOEFFICIENTEN VAN SLUITGATEN  
IN VERTROKKEN MODELLEN

RAPPORT MODELONDERZOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM  
DELFT

M 731

GELEIDELIJKE SLUITING

XIV

AFVOERKOEFFICIENTEN VAN SLUITGATEN  
IN VERTROKKEN MODELLEN

RAPPORT MODELONDERZOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM  
DELFT M731-XIV

INHOUD:

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Lijst van figuren       |      |
| Lijst van foto's        |      |
| Notaties                |      |
|                         | blz. |
| 1. Inleiding            | 1    |
| 2. Formulering probleem | 2    |
| 3. Opzet modelonderzoek | 3    |
| 4. Meetprogramma        | 5    |
| 5. Meetresultaten       | 7    |
| 6. Afvoercoëfficiënt    | 9    |
| 7. Interpretatie        | 10   |
| 8. Konklusies           | 13   |
| <br>                    |      |
| Tabel 1                 | 14   |
| Tabel 2                 | 17   |

## LIJST VAN FIGUREN

1. Schematisatie sluitgaten
2. Overzicht stroomgoot
3. Klassifikatie overlaten
4. Meetprogramma
5. Verhanglijnen bij diverse schalen, series 1 en 2
6. Verhanglijnen bij diverse schalen, series 3 en 4
7. Verhanglijnen bij diverse schalen, series 5 en 6
8. Verhanglijnen bij diverse schalen, series 7 en 8
9. Verhanglijnen bij diverse schalen, series 9 en 10
10. Verhanglijnen bij diverse schalen, serie 11 en bij bijzondere proef
11. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
12. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
13. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
14. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
15. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
16. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
17. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
18. Verhanglijnen bij bijzondere proeven
19. Snelheidsverdeling bij proeven schaal 200/200
20. Snelheidsverdeling bij proeven schaal 400/100
21. Snelheidsverdeling bij proeven schaal 400/100
22. Snelheidsverdeling bij proeven schaal 400/100
23. Snelheidsverdeling bij proeven schaal 400/100
24. Snelheidsverdeling bij proeven schaal 4000/100
25. Afvoercoëfficiënt  $f$  (vertrekking, sluitgatbreedte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,10$
26. Afvoercoëfficiënt  $f$  (vertrekking, sluitgatbreedte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,05$
27. Afvoercoëfficiënt  $f$  (vertrekking, damhoogte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,10$
28. Verliescoëfficiënt  $f$  (vertrekking, sluitgatbreedte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,10$
29. Verliescoëfficiënt  $f$  (vertrekking, sluitgatbreedte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,05$
30. Verliescoëfficiënt  $f$  (vertrekking, damhoogte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,10$
31. Invloed helling talud op optreden van separatie
32. Invloed viskositeit op kontraktieverschijnsel

## LIJST VAN FOTO'S

1. Overzicht stroomgoot met meetopstelling
2. Overzicht stroomgoot met meetopstelling
3. Proeven schaal 200/200 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
4. Proeven schaal 200/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
5. Proeven schaal 400/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
6. Proeven schaal 700/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
7. Proeven schaal 1000/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
8. Proeven schaal 1600/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
9. Proeven schaal 2800/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
10. Proeven schaal 4000/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
11. Proeven schaal 200/200 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
12. Proeven schaal 200/100 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
13. Proeven schaal 400/100 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
14. Proef schaal 700/100 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
15. Proeven schaal 1000/100 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
16. Proeven schaal 1600/100 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
17. Proeven schaal 4000/100 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$
18. Proeven schaal 200/200 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,05$   
(proeven bij een lagere snelheid)
19. Proeven schaal 200/200 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$   
(proeven met ruwheid dam op schaal)
20. Proeven schaal 400/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$   
(proeven met verdubbelde uitstroamlengte)
21. Proeven schaal 400/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$   
(proeven met halve geul)
22. Proeven schaal 400/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$   
(proeven met weerstandsstaafjes i.p.v. blokjes)
23. Proeven schaal 4000/100 met  $A/D=0,5$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$   
(proeven met "M600-tafeltjes")
24. Proeven schaal 200/200 met  $s/B=0,75$  en  $v/\sqrt{gD}=0,1$   
(opnamen met korte sluitertijd; vergelijk fotoblad 11)
25. Diverse proeven

## NOTATIES

- a : uitbouwlengte landhoofd  
g : versnelling van de zwaartekracht  
h : waterhoogte t.o.v. referentievlak  
 $h_l$  : waterhoogte bovenstrooms van sluitgat  
 $h_r$  : waterhoogte benedenstrooms van sluitgat  
n : schaalfactor ( $n_l$  : lengteschaal,  $n_d$  : diepteschaal)  
p : druk  
s : halve sluitgatbreedte  
v : gemiddelde snelheid ( $v = Q_s / 2BD$ )  
 $v_s$  : snelheid in sluitgat  
x : horizontale koördinaat in de stroomrichting
- A : damhoogte  
B : halve geulbreedte  
D : waterdiepte t.o.v. referentievlak  
H : energiehoogte t.o.v. referentievlak  
 $H_l$  : energiehoogte bovenstrooms van sluitgat  
 $H_r$  : energiehoogte benedenstrooms van sluitgat  
 $Q_s$  : afvoer door sluitgat
- $\alpha$  : helling benedenstrooms talud  
 $\delta$  : vertrekking ( $\delta = n_l / n_d$ )  
 $\mu$  : afvoercoëfficiënt  
 $\nu$  : kinematische viscositeit  
 $\xi$  : verliescoëfficiënt  
 $\psi$  : bijdrage turbulente en viskeuze schuifspanningen in de bewegingsvergelijking

## 1. INLEIDING

Om meer inzicht te krijgen in de afvoer door sluitgaten in schaalmodellen, is een onderzoek uitgevoerd naar de afvoercoëfficiënt, in het bijzonder voor z.g. vertrokken modellen. Vertrokken modellen zijn schaalmodellen waarbij de horizontale schaal ongelijk is aan de verticale schaal, bijv. het Deltamodel M600 met een verticale schaal 64 en een horizontale schaal 2400. De aanleiding voor dit onderzoek vormden de moeilijkheden die ondervonden werden bij het interpreteren van de metingen in M600 (Deltamodel, schalen 2400/64) en M670 (Brouwershavense Gat, schalen 400/100) (beide modellen zijn intussen opgeheven). In het bijzonder ging het om een damtracé waarin 2 sluitgaten van ongelijke grootte voorkwamen. De verdeling van de afvoer over beide sluitgaten was in genoemde modellen belangrijk verschillend.

Er kunnen een aantal oorzaken opgenoemd worden, waardoor het verschil verklaard zou kunnen worden:

- essentiële verschillen in het verticale stroombeeld. Bij sterk vertrokken modellen krijgt het talud van de dam in het sluitgat een zodanige helling dat de stroom loslaat. De daarbij optredende energieverliezen verminderen de afvoerkapaciteit van het sluitgat.
- belangrijke verschillen in het horizontale stroombeeld. In sluitgaten treedt kontraktie van de stroming op. Deze kontraktie wordt niet op schaal gereproduceerd in zeer sterk vertrokken modellen (t.g.v. viskeuze effecten). De relatief te grote insnoering van de stroming vermindert de afvoerkapaciteit.
- belangrijke verschillen in de stroming over de dam. Relatief brede dammen werken als een z.g. lange overlaat (evenwijdige stroming boven de dam, maximum afvoerkapaciteit bij kritische stroming). In vertrokken modellen wordt de kruin vaak zo smal, dat de dam werkt als een z.g. korte overlaat. Door de gekromde stroomlijnen treedt daarbij een wat grotere afvoerkapaciteit op.

Het onderzoek werd opgedragen door de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat bij mondelinge opdracht d.d. 19 juli 1965. Het onderzoek werd uitgevoerd van januari t/m juni 1966 en stond onder leiding van ir. A.J. van Rees die ook het rapport samenstelde.

2. FORMULERING PROBLEEM

De afvoercoëfficiënt wordt gedefinieerd met:

$$Q_s = \mu (h_r + D - A) (2B - 2a) \sqrt{2g (H_1 - h_r)}$$

Hierin betekent:

- $Q_s$  : afvoer door sluitgat
- $\mu$  : afvoercoëfficiënt
- $D$  : waterdiepte t.o.v. referentievlak
- $A$  : damhoogte
- $B$  : halve geulbreedte
- $a$  : uitbouwlengte landhoofd
- $H_1$  : energiehogte bovenstrooms t.o.v. referentievlak
- $h_r$  : waterhoogte benedenstrooms t.o.v. referentievlak
- $g$  : versnelling van de zwaartekracht

Het meten komt in hoofdzaak neer op het bepalen van  $H_1 - h_r$ . In het algemeen moet de plaats gedefinieerd worden waar  $H_1$  en  $h_r$  gemeten worden. Enerzijds zo ver van het sluitgat dat het meetpunt buiten het verstoorde deel van de stroming ligt en anderzijds niet te ver opdat de bijdrage in het verval tengevolge van de bodemwrijving nog verwaarloosbaar is. Aan deze eis kan in het prototype wel voldaan worden, in vertrokken modellen meestal niet. Bij modelgegevens moet het verval t.g.v. de bodemwrijving geëlimineerd worden. Dit betekent dat  $H_1 - h_r$  gedefinieerd wordt niet t.o.v. een horizontaal referentievlak, maar t.o.v. een referentievlak evenwijdig met de energielijn van de ongestoorde stroming.

De hiervoor gegeven formule voldoet in de praktijk goed. Voor de interpretatie echter (hoofdstuk 7), wordt een verliescoëfficiënt gedefinieerd die gekoppeld is aan het energieverlies over het sluitgat. De formule voor de afvoer door een sluitgat is afkomstig uit de theorie van de overlaten. Voor de achtergronden wordt verwezen naar de handboeken. Een schematisatie van het fysische verschijnsel (schema stroombeelden) wordt gegeven in fig. 3.



### 3. OPZET MODELONDERZOEK

Het onderzoek moest een systematisch karakter hebben. Er diende informatie verzameld te worden voor schaalkombinaties die gebruikelijk zijn voor getijmodellen. Deze getijmodellen betreffen detailmodellen met een geringe vertrekking en sterk vertrokken overzichtsmodellen. Daarom zijn schaalkombinaties onderzocht vanaf 200/200, 200/100 tot 4000/100, dus vanaf vertrekking 1 tot vertrekking 40. Het werd niet nodig geacht de verticale schaal te variëren omdat dit in eerste instantie minder essentieel was en omdat een beperking van het meetprogramma noodzakelijk was. De combinatie 200/200 (vertrekking 1) is onderzocht omdat 100/100 niet haalbaar was vanwege beperkte pompkapaciteit.

Een overzicht van de geschematiseerde sluitgaten is gegeven in fig. 1. In verband met het systematische karakter van het onderzoek zijn zowel de dam als het sluitgat sterk geschematiseerd. De dam reikt tot halve waterdiepte en heeft een kruinbreedte van 50m en taluds 1:6. Er zijn ook lagere dammen (1/4 waterdiepte) en hogere dammen (3/4 waterdiepte) onderzocht (de verhoging van 1/2 tot 3/4 waterdiepte heeft taluds 1:2).

Voor het onderzoek is een speciale stroomgoot gebouwd. Zie fig. 2 en foto 1. De afmetingen werden bepaald door de schaalkombinatie 400/100. Hierop zijn de afmetingen van de goot en de capaciteit van de pompen gedimensioneerd. Het sluitgat is symmetrisch gehouden; dit vooral om het aantal te onderzoeken varianten te beperken. De schaalkombinaties 200/200 en 200/100 konden onderzocht worden voor het halve sluitgat en met een beperkte uitstroo lengte. In verband hiermee is de schaalkombinatie 400/100 tevens onderzocht met een half sluitgat en met een gehalveerde uitstroo lengte om de invloed hiervan op de resultaten vast te leggen. De schaalkombinaties vanaf 400/100 (dus de grotere vertrekkingen) konden gerealiseerd worden door een verplaatsbaar schot (of een gemetselde muur) in de goot aan te brengen. Zie foto 2.

Voor de stroming in het sluitgat is het verhang t.g.v. de bodemwrijving van de geul sekundair, doch niet onbelangrijk. Daarom is de ruwheid op schaal gebracht voor de onderzochte schaalkombinaties. Voor

de weinig vertrokken modellen door blokjes op de modelbodem aan te brengen, voor de grotere vertrekkingen zijn blokjes niet voldoende, en zijn staafjes aangebracht die reiken over de volledige waterdiepte (niet essentieel, wel eenvoudiger). De blokjes zijn kubussen met een ribbe van 5cm; de staafjes zijn  $\varnothing$  5mm. Daarnaast zijn aanvullende proeven uitgevoerd met staafjes bij de geringe vertrekkingen voor een koppeling tussen de resultaten. De stroming over de dam en in het bijzonder het loslaten van de stroming hangt ook enigermate samen met de ruwheid van de dam. Voor de schaalcombinatie 200/200 kon de ruwheid van de dam op schaal gebracht worden, voor de grotere vertrekkingen kon dit niet gerealiseerd worden (verminking van het verschijnsel door te grote ruwheidselementen). De combinatie 200/200 is tevens onderzocht voor een gladde dam (koppeling onderzoek); daarnaast is bij 1600/100 nog een proef met een extra brede kruin uitgevoerd. Verder zijn nog speciale proeven uitgevoerd, zoals met de z.g. "M600-tafeltjes", een kunstgreep om in een sterk vertrokken model toch een evenwijdige stroming in het sluitgat te forceren (de kruin van de dam blijft in het model minstens 5cm breed en wordt dus niet vertrokken; hierdoor ontstaat een "tafeltje").

Er is gemeten met een waterstandsvolger die op een meetwagen aangebracht was. Dit had wel het voordeel dat zeer nauwkeurig een gemiddelde bepaald kon worden van de waterstand (onrustige waterpiegel, vooral in de buurt van het sluitgat). Echter de extra nauwkeurigheid ging vaak verloren; bij een mobiele opstelling levert het overbrengen van het referentieniveau altijd grote problemen op. Verder was een waterstandsvolger in een referentiepunt aangebracht (in de luwte achter de dam, waar de snelheid nagenoeg nul is, dus geen snelheidshoogte). Achteraf gezien was het beter geweest te werken met vaste peilnaalden in het lengteprofiel door de as van het sluitgat en 2 waterstandsvolgers in 2 vaste punten bovenstrooms en benedenstrooms voor de bewaking van het niveau.

Het resultaat van het onderzoek staat of valt met de nauwkeurigheid van de meetgegevens. In het bijzonder is de afvoercoëfficiënt in hoge mate gevoelig voor kleine onnauwkeurigheden in het verval. De

afvoercoëfficiënt wordt bepaald door de meetgegevens te substitueren in de formule genoemd in hoofdstuk 2. Het debiet  $Q_s$  wordt gemeten m.b.v. een meetstuw op  $\pm 1\%$  nauwkeurig. De waterstanden  $h_1$  en  $h_r$  zijn gemeten m.b.v. waterstandsvolgers (nauwkeurigheid  $\pm 1/20$  à  $1/10$  mm, overbrengen referentie niveau echter onnauwkeuriger, fout soms  $\pm 1/2$  à  $1$  mm). De maten  $(h_r + D - A)$  en  $(2A - 2B)$  zijn nauwkeurig tot  $\pm 1$  mm. De snelheidshoogte  $v_1^2/2g$  is bepaald d.m.v. snelheidsmetingen. De nauwkeurigheid van de snelheidsmetingen is  $\pm 1/2$  cm/s; bij  $v_1 = 0,10$  m/s is de nauwkeurigheid van  $v_1^2/2g \pm 1/20$  mm. De nauwkeurigheid van  $\mu$  wordt voornamelijk bepaald door de nauwkeurigheid van de term onder het wortelteken. De nauwkeurigheid van de vervalbepaling varieert van orde  $\pm 0,1$  mm tot  $\pm 1$  mm. Het verval varieert bij de proeven van orde  $0,3$  mm tot  $30$  mm. Globaal kan gezegd worden dat de nauwkeurigheid van de  $\mu$  varieert van  $\pm 3\%$  tot  $\pm 10\%$  voor ca.  $90\%$  van de gevallen. Voor ca.  $10\%$  van de proeven is de nauwkeurigheid slecht, d.w.z. van  $\pm 10\%$  tot orde  $\pm 50\%$ .

#### 4. MEETPROGRAMMA

Een overzicht van het meetprogramma is gegeven in fig.4. De variabelen zijn de vertrekking, breedte sluitgat, diepte sluitgat en de snelheid (afvoer door het sluitgat). Verder zijn nog enkele bijzondere gevallen onderzocht.

De volgende schaalcombinaties zijn onderzocht:

200/200, 200/100, 400/100, 700/100, 1000/100, 1600/100, 2800/100 en 4000/100. Bij deze schaalcombinaties zijn 11 series proeven uitgevoerd:

| Serie         | 1    | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7     | 8    | 9    | 10   | 11   |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| A/D           | 0,50 | 0,50  | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50  | 0,50 | 0,75 | 0    | 0,25 |
| s/B           | 1,0  | 0,875 | 0,75 | 0,50 | 0,50 | 0,75 | 0,875 | 1,0  | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| $v/\sqrt{gD}$ | 0,10 | 0,10  | 0,10 | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,05  | 0,05 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |

Hierin betekent:

A : damhoogte

D : waterdiepte t.o.v. referentievlak (N.A.P.)

s : halve sluitgatbreedte

B : halve geulbreedte

v : gemiddelde snelheid :  $v = Q/2BD$

g : versnelling van de zwaartekracht

De overige proeven zijn bijzondere proeven waarbij onderzocht is:

- invloed gladde dam (ruwheid niet op schaal)
- invloed uitstroming (uitstroming gedeeltelijk afgesloten)
- invloed uitstroo lengte (uitstroo lengte gehalveerd)
- invloed type ruwheidselementen (staafjes en blokjes)
- invloed halve geul in model (interpretatie proeven 200/200)
- invloed bredere kruin (proef met dubbele kruinbreedte)
- invloed speciaal model-sluitgat ("M600-tafeltje")

In principe bestaan de metingen uit het bepalen van vervallen voor diverse schaalkombinaties. In wezen zijn de metingen erg eenvoudig; ze dienen echter zeer zorgvuldig uitgevoerd te worden. Daarom is het in het algemeen niet verantwoord het verval te bepalen aan de hand van één meetgegeven bovenstrooms en één benedenstrooms. Het doormeten van een lengteprofiel door het sluitgat en het vergelijken van deze profielen voor diverse gevallen is een orde nauwkeuriger en geeft inzicht in het verschil in karakter (schaaleffekt).

In een raai door het sluitgat, in een raai voldoende ver bovenstrooms en in een raai voldoende ver benedenstrooms is het volledige snelheidsprofiel doorgemeten. Dit gebeurde om na te gaan of de aanstroming van het sluitgat voldoende gelijkmatig was en of de snelheid in de uitstroming alweer gelijkmatig verdeeld was (voldoende gespreid, geen neren); in het sluitgat is gemeten om een kwantitatief beeld te hebben van de kontraktie (horizontaal stroombeeld) en voor inzicht in het verticale stroombeeld (al dan niet evenwijdig, d.w.z. al dan niet konstante snelheid over de vertikaal). Verder dienden deze gegevens voor het bepalen van de snelheidshoogte voor het konstrueren van de energielijn.

## 5. MEETRESULTATEN

De verhanglijnen gemeten bij de series 1 t/m 11 genoemd in hoofdstuk 4, zijn bijeengebracht in fig. 5 t/m 10. In deze figuren zijn de resultaten voor de diverse vertrekkingen samengevat. Duidelijk is te zien dat het verloop van het verschijnsel in de lengterichting verschillend is en dat hier dus van een belangrijk schaaleffekt sprake is. Het blijkt dat naarmate de vertrekking groter wordt er een groter verval nodig is om een bepaalde afvoer capaciteit te realiseren, of met andere woorden dat de afvoercoëfficiënt afneemt. De vervallen zijn getekend t.o.v. de verhanglijn t.g.v. de bodemwrijving van de geul; het verval t.g.v. de weerstand van het sluitgat kan nu gemakkelijk afgelezen worden. Het verloop van de waterspiegel is gekonstrueerd door de gehele bundel lijnen mee in beschouwing te nemen, waarbij de van het algemene beeld afwijkende meetpunten als niet significant zijn beschouwd. Vooral bij kleinere vervallen zijn er nogal wat afwijkende meetpunten. De afvoercoëfficiënt is in hoge mate gevoelig voor kleine onnauwkeurigheden in het verval. Daarom moeten de resultaten vooraf vereffend worden om een al te grote spreiding in de afvoercoëfficiënt te elimineren.

De figuren 10 t/m 18 betreffen de verhanglijnen die gemeten zijn bij de bijzondere proeven. Hiervoor gelden dezelfde opmerkingen als voor de fig. 5 t/m 10.

In de figuren 19 t/m 24 is voor enkele gevallen het gemeten horizontale stroombeeld gegeven. In fig. 19 valt op dat voor  $s/B=0,50$  de verstoring van het stroombeeld bij de uitstroming mogelijk nog niet uitgedempt is (model te kort). De invloed van dit effect is apart onderzocht. Dezelfde opmerking geldt voor fig. 20. In fig. 21, waar t.o.v. fig. 20 de snelheid gehalveerd is, is het beeld nagenoeg hetzelfde. Het verdubbelen van de uitstroo lengte geeft aanvaardbare resultaten, zie fig. 22. Dus de metingen bij schalen 400/100 zijn korrekt, die bij 200/200 vereisen een nader onderzoek naar de betrouwbaarheid. Een gehalveerde diepte van het sluitgat, dus een verdubbelde snelheid in het sluitgat geeft geen problemen t.a.v. de uitstroming (diskontinuiteit voldoende uitgedempt). Uit fig. 24 blijkt dat voor de meest extreme schaal 4000/100 relatief dezelfde uitstroo lengte

(op schaal) aangehouden kan worden als bij 400/100.

De stroombeelden van alle proeven zijn vastgelegd door het fotograferen van de beweging van oppervlaktedrijvers. De stroombeelden die opgetreden zijn bij de series 1 t/m 8 zijn weergegeven op de fotobladen 3 t/m 10, achtereenvolgens telkens voor  $s/B=1,0, 0,875, 0,75$  en  $0,50$ ; de series 9 t/m 11 zijn weergegeven op de fotobladen 11 t/m 17, achtereenvolgens telkens voor  $A/D=0,00, 0,25, 0,50$  en  $0,75$ .

Het nerenpatroon dat bij de geringe vertrekkingen zeer duidelijk ontwikkeld is (zelfs meerdere grote steuneren) verdwijnt geheel bij de grote vertrekkingen. De aanwezigheid van staafjes zal hieraan niet vreemd zijn. Duidelijk blijkt dat de kontraktie van de stroming nog aanzienlijk toeneemt na het passeren van het sluitgat. Behalve op blad 3 is dit ook zeer uitgesproken op blad 5 ( $s/B=0,50$ ). Blad 6 laat zien dat bij schalen 700/100 al in grote mate sprake is van een z.g. korte overlaat en dat dit beeld principieel verschillend is van dat bij 200/100 en 400/100. Op blad 7 (schalen 1000/100) blijkt dat de staafjes een duidelijke invloed hebben op het stroombeeld (afremming, minder duidelijke neren). Bij de bladen 8, 9 en 10 is deze tendens nog versterkt, maar niet essentieel anders.

Bij de proeven met variatie drempelhoogte (bladen 11 t/m 17) een zelfde ontwikkeling als hierboven aangegeven gaande van de geringe vertrekkingen naar de grote vertrekkingen. Op blad 11 is het enige geval ( $A/D=0,75$ ) waarbij een zeer uitgesproken volkomen overlaat optreedt (in de andere gevallen zoals voor  $A/D=0,50$  bij 200/200 en 400/100 is het verschijnsel toch meer dat van een z.g. verdrongen overlaat).

Van de proeven met een lagere snelheid ( $v/\sqrt{gD}=0,05$ ) zijn stroomfoto's gemaakt, maar slechts één geval is in dit rapport opgenomen (fig.18). De stroombeelden zijn niet essentieel verschillend van die bij de grotere snelheid ( $v/\sqrt{gD}=0,10$ ) en zijn om deze reden niet in het rapport opgenomen.

De stroombeelden bij de bijzondere proeven zijn weergegeven op de bladen 19 t/m 24. Blad 19 voor proeven waarbij de ruwheid van de dam op schaal is, geeft geen aanvullende informatie. Blad 20 voor proeven met een verdubbelde uitstroamlengte laat zien dat de uitstroming uit het sluitgat instabiel is en gemakkelijk asymmetrisch wordt. Blad 21 voor proeven met een halve geul (bij schalen 400/100) geeft geen

aanvullende informatie. Blad 22 voor proeven (bij schalen 400/100) met weerstandsstaafjes in plaats van blokjes geeft nog geen wezenlijk ander stroombeeld. Blad 23 geeft stroombeelden voor proeven met "M600-tafeltjes". Bij de grote vertrekkingen (hier 4000/100) geven de foto's nauwelijks informatie.

Blad 24 betreft opnamen met een korte sluitertijd (vergelijk hierbij met blad 11). De sluitertijd staat op het bord op de foto aangegeven (blad 11: 16, 8 en 4 sek; blad 24: 2, 1 en  $\frac{1}{2}$  sek.); de streepjes op blad 24 zijn een faktor 8 korter dan bij blad 11. Op blad 24 is de hoofdstroom duidelijker dan bij blad 11; het nerenbeeld is echter maar matig te zien. Over het algemeen is gewerkt met een lange sluitertijd om het totaalbeeld goed te laten zien; het was niet nodig snelheden op te meten. De schaal van de snelheidsvectoren (streepjes op de foto) kan bepaald worden uit de schaal van de foto en de grootte van de sluitertijd.

Op blad 25 (diverse proeven) worden nog enkele spektakulaire opnamen gegeven. Op de eerste foto een overlaat bij schalen 400/100 met een uitgesproken ribbelpatroon benedenstrooms van de dam. De waterspiegel is erg onrustig en meten is niet eenvoudig; op de foto is tevens de meetwagen te zien met daarop de waterstandsvolger. Op de tweede foto bij de proef met schalen 400/100 een overstekende neer, nu naar rechts (vergelijk blad 20). Op de derde foto bij proef schalen 200/100 stroming door sluitgat met optreden van een z.g. wervelstraat van Von Kármán. Op de vierde foto bij proef schalen 1000/100 optreden van ruitenpatroon op de waterspiegel t.g.v. de weerstandsstaafjes.

## 6. AFVOERKOEFFICIENT.

De berekening voor de afvoercoëfficiënt volgens de formule genoemd in hoofdstuk 2 is samengevat in tabel 1. De proefnummers in deze tabel korresponderen met die in het meetprogramma gegeven in fig. 4. De resultaten zijn samengevat in tabel 2 en in beeld gebracht in fig. 25, 26 en 27:

fig. 25: afvoercoëfficiënt  $f$  (vertrekking, sluitgatbreedte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,10$

fig. 26: afvoercoëfficiënt  $f$  (vertrekking, sluitgatbreedte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,05$

fig. 27: afvoercoëfficiënt  $f$  (vertrekking, damhoogte) bij  $v/\sqrt{gD}=0,10$ .

Er vallen een aantal bijzonderheden op:

1. De afvoercoëfficiënt is zeer gevoelig voor de vertrekking en valt sterk terug tussen vertrekking 4 en 10. Dit zal samenhangen met de helling van het benedenstroomse talud van het sluitgat (de vertrekking is niet significant, de helling van het talud is de bepalende parameter).
2. De afvoercoëfficiënt neemt wat toe bij hoger worden van de dam. Zie fig. 27. Waarschijnlijk hangt dit samen met optreden van een volkomen overlaat waardoor de kontraktie afneemt.
3. De afvoercoëfficiënt is gevoelig voor de snelheid in het sluitgat en valt aanzienlijk terug bij lagere snelheid. Zie fig. 26. Mogelijk hangt dit samen met viskeuze invloeden.
4. De afvoercoëfficiënt is gevoelig voor verkleinen van het sluitgat. Zie fig. 25 en 26. Dit zal samenhangen met het kontraktieverschijnsel (de foto's spreken duidelijk).

#### 7. INTERPRETATIE VAN HET VERSCHIJNSEL

De afvoercoëfficiënt is in hoofdstuk 2 gedefinieerd met:

$$Q_s = \mu (h_r + D - A) (2B - 2a) \sqrt{2g(H_1 - h_r)}$$

Deze afvoercoëfficiënt is een voor de praktijk goed hanteerbare grootte. De getalwaarde varieert niet al te veel (beperkt bereik) en is niet extreem gevoelig voor kleine variaties (onnauwkeurigheden) in de termen van de hierboven gegeven vergelijking.

De term onder het wortelteken is  $H_1 - h_r$  of anders geschreven  $v_1^2/2g + h_1 - h_r$  of  $(H_1 - H_r) + v_r^2/2g$ . Het verschijnsel hangt samen met het energieverlies t.g.v. het sluitgat, dus met  $H_1 - H_r$ . Het verschil  $H_1 - H_r$  is vaak relatief klein en daarmee samenhangend vaak relatief onnauwkeurig. Door hierbij  $v_r^2/2g$  (een grootte die niets met het sluitgat te maken heeft) op te tellen, lijkt de berekening schijnbaar minder onnauwkeurig.

Om tot een fysisch beter interpreteerbaar geheel te komen (niet voor praktische toepassing), wordt onder het wortelteken het energieverlies  $H_1 - H_r$  ingevoerd. In plaats van  $\mu$  is het nu zinvol de verliescoëfficiënt  $\xi$  in te voeren, analoog met die bij weerstandsverliezen



in buizen. De verliescoëfficiënt wordt nu gedefinieerd met:

$$Q_s = \frac{1}{\sqrt{\xi}} (h_r + D - A) (2B - 2a) \sqrt{2g(H_1 - H_r)}$$

Deze formule is zeker niet volmaakt. De formule berust op een fiktieve snelheid in het sluitgat:

$$v_s' = \frac{Q_s}{(h_r + D - A)(2B - 2a)}$$

De waterdiepte in het sluitgat kan niet eenduidig weergegeven worden en is voor de diverse vertrekkingen en situaties nogal verschillend (zie de fig. 5 t/m 18). In de formule is daarom de term  $(h_r + D - A)$  gehandhaafd (functioneerft als een grof gemiddelde) omdat een beter (bruikbaar) alternatief niet voorhanden is. Het te onderzoeken fysische verschijnsel is dus vrij grof benaderd om de meetgegevens in een beter gedefinieerd raamwerk te vangen.

Het verloop van de verliescoëfficiënt  $\xi$  is in grafiek gebracht in fig. 28, 29 en 30 op overeenkomstige wijze als voor de afvoercoëfficiënt  $\mu$  in fig. 25, 26 en 27. De konklusies die getrokken kunnen worden, zijn niet wezenlijk verschillend van die t.a.v. de afvoercoëfficiënt (zie hoofdstuk 6).

Bij de interpretatie wordt getracht de volgende invloeden kwantitatief weer te geven:

1. het terugvallen van de afvoercoëfficiënt of m.a.w. de verhoging van de weerstand bij het steiler worden van de helling van het benedenstroomse talud van het sluitgat (invloed vertrekking). De verhoging van de weerstand hangt samen met het loslaten van de stroming en het optreden van een neer met horizontale as. Het karakter van dit verschijnsel kan nog afhankelijk zijn van viskeuze invloeden.
2. het terugvallen van de afvoercoëfficiënt of m.a.w. de verhoging van de weerstand tengevolge van de kontraktie van de stroming in het sluitgat. Dit verschijnsel hangt in eerste instantie samen met energieverlies door turbulente schuifspanningen in het vertraginggebied; viskeuze effecten kunnen eveneens een invloed hebben op het karakter (schaaleffect) bij diverse vertrekkingen.

Ad 1. Separatie hangt samen met het sterk positief worden van de drukgradiënt:  $\partial p / \partial x \gg 0$ .

De bewegingsvergelijking is:

$$\rho v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial x} = \Psi$$

$$\text{of } \frac{1}{\rho g} \frac{\partial p}{\partial x} = - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{v^2}{2g} \right) + \Psi' \quad \Psi' = \Psi / \rho g$$

$\Psi$ : bijdrage turbulente en viskeuze schuifspanningen

T.p.v. overgang kruin naar benedenstrooms talud is de meest kritieke situatie omdat  $v^2/2g$  hier het sterkst afneemt (in feite wordt deze situatie mede bepaald door  $\Psi$ ).

T.p.v. de kruinlijn is:  $Q=Q_s$ ,  $B=B_s$ ,  $h=h_s$  en  $v=v_s$  ( $s$ =sluitgat)

$$\text{dus } \frac{1}{\rho g} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{1}{g} \frac{Q_s^2}{B_s^2 h_s^3} \frac{\partial h_s}{\partial x} + \Psi'$$

$$\text{Neem } h_s = h_r + D - A \quad \text{en} \quad \frac{\partial h_s}{\partial x} = \text{tg } \alpha \quad (\alpha = \text{helling talud})$$

$$\text{Stel } \Psi' = -\Psi'' \frac{Q_s^2}{B_s^2 h_s^3} \quad (\text{veronderstelling van Chézy})$$

$$\text{dan is } \frac{1}{\rho g} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{Q_s^2}{g(h_r + D - A)^3 (2B - 2a)^2} (\text{tg } \alpha - \Psi'')$$

$$\text{of } \frac{1}{\rho g} \frac{\partial p}{\partial x} = Fr_s (\text{tg } \alpha - \Psi''), \quad \text{waarin } Fr_s = \frac{Q_s^2}{g(h_r + D - A)^3 (2B - 2a)^2}$$

Verwacht kan worden dat er een kritieke waarde voor  $\alpha$  bestaat waarbij separatie (loslaten) gaat optreden.

In fig.31 is de verliescoëfficiënt  $\xi$  uitgezet tegen  $\text{tg } \alpha$ . Het blijkt dat er duidelijk een kritieke waarde aanwezig is. Voor hellingen steiler dan 1:1,5 neemt de verliescoëfficiënt belangrijk toe hetgeen toegeschreven wordt aan separatie.

In feite kan geen absolute uitspraak gegeven worden omdat bij dit onderzoek de vertrekking gevarieerd is. Dit houdt in dat behalve de helling van het talud ook de kruinbreedte gevarieerd wordt in een gelijke verhouding, wat betekent dat beide invloeden niet apart geïnterpreteerd kunnen worden.

Ad 2. Verwacht kan worden dat de invloed van de viskositeit op de kontraktie weergegeven kan worden met behulp van een Reynoldsgetal, als volgt gedefinieerd:

$$Re_s = \frac{Q_s}{v(h_r + D - A)}$$

In fig. 32 is de verliescoëfficiënt  $\xi$  uitgezet tegen  $Re_s$  voor proeven waarbij de sluitgatbreedte gevarieerd is en voor proeven waarbij de damhoogte gevarieerd is bij een bepaalde breedte van het sluitgat. Wanneer bij de interpretatie de "diffusorwerking" t.g.v. flauw benedenstrooms talud geëlimineerd wordt, blijkt dat voor de 2 verschillende snelheden de verliescoëfficiënt éénduidig met het hierboven gegeven Reynoldsgetal samenhangt. De invloed mag niet eenduidig gezien worden als een invloed van viskeuze effecten, daar met het Reynoldsgetal ook de verhouding breedte/diepte van het sluitgat varieert.

## 8. KONKLUSIES

1. De afvoercoëfficiënt neemt af bij het relatief smaller ( $s/B$ ) worden van het sluitgat (t.g.v. meerdere kontraktie).
2. De afvoercoëfficiënt neemt iets toe naarmate de dam in het sluitgat hoger wordt. De afvoercoëfficiënt bij zeer lage dammen en zeer hoge dammen t.o.v. de waterdiepte wordt niet beïnvloed door de helling van het benedenstroomse talud (dam steeds relatief voldoende breed).
3. De afvoercoëfficiënt neemt bij grote vertrekkingen ( $> 4$ ) sterk af. Waarschijnlijk kan beter gesteld worden dat dit optreedt wanneer de helling van het benedenstroomse talud van het sluitgat steiler dan 1:1,5 wordt. Deze konklusie is echter spekulatief omdat de helling niet onafhankelijk gevarieerd is. Evenwel kan de afvoercoëfficiënt afnemen bij zeer grote vertrekkingen tengevolge van viskeuze invloeden.
4. Bij grote vertrekkingen neemt de afvoercoëfficiënt af omdat de stroming in het sluitgat relatief sterker beïnvloed wordt door kontraktie in verticale zin.

TABEL 1. MEETRESULTATEN

| T  | $Q_s$                 | $h_r + D - A$ | $2B - 2a$ | $h_1 - h_r$        | $\frac{v_1^2}{2g}$ | $\mu$ | $\xi$ | $\text{tg } \alpha$ | $Fr_s$ | $Re_s$  |
|----|-----------------------|---------------|-----------|--------------------|--------------------|-------|-------|---------------------|--------|---------|
|    | $\text{m}^3/\text{s}$ | m             | m         | $10^{-2} \text{m}$ | $10^{-2} \text{m}$ |       |       |                     |        |         |
| 1  | 0,0636                | 0,055         | 5,52      | 0,08               | 0,055              | 1,28  | 0,36  | 0,167               | 0,081  | 925000  |
| 2  | 0,0628                | 0,0535        | 4,83      | 0,185              | 0,055              | 1,12  | 0,62  | 0,167               | 0,113  | 939000  |
| 3  | 0,0622                | 0,054         | 4,14      | 0,39               | 0,055              | 0,94  | 1,00  | 0,167               | 0,146  | 921000  |
| 4  | 0,0642                | 0,052         | 2,76      | 1,225              | 0,055              | 0,89  | 1,20  | 0,167               | 0,393  | 988000  |
| 5  | 0,0316                | 0,053         | 2,76      | 0,285              | 0,015              | 0,89  | 1,20  | 0,167               | 0,090  | 477000  |
| 6  | 0,0316                | 0,055         | 4,14      | 0,10               | 0,015              | 0,92  | 1,02  | 0,167               | 0,036  | 460000  |
| 7  | 0,0316                | 0,054         | 4,83      | 0,055              | 0,015              | 1,03  | 0,74  | 0,167               | 0,028  | 468000  |
| 8  | 0,0316                | 0,055         | 5,52      | 0,025              | 0,015              | 1,17  | 0,46  | 0,167               | 0,020  | 460000  |
| 9  | 0,0632                | 0,026         | 4,14      | 1,825              | 0,055              | 0,96  | 1,04  | 0,500               | 1,350  | 1946000 |
| 10 | 0,0632                | 0,111         | 4,14      | 0,095              | 0,055              | 0,80  | 0,99  | 0,000               | 0,018  | 455000  |
| 11 | 0,0634                | 0,083         | 4,14      | 0,165              | 0,055              | 0,89  | 0,95  | 0,167               | 0,042  | 611000  |
| 12 | 0,0630                | 0,0575        | 5,52      | 0,07               | 0,055              | 1,26  | 0,35  | 0,167               | 0,070  | 877000  |
| 13 | 0,0630                | 0,0575        | 4,83      | 0,17               | 0,055              | 1,08  | 0,66  | 0,167               | 0,091  | 877000  |
| 14 | 0,0632                | 0,0575        | 4,14      | 0,34               | 0,055              | 0,95  | 0,96  | 0,167               | 0,126  | 878000  |
| 15 | 0,0632                | 0,0595        | 2,76      | 0,975              | 0,055              | 0,86  | 1,29  | 0,167               | 0,254  | 849000  |
| 16 | 0,0828                | 0,110         | 2,76      | 0,14               | 0,09               | 1,28  | 0,37  | 0,667               | 0,069  | 602000  |
| 17 | 0,0833                | 0,109         | 2,415     | 0,36               | 0,10               | 1,05  | 0,72  | 0,667               | 0,094  | 611000  |
| 18 | 0,0831                | 0,110         | 2,07      | 0,70               | 0,09               | 0,92  | 1,04  | 0,667               | 0,124  | 604000  |
| 19 | 0,0830                | 0,110         | 1,38      | 1,93               | 0,09               | 0,87  | 1,27  | 0,667               | 0,276  | 603000  |
| 20 | 0,0446                | 0,110         | 1,38      | 0,61               | 0,03               | 0,83  | 1,40  | 0,667               | 0,080  | 324000  |
| 21 | 0,0446                | 0,110         | 2,07      | 0,21               | 0,03               | 0,90  | 1,08  | 0,667               | 0,036  | 324000  |
| 22 | 0,0446                | 0,110         | 2,415     | 0,115              | 0,03               | 0,99  | 0,81  | 0,667               | 0,026  | 324000  |
| 23 | 0,0447                | 0,111         | 2,76      | 0,055              | 0,03               | 1,13  | 0,51  | 0,667               | 0,020  | 322000  |
| 24 | 0,0835                | 0,053         | 2,07      | 3,06               | 0,10               | 0,96  | 1,04  | 2,000               | 1,116  | 1259000 |
| 25 | 0,0835                | 0,220         | 2,07      | 0,14               | 0,10               | 0,84  | 0,83  | 0,000               | 0,016  | 304000  |
| 26 | 0,0835                | 0,164         | 2,07      | 0,30               | 0,10               | 0,88  | 0,98  | 0,667               | 0,038  | 407000  |
| 27 | 0,0834                | 0,109         | 2,415     | 0,40               | 0,10               | 1,01  | 0,79  | 0,667               | 0,094  | 612000  |
| 28 | 0,0834                | 0,111         | 1,38      | 2,00               | 0,10               | 0,85  | 1,32  | 0,667               | 0,273  | 601000  |
| 29 | 0,0512                | 0,112         | 1,38      | 0,81               | 0,04               | 0,81  | 1,46  | 0,667               | 0,100  | 366000  |
| 30 | 0,0223                | 0,109         | 0,690     | 0,42               | 0,11               | 0,92  | 0,94  | 2,667               | 0,082  | 164000  |
| 31 | 0,0223                | 0,109         | 0,604     | 0,63               | 0,11               | 0,88  | 1,09  | 2,667               | 0,108  | 164000  |
| 32 | 0,0223                | 0,108         | 0,518     | 1,03               | 0,11               | 0,84  | 1,28  | 2,667               | 0,150  | 165000  |
| 33 | 0,0223                | 0,108         | 0,345     | 2,78               | 0,11               | 0,80  | 1,52  | 2,667               | 0,338  | 165000  |
| 34 | 0,0112                | 0,109         | 0,345     | 0,73               | 0,03               | 0,77  | 1,63  | 2,667               | 0,081  | 82300   |
| 35 | 0,0112                | 0,109         | 0,518     | 0,27               | 0,03               | 0,82  | 1,36  | 2,667               | 0,037  | 82300   |

VERVOLG TABEL 1

| T   | $Q_s$   | $h_r^{+D-A}$ | $2B-2a$ | $h_l-h_r$  | $\frac{v_l^2}{2g}$ | $\mu$ | $\xi$ | $tg \alpha$ | $Fr_s$ | $Re_s$ |
|-----|---------|--------------|---------|------------|--------------------|-------|-------|-------------|--------|--------|
|     | $m^3/s$ | m            | m       | $10^{-2}m$ | $10^{-2}m$         |       |       |             |        |        |
| 36  | 0,0112  | 0,109        | 0,604   | 0,18       | 0,03               | 0,84  | 1,23  | 2,667       | 0,027  | 82300  |
| 37  | 0,0112  | 0,109        | 0,690   | 0,11       | 0,03               | 0,89  | 0,98  | 2,667       | 0,021  | 82300  |
| 38  | 0,0224  | 0,054        | 0,518   | 3,64       | 0,11               | 0,93  | 1,12  | 8,000       | 1,216  | 332000 |
| 39  | 0,0223  | 0,220        | 0,518   | 0,19       | 0,11               | 0,81  | 0,97  | 0,000       | 0,018  | 81100  |
| 40  | 0,0223  | 0,164        | 0,518   | 0,40       | 0,11               | 0,83  | 1,14  | 2,667       | 0,043  | 109000 |
| 41  | 0,0089  | 0,110        | 0,276   | 0,53       | 0,11               | 0,83  | 1,21  | 6,667       | 0,080  | 64700  |
| 42  | 0,0089  | 0,110        | 0,242   | 0,76       | 0,11               | 0,81  | 1,33  | 6,667       | 0,103  | 64700  |
| 43  | 0,0089  | 0,110        | 0,207   | 1,18       | 0,11               | 0,78  | 1,52  | 6,667       | 0,142  | 64700  |
| 44  | 0,0089  | 0,111        | 0,138   | 2,84       | 0,11               | 0,76  | 1,65  | 6,667       | 0,309  | 64100  |
| 45  | 0,0044  | 0,110        | 0,138   | 0,82       | 0,03               | 0,71  | 1,94  | 6,667       | 0,078  | 32000  |
| 46  | 0,0044  | 0,110        | 0,207   | 0,30       | 0,03               | 0,75  | 1,61  | 6,667       | 0,035  | 32000  |
| 47  | 0,0044  | 0,111        | 0,242   | 0,195      | 0,03               | 0,77  | 1,46  | 6,667       | 0,025  | 31700  |
| 48  | 0,0044  | 0,110        | 0,276   | 0,14       | 0,03               | 0,79  | 1,33  | 6,667       | 0,020  | 32000  |
| 49  | 0,0089  | 0,056        | 0,207   | 3,69       | 0,11               | 0,89  | 1,22  | 20,000      | 1,077  | 127000 |
| 50  | 0,0089  | 0,220        | 0,207   | 0,21       | 0,11               | 0,78  | 1,08  | 0,000       | 0,018  | 32400  |
| 51  | 0,0089  | 0,165        | 0,207   | 0,44       | 0,11               | 0,79  | 1,26  | 6,667       | 0,042  | 43100  |
| 52  | 0,0089  | 0,1095       | 0,276   | 0,42       | 0,11               | 0,91  | 0,94  | $\infty$    | 0,081  | 65000  |
| 53  | 0,0089  | 0,1095       | 0,242   | 0,54       | 0,11               | 0,94  | 0,94  | $\infty$    | 0,105  | 65000  |
| 54  | 0,0089  | 0,111        | 0,138   | 2,05       | 0,11               | 0,89  | 1,19  | $\infty$    | 0,310  | 64100  |
| 55  | 0,0089  | 0,165        | 0,242   | 0,18       | 0,11               | 0,93  | 0,71  | 20,000      | 0,031  | 43100  |
| 56  | 0,0044  | 0,165        | 0,242   | 0,05       | 0,03               | 0,87  | 0,82  | 0,000       | 0,007  | 21300  |
| 57  | 0,0128  | 0,110        | 0,394   | 0,49       | 0,11               | 0,86  | 1,11  | 4,667       | 0,081  | 93300  |
| 58  | 0,0128  | 0,110        | 0,344   | 0,70       | 0,11               | 0,84  | 1,22  | 4,667       | 0,106  | 93300  |
| 59  | 0,0128  | 0,109        | 0,296   | 1,09       | 0,11               | 0,81  | 1,38  | 4,667       | 0,147  | 94000  |
| 60  | 0,0128  | 0,109        | 0,198   | 2,72       | 0,11               | 0,80  | 1,52  | 4,667       | 0,330  | 94000  |
| 57A | 0,0064  | 0,110        | 0,394   | 0,13       | 0,03               | 0,83  | 1,19  | 4,667       | 0,020  | 46500  |
| 58A | 0,0064  | 0,110        | 0,344   | 0,22       | 0,03               | 0,76  | 1,53  | 4,667       | 0,027  | 46500  |
| 59A | 0,0064  | 0,110        | 0,296   | 0,29       | 0,03               | 0,78  | 1,48  | 4,667       | 0,036  | 46500  |
| 60A | 0,0064  | 0,110        | 0,198   | 0,80       | 0,03               | 0,74  | 1,73  | 4,667       | 0,080  | 46500  |
| 61  | 0,0353  | 0,110        | 1,104   | 0,34       | 0,11               | 0,98  | 0,79  | 1,667       | 0,079  | 257000 |
| 62  | 0,0356  | 0,110        | 0,966   | 0,58       | 0,11               | 0,91  | 1,02  | 1,667       | 0,104  | 259000 |
| 63  | 0,0356  | 0,1105       | 0,828   | 0,92       | 0,11               | 0,87  | 1,20  | 1,667       | 0,157  | 258000 |
| 64  | 0,0356  | 0,110        | 0,552   | 2,40       | 0,11               | 0,84  | 1,36  | 1,667       | 0,318  | 259000 |
| 65  | 0,0178  | 0,110        | 0,552   | 0,63       | 0,03               | 0,82  | 1,44  | 1,667       | 0,080  | 130000 |
| 66  | 0,0178  | 0,110        | 0,828   | 0,23       | 0,03               | 0,86  | 1,19  | 1,667       | 0,035  | 130000 |

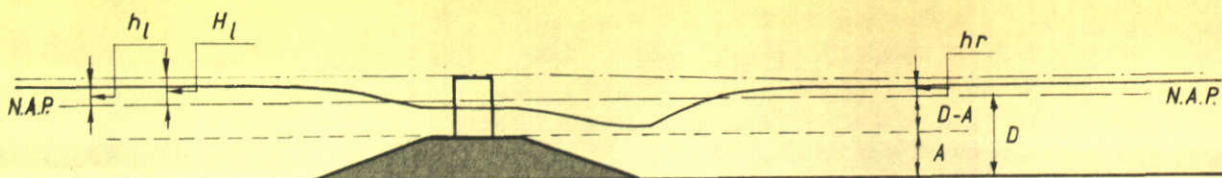
VERVOLG TABEL 1

| T   | $Q_s$                 | $h_r + D - A$ | $2B - 2a$ | $h_1 - h_r$       | $\frac{v_1^2}{2g}$ | $\mu$ | $\xi$ | $\text{tg } \alpha$ | $Fr_s$ | $Re_s$  |
|-----|-----------------------|---------------|-----------|-------------------|--------------------|-------|-------|---------------------|--------|---------|
|     | $\text{m}^3/\text{s}$ | m             | m         | $10^{-2}\text{m}$ | $10^{-2}\text{m}$  |       |       |                     |        |         |
| 67  | 0,0178                | 0,110         | 0,966     | 0,155             | 0,03               | 0,88  | 1,09  | 1,667               | 0,026  | 130000  |
| 68  | 0,0178                | 0,110         | 1,104     | 0,10              | 0,03               | 0,92  | 0,90  | 1,667               | 0,020  | 130000  |
| 69  | 0,0356                | 0,055         | 0,828     | 3,42              | 0,11               | 0,94  | 1,10  | 5,000               | 1,136  | 518000  |
| 69A | 0,0356                | 0,220         | 0,828     | 0,19              | 0,11               | 0,81  | 0,97  | 0,000               | 0,018  | 130000  |
| 69B | 0,0356                | 0,165         | 0,828     | 0,36              | 0,11               | 0,86  | 1,04  | 1,667               | 0,042  | 173000  |
| 70  | 0,1782                | 0,108         | 5,52      | 0,16              | 0,11               | 1,30  | 0,36  | 0,333               | 0,084  | 1320000 |
| 71  | 0,1782                | 0,109         | 4,83      | 0,41              | 0,11               | 1,06  | 0,71  | 0,333               | 0,107  | 1310000 |
| 72  | 0,1764                | 0,108         | 4,14      | 0,80              | 0,11               | 0,93  | 1,02  | 0,333               | 0,147  | 1310000 |
| 73  | 0,1754                | 0,109         | 2,76      | 2,18              | 0,11               | 0,87  | 1,26  | 0,333               | 0,318  | 1290000 |
| 74  | 0,0894                | 0,109         | 2,76      | 0,58              | 0,03               | 0,86  | 1,30  | 0,333               | 0,083  | 656000  |
| 75  | 0,0894                | 0,109         | 4,14      | 0,20              | 0,03               | 0,93  | 1,02  | 0,333               | 0,037  | 656000  |
| 76  | 0,0894                | 0,109         | 4,83      | 0,12              | 0,03               | 0,99  | 0,82  | 0,333               | 0,027  | 656000  |
| 77  | 0,0894                | 0,108         | 5,52      | 0,055             | 0,03               | 1,16  | 0,48  | 0,333               | 0,021  | 662000  |
| 78  | 0,1770                | 0,055         | 4,14      | 3,37              | 0,11               | 0,94  | 1,10  | 1,000               | 1,122  | 2570000 |
| 78A | 0,1748                | 0,219         | 4,14      | 0,17              | 0,11               | 0,82  | 0,90  | 0,000               | 0,017  | 640000  |
| 78B | 0,1762                | 0,165         | 4,14      | 0,32              | 0,11               | 0,89  | 0,94  | 0,333               | 0,041  | 855000  |
| 79  | 0,0859                | 0,110         | 2,76      | 0,13              | 0,10               | 1,32  | 0,32  | 0,667               | 0,074  | 624000  |
| 80  | 0,0447                | 0,110         | 2,76      | 0,06              | 0,03               | 1,11  | 0,55  | 0,667               | 0,020  | 325000  |
| 81  | 0,0860                | 0,107         | 1,38      | 1,98              | 0,10               | 0,91  | 1,14  | 0,667               | 0,325  | 643000  |
| 82  | 0,0441                | 0,110         | 1,38      | 0,61              | 0,03               | 0,82  | 1,44  | 0,667               | 0,079  | 321000  |
| 83  | 0,0875                | 0,220         | 2,07      | 0,14              | 0,11               | 0,86  | 0,76  | 0,000               | 0,017  | 318000  |
| 84  | 0,0511                | 0,110         | 1,58      | 0,22              | 0,11               | 1,16  | 0,50  | 1,167               | 0,081  | 372000  |
| 85  | 0,0257                | 0,110         | 1,58      | 0,075             | 0,03               | 1,03  | 0,67  | 1,167               | 0,020  | 187000  |
| 86  | 0,0511                | 0,110         | 0,79      | 2,20              | 0,11               | 0,87  | 1,25  | 1,167               | 0,323  | 372000  |
| 87  | 0,0257                | 0,110         | 0,79      | 0,64              | 0,03               | 0,82  | 1,44  | 1,167               | 0,081  | 187000  |
| 88  | 0,0511                | 0,220         | 1,185     | 0,17              | 0,11               | 0,83  | 0,87  | 0,000               | 0,018  | 186000  |
| 14A | 0,0634                | 0,0575        | 4,14      | 0,34              | 0,055              | 0,95  | 0,96  | 0,167               | 0,123  | 882000  |
| 16L | 0,0831                | 0,111         | 2,76      | 0,13              | 0,09               | 1,30  | 0,35  | 0,667               | 0,067  | 599000  |
| 17L | 0,0833                | 0,111         | 2,415     | 0,33              | 0,10               | 1,07  | 0,67  | 0,667               | 0,089  | 600000  |
| 19L | 0,0835                | 0,108         | 1,38      | 1,86              | 0,10               | 0,90  | 1,17  | 0,667               | 0,290  | 618000  |
| 21L | 0,0447                | 0,110         | 2,07      | 0,20              | 0,03               | 0,92  | 1,03  | 0,667               | 0,036  | 325000  |
| 25H | 0,0834                | 0,220         | 2,07      | 0,15              | 0,10               | 0,82  | 0,89  | 0,000               | 0,016  | 303000  |
| 32A | 0,0223                | 0,108         | 0,518     | 1,01              | 0,11               | 0,85  | 1,25  | 2,667               | 0,151  | 165000  |
| 39A | 0,0112                | 0,220         | 0,518     | 0,04              | 0,03               | 0,84  | 0,80  | 0,000               | 0,005  | 40700   |

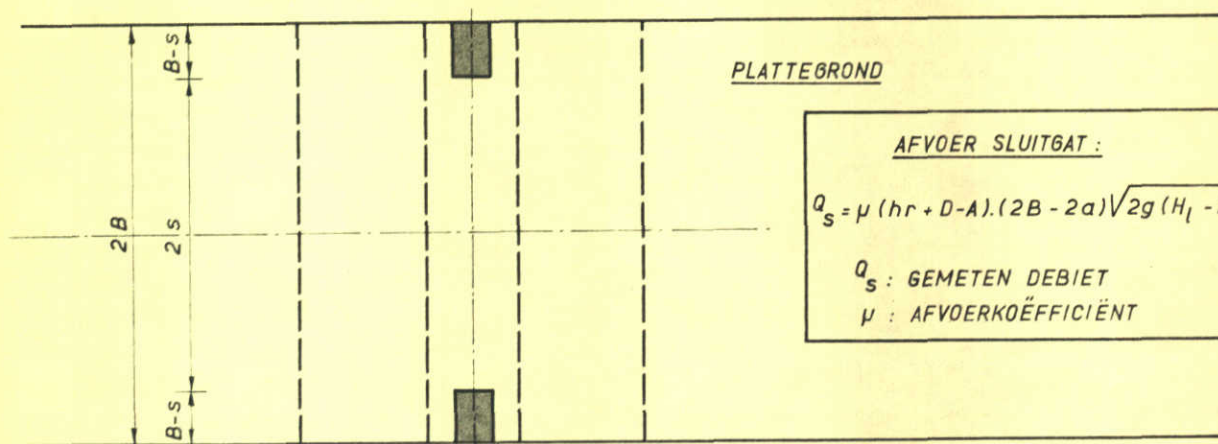
TABEL 2 OVERZICHT GEMETEN AFVOERKOEFFICIENTIEN

| Kombinaties schalen $n_1/n_2$ | 200/200   | 200/100  | 400/100    | 700/100   | 1000/100   | 1600/100  | 2800/100                               | 4000/100                             |   |
|-------------------------------|-----------|--|------------|---|------------|-----------|--|--------------------------------------|---|
| $v = 0,10 \sqrt{gd}$          | s/B=1,00  | T1 : 1,28 <sup>1)</sup><br>T12: 1,26 <sup>1)</sup>               | T70: 1,30  | T79 : 1,32 <sup>2)</sup><br>T16 : 1,28 <sup>3)</sup><br>T16L: 1,30                            | T84: 1,16  | T61: 0,98 | T30: 0,92                              | T41: 0,83 <sup>8)</sup><br>T52: 0,91 |   |
|                               |           | T2 : 1,12 <sup>1)</sup><br>T13: 1,08                             | T71: 1,06  | T27 : 1,01 <sup>4)</sup><br>T17 : 1,05 <sup>3)</sup><br>T17L: 1,07                            |            | T62: 0,91 | T31: 0,88                              | T58: 0,84                            | T42: 0,81 <sup>8)</sup><br>T53: 0,94                            |
|                               | s/B=0,75  | T14A:0,95 <sup>2)</sup><br>T3 : 0,94 <sup>1)</sup><br>T14 : 0,95 | T72: 0,93  | T18 : 0,92  |            | T63: 0,87 | T32 : 0,84 <sup>7)</sup><br>T32A:0,85  | T59: 0,81                            | T43: 0,78   |
|                               |           | T4 : 0,89 <sup>1)</sup><br>T15 : 0,86 <sup>1)</sup>              | T73: 0,87  | T81 : 0,91 <sup>5)</sup><br>T28 : 0,8 <sup>4)</sup><br>T19 : 0,87 <sup>3)</sup><br>T19L: 0,90 | T86: 0,87  | T64: 0,84 | T33 : 0,80                             | T60: 0,80                            | T44: 0,76 <sup>8)</sup><br>T54: 0,89                            |
| $v = 0,05 \sqrt{gd}$          | s/B=0,50  | T5 : 0,89  | T74: 0,86  | T29 : 0,81 <sup>4)</sup><br>T20 : 0,83 <sup>5)</sup><br>T82 : 0,82                            | T87: 0,82  | T65: 0,82 | T60A:0,74                              | T45: 0,71                            |   |
|                               |           | T6 : 0,92  | T75: 0,93  | T21 : 0,90 <sup>3)</sup><br>T21L: 0,92  |            | T66: 0,86 | T35 : 0,82                             | T59A:0,82                            | T46: 0,75   |
|                               | s/B=0,875 | T7 : 1,03  | T76: 0,99  | T22 : 0,99  |            | T67: 0,88 | T36 : 0,84                             | T58A:0,76                            | T47: 0,77   |
|                               |           | T8 : 1,17  | T77: 1,16  | T80 : 1,11 <sup>5)</sup><br>T23 : 1,13  | T85: 1,03  | T68: 0,92 | T37 : 0,89                             | T57A:0,83                            | T48: 0,79   |
| $v = 0,10 \sqrt{gd}$          | A/D=0,75  | T9 : 0,96  | T78: 0,94  | T24 : 0,96  |            | T69: 0,94 | T38 : 0,93                             | T49: 0,89                            |   |
|                               | A/D=0,00  | T10 : 0,80   | T78A:0,82  | T83 : 0,86 <sup>5)</sup><br>T25 : 0,84<br>T25H: 0,824   | T88: 0,83  | T69A:0,81 | T39 : 0,81<br>T39A: 0,84 <sup>6)</sup> | T50: 0,78                            | T55: 0,93 <sup>9)</sup><br>T51: 0,79<br>T56: 0,87 <sup>9)</sup> |
|                               |           | A/D=0,25   | T11 : 0,89 | T78E:0,89   | T26 : 0,88 |           | T69B:0,86                              | T40 : 0,83                           |   |

1) Ruwheid dam op schaal  
 2) Uitstroming ged. afgesloten  
 3) Verdubbelde uitstroombengte  
 4) Halve geul  
 5) Weerstand d.m.v. staafjes  
 6)  $v=0,05 \sqrt{gd}$   
 7) Breedere kruin  
 8) Sluitgat met "M600-tafeltjes"  
 9) "M600-tafeltje" met S/B=0,875



DOORSNEDE



AFVOER SLUITGAT :

$$Q_s = \mu (hr + D - A) \cdot (2B - 2a) \sqrt{2g(H_l - hr)}$$

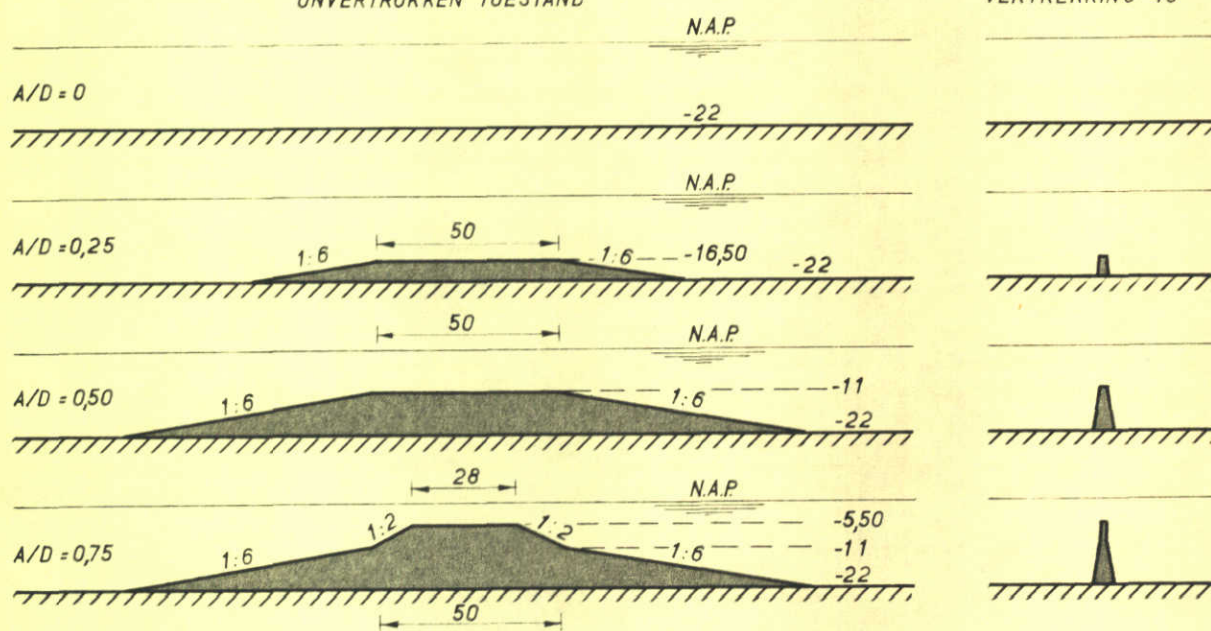
$Q_s$  : GEMETEN DEBIET

$\mu$  : AFVOERKOEFFICIËNT

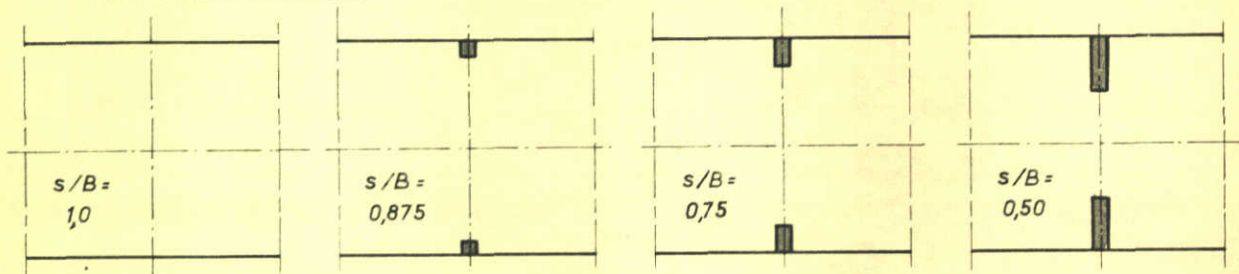
SCHEMA SLUITGAT

ONVERTROKKEN TOESTAND

VERTREKKING 40



SCHEMA DAMPROFIELEN



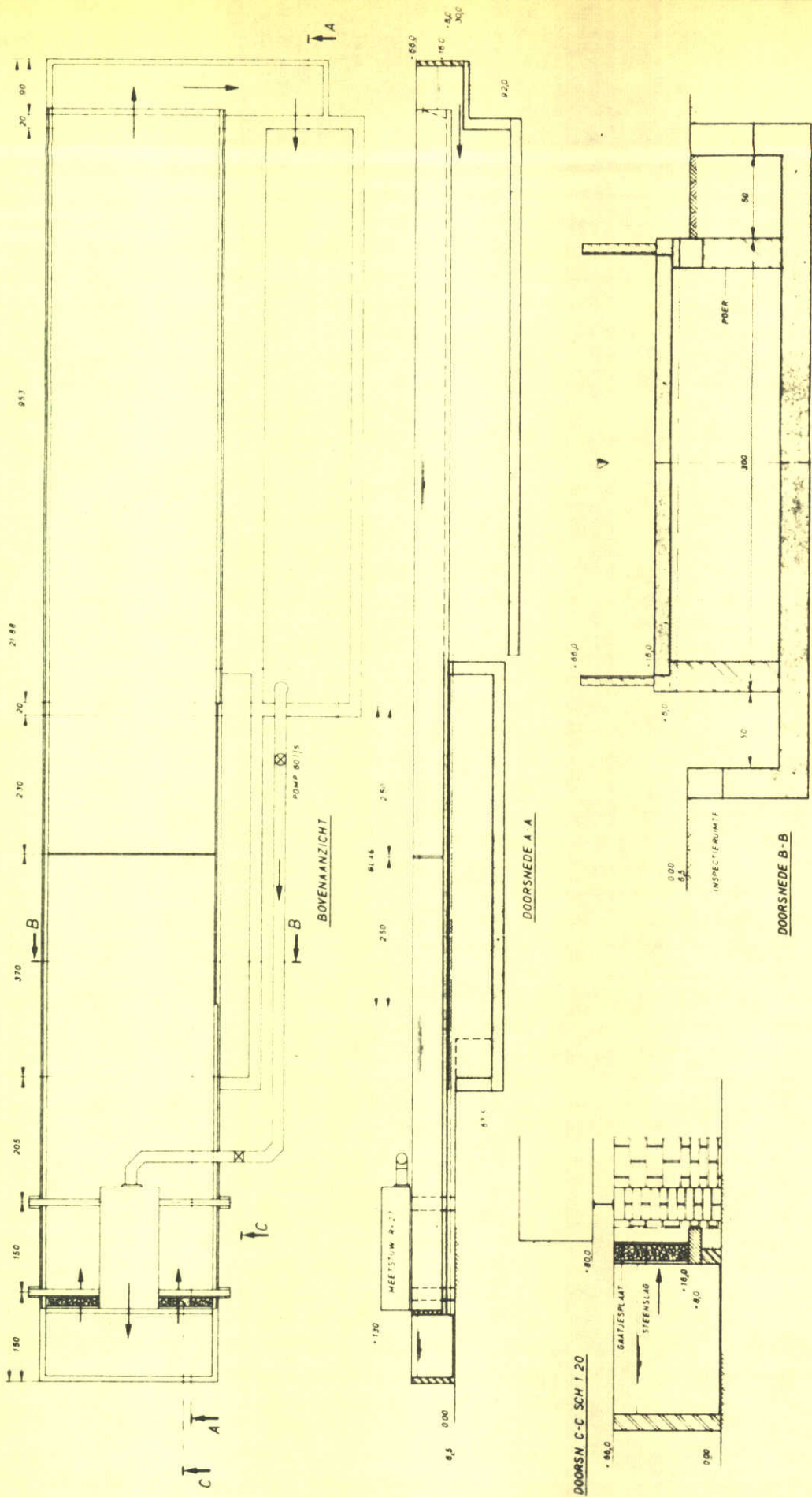
SCHEMA LANDHOOFDEN

SLUITGATEN IN VERTROKKEN MODELLEN  
SCHEMATISATIE PROTOTYPEGEGEVENS

R.R.

A4





OVERZICHT STROOMGOOT

MATEN IN cm

R.R.

SCHAAL 1:200

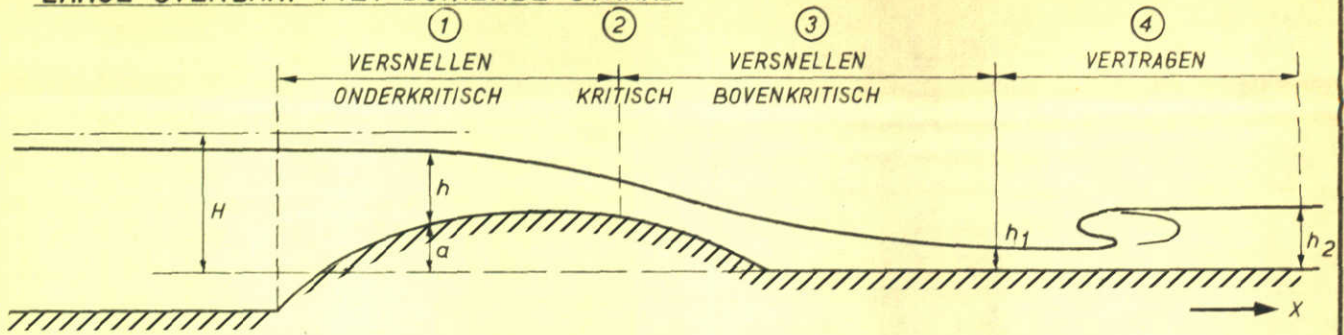
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

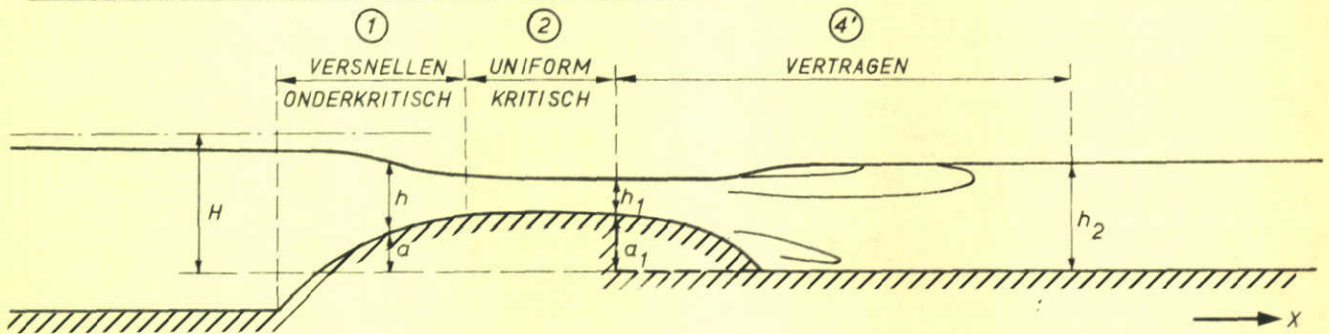
M. 731 - 1056

FIG. 2

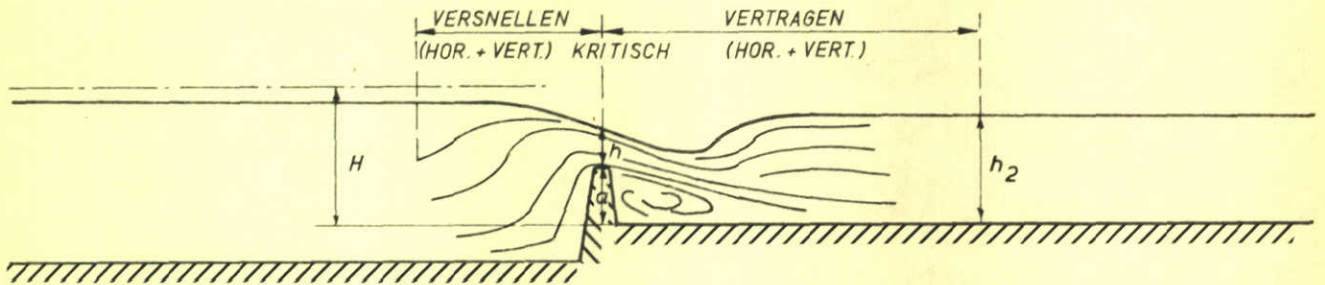
**LANGE OVERLAAT MET DUIKENDE STRAAL**



**LANGE OVERLAAT MET LOSLATENDE STRAAL**



**KORTE OVERLAAT (VERTIKALE VERSNELLINGEN)**



① :  $\frac{dh}{dx} = \frac{-da}{1 - Fr}$

② :  $h = \frac{2}{3} (H - a)$

③ :  $h = \frac{H - a}{1 + \frac{1}{2} Fr}$

④ :  $\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 Fr_1} - 1 \right]$

④' :  $\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^3 - \left[\left(\frac{h_1 + a_1}{h_1}\right)^2 + 2 Fr_1\right] \left(\frac{h_2}{h_1}\right) + 2 Fr_1 = 0$

$Fr = \frac{q^2}{gh^3}$

$Fr_1 = \frac{q^2}{gh_1^3}$

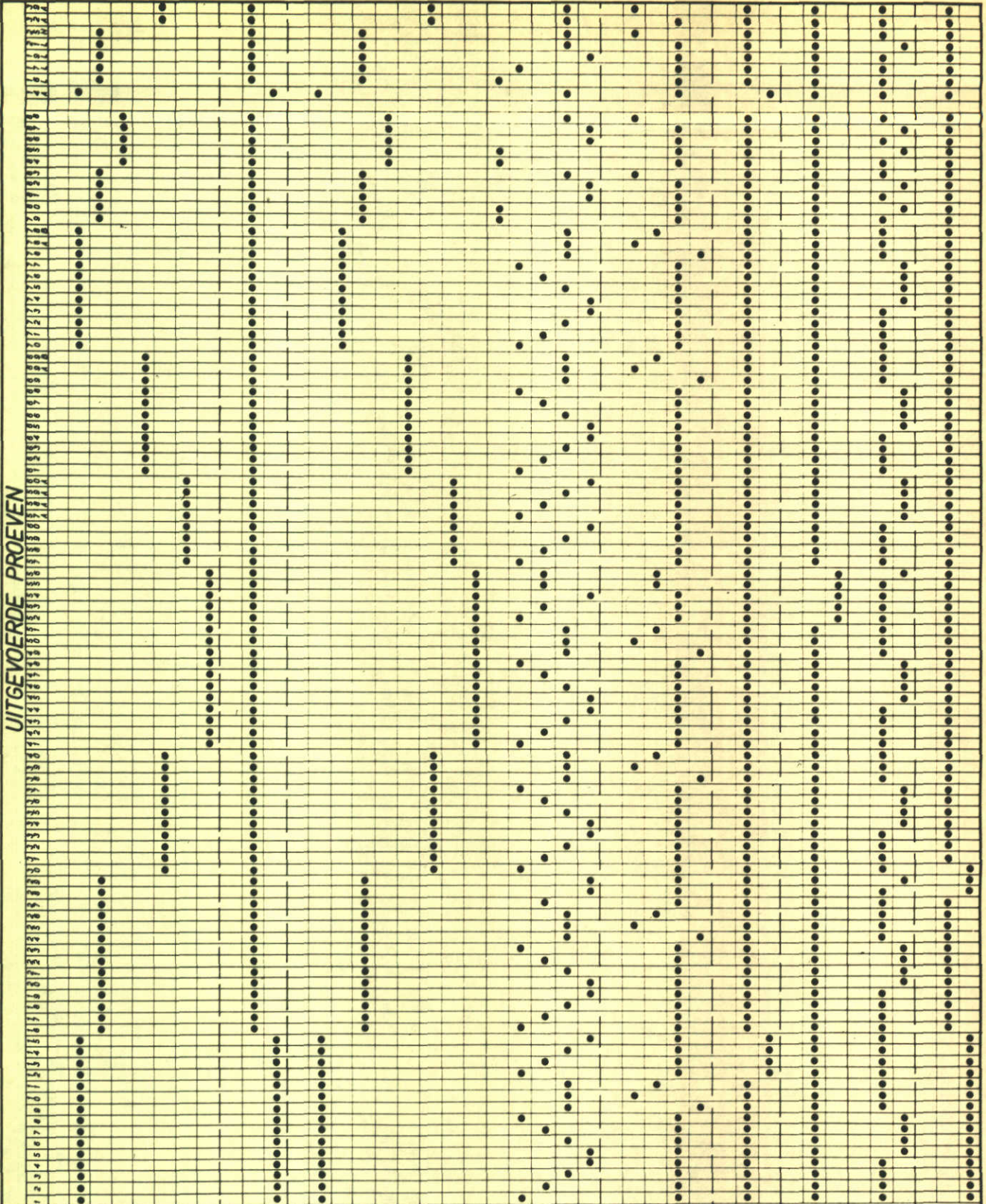
q : AFVOER PER EENHEID VAN BREEDTE  
g : VERSNELLING VAN DE ZWAARTEKRACHT

KLASSIFIKATIE OVERLATEN

R.R.

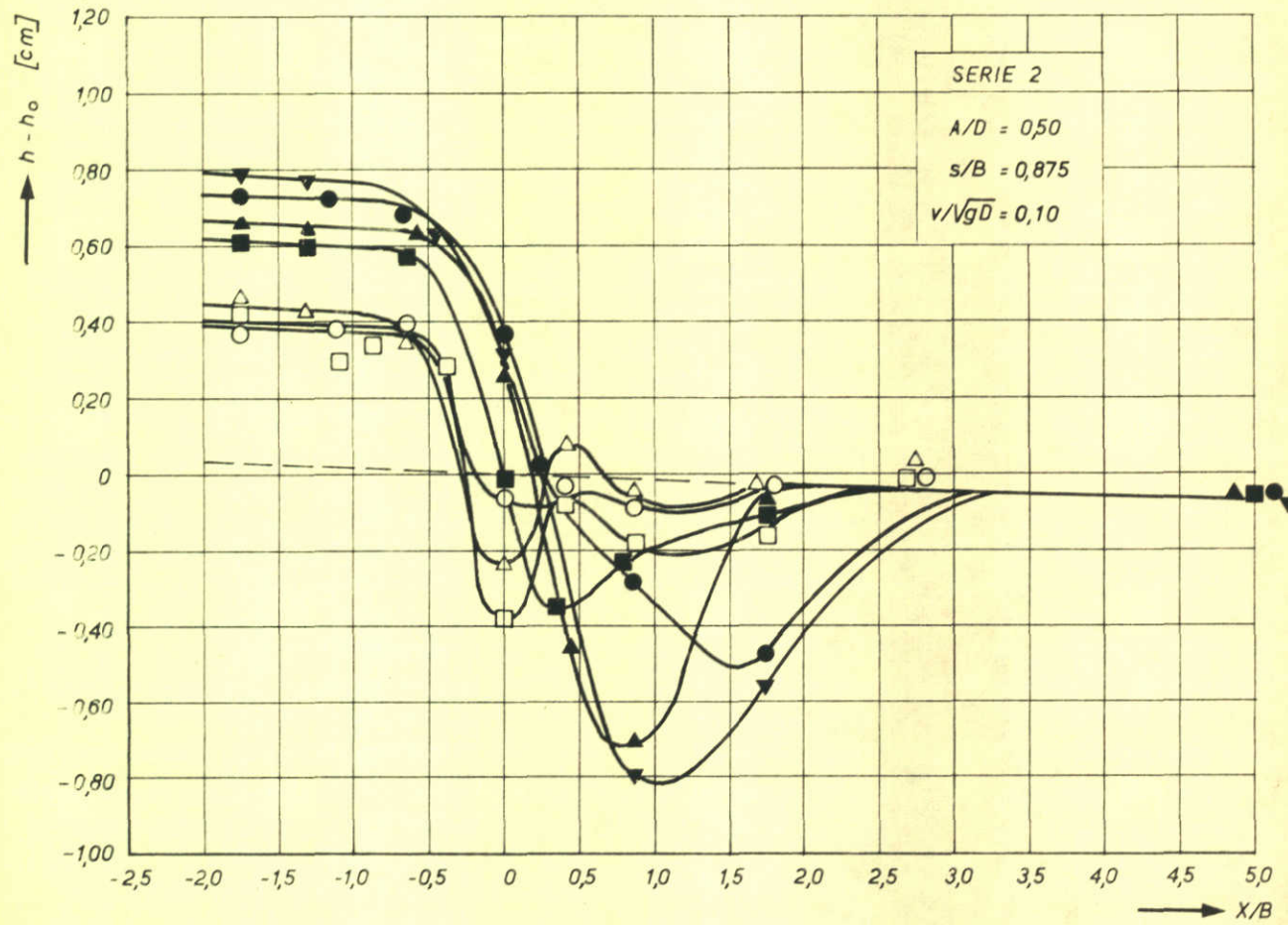
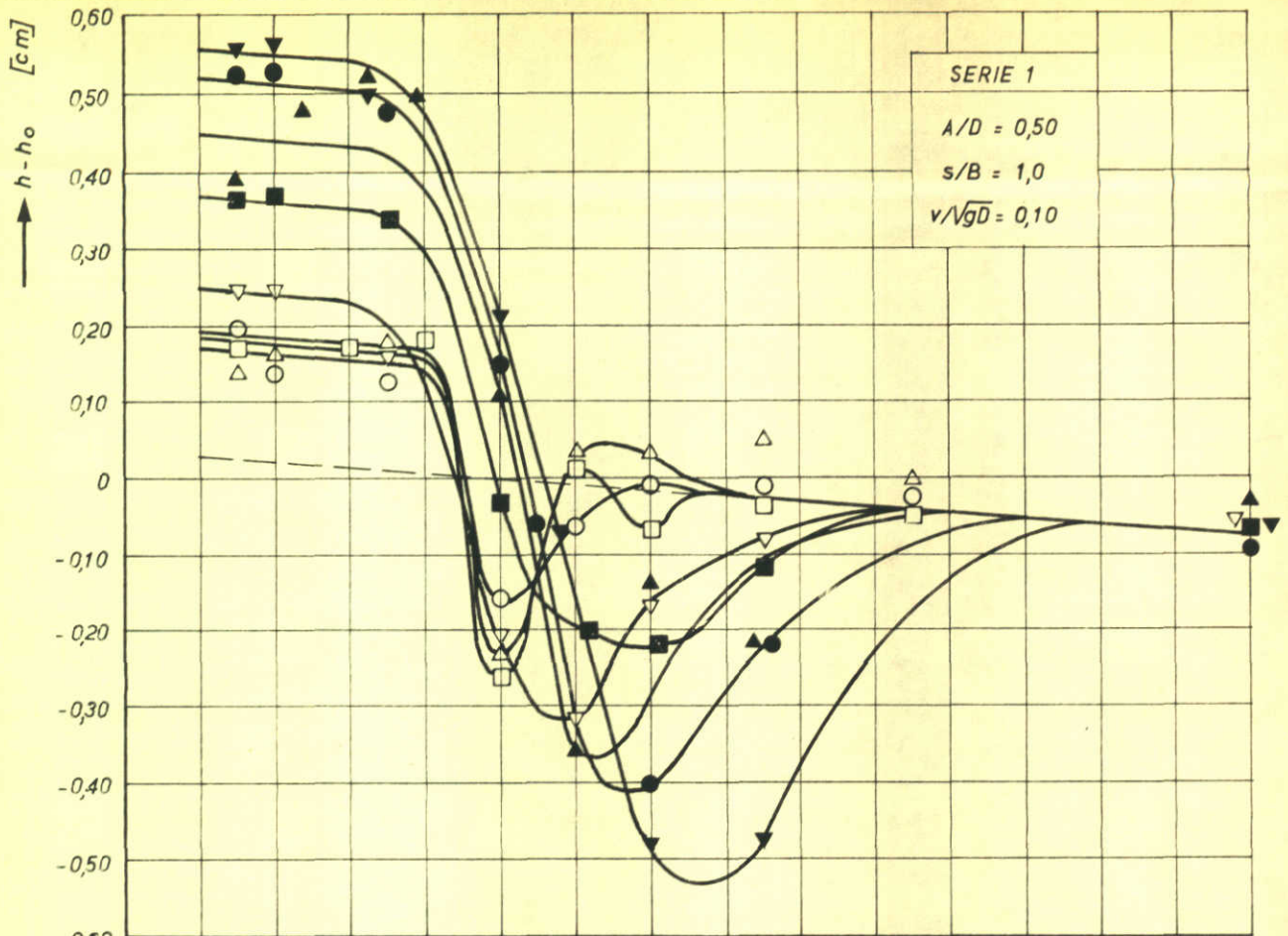
A4

UITGEVOERDE PROEVEN



|   |
|---|
| <b>GEGEVENS</b>   |
| <u>HOR. SCHAAL</u><br>$n_l = 200$<br>400<br>700<br>1000<br>1600<br>2800<br>4000 |
| <u>VERT. SCHAAL</u><br>$n_d = 100$<br>200                                       |
| <u>VERTREKKING</u><br>$\delta = 1$<br>2<br>4<br>7<br>10<br>16<br>28<br>40       |
| <u>SLUITGATBREEDTE</u><br>$s/B = 1.0$<br>0.875<br>0.75<br>0.50                  |
| <u>DAMHOOGTE</u><br>$A/D = 0$<br>0.25<br>0.50<br>0.75                           |
| <u>RUIWHEID DAM</u><br>GLAD<br>OP SCHAAL  |
| <u>TYPE SLUITGAT</u><br>STANDAARD<br>TYPE M.600                                 |
| <u>SNELHEID IN GEUL</u><br>$v/V_{gd} = 0.10$<br>$v/V_{gd} = 0.05$               |
| <u>SNELHEID IN GEUL</u><br>HELE GEUL<br>HALVE GEUL                              |

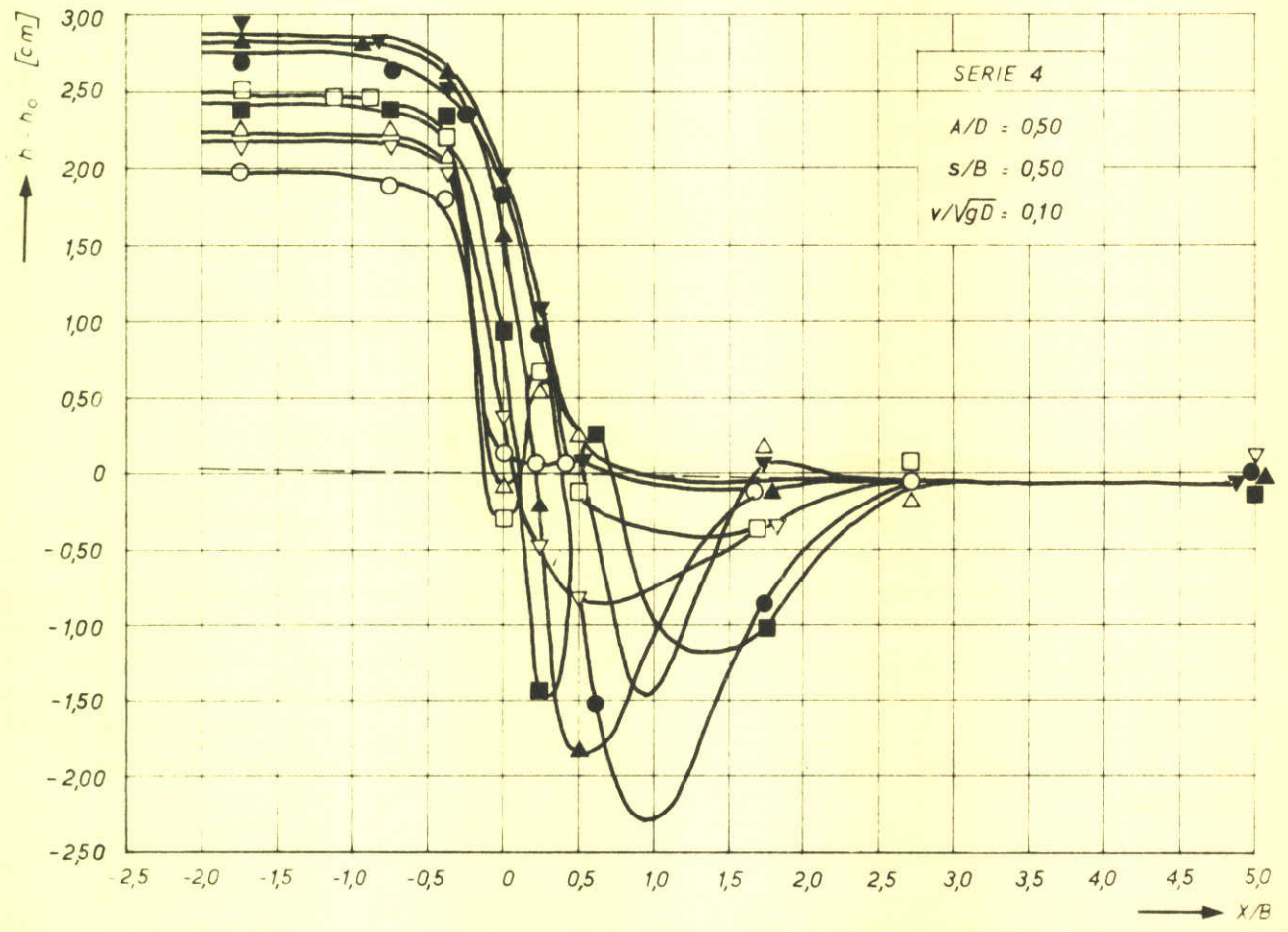
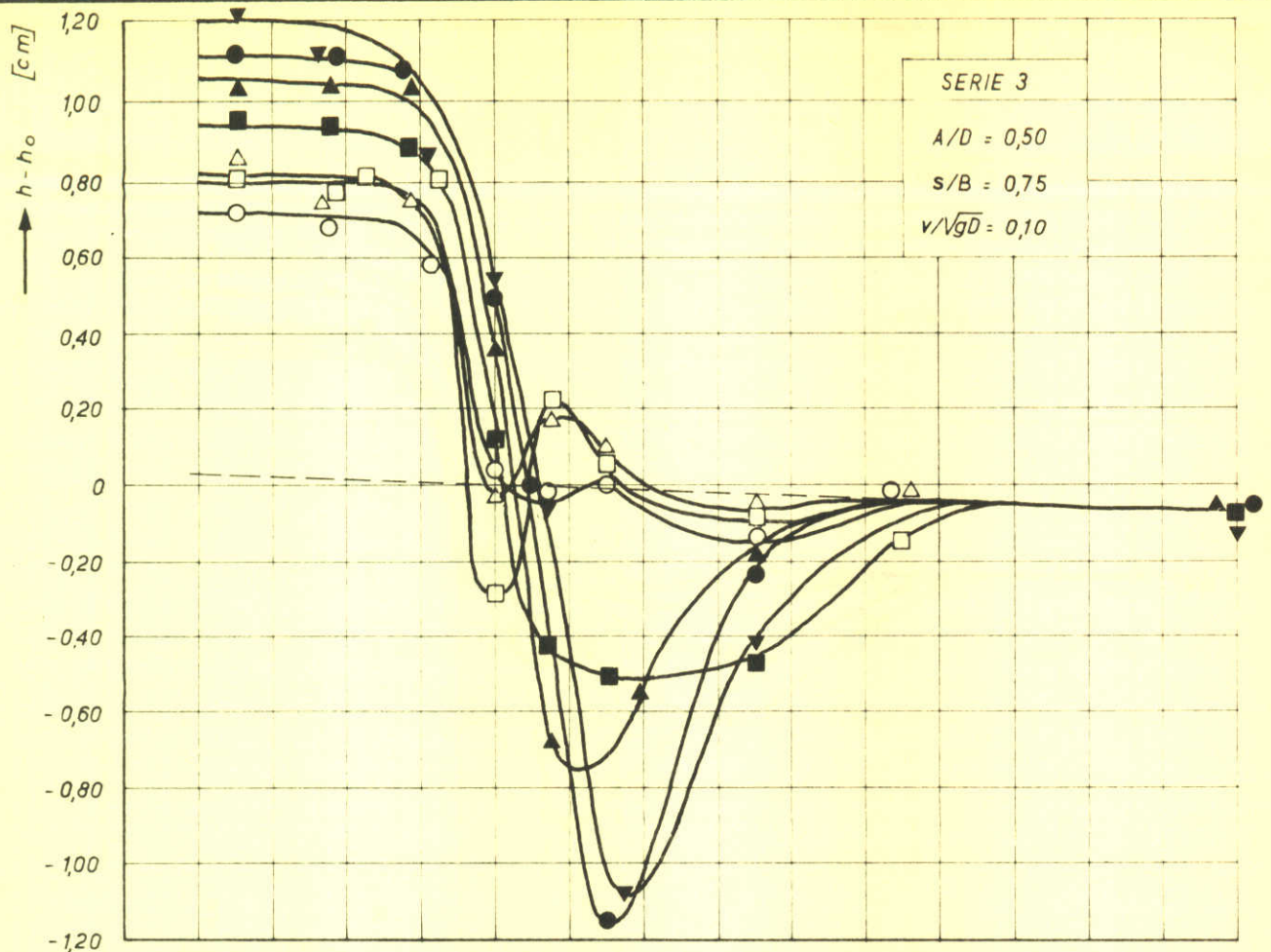
MEETPROGRAMMA



GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
 PROEVEN BIJ DIVERSE SCHALEN, SERIES 1 EN 2

|    |                    |
|----|--------------------|
| □△ | 200/200, 200/100   |
| ○▽ | 400/100, 700/100   |
| ■▲ | 1000/100, 1600/100 |
| ●▼ | 2800/100, 4000/100 |

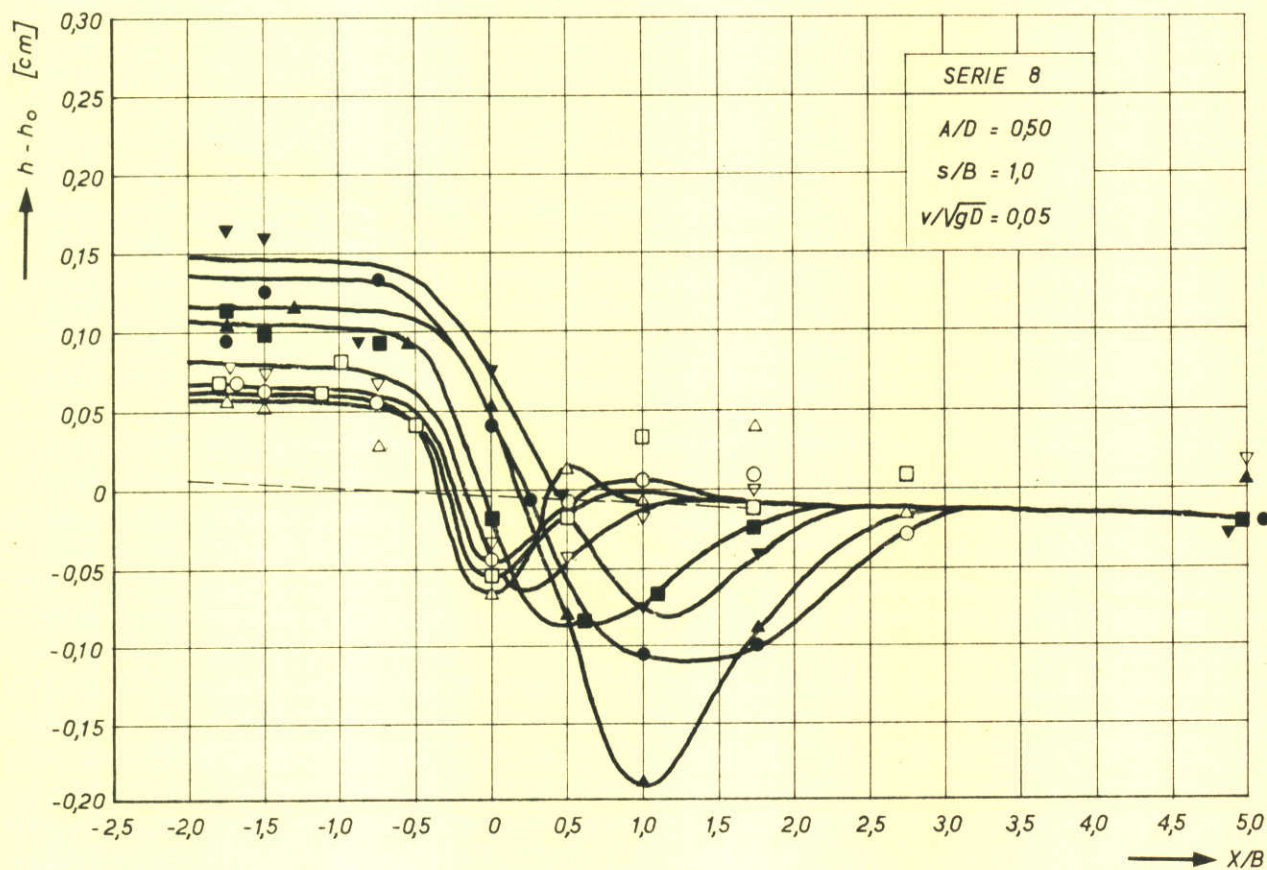
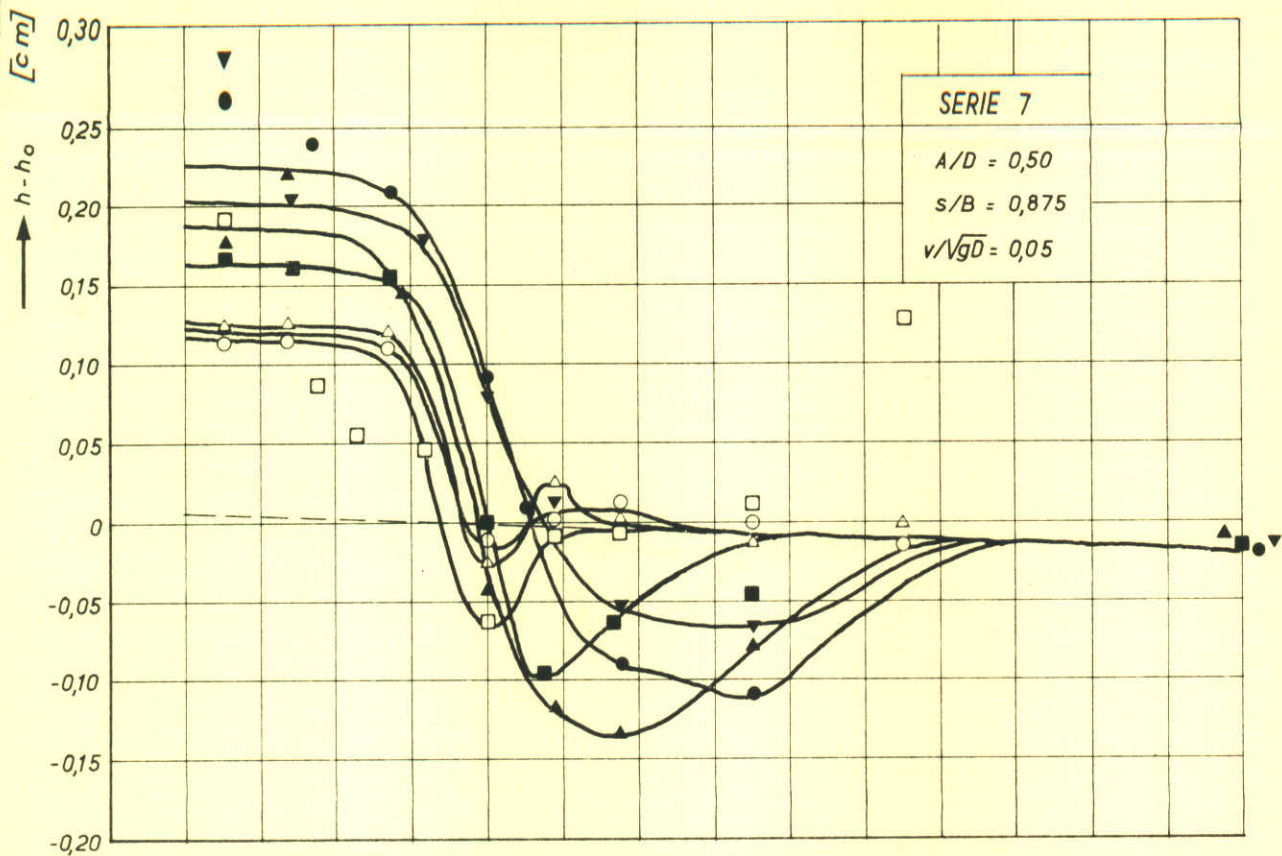
R.R.  
 A4



GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
 PROEVEN BIJ DIVERSE SCHALEN, SERIES 3 EN 4

- △ 200/200, 200/100
- ▽ 400/100, 700/100
- ▲ 1000/100, 1600/100
- ▼ 2800/100, 4000/100

R.R.  
 A4

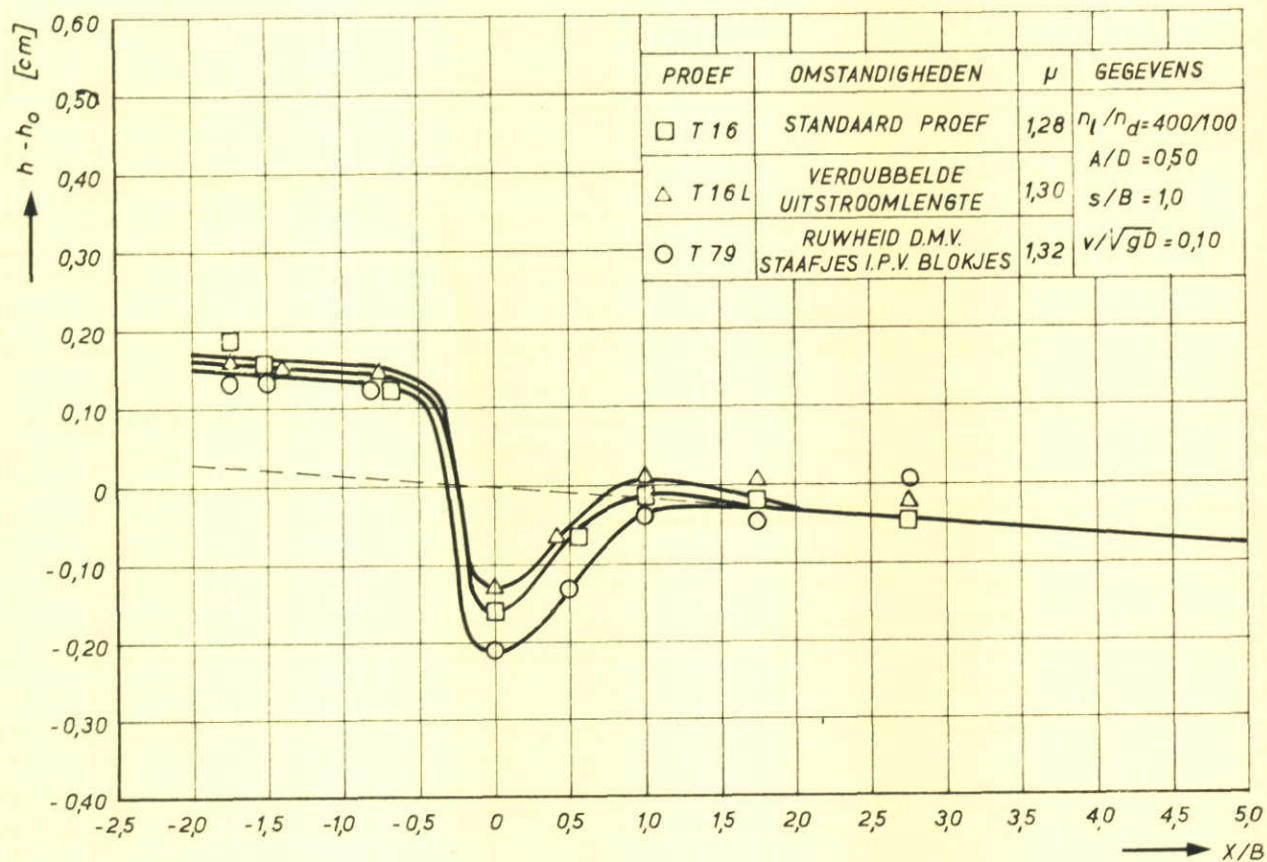
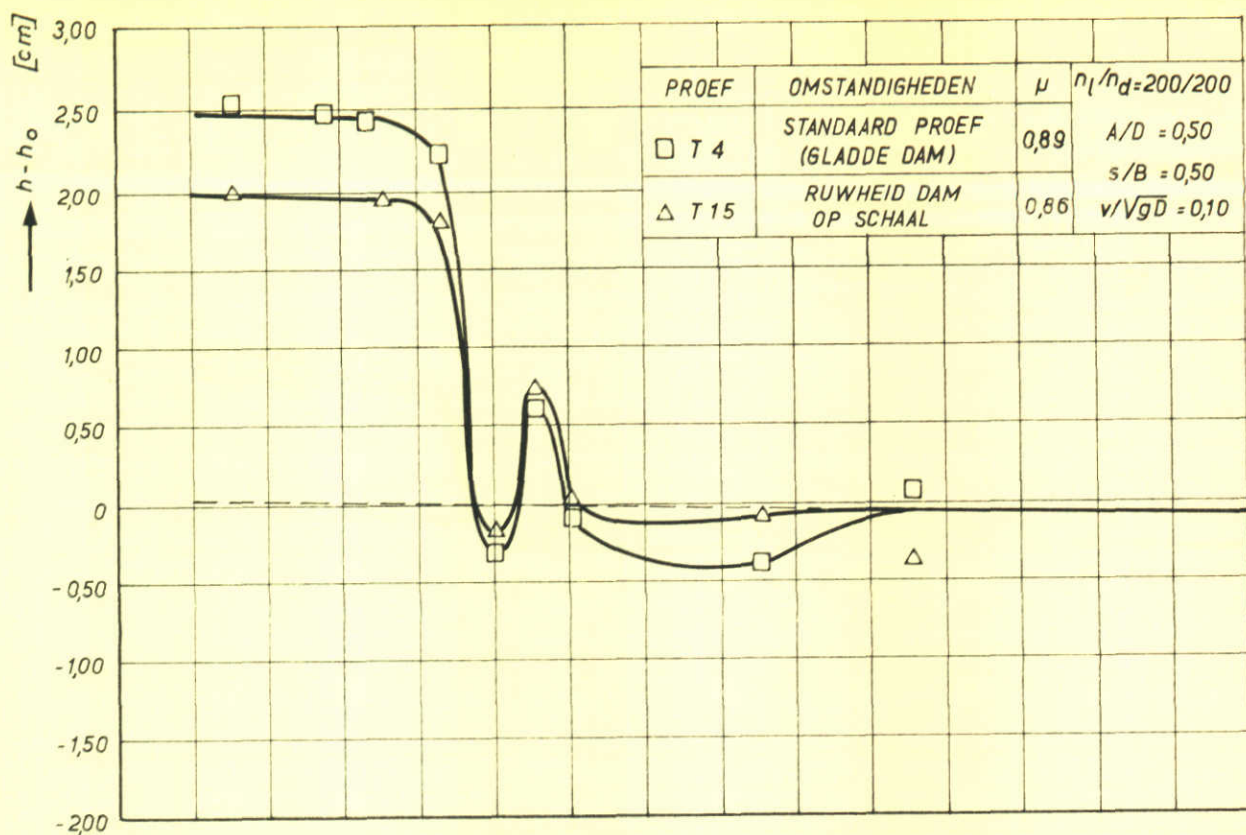


GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
 PROEVEN BIJ DIVERSE SCHALEN, SERIES 7 EN 8

- △ 200/200, 200/100
- ▽ 400/100, 700/100
- ▲ 1000/100, 1600/100
- ▼ 2800/100, 4000/100

R.R.

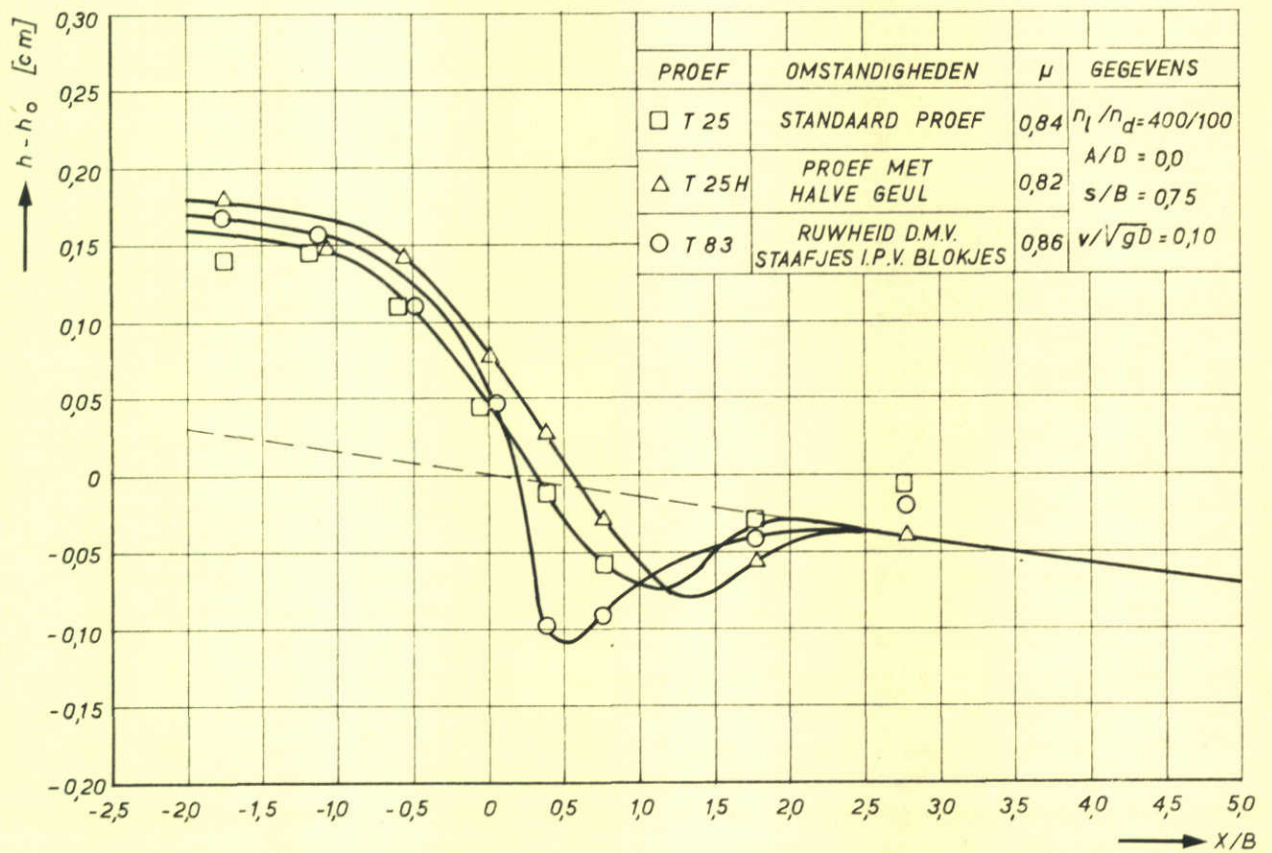
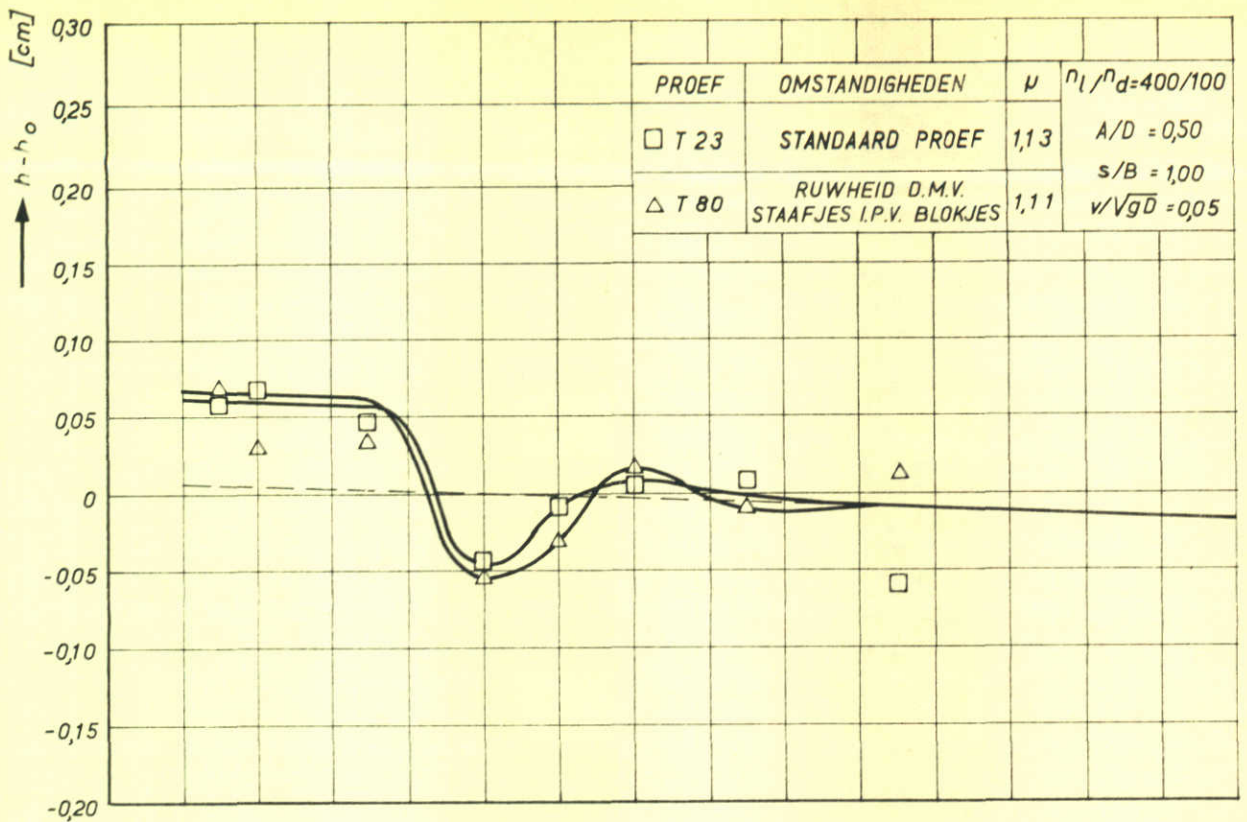
A4



GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
 PROEVEN BIJ DIVERSE OMSTANDIGHEDEN

R.R.

A4

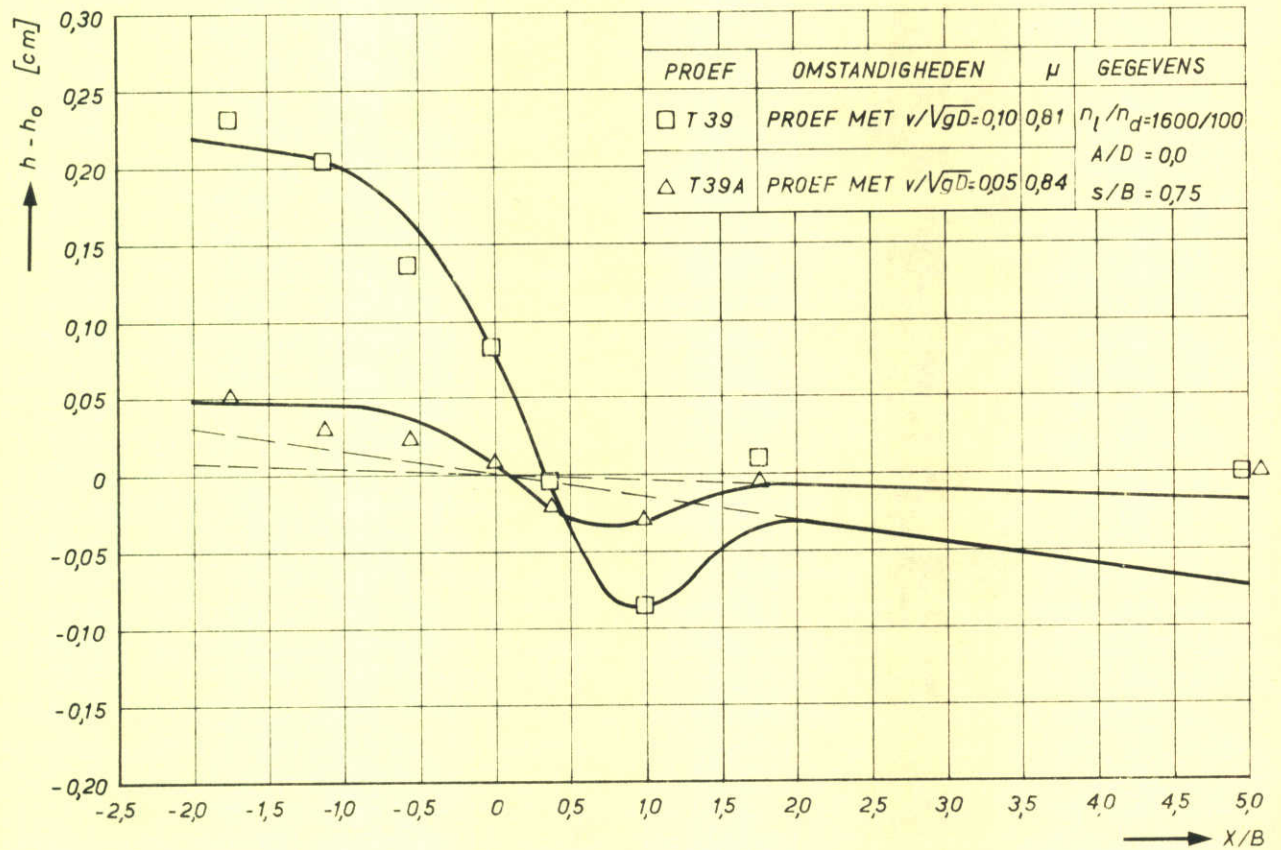
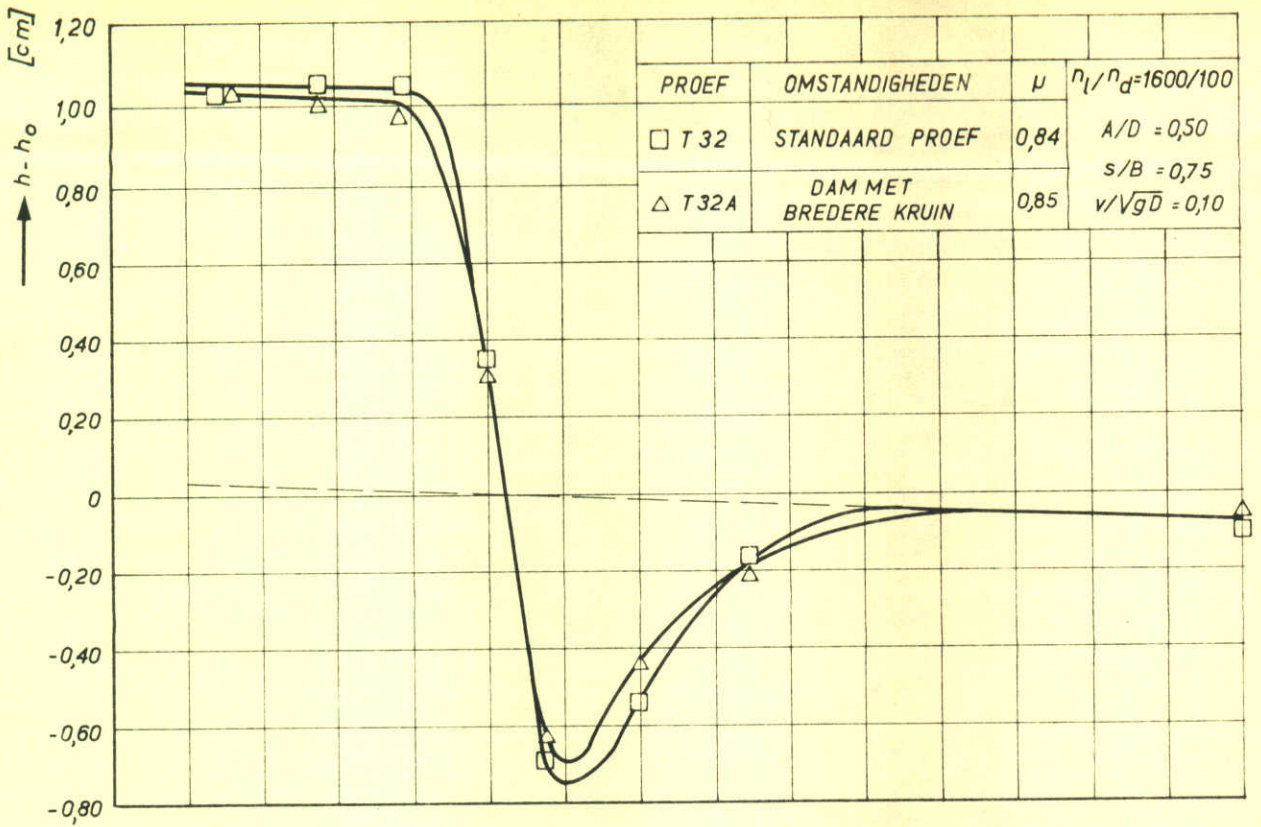


GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
 PROEVEN BIJ DIVERSE OMSTANDIGHEDEN

R.R.

A4

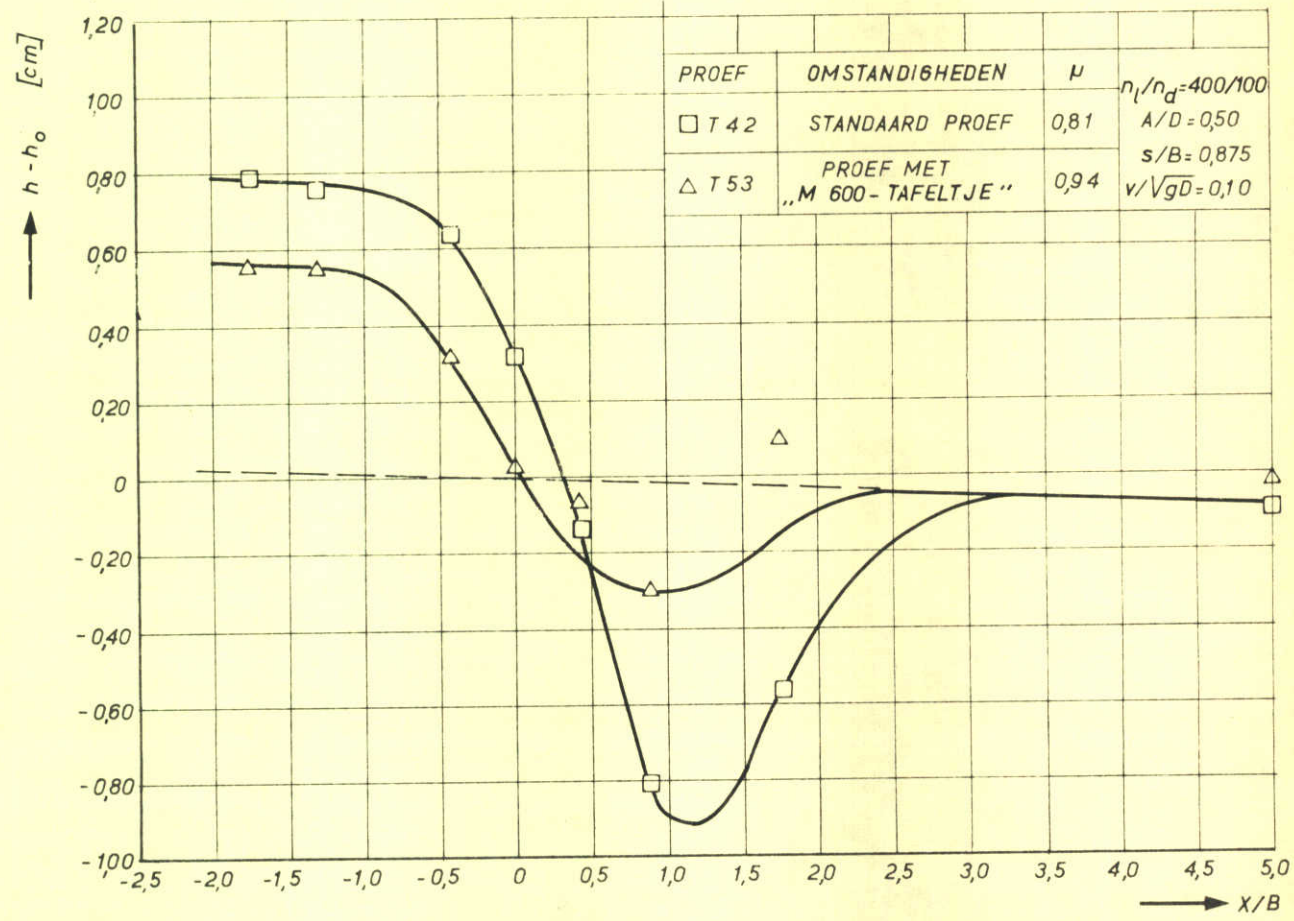
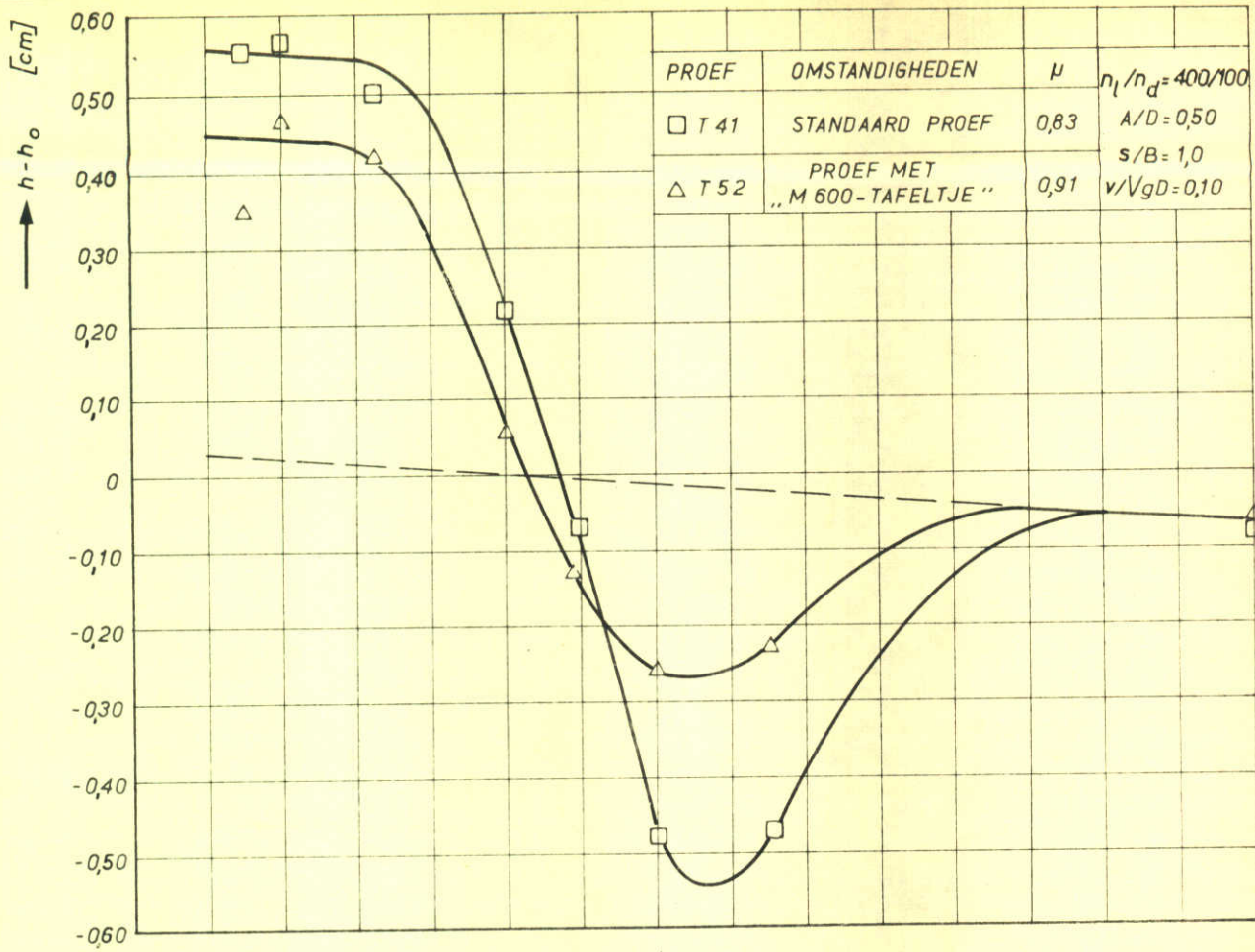




GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
PROEVEN BIJ DIVERSE OMSTANDIGHEDEN

R.R.

A4



GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
 PROEVEN BIJ DIVERSE OMSTANDIGHEDEN

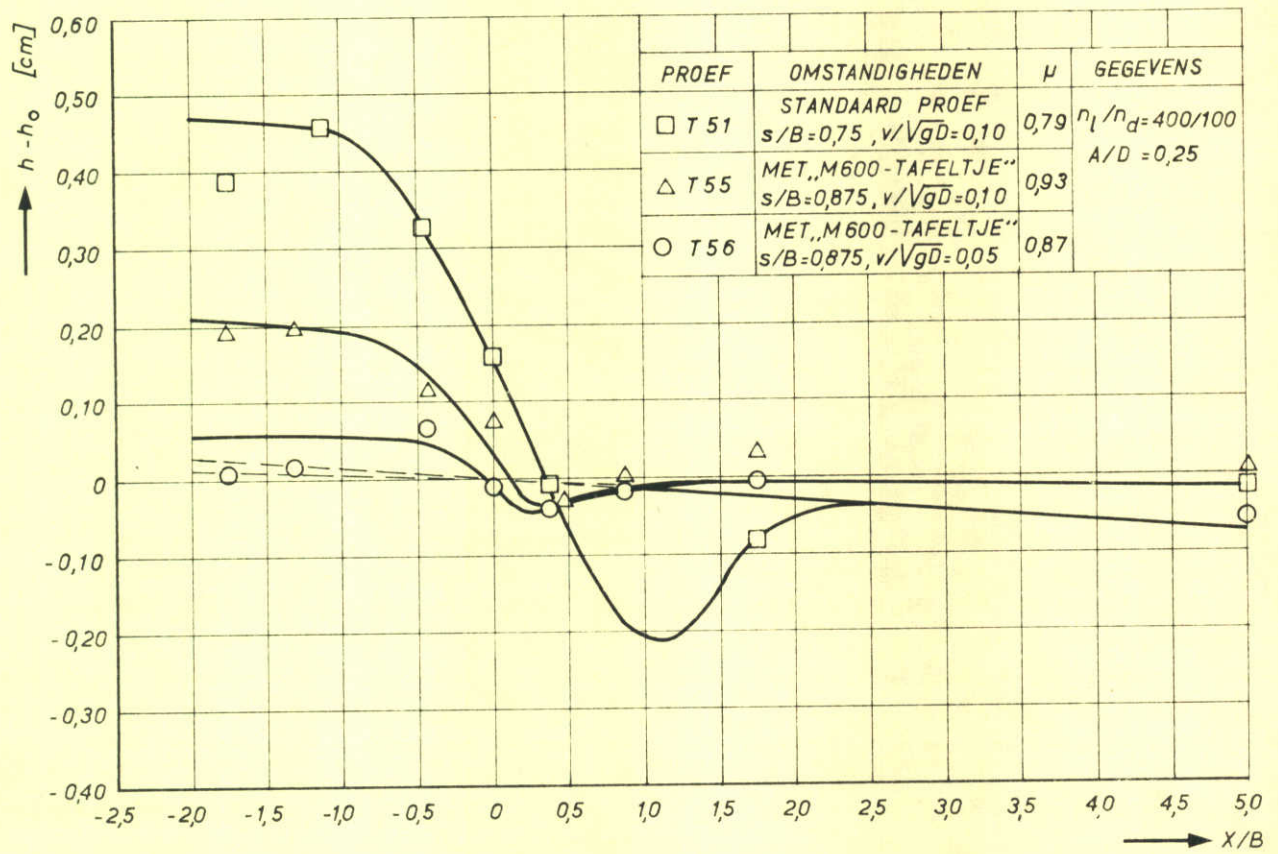
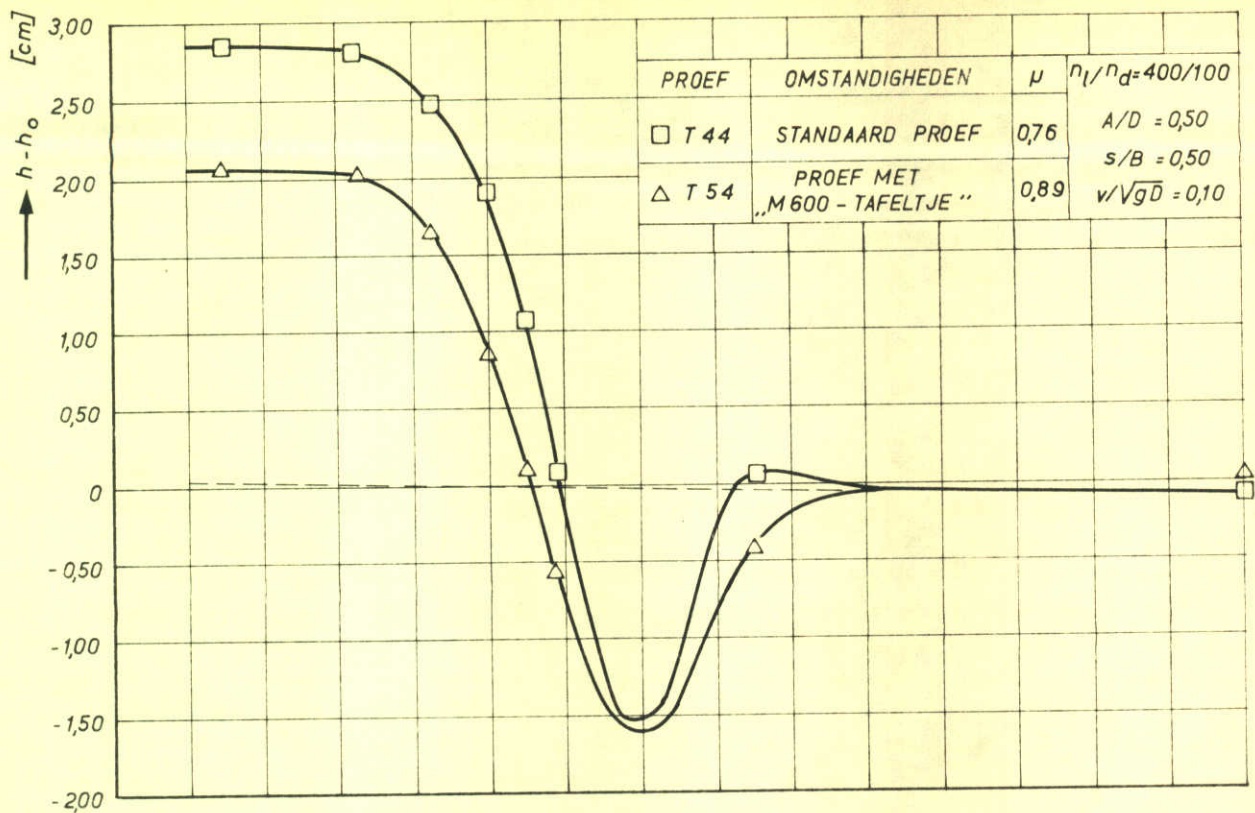
R.R.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1055

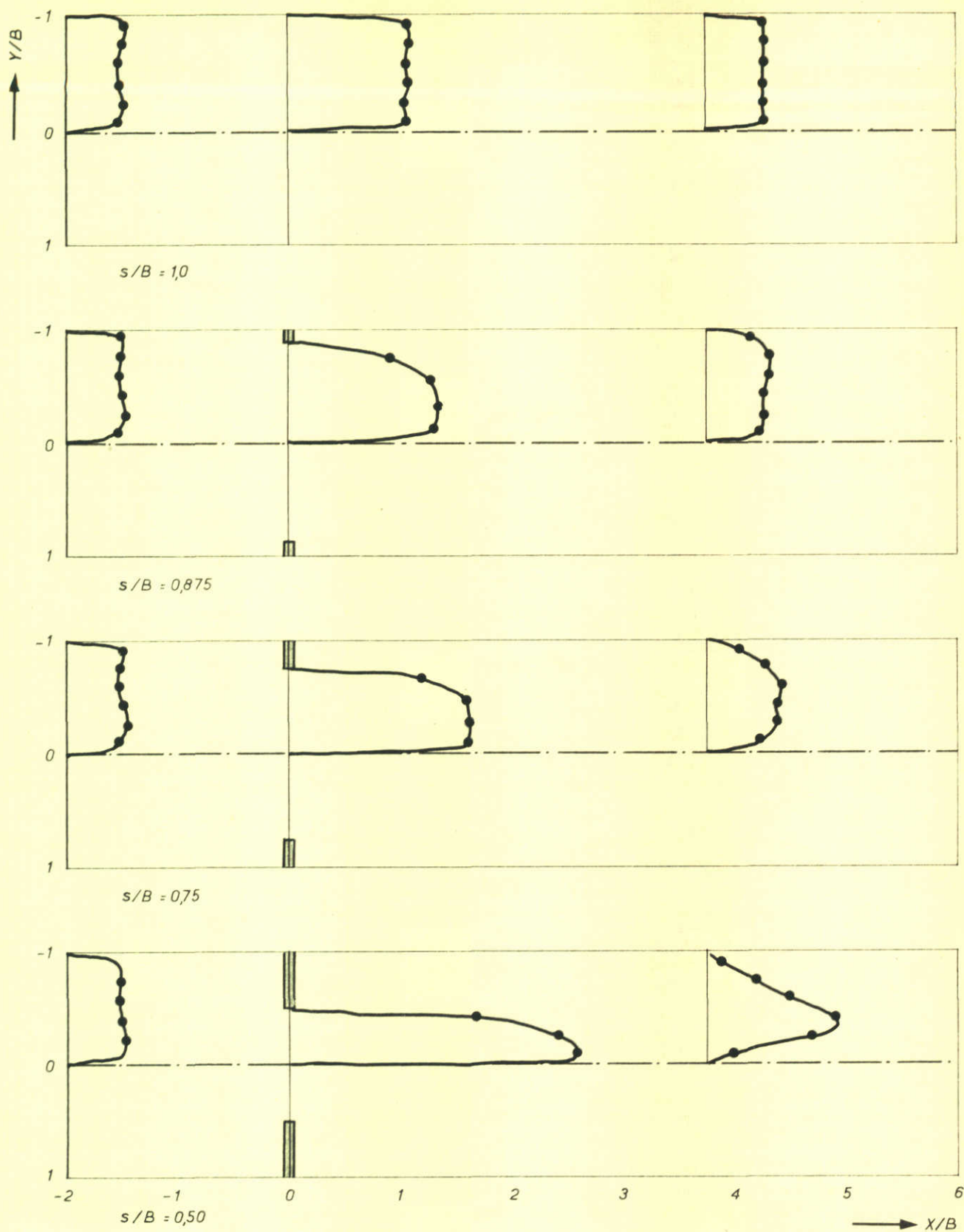
FIG. 17



GEMETEN WATERHOOGTEN IN AS SLUITGAT  
PROEVEN BIJ DIVERSE OMSTANDIGHEDEN

R.R.

A4



HOR. STROOMBEELD BIJ VARIATIE SLUITGATBREEDTE  
 PROEVEN SCHAAAL 200/200 HALVE GEUL

R.R.

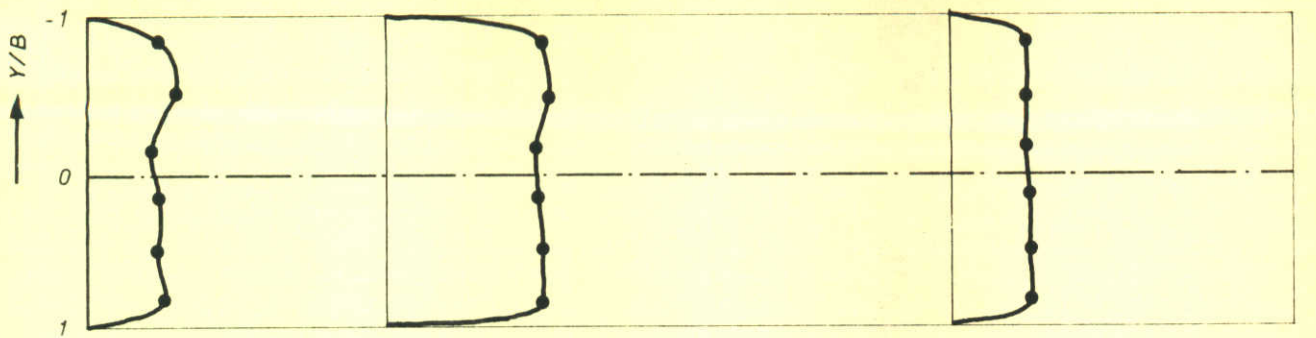
$\lambda/D = 0,50$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

A4

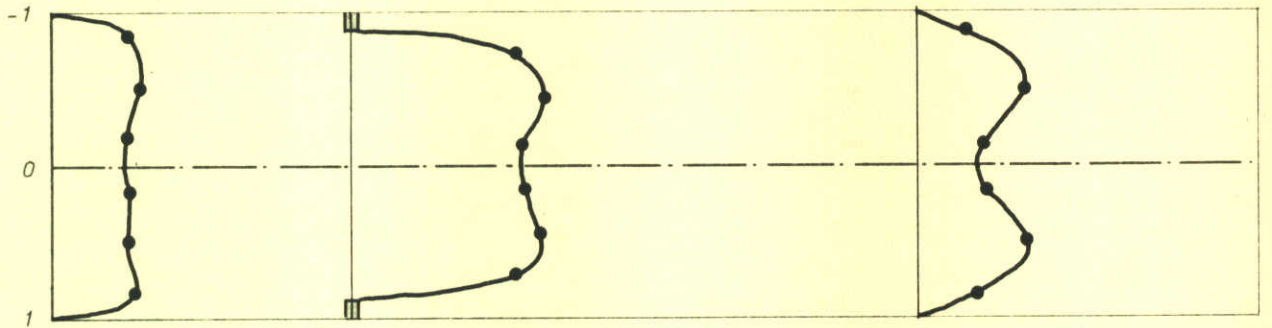
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1064

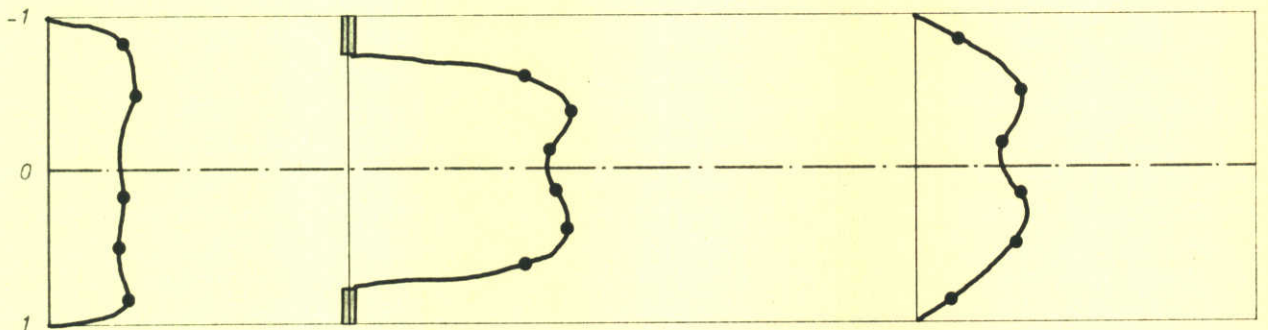
FIG. 19



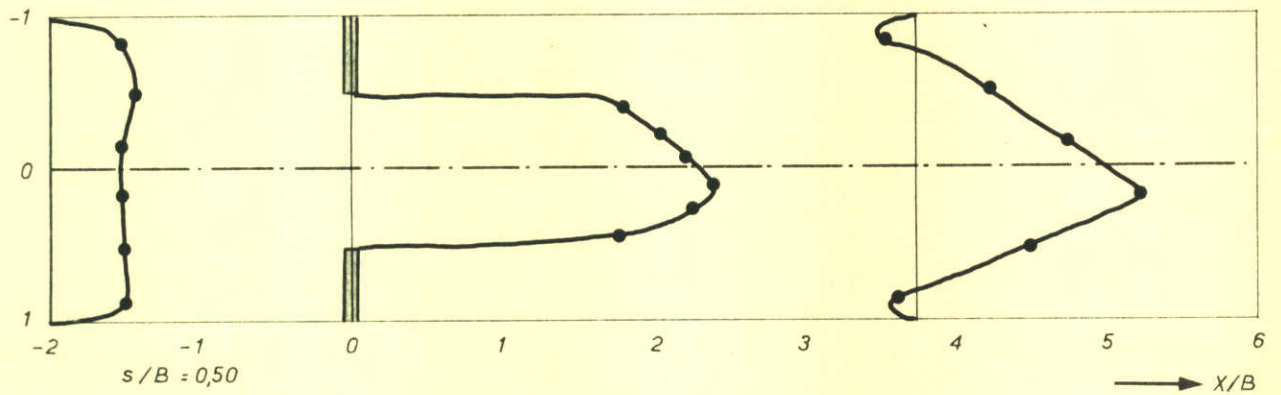
$s/B = 1,0$



$s/B = 0,875$



$s/B = 0,75$



$s/B = 0,50$

$X/B$

HOR. STROOMBEELD BIJ VARIATIE SLUITGATBREEDTE  
 PROEVEN SCHAAI 400/100

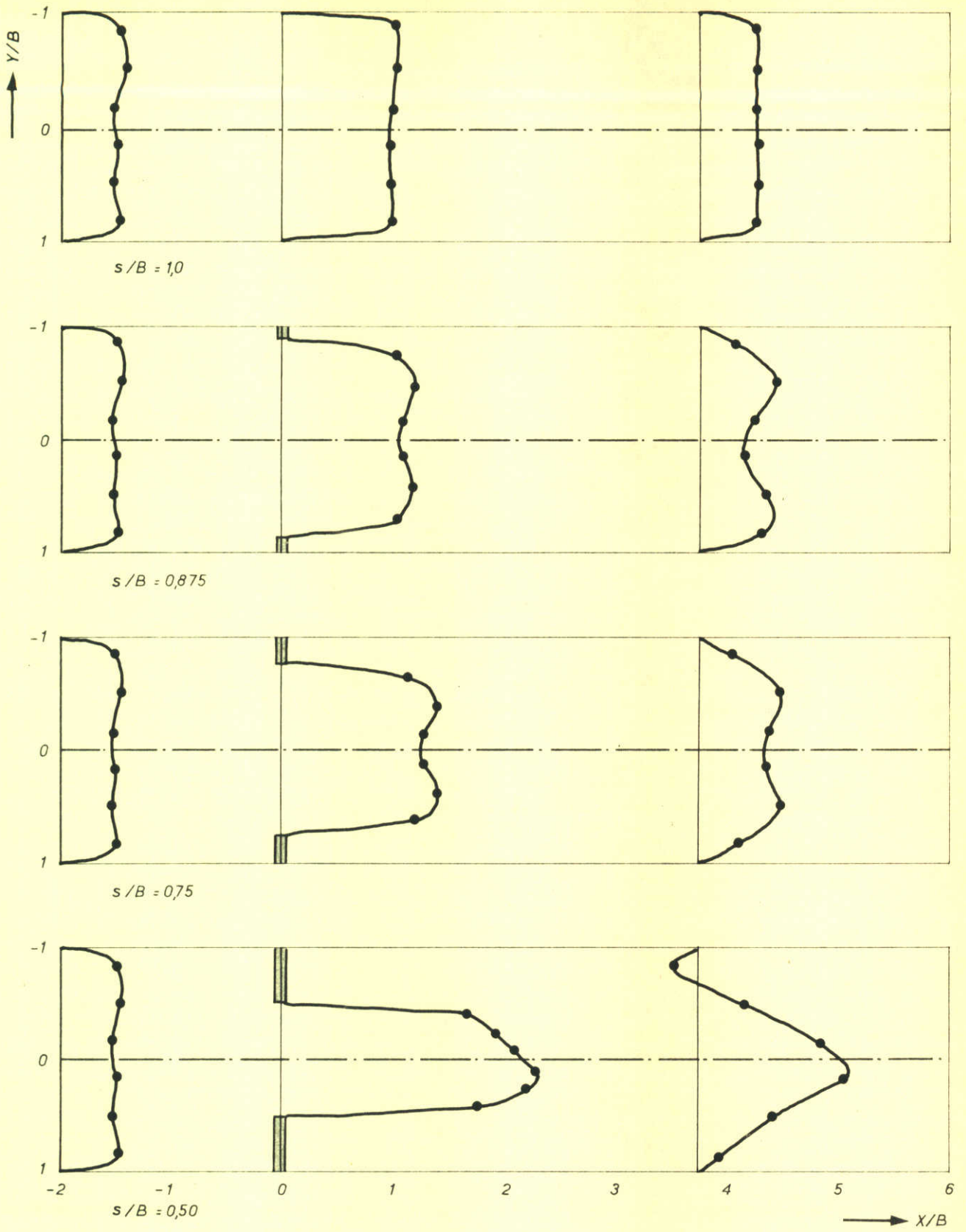
R.R.

$A/D = 0,50$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1063 FIG. 20



HOR. STROOMBEELD BIJ VARIATIE SLUITGATBREEDTE  
 PROEVEN SCHAAAL 400/100

R.R.

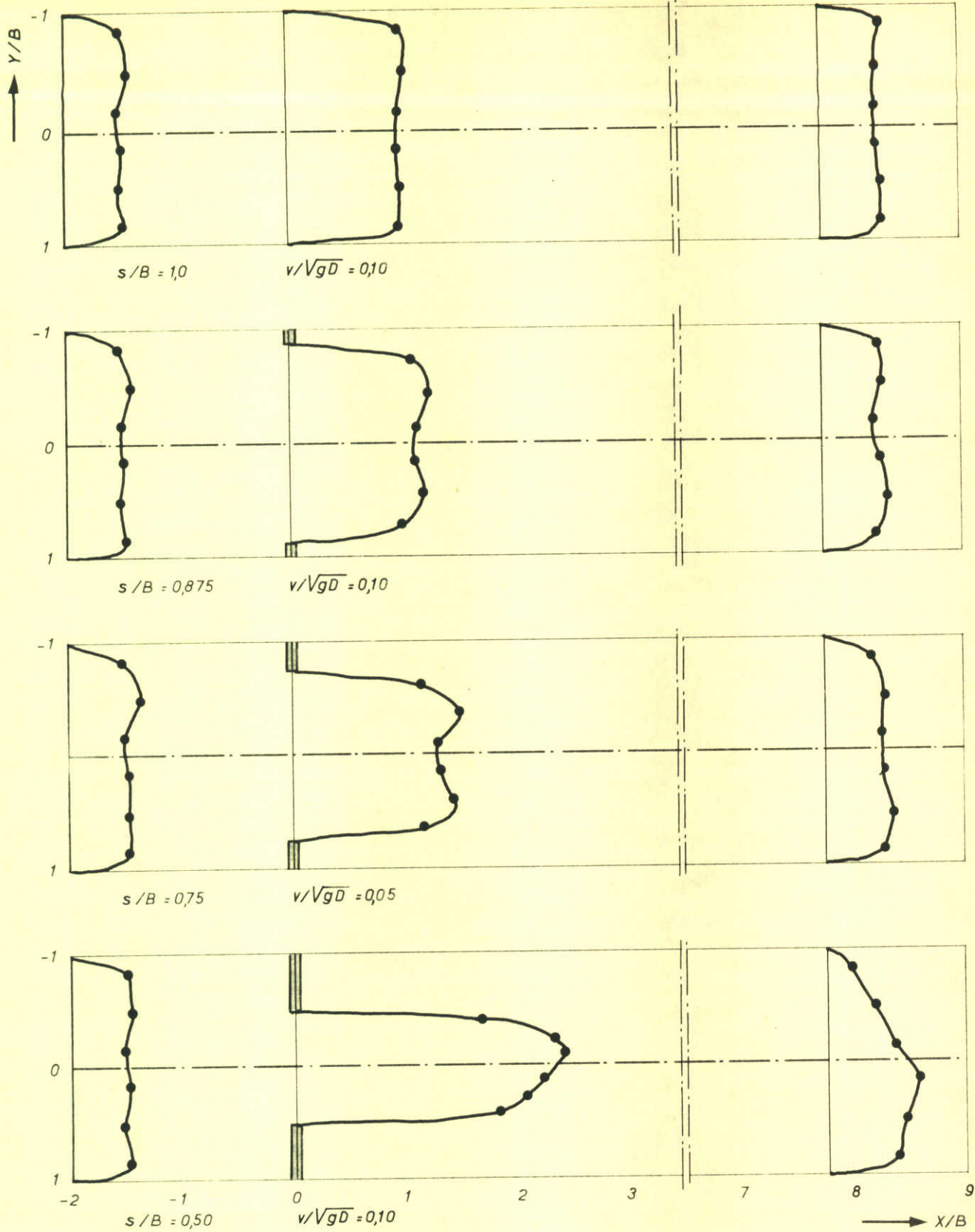
$A/D = 0,50$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,05$

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1062

FIG. 21



HOR. STROOMBEELD BIJ VARIATIE SLUITGATBREEDTE  
 SCHAAL 400/100 VERDUBBELDE UITSTROOMLENGTE

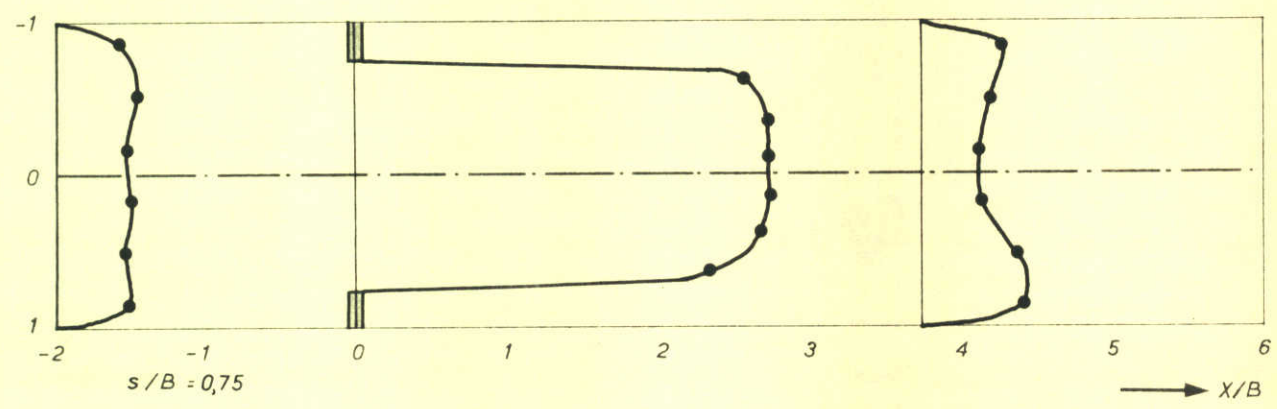
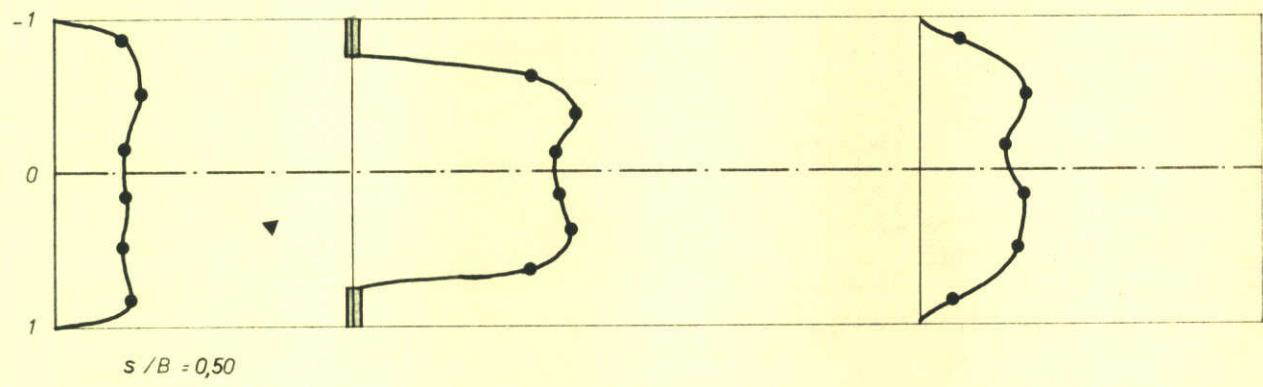
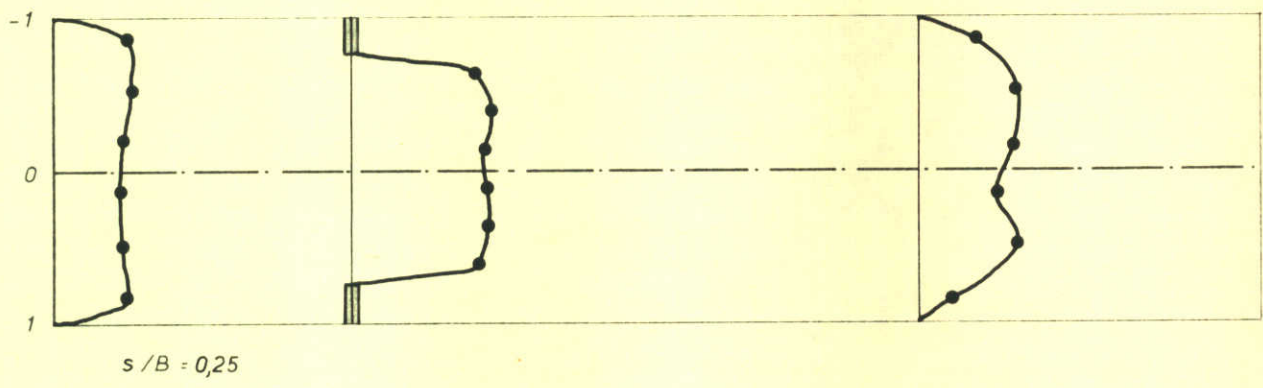
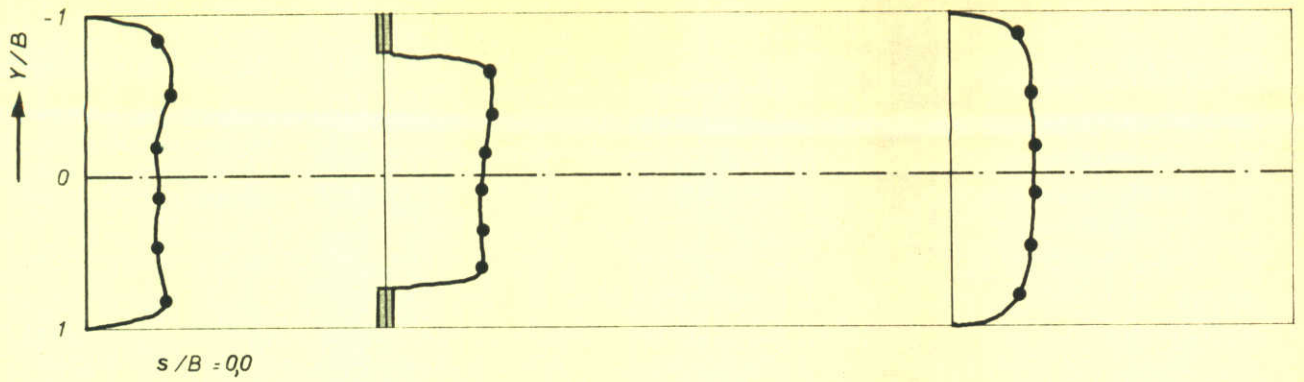
R.R.

$\lambda/D = 0,50$

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1061 FIG.22



HOR. STROOMBEELD BIJ VARIATIE SLUITGATBREEDTE  
 PROEVEN SCHAAL 400/100

R.R.

$s/B = 0,75$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

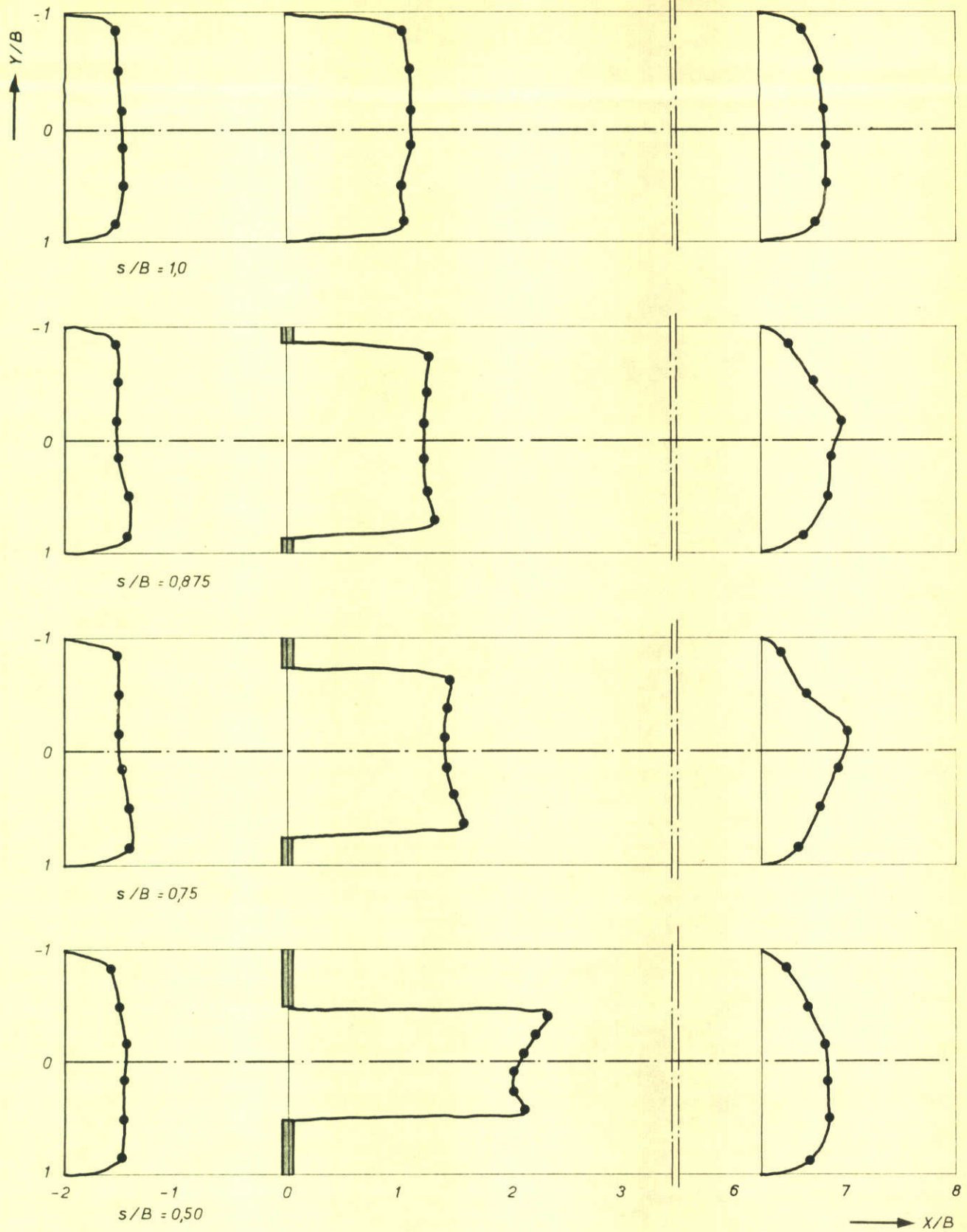
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1060

FIG. 23





HOR. STROOMBEELD BIJ VARIATIE SLUITGATBREEDTE  
 PROEVEN SCHAAL 400/100

$A/D = 0,50$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

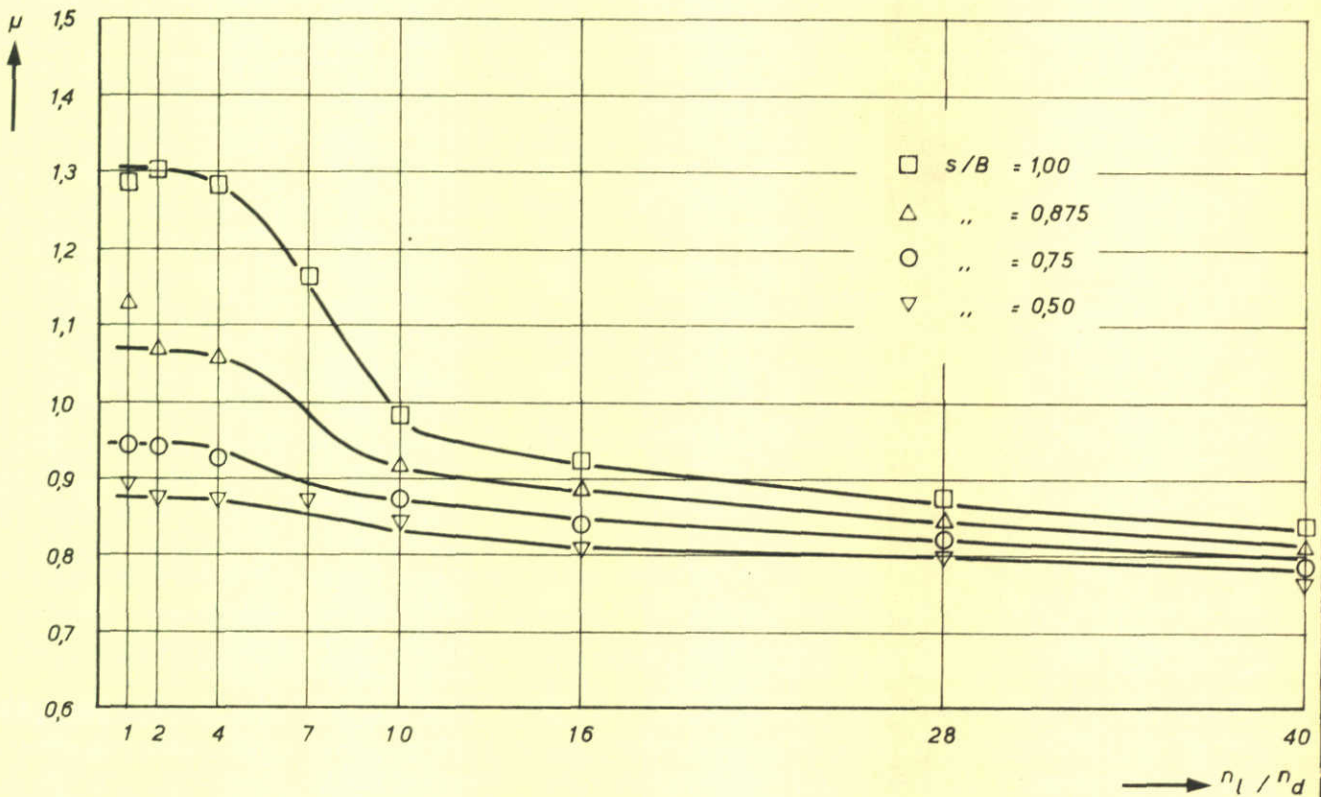
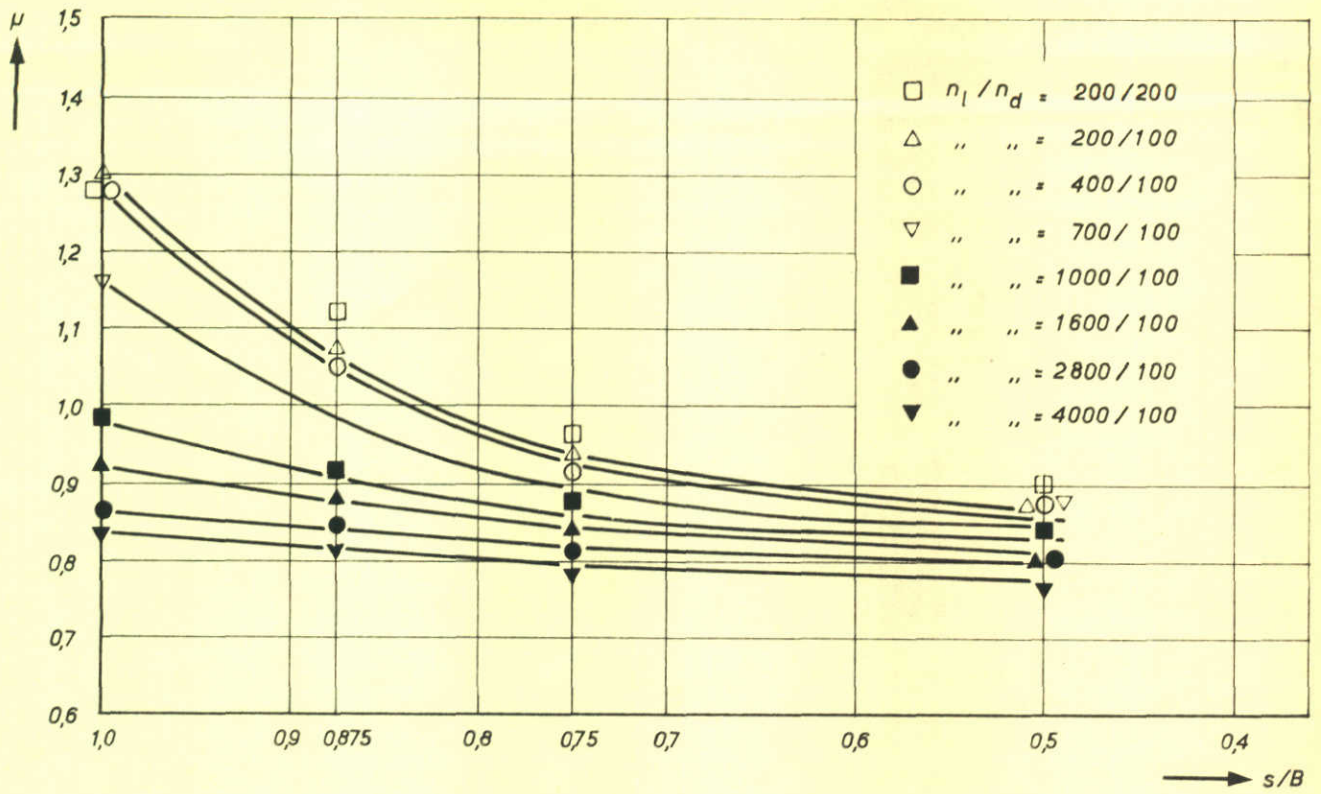
R.R.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1059

FIG. 24



INVLOED VERTREKKING OP AFVOERKOEFFICIENT  $\mu$

PROEVEN VARIATIE SLUITGATBREEDTE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

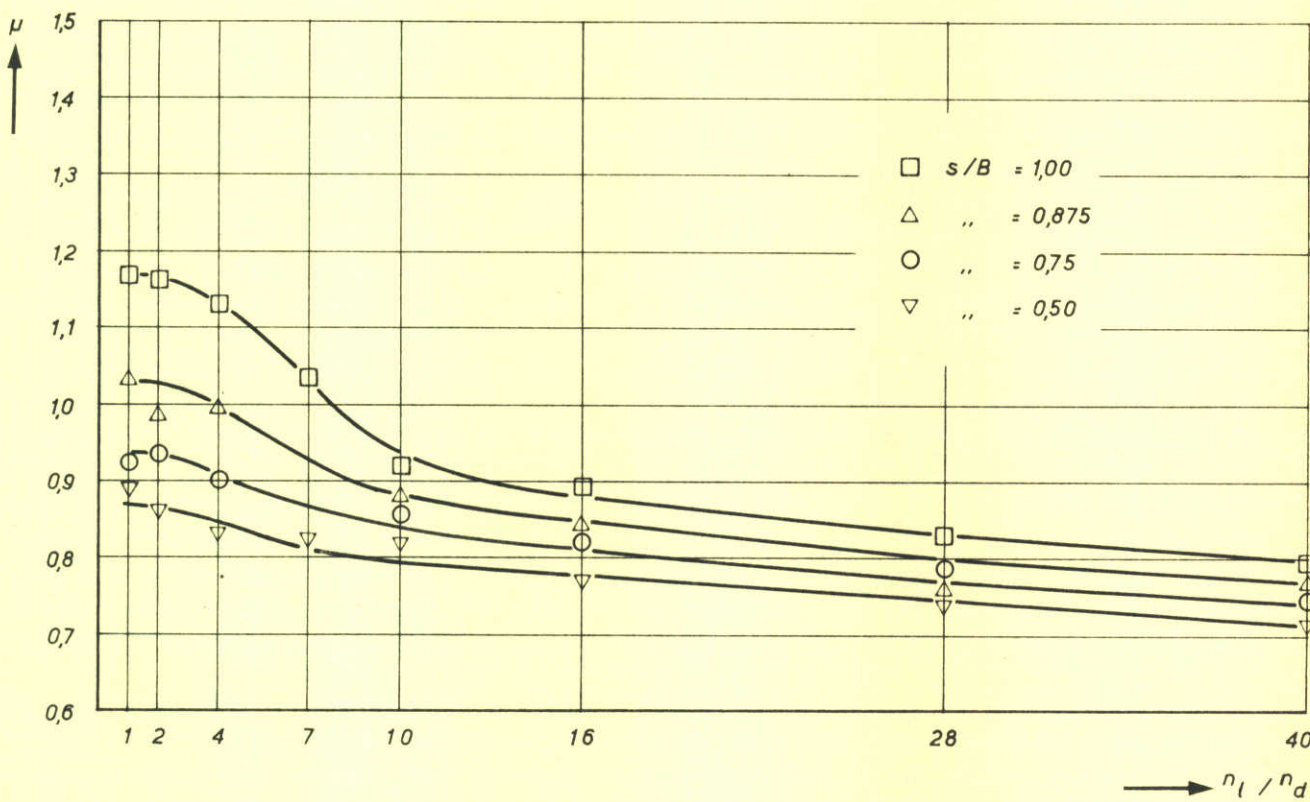
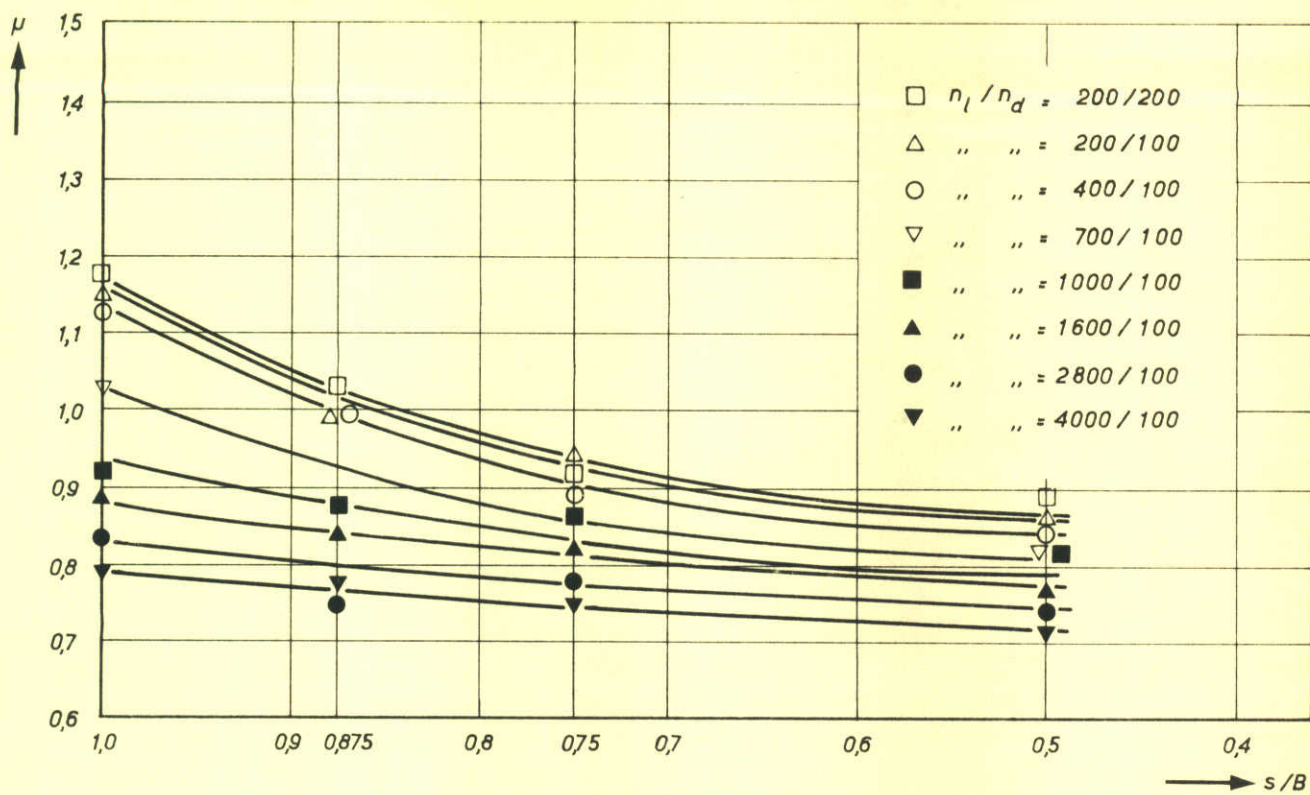
R.R.

$A/D = 0,5$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

A4

M.731 - 1044

FIG.25



INVLOED VERTREKKING OP AFVOERKOEFFICIENT  $\mu$   
 PROEVEN VARIATIE SLUITGATBREEDTE

R.R.

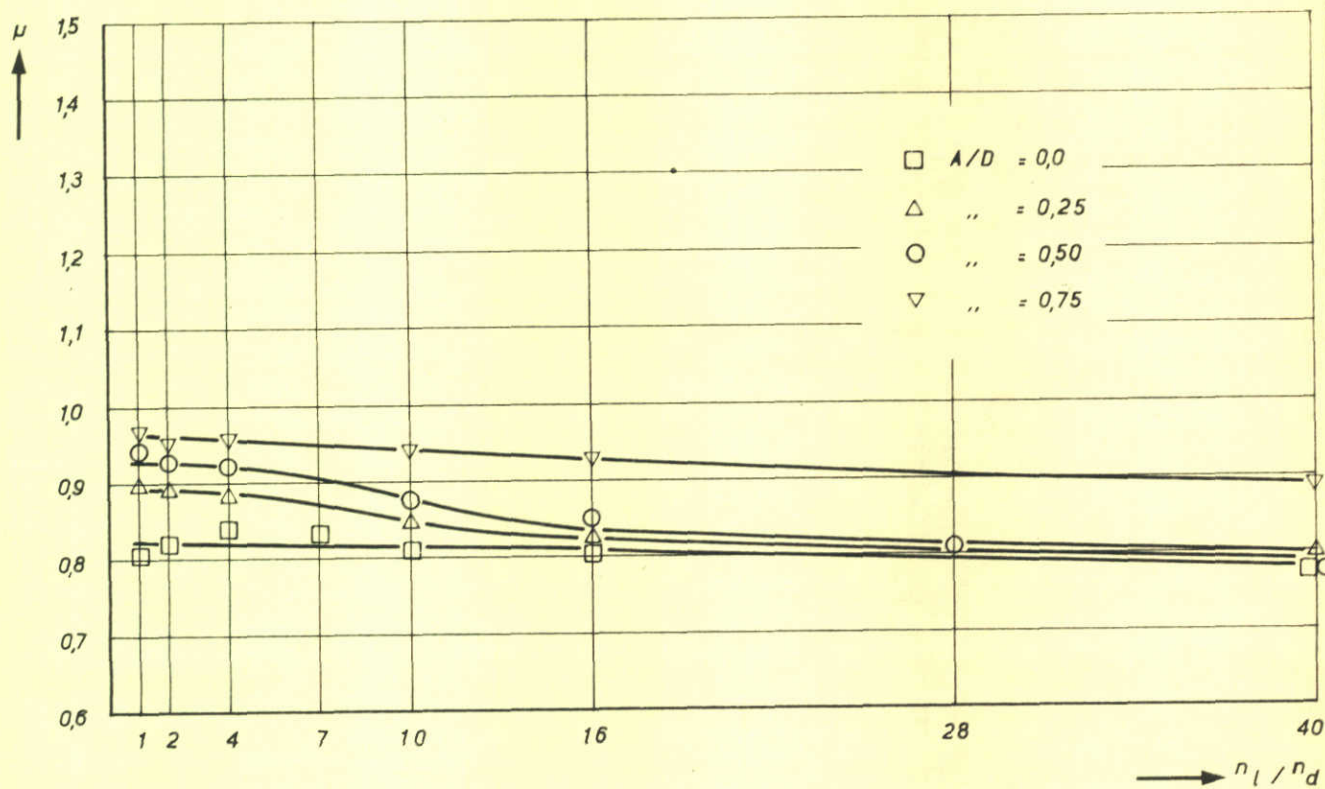
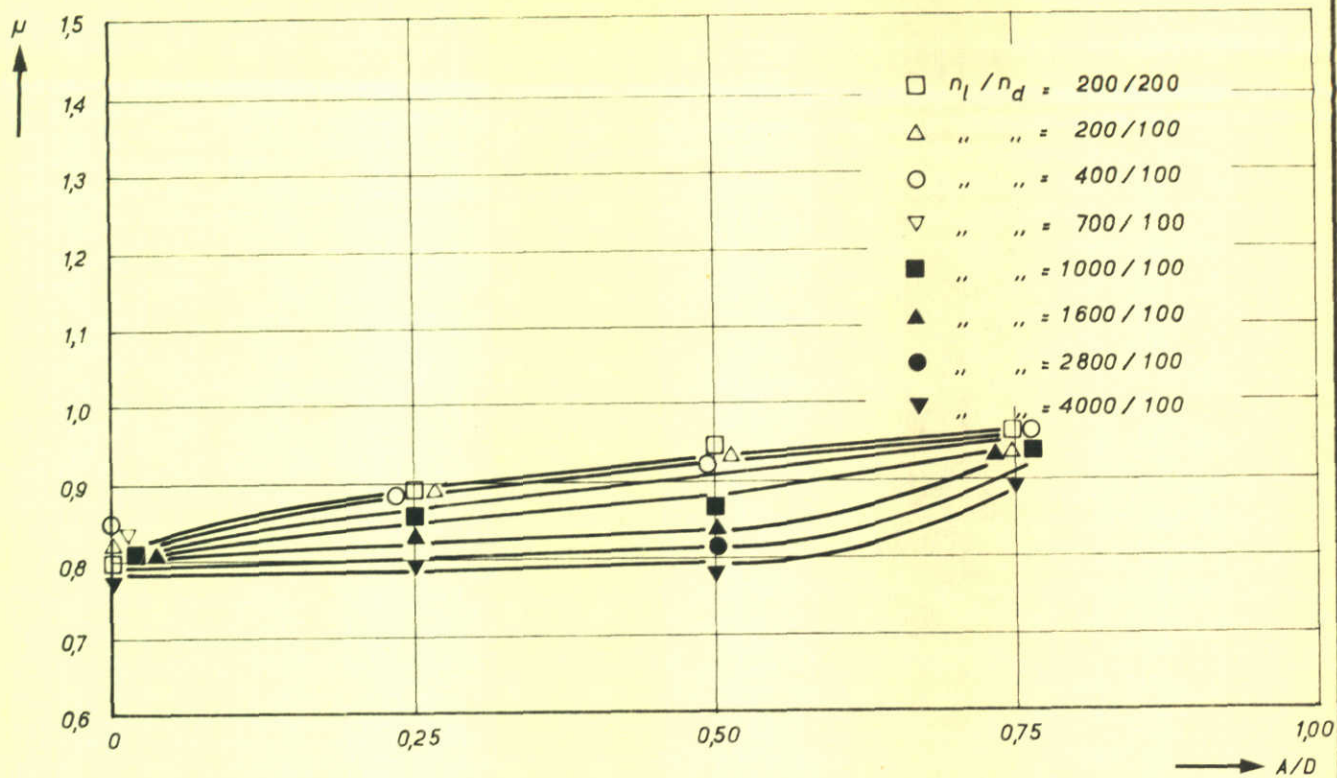
$A/D = 0,5$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,05$

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.731 - 1043

FIG.26



INVLOED VERTREKKING OP AFVOERKOEFFICIENT  $\mu$   
 PROEVEN VARIATIE SLUITGATBREEDE

R.R.

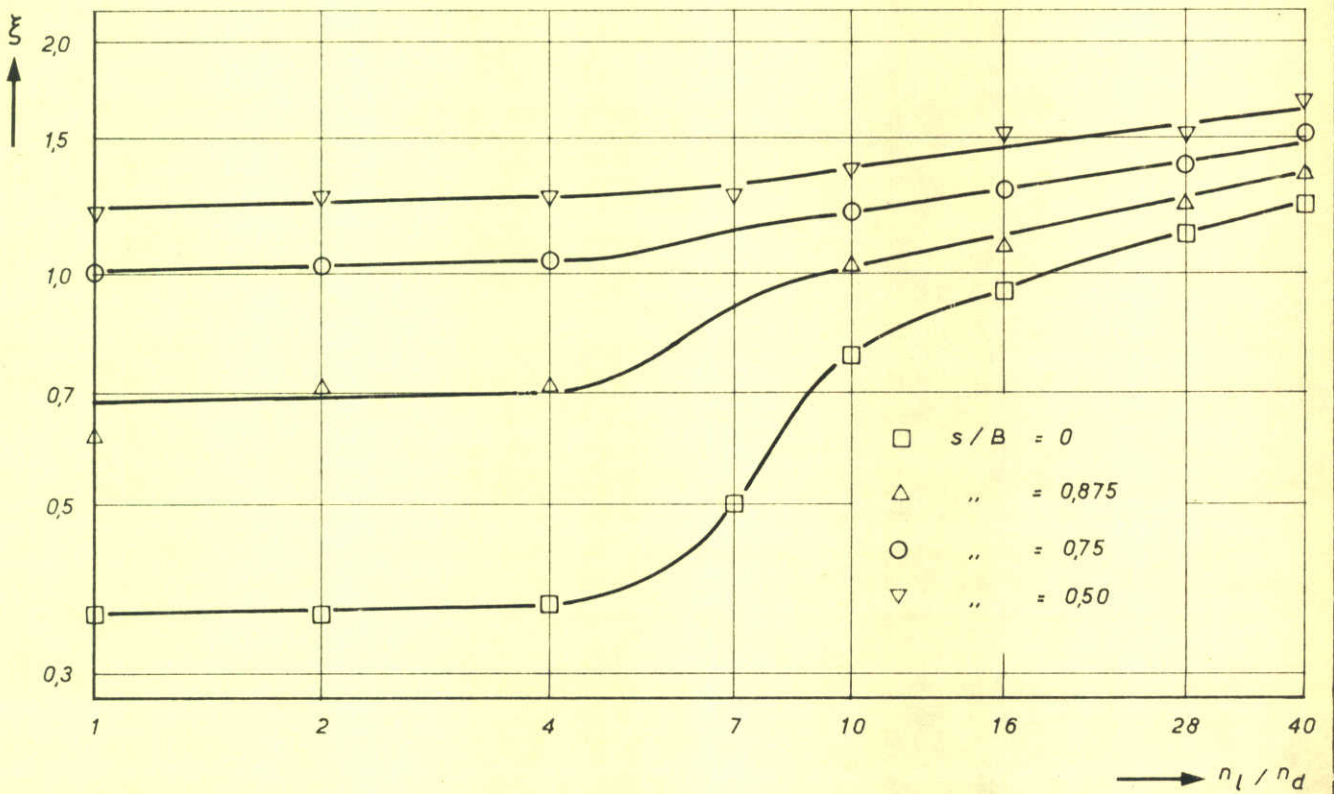
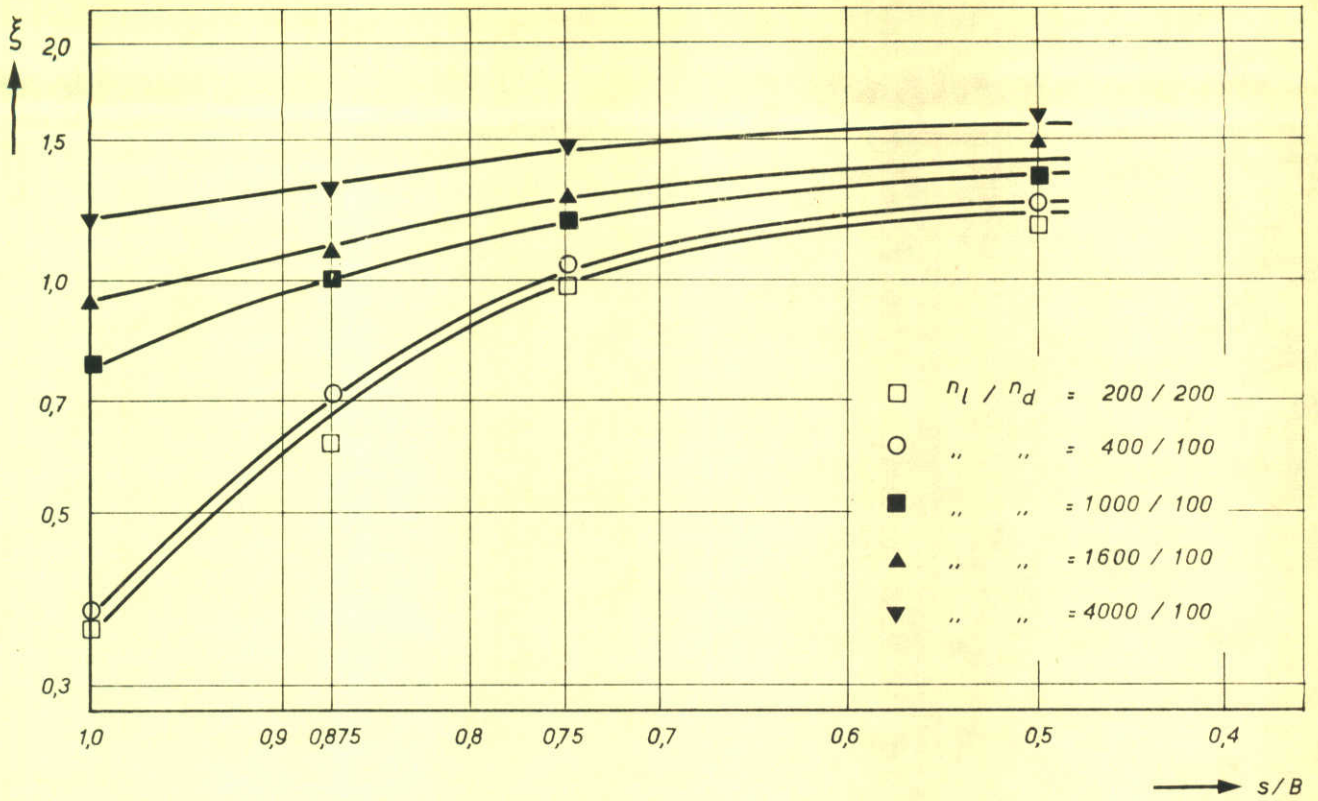
$s/B = 0,75$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.731 - 1042

FIG. 27



INVLOED VERTREKING OP VERLIESKOEFFICIENT  $\xi$   
 PROEVEN VARIATIE SLUITGATBREEDTE

R.R.

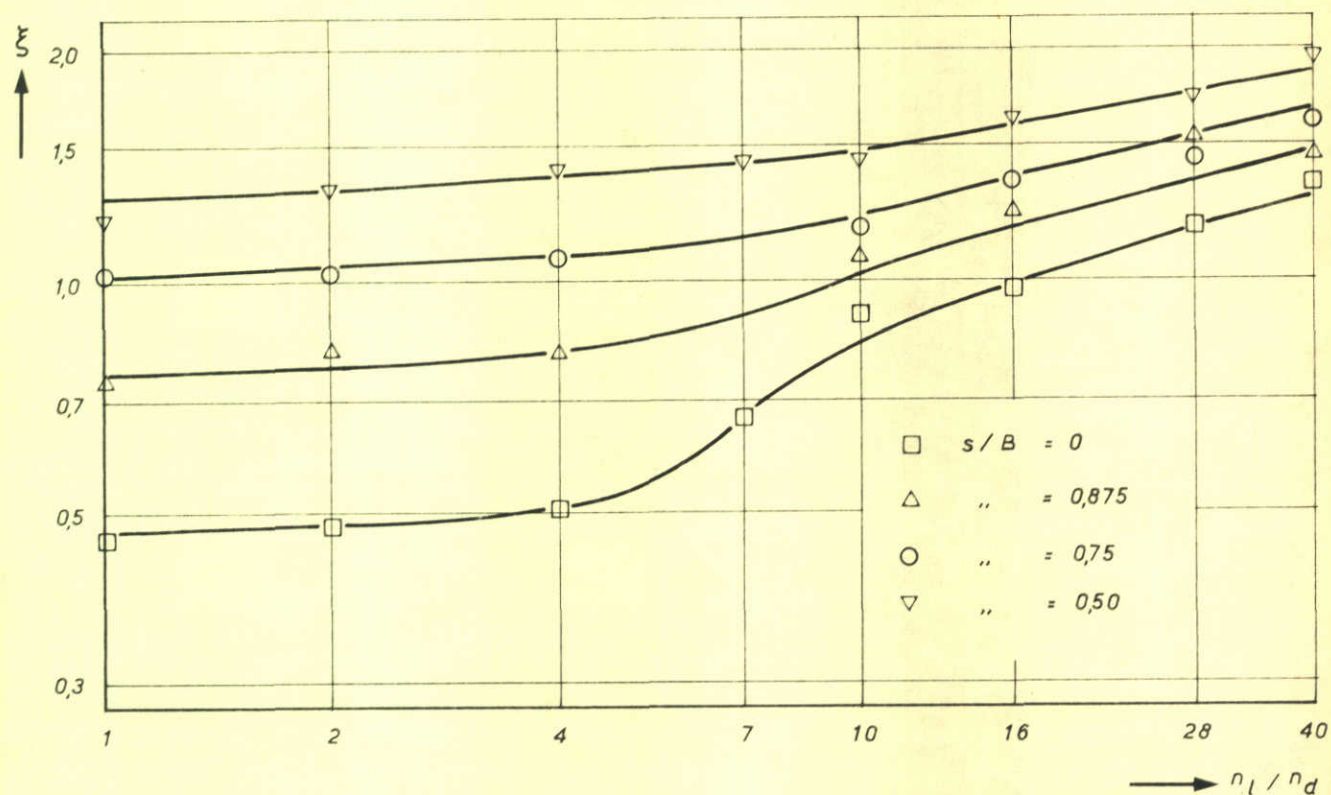
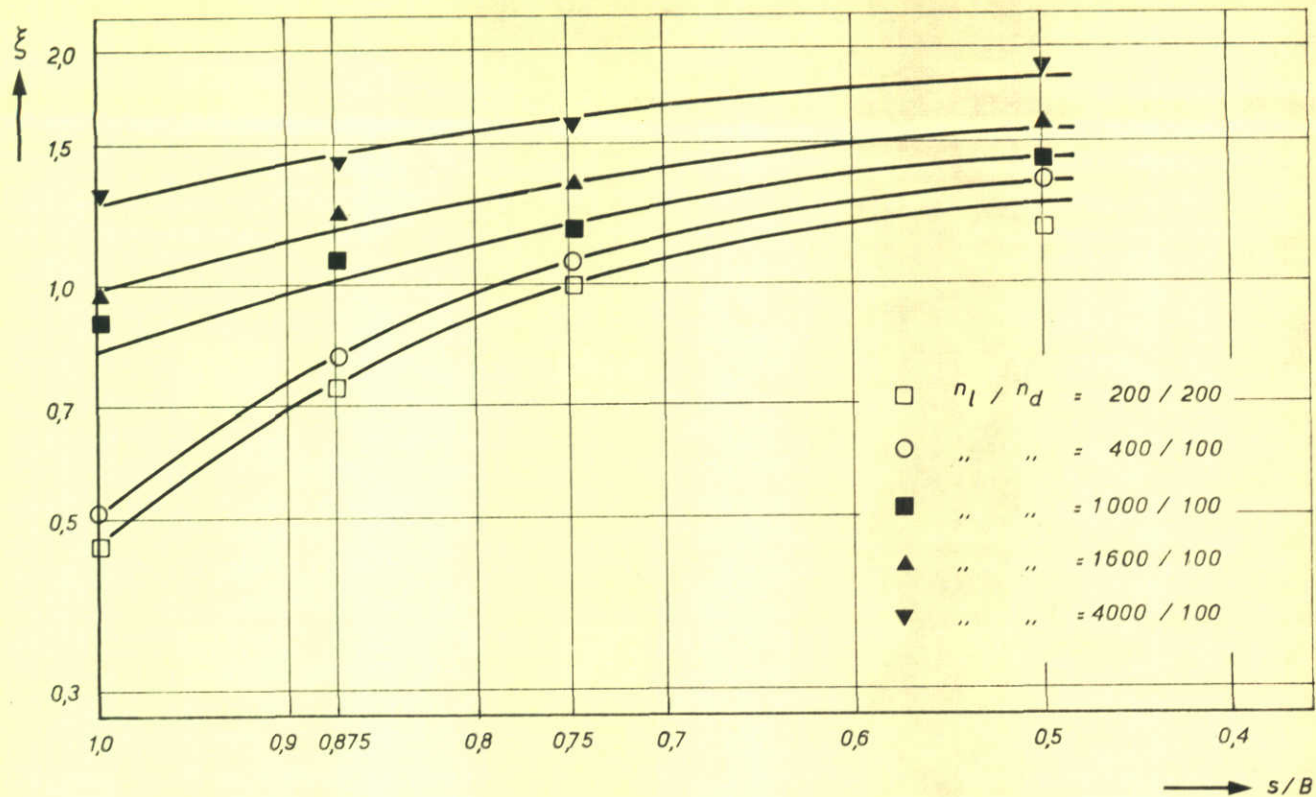
$A/D = 0,50$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1040

FIG. 28



INVLOED VERTREKING OP VERLIESKOEFFICIENT  $\xi$   
 PROEVEN VARIATIE SLUITGATBREEDTE

R.R.

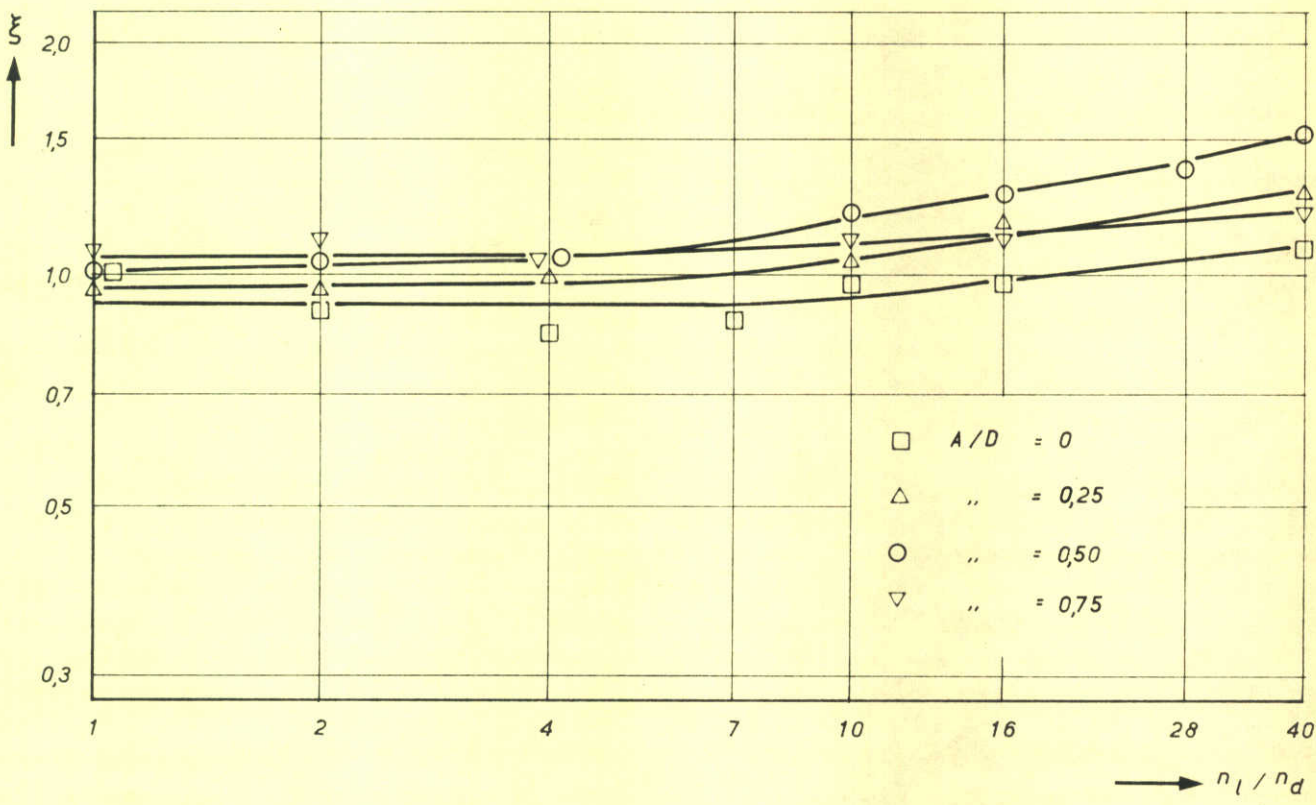
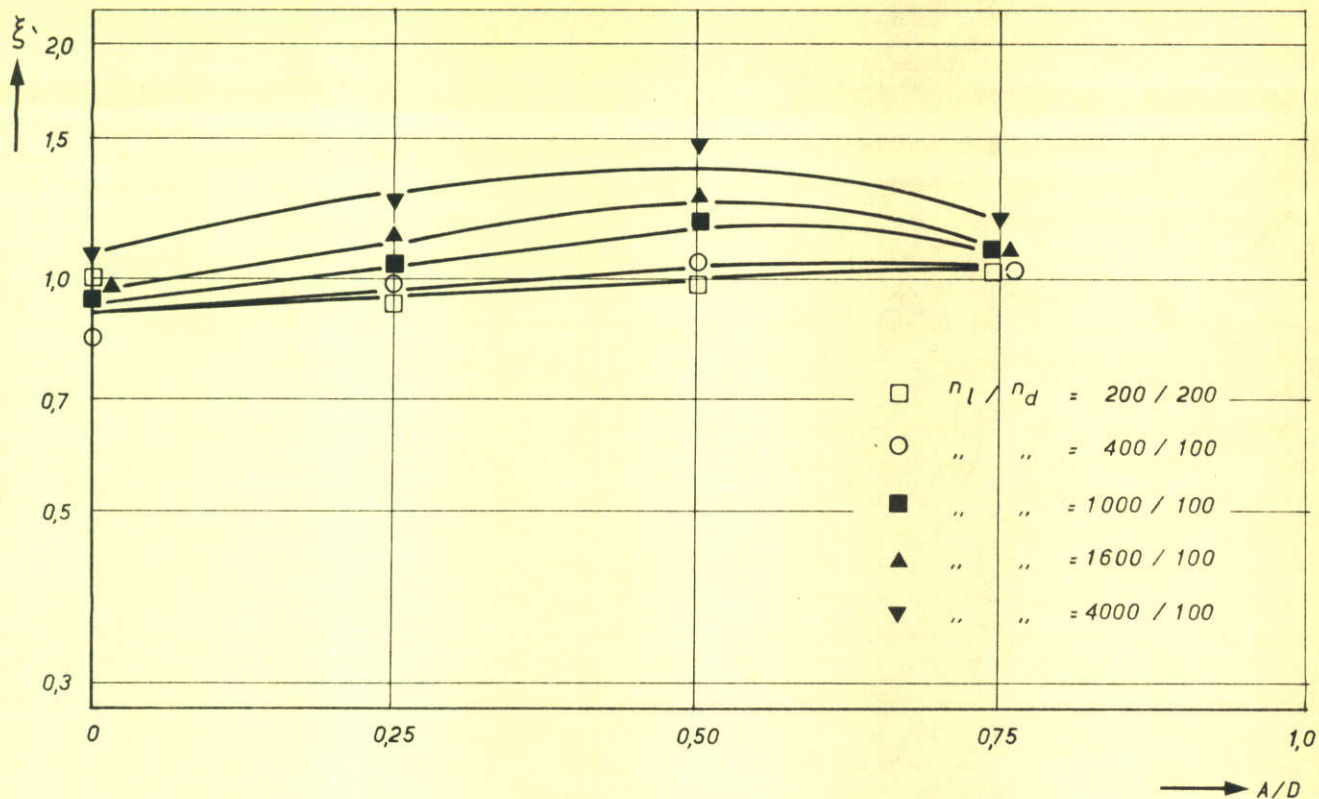
$A/D = 0,50$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,05$

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.731 - 1039

FIG. 29

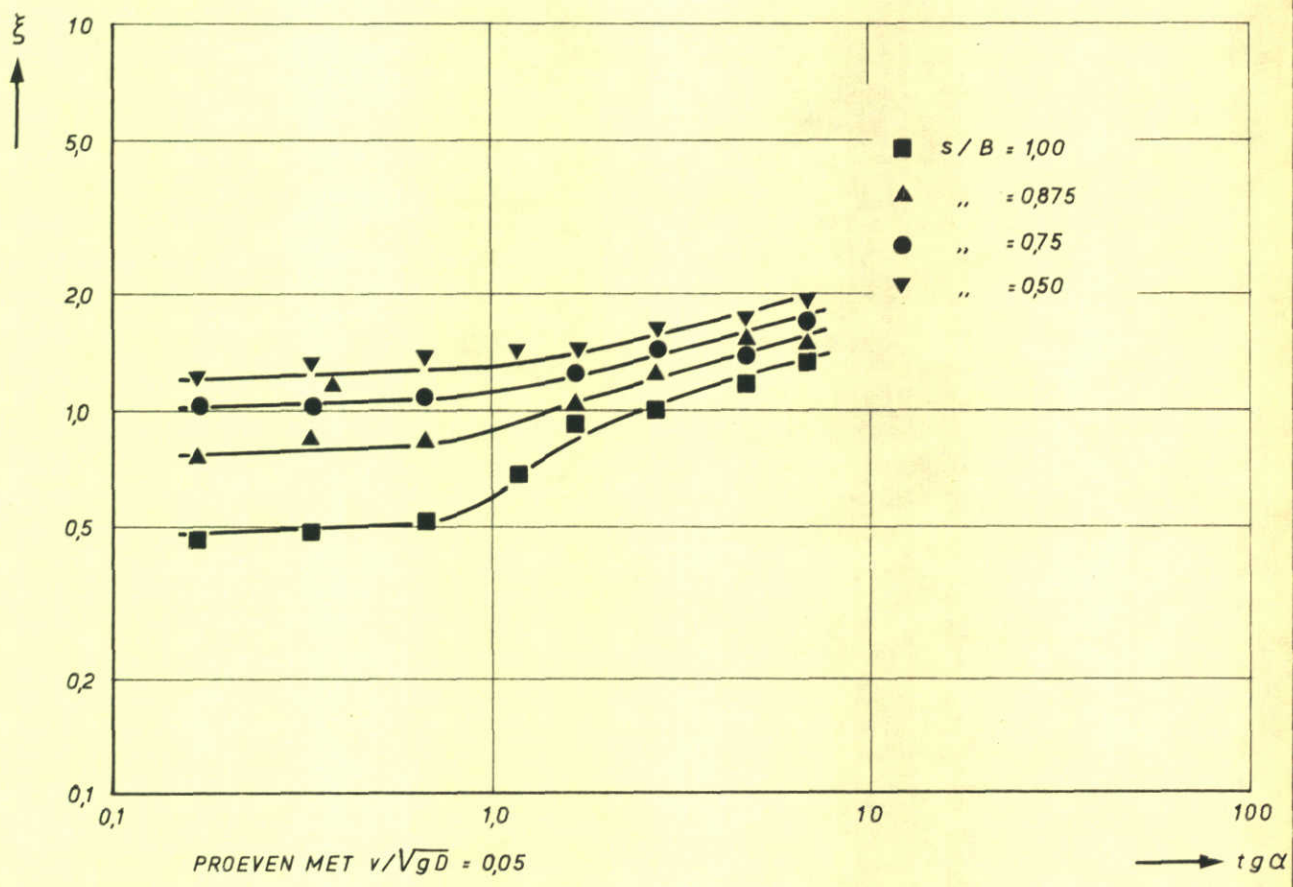
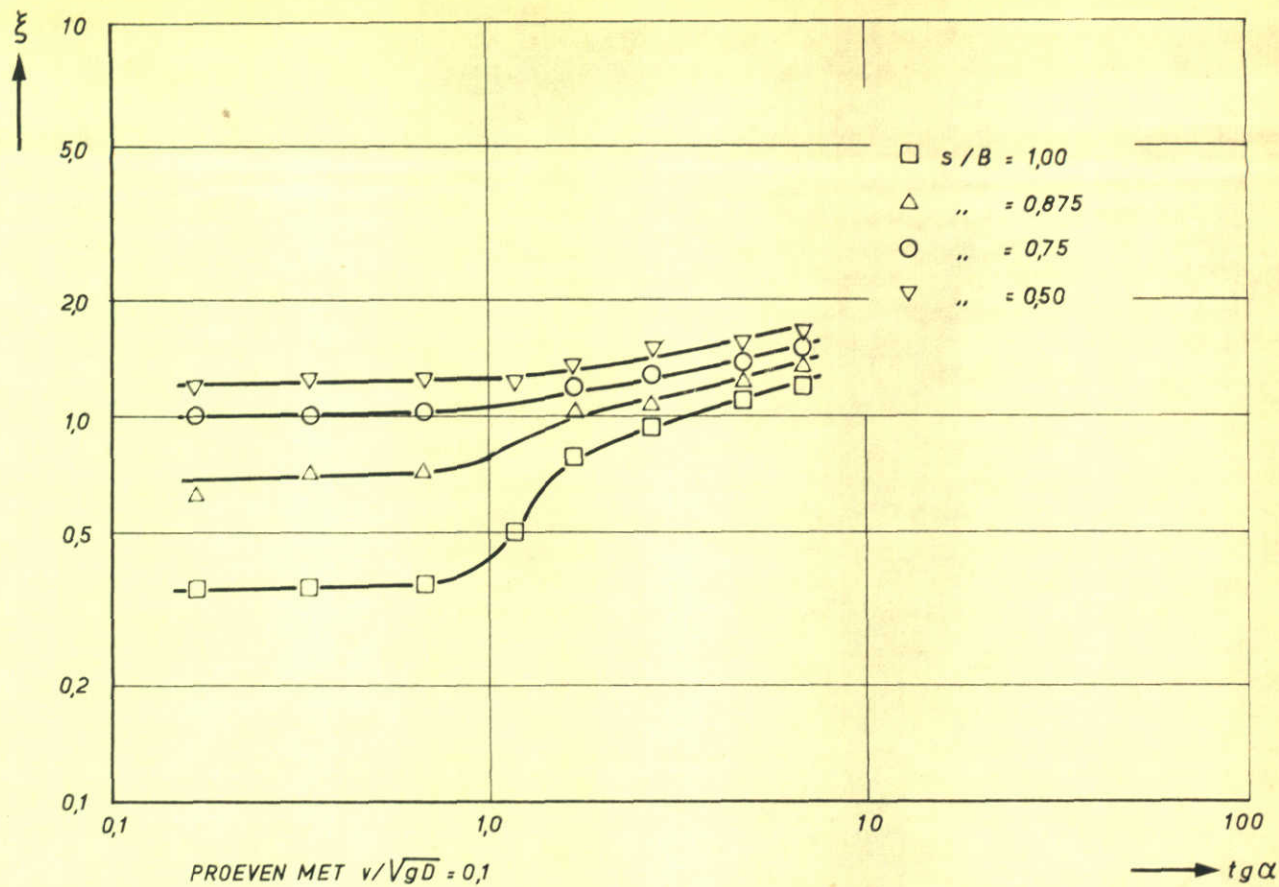


INVLOED VERTREKKING OP VERLIESKOEFFICIENT  $\xi$   
 PROEVENSERIE VARIATIE DAMHOOGTE

$s/B = 0,75$   
 $v/\sqrt{gD} = 0,10$

R.R.

A4



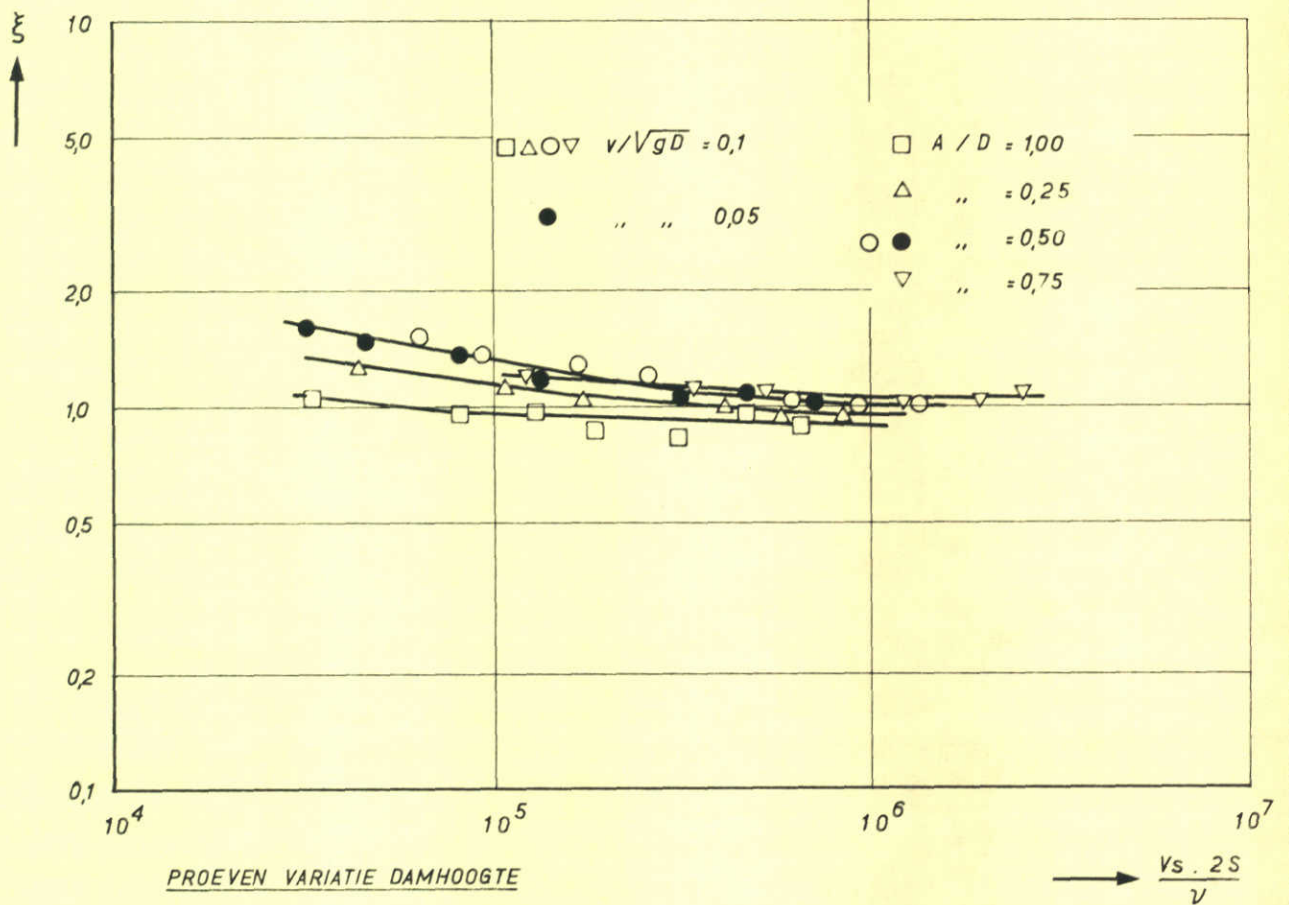
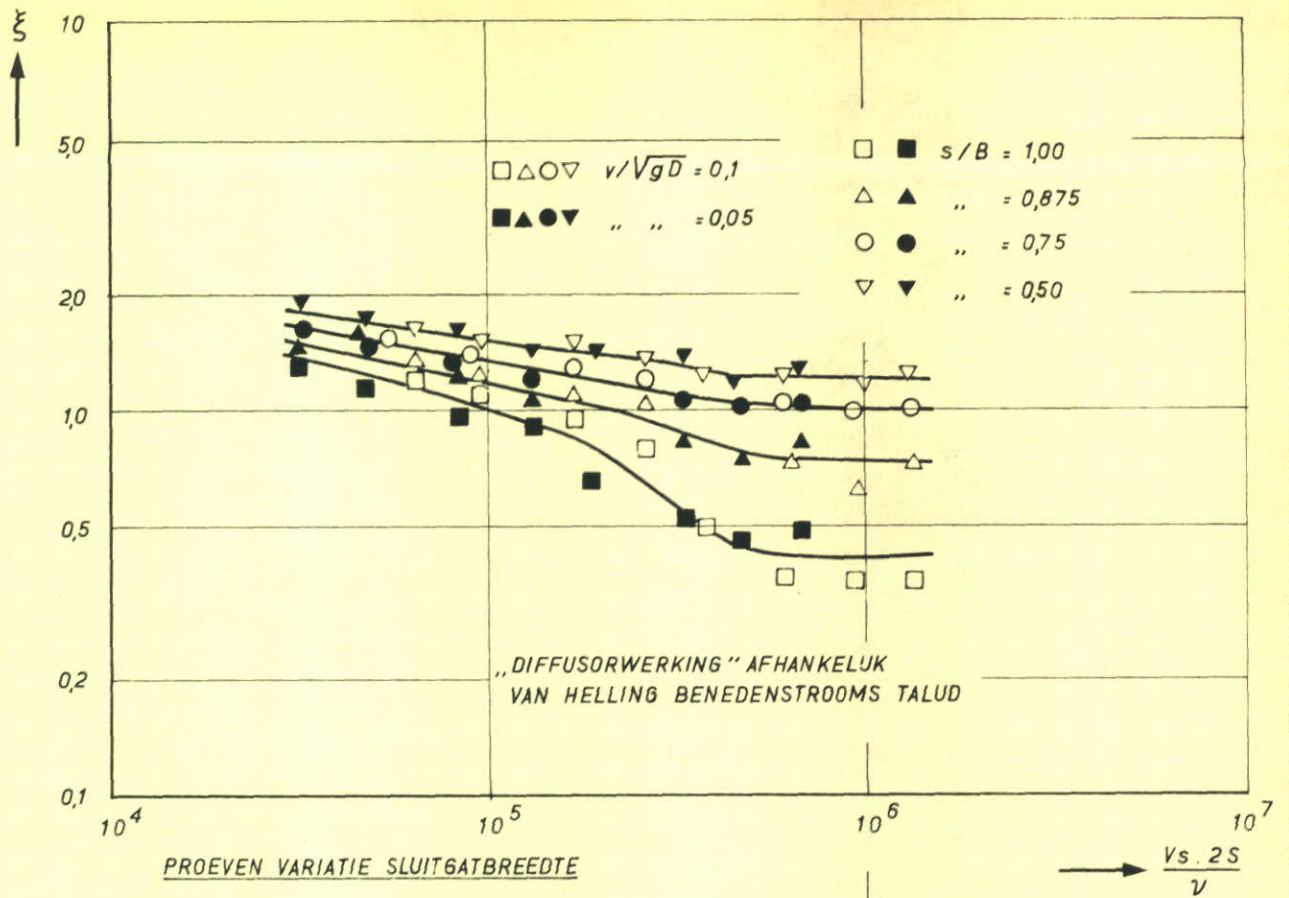
ONDERZOEK INVLOED DRUKGRADIËNT OP SEPARATIE  
 PROEVEN VARIATIE SLUITGATBREEDTE

$\alpha$  IS HELLING  
 BENEDENSTROOMS  
 TALUD R.R.  
 DRUKGRADIËNT HANGT  
 SAMEN MET HELLING  
 BENEDENSTROOMS TALUD A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 731 - 1045 FIG. 31

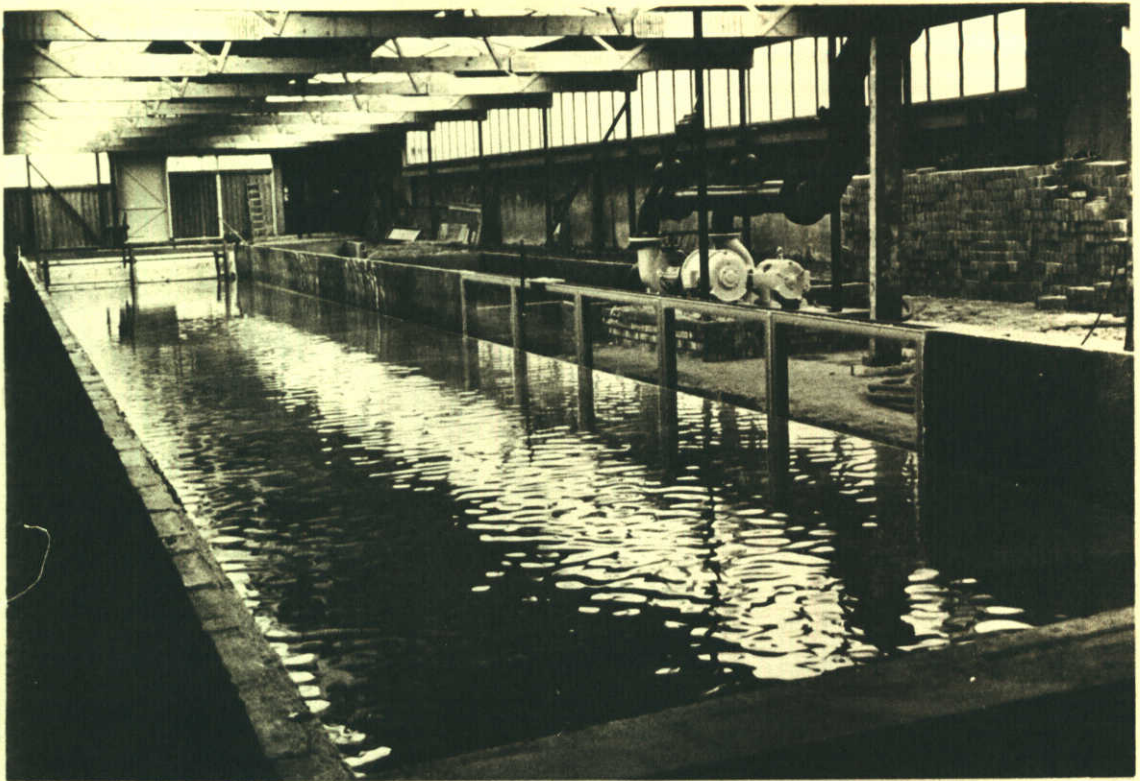




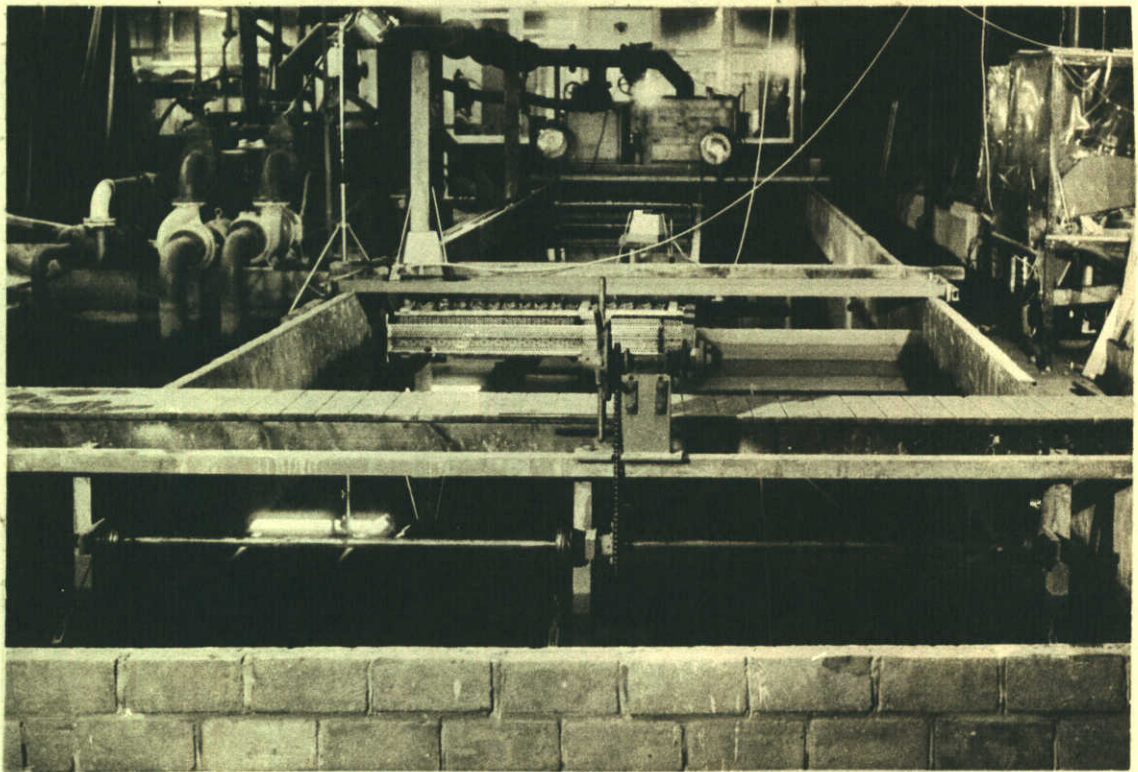
ONDERZOEK REYNOLDSINVLOED OP KONTRAKTIE  
 VARIATIE SLUITGATBREEDTE EN DAMHOOGTE

R.R.

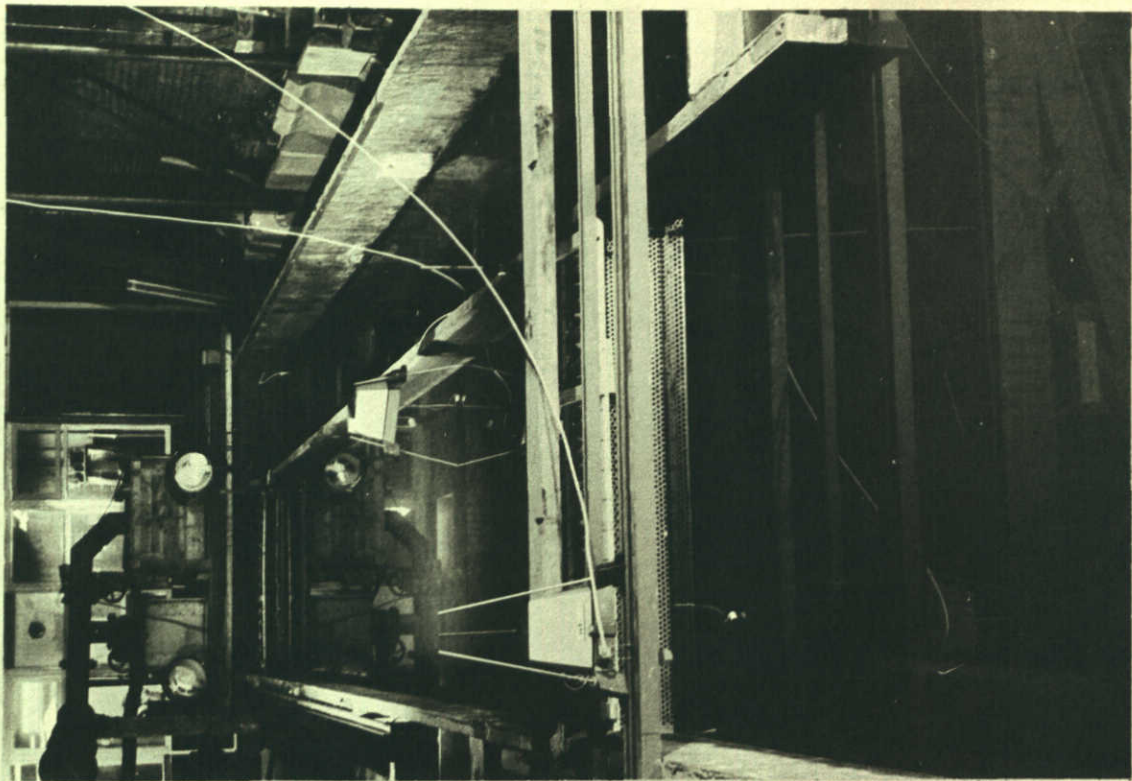
A4



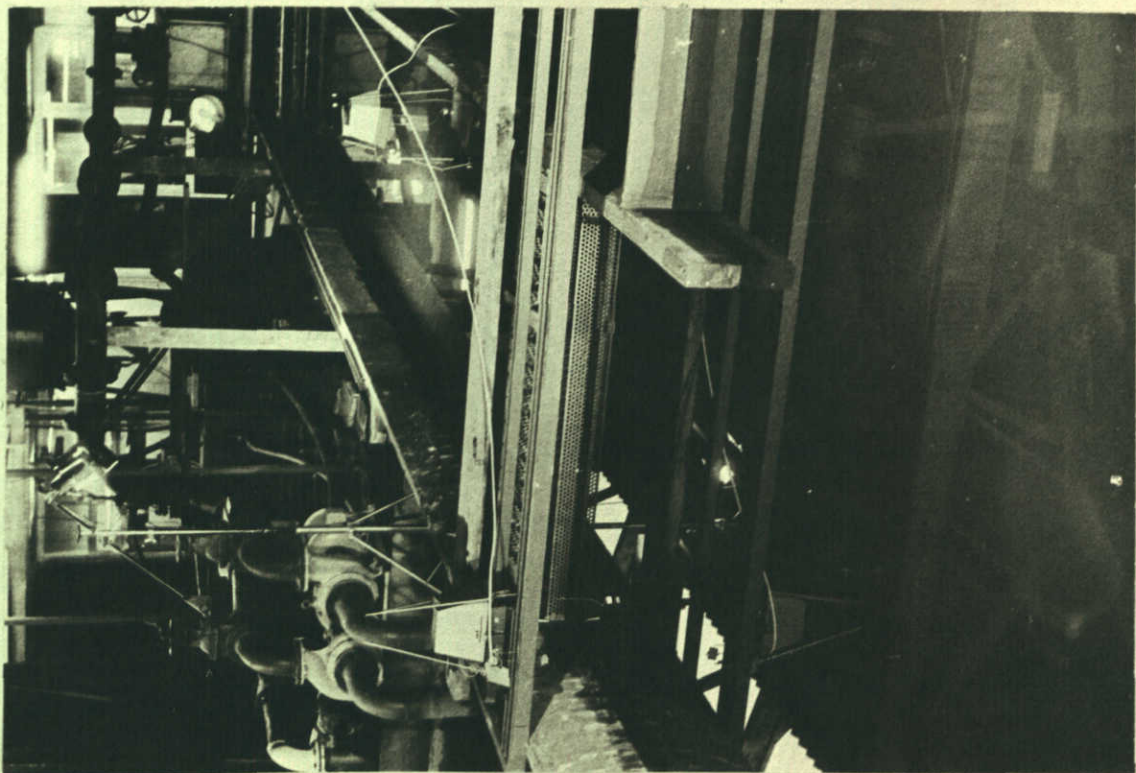
*STROOMGOOT GEZIEN VANAF DE INSTROMING*



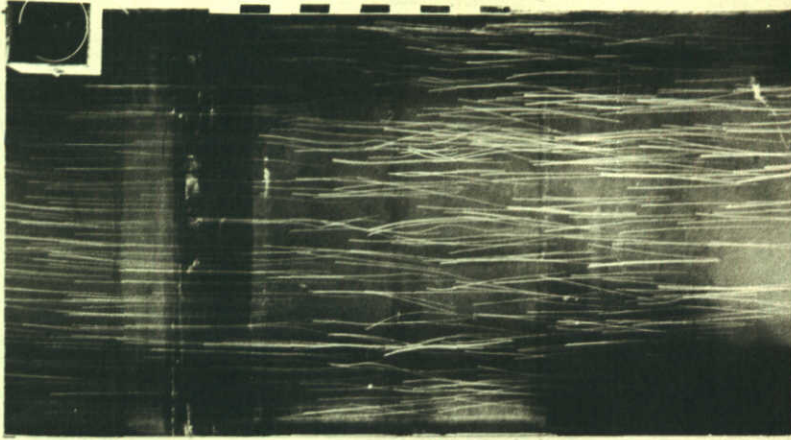
*STROOMGOOT GEZIEN VANAF DE UITSTROMING*



MEETSEKTIE



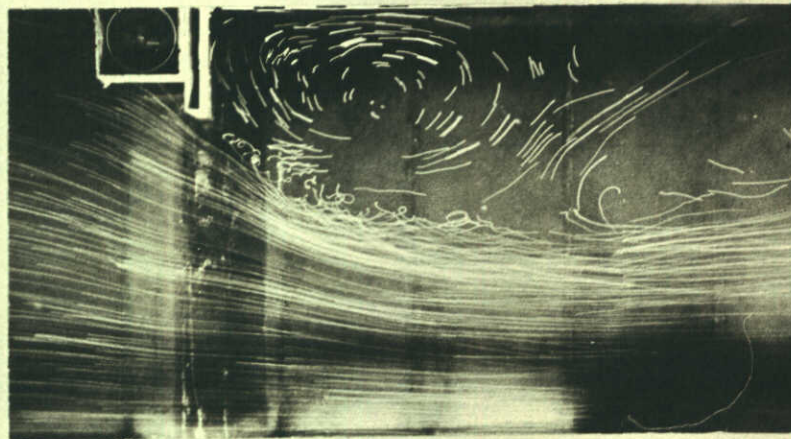
WATERCIRKULATIESYSTEEM



T1  $s/B = 1,00$



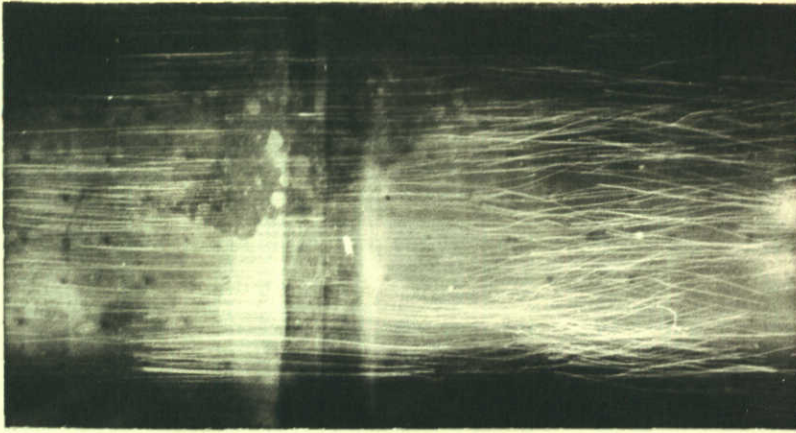
T2  $s/B = 0,875$



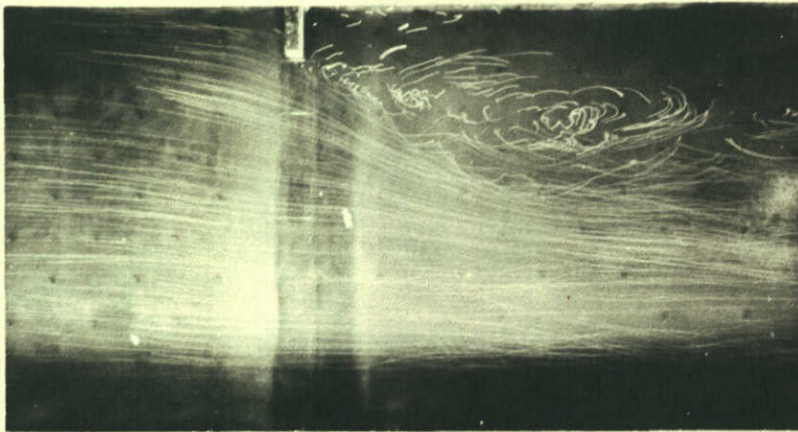
T3  $s/B = 0,75$



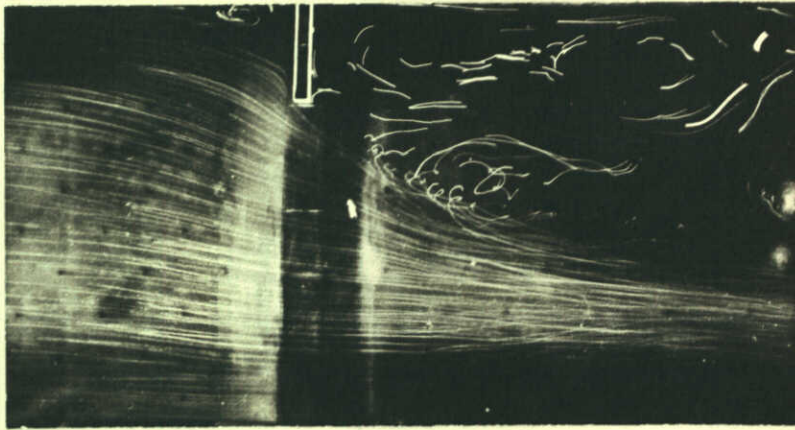
T4  $s/B = 0,50$



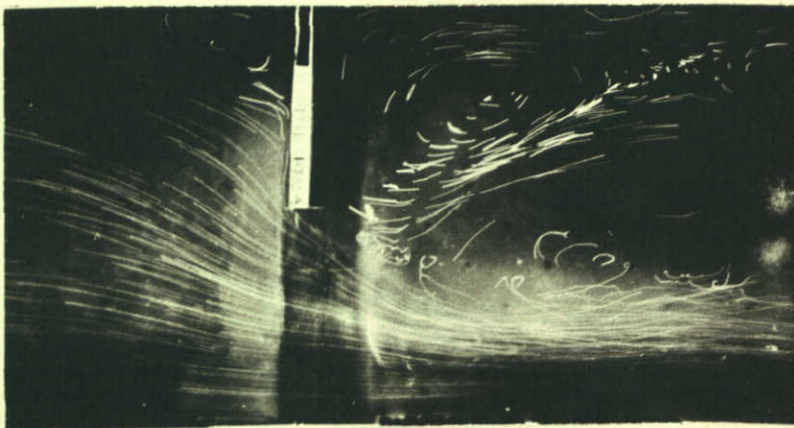
T70  $s/B = 1,00$



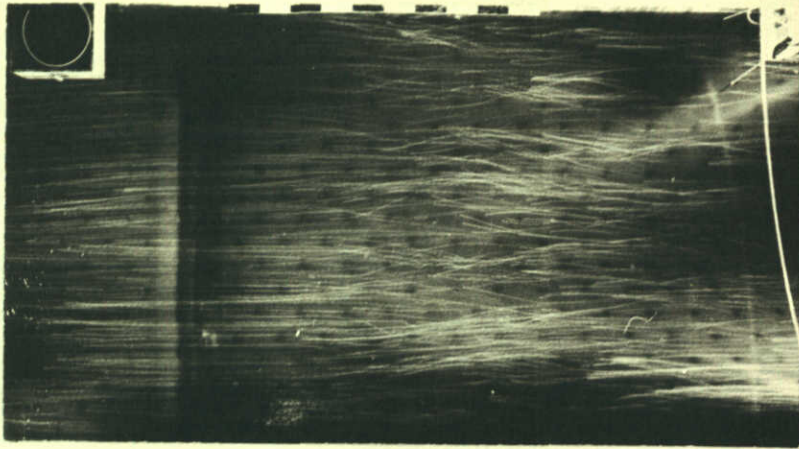
T71  $s/B = 0,875$



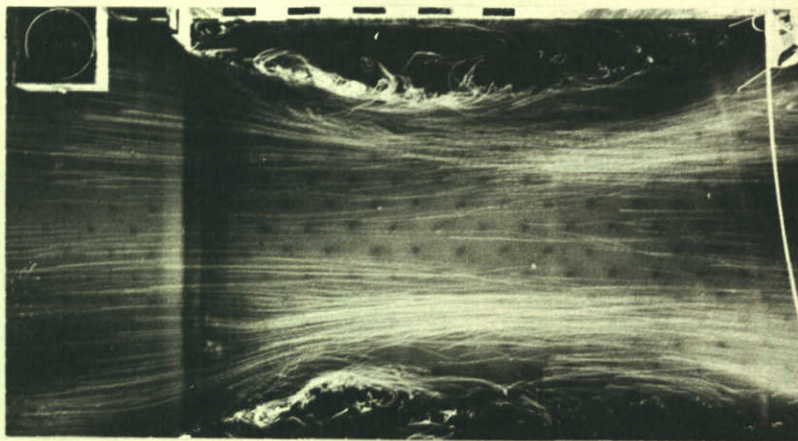
T72  $s/B = 0,75$



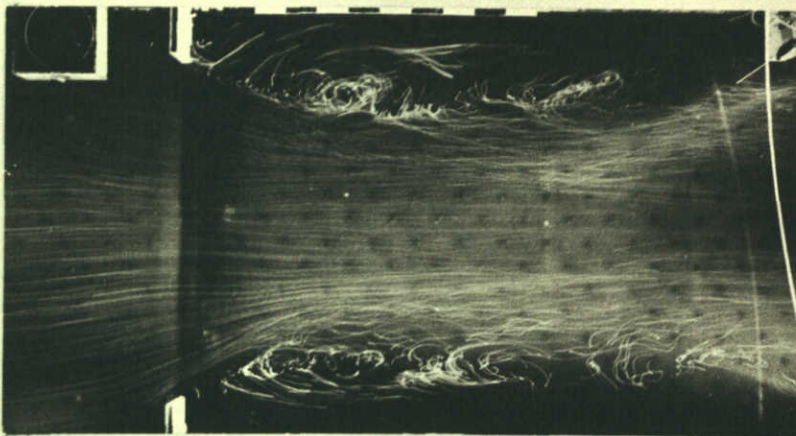
T73  $s/B = 0,50$



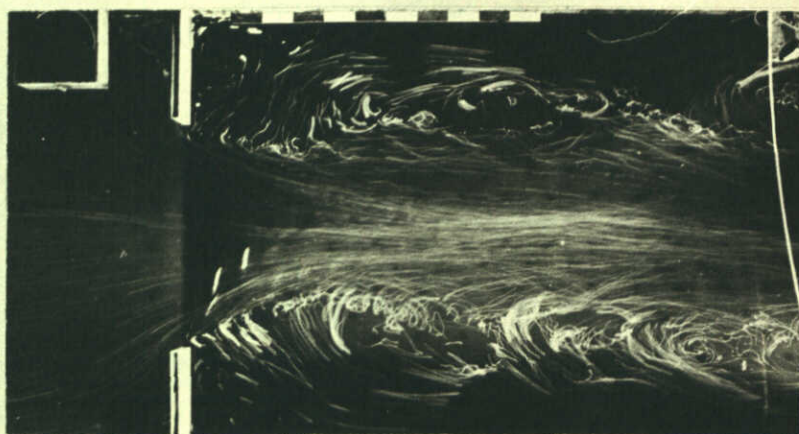
T16  $s/B = 1,00$



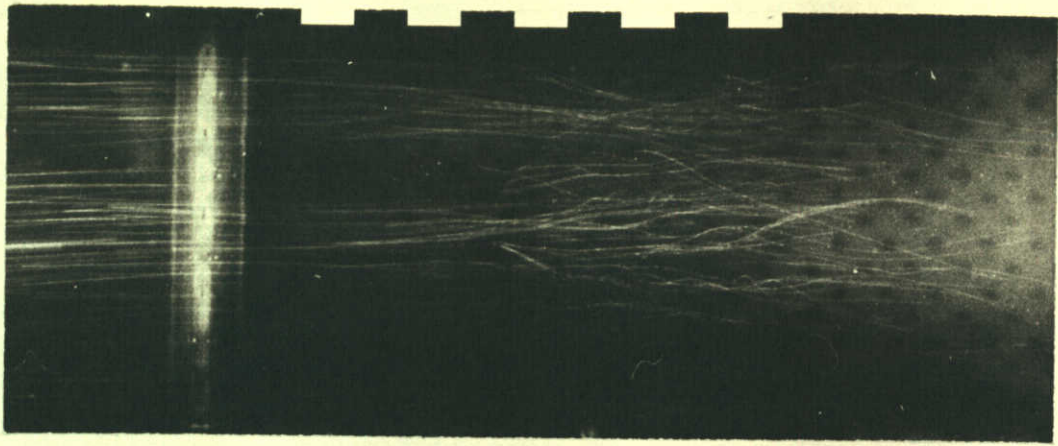
T17  $s/B = 0,875$



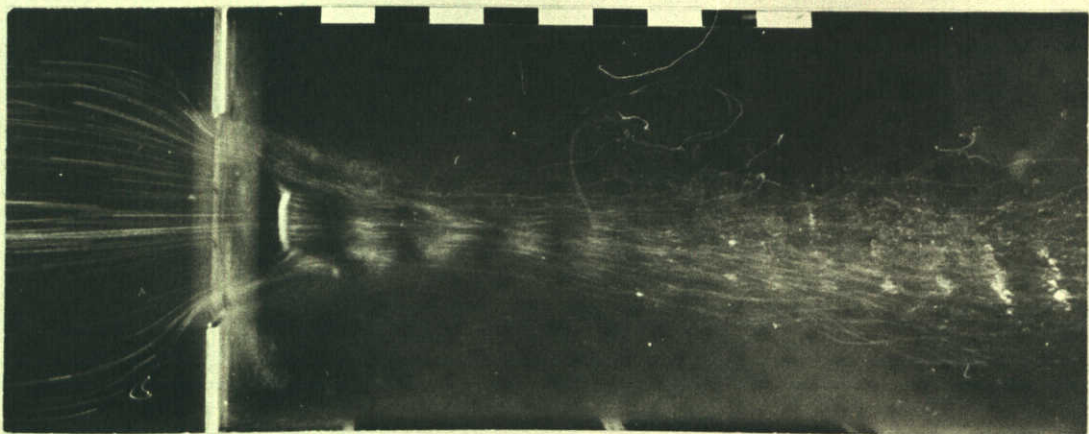
T18  $s/B = 0,75$



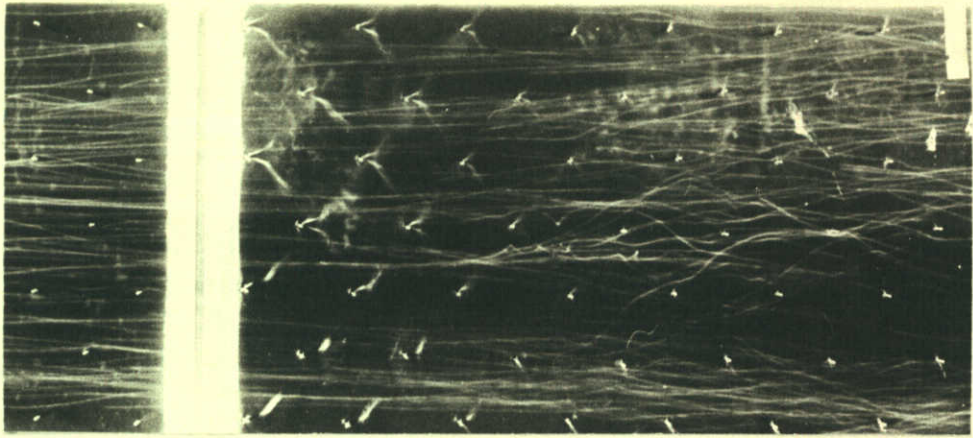
T19  $s/B = 0,50$



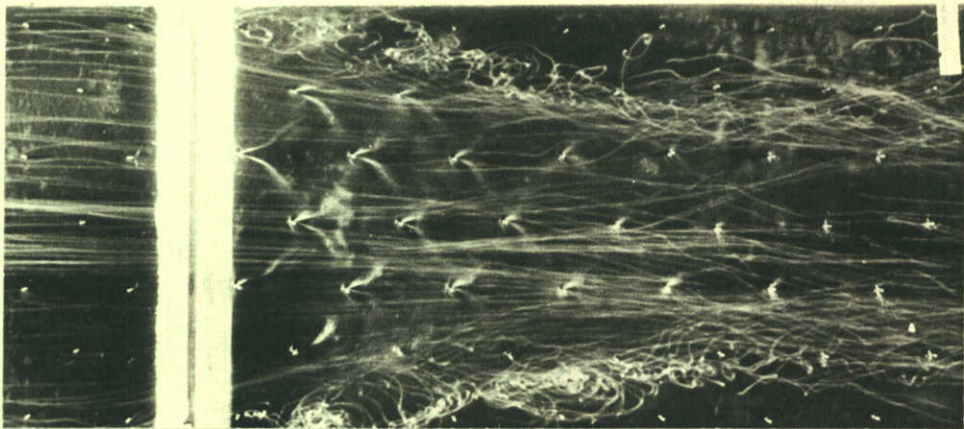
T84  $s/B = 1,00$



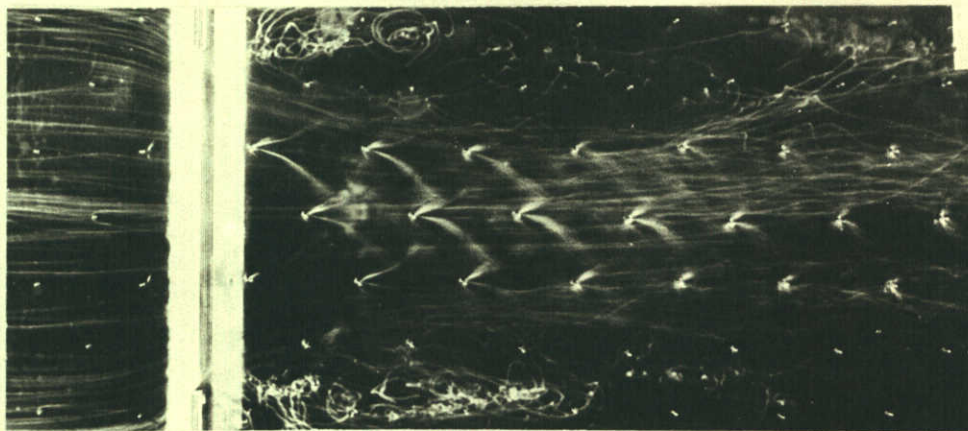
T86  $s/B = 0,50$



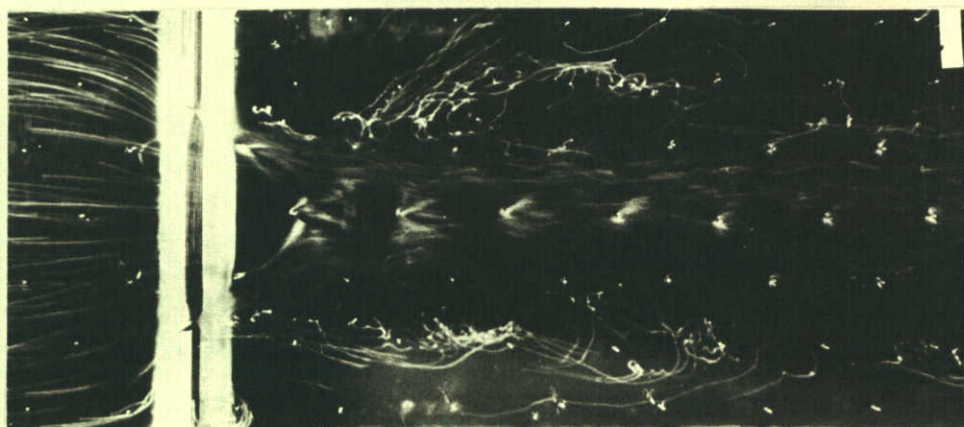
T61  $s/B = 1,00$



T62  $s/B = 0,875$



T63  $s/B = 0,75$

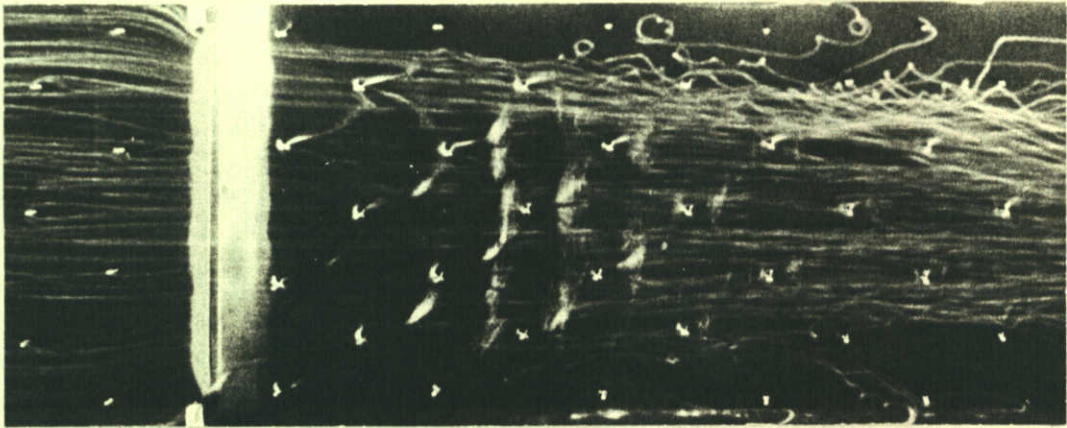


T64  $s/B = 0,50$

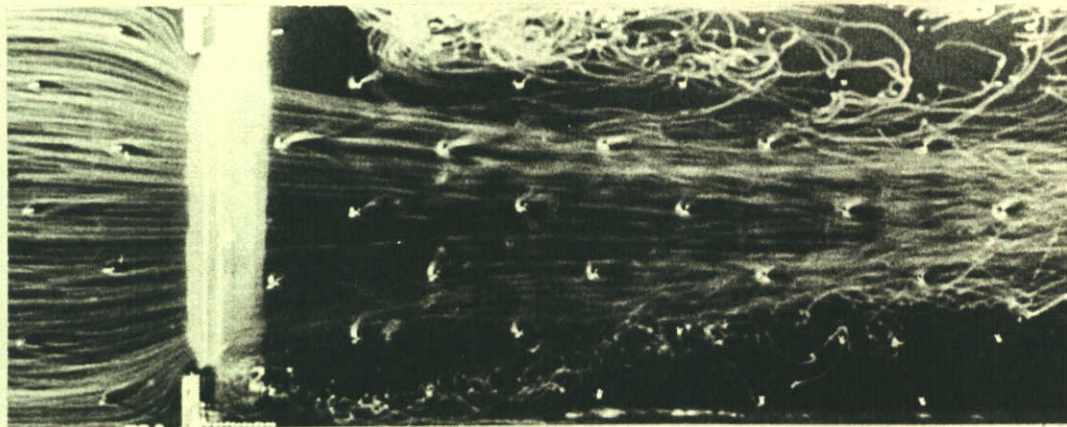




T30  $s/B = 1,00$



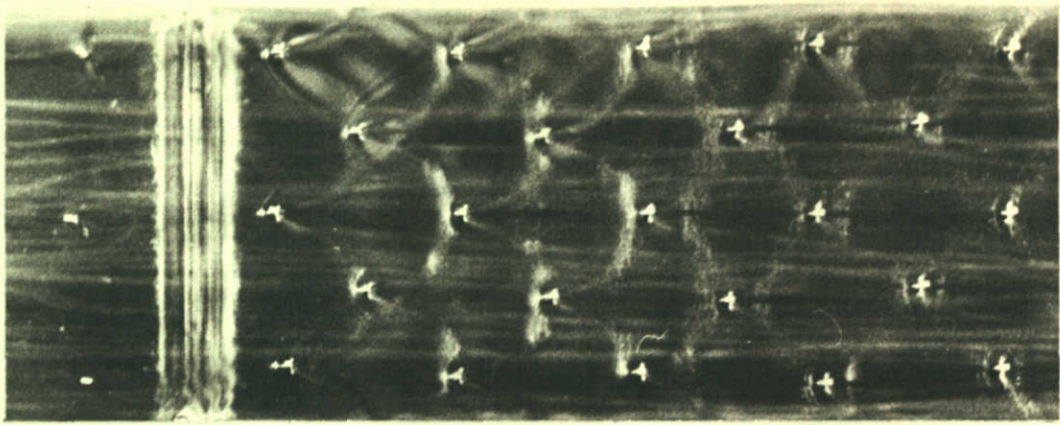
T31  $s/B = 0,875$



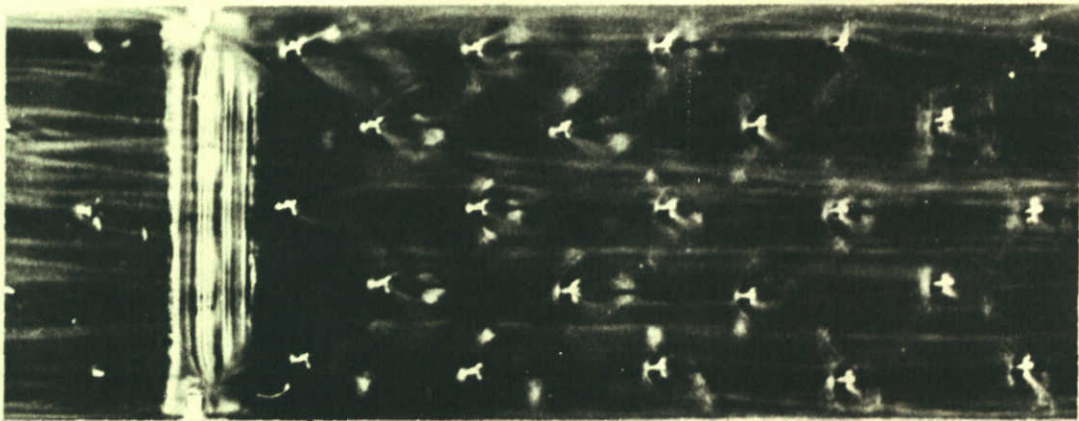
T32  $s/B = 0,75$



T33  $s/B = 0,50$



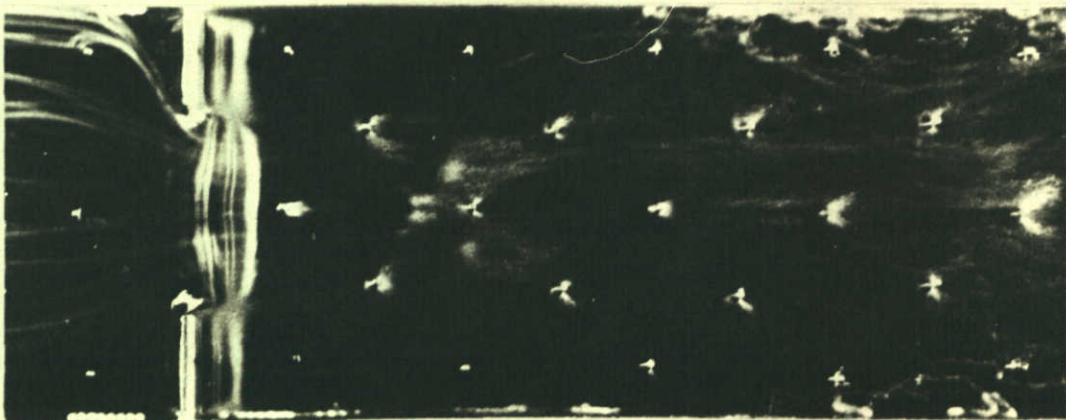
T57  $s/B = 1,00$



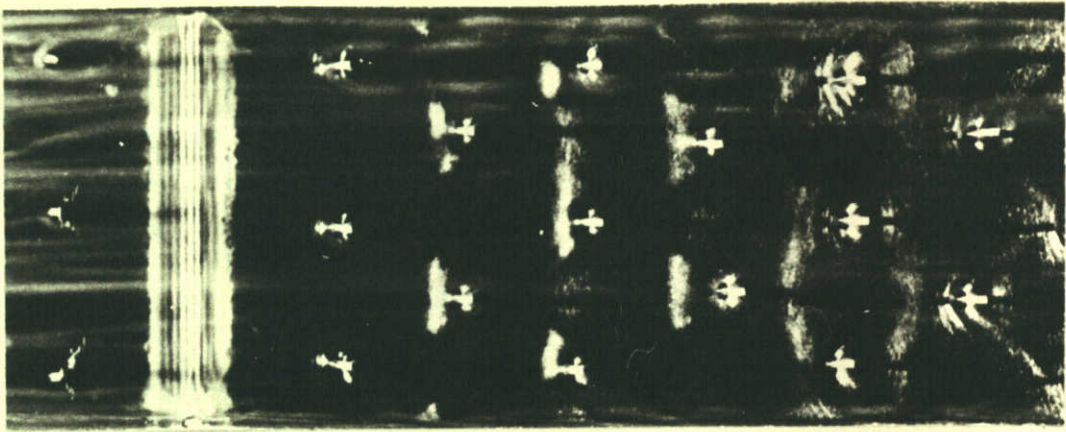
T58  $s/B = 0,875$



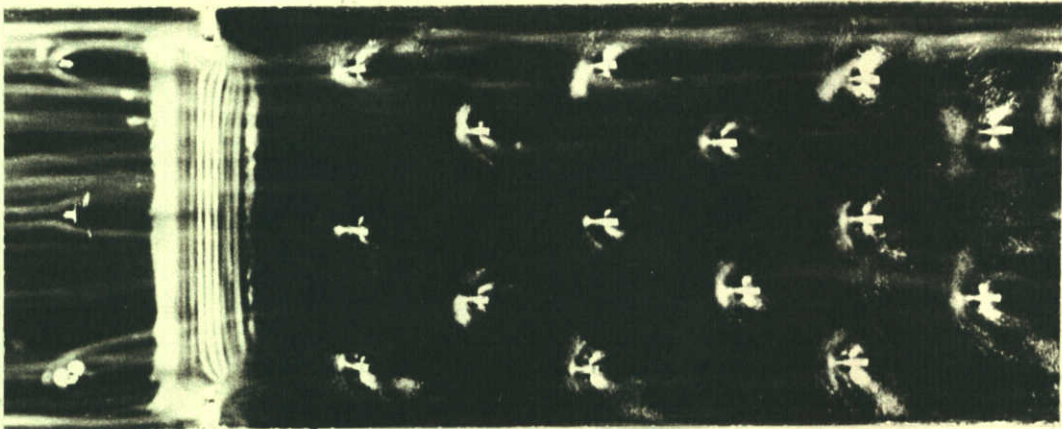
T59  $s/B = 0,75$



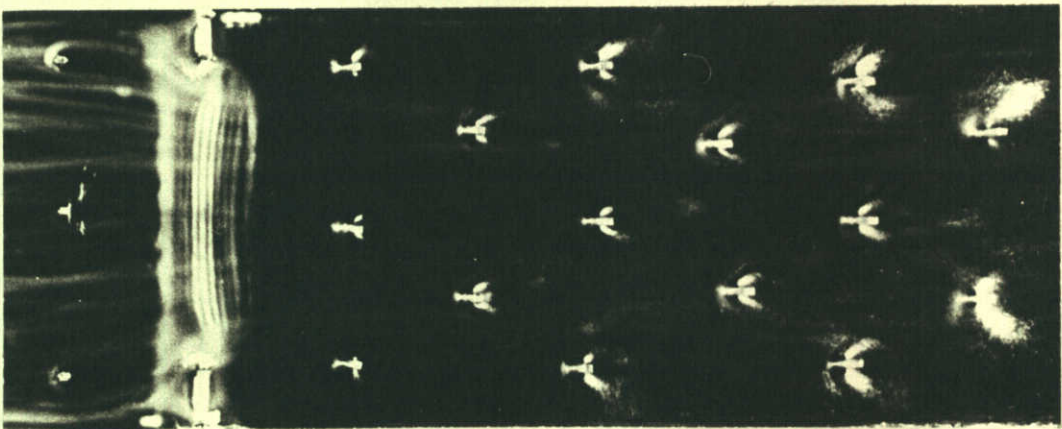
T60  $s/B = 0,50$



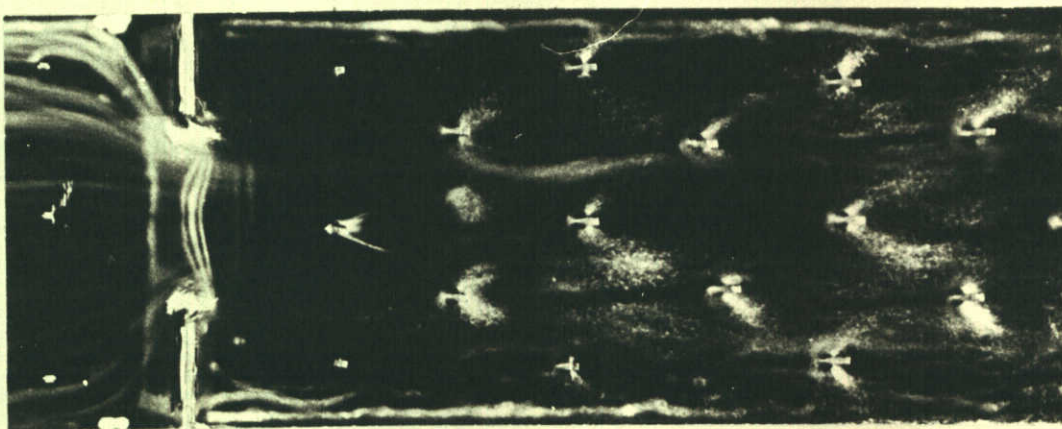
T41  $s/B = 1,00$



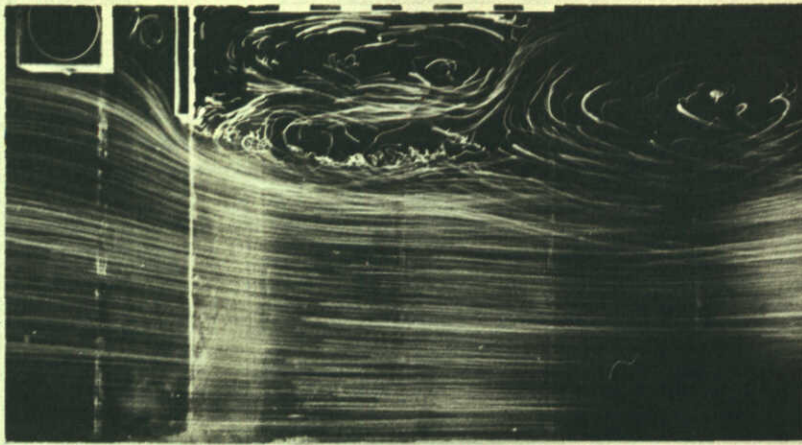
T42  $s/B = 0,875$



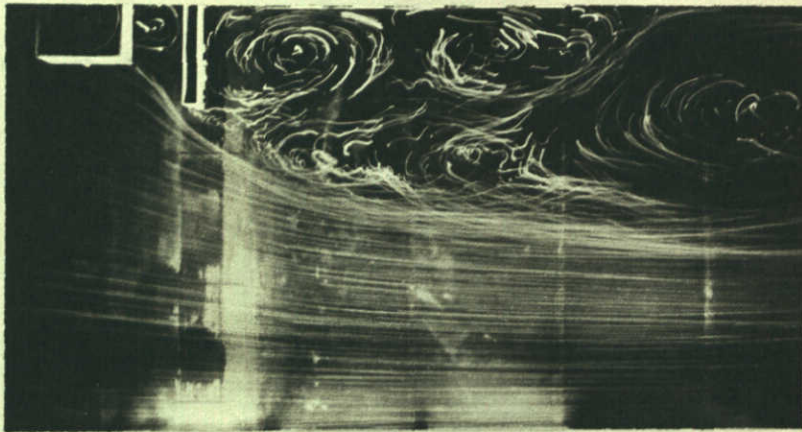
T43  $s/B = 0,75$



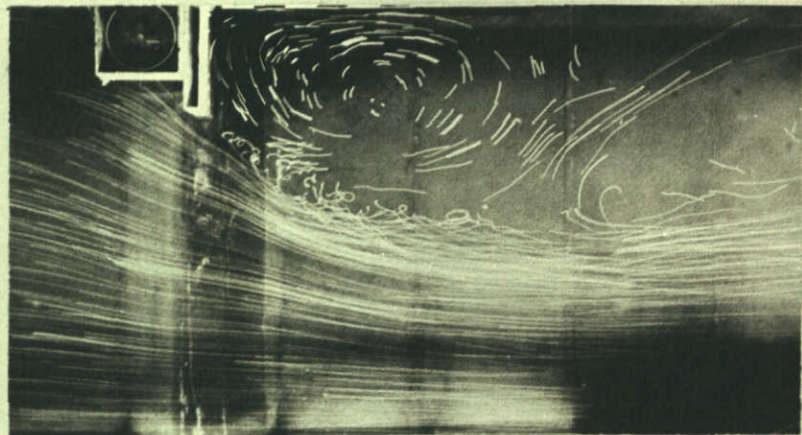
T44  $s/B = 0,50$



T10  $A/D = 0,00$



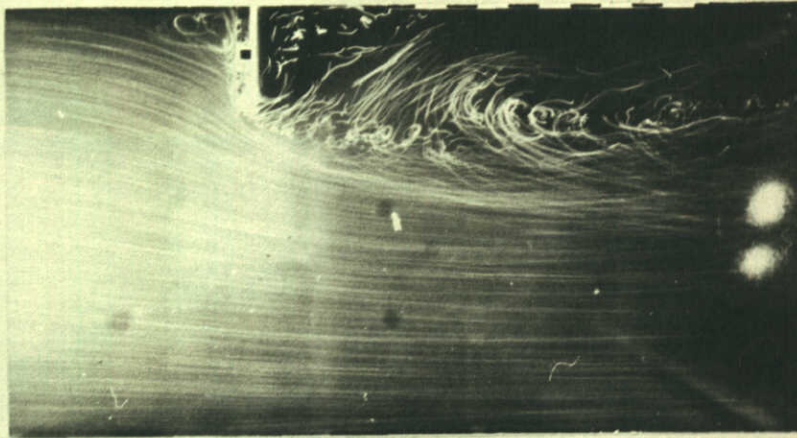
T11  $A/D = 0,25$



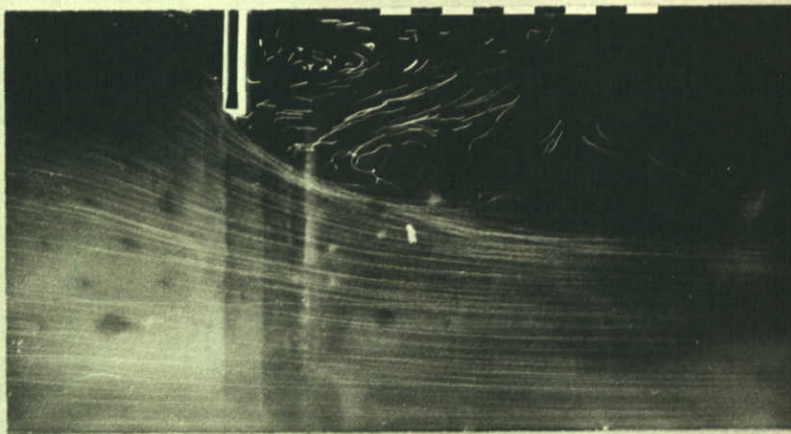
T3  $A/D = 0,50$



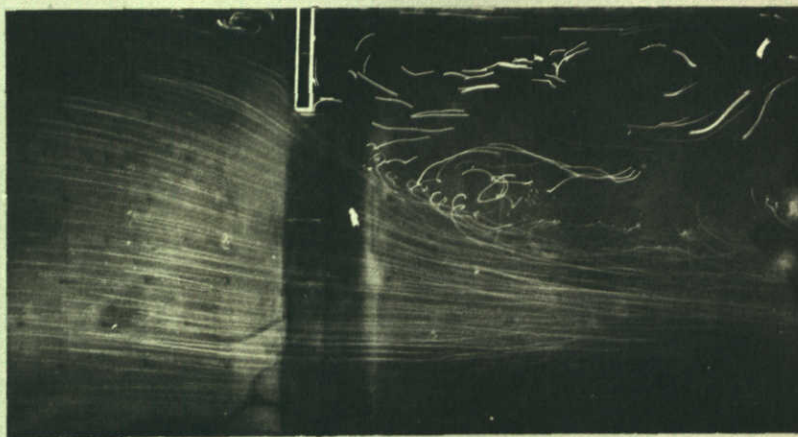
T9  $A/D = 0,75$



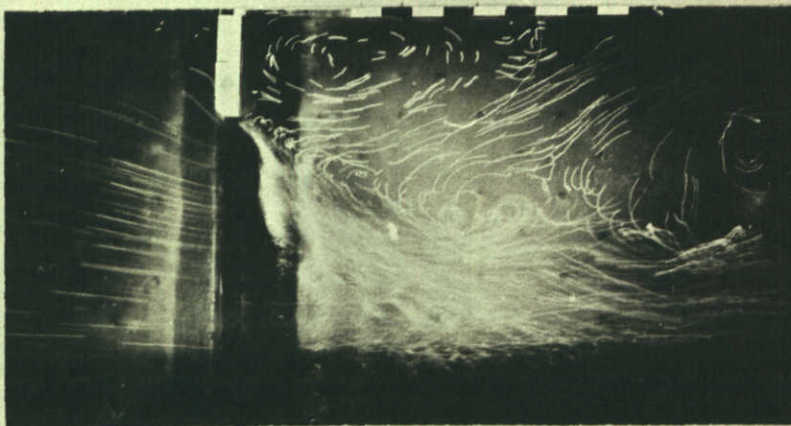
T78a  $A/D = 0,00$



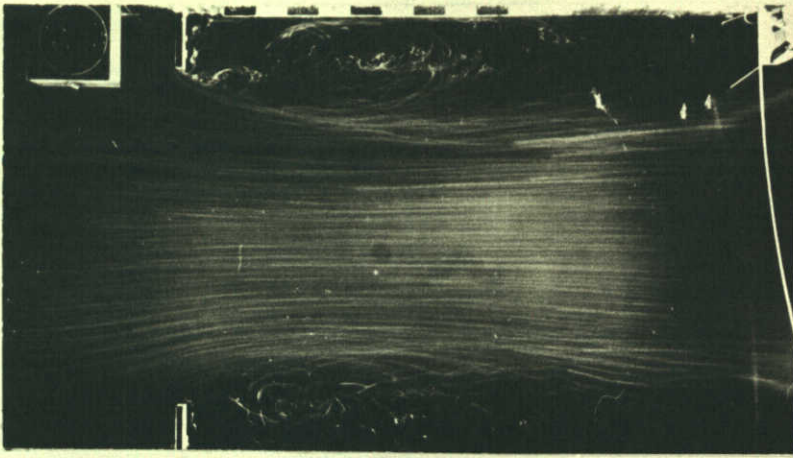
T78b  $A/D = 0,25$



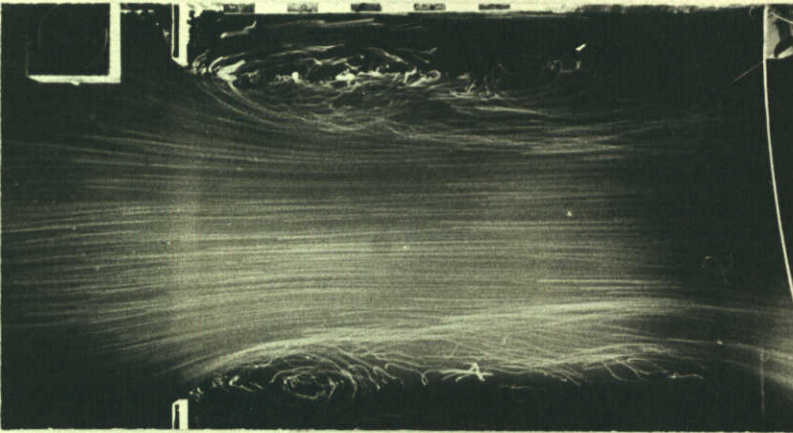
T72  $A/D = 0,50$



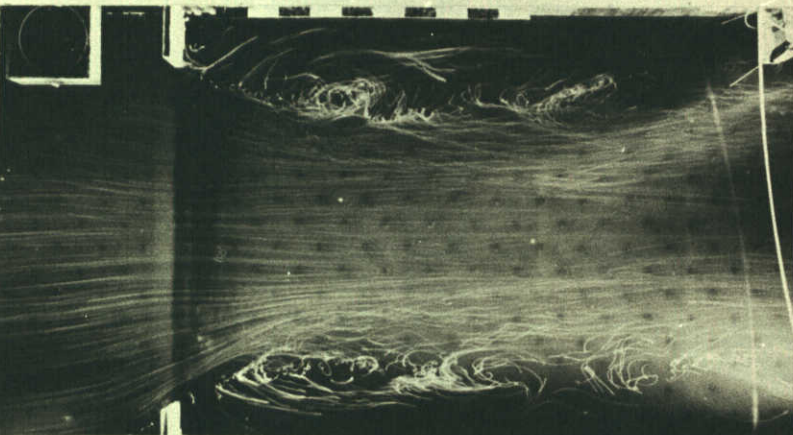
T78  $A/D = 0,75$



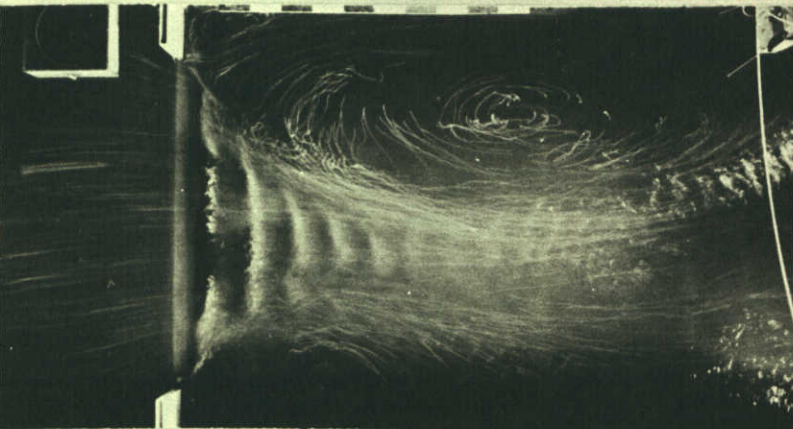
T25  $A/D = 0,00$



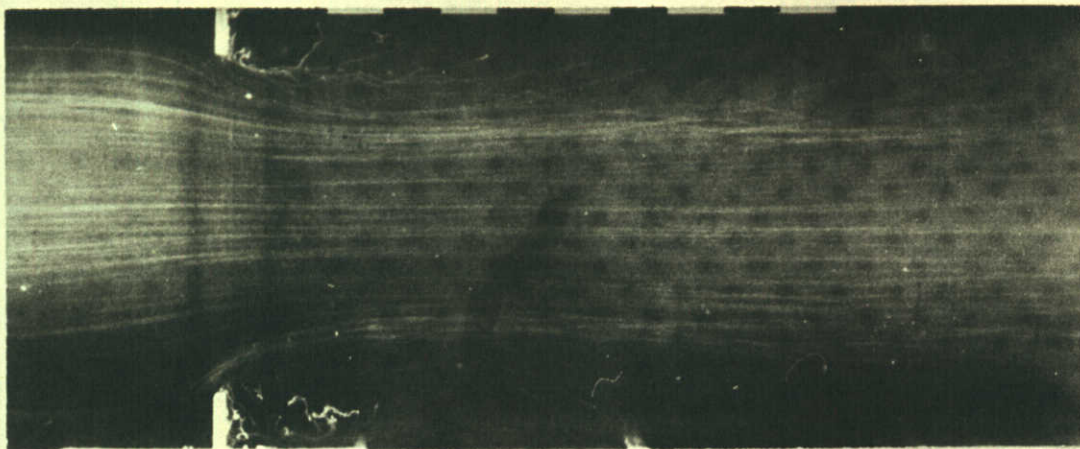
T26  $A/D = 0,25$



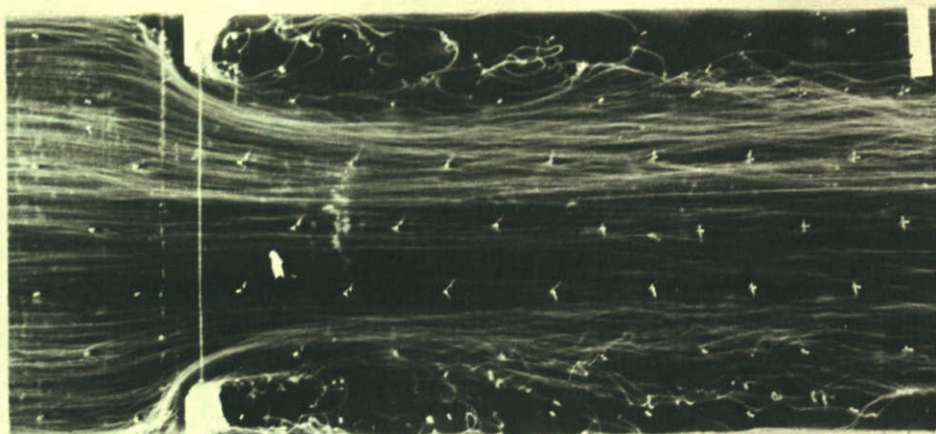
T18  $A/D = 0,50$



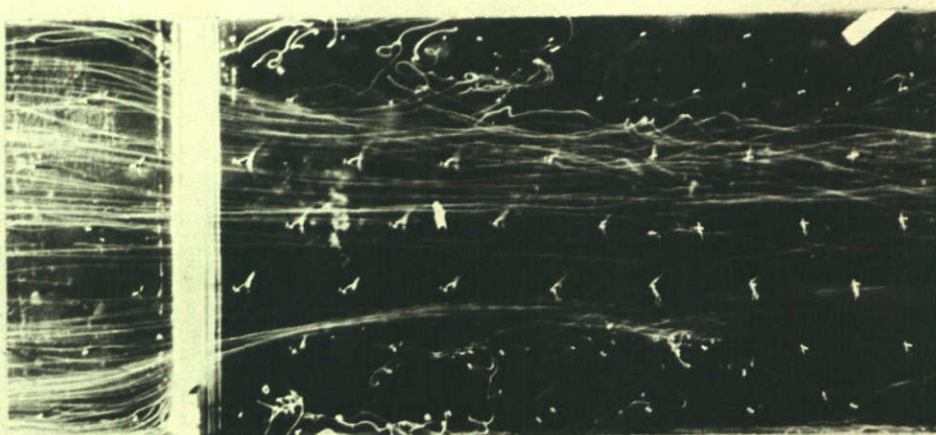
T24  $A/D = 0,75$



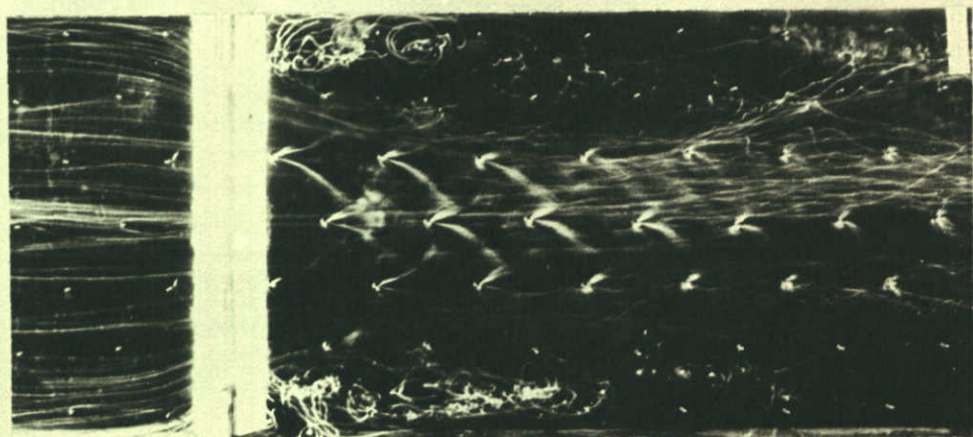
T88 A/D = 0,00



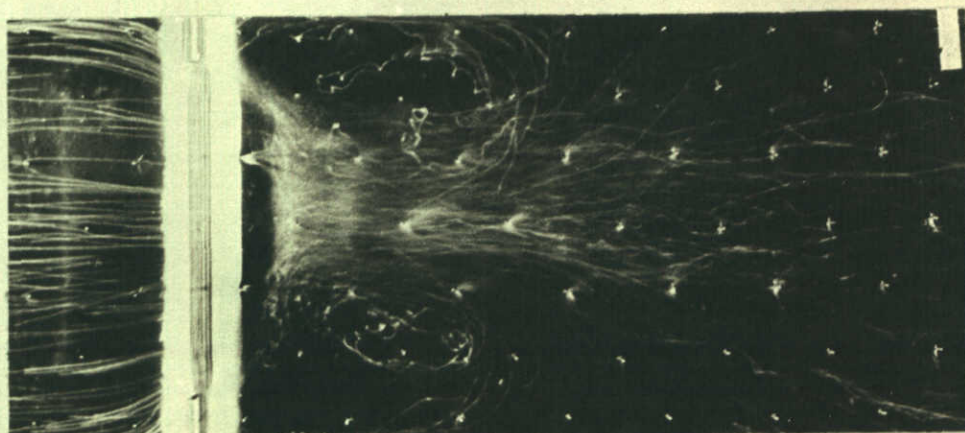
T69a  $A/D = 0,00$



T69b  $A/D = 0,25$

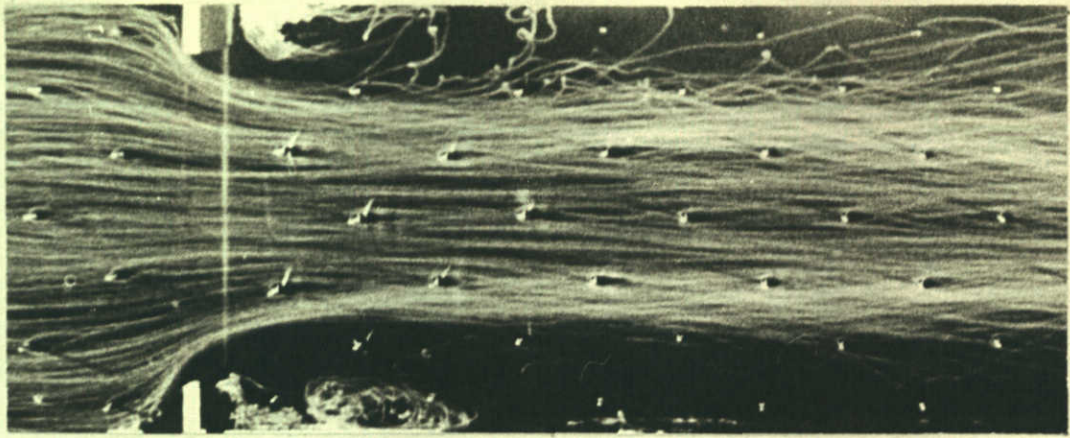


T63  $A/D = 0,50$

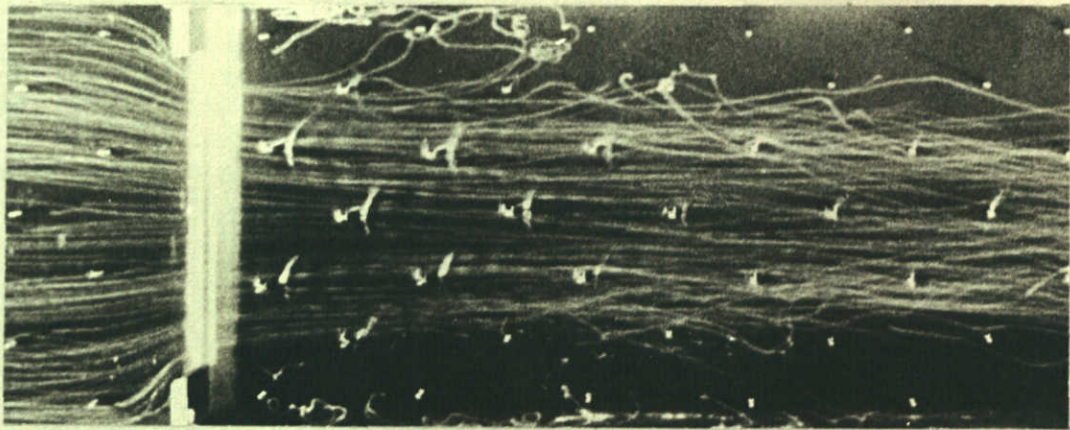


T69  $A/D = 0,75$





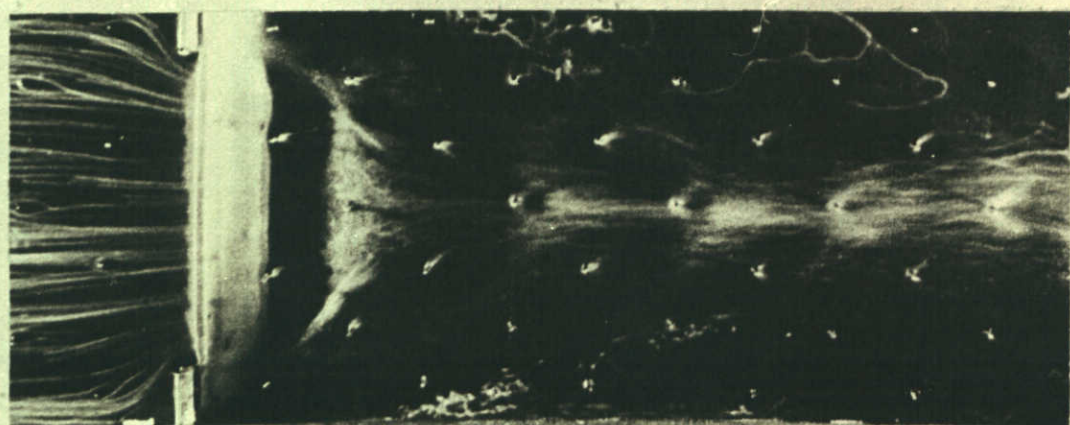
T 39  $A/D = 0,00$



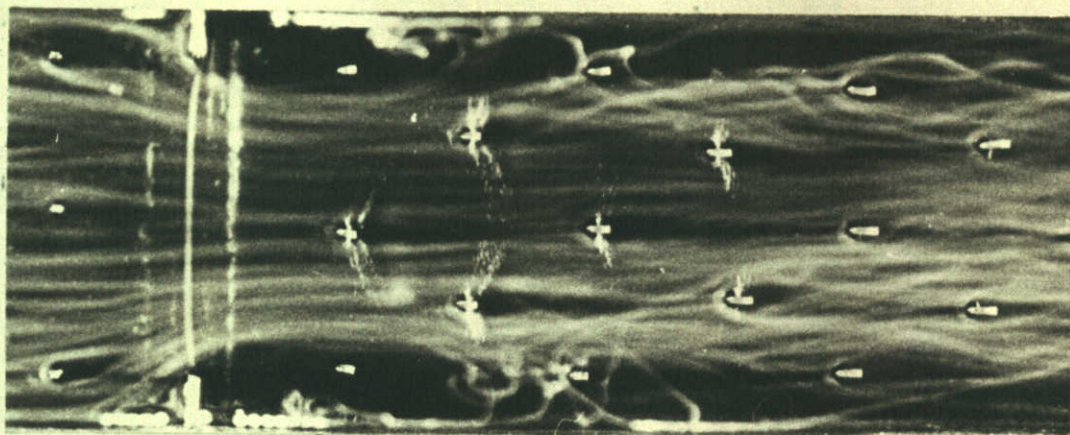
T 40  $A/D = 0,25$



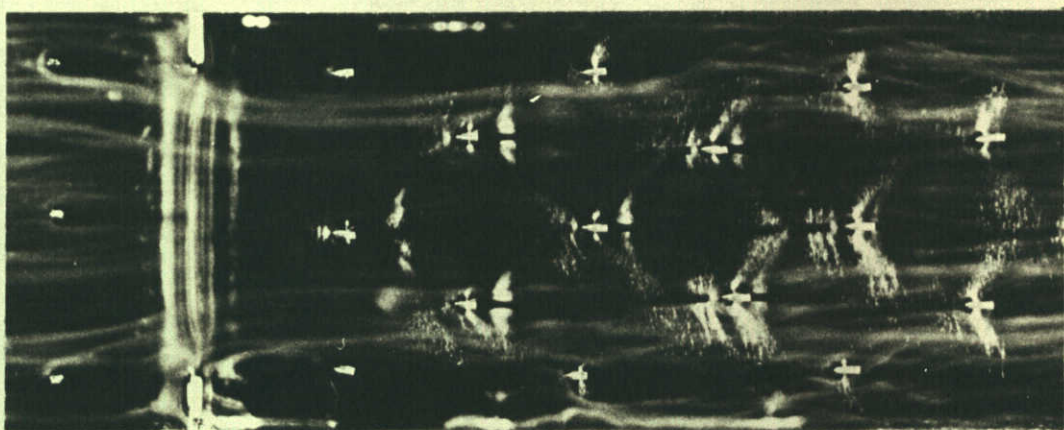
T 32  $A/D = 0,50$



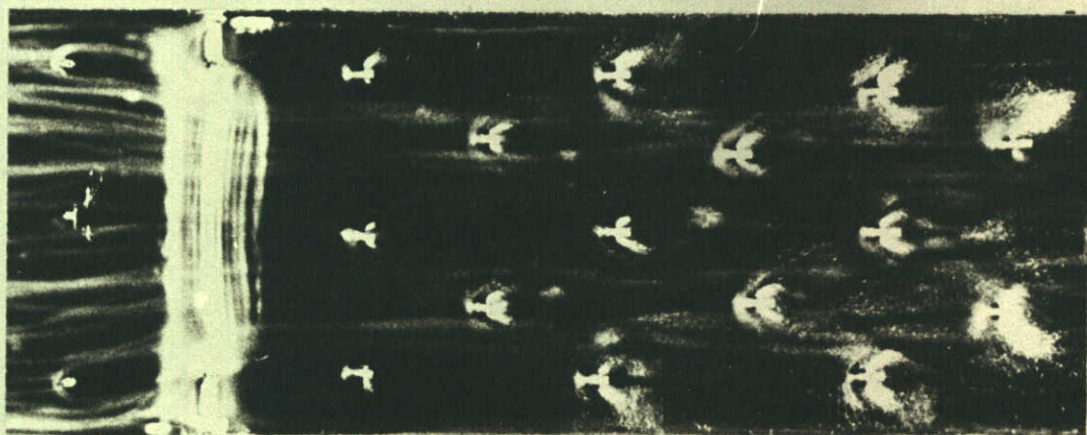
T 38  $A/D = 0,75$



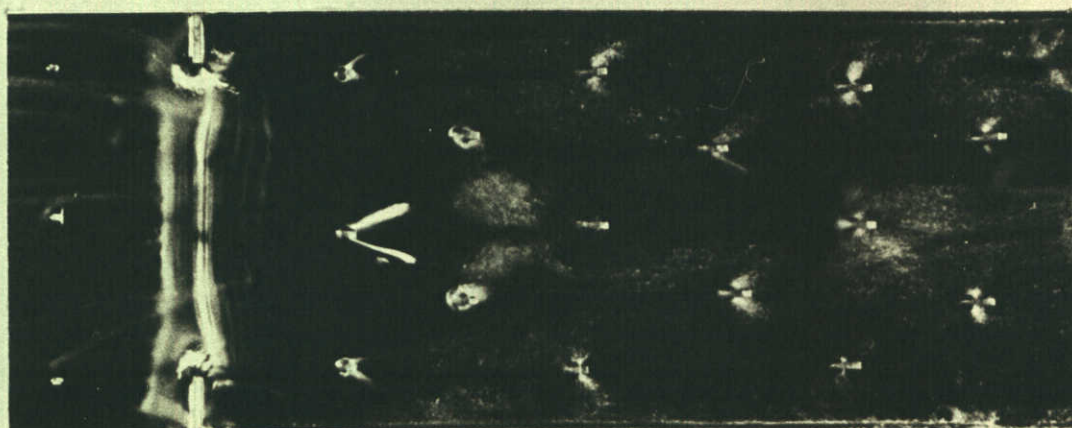
T 50  $A/D = 0,00$



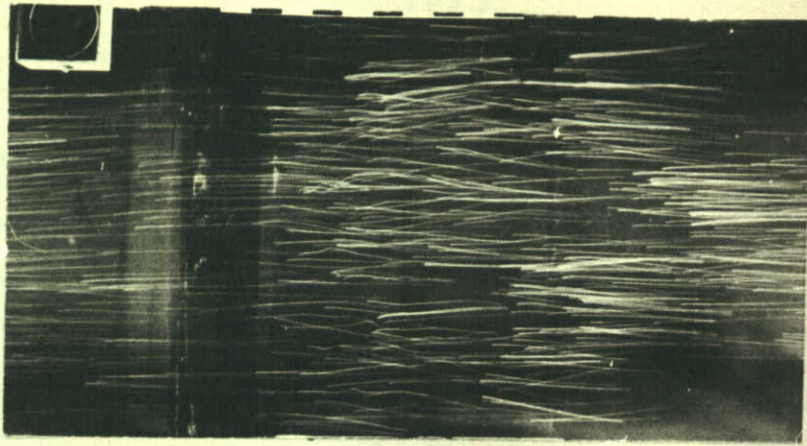
T 51  $A/D = 0,25$



T 43  $A/D = 0,50$



T 49  $A/D = 0,75$



T 8  $s/B = 1,00$



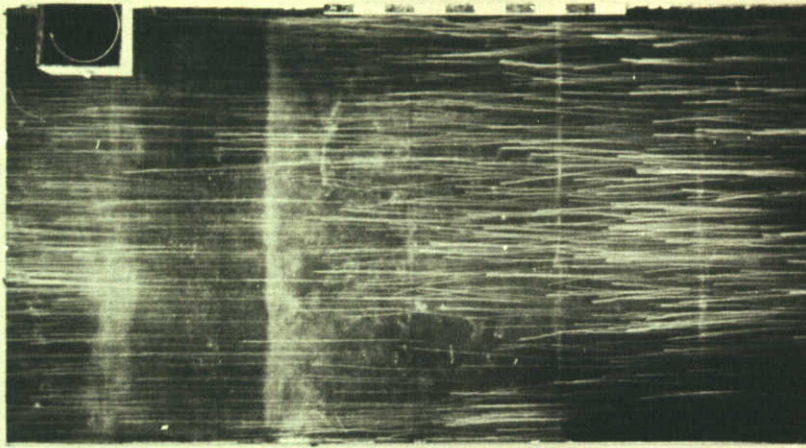
T 7  $s/B = 0,875$



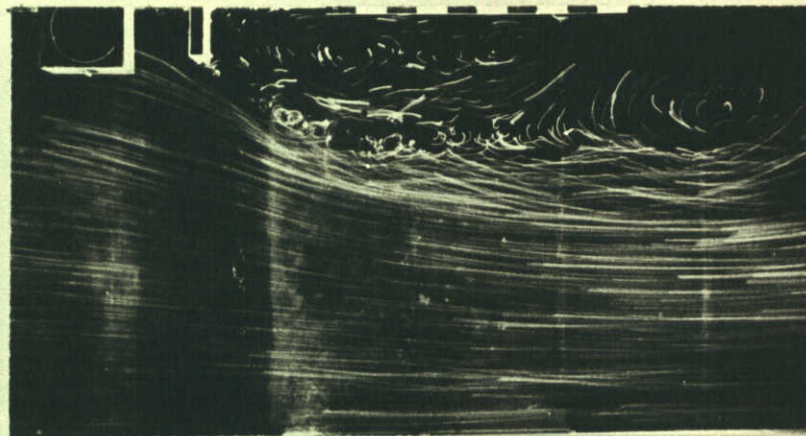
T 6  $s/B = 0,75$



T 5  $s/B = 0,50$



T 12  $s/B = 1,00$



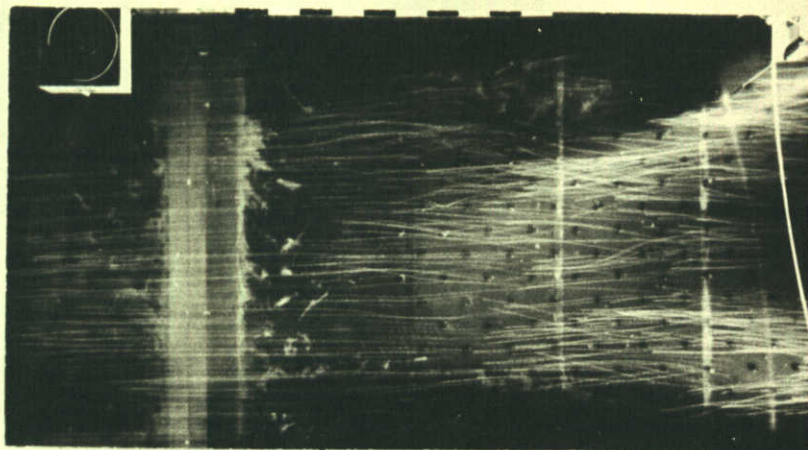
T 13  $s/B = 0,875$



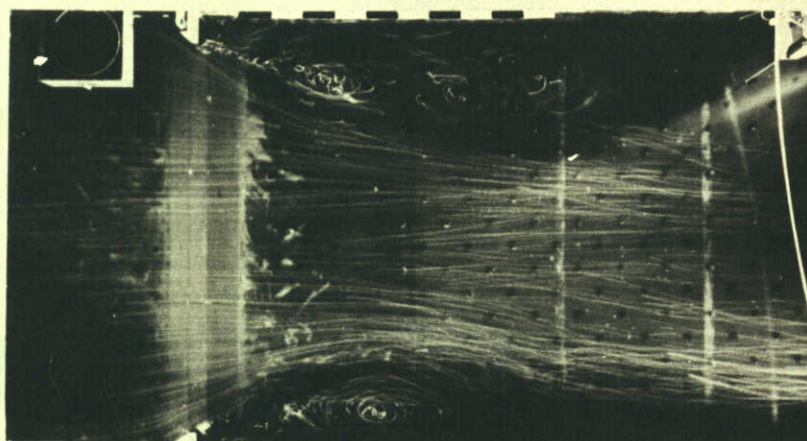
T 14  $s/B = 0,75$



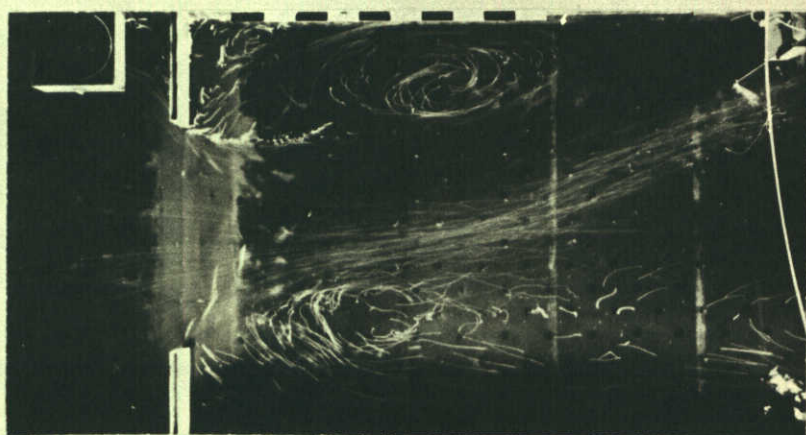
T 15  $s/B = 0,50$



T161  $s/B = 1,00$



T171  $s/B = 0,875$



T191  $s/B = 0,50$



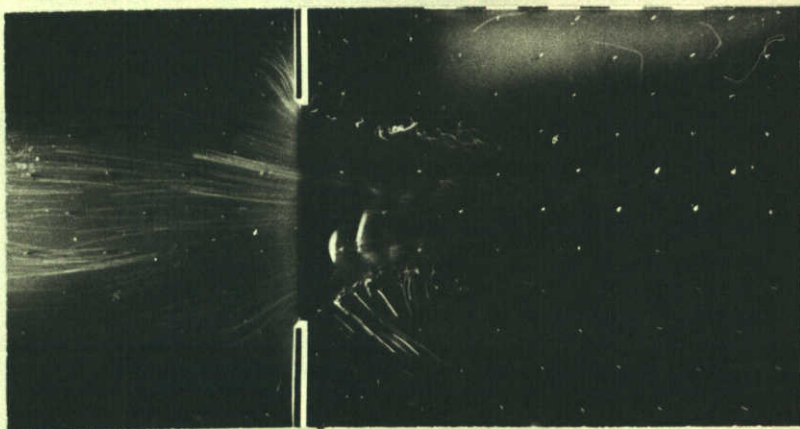
T 27  $s/B = 0,875$



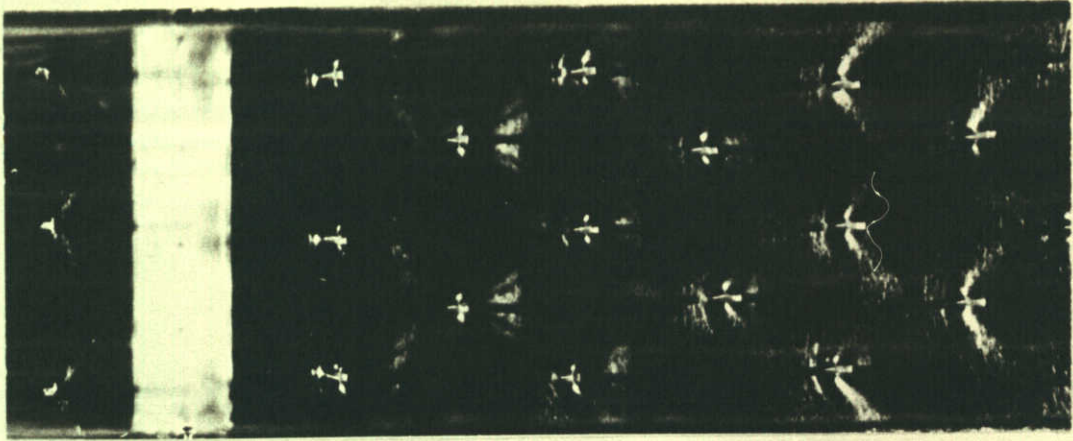
T 28  $s/B = 0,50$



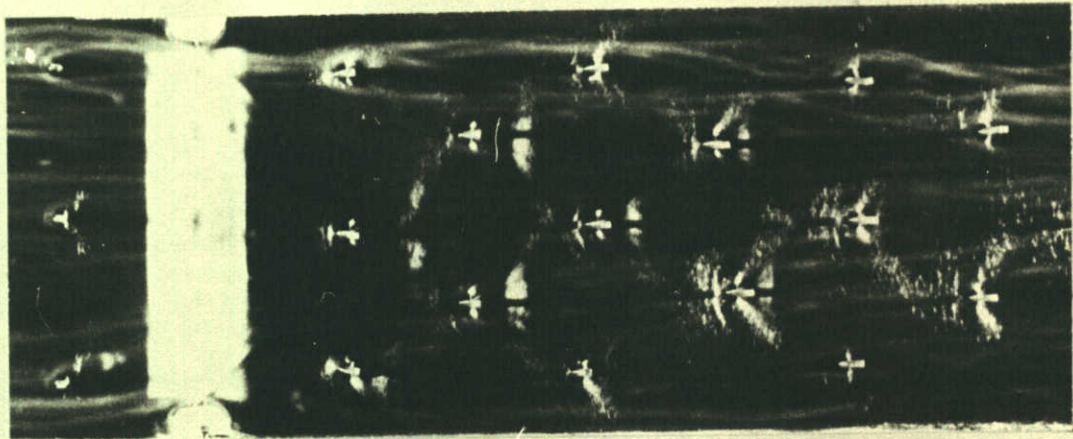
T79  $s/B = 1,00$



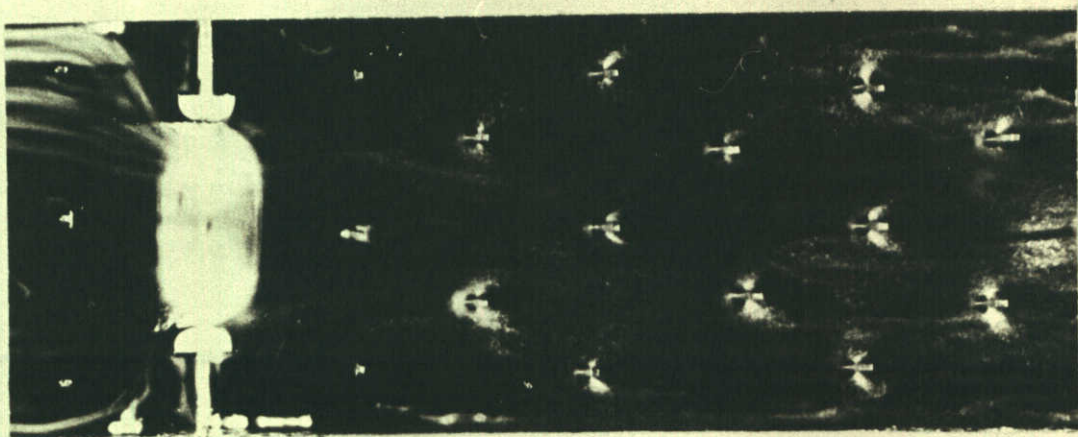
T81  $s/B = 0,50$



T 52  $s/B = 1,00$

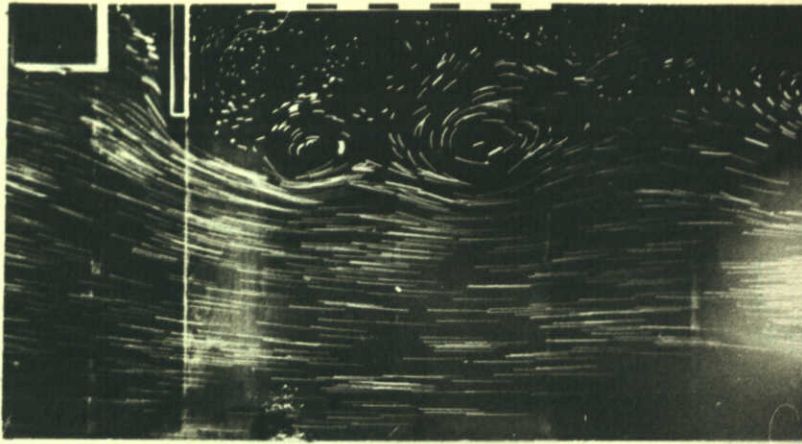


T 53  $s/B = 0,875$

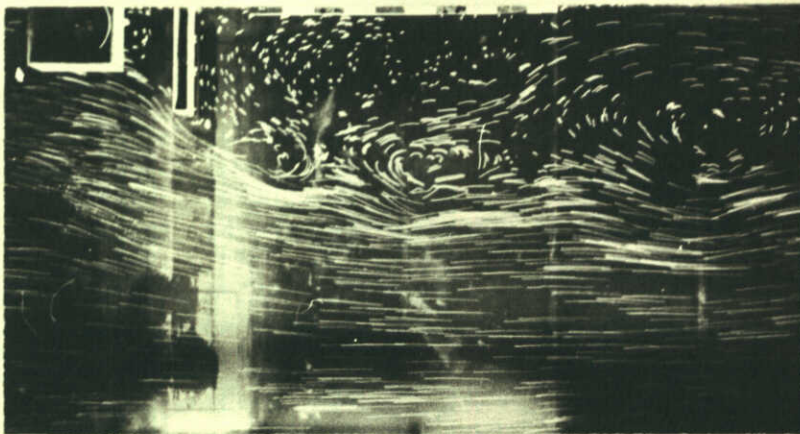


T 54  $s/B = 0,75$

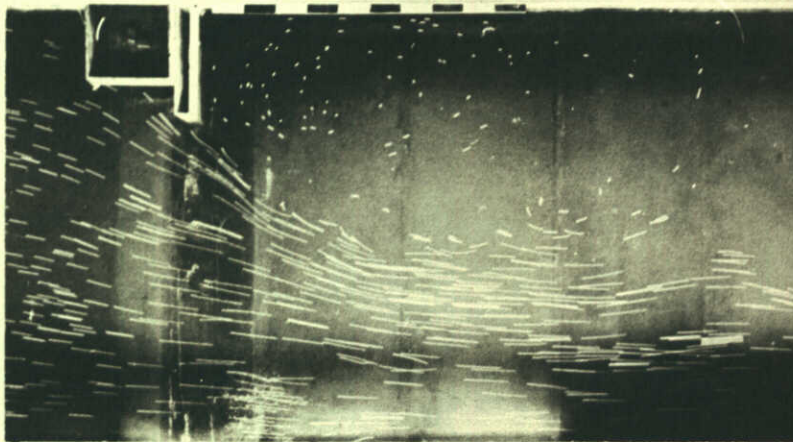




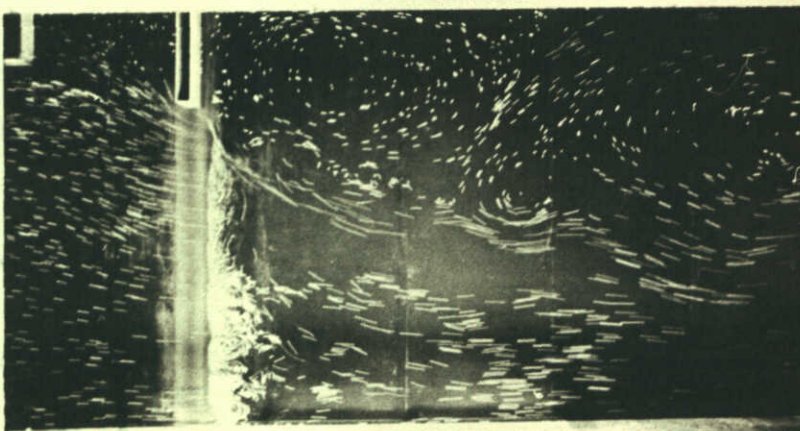
T10  $A/D = 0,00$



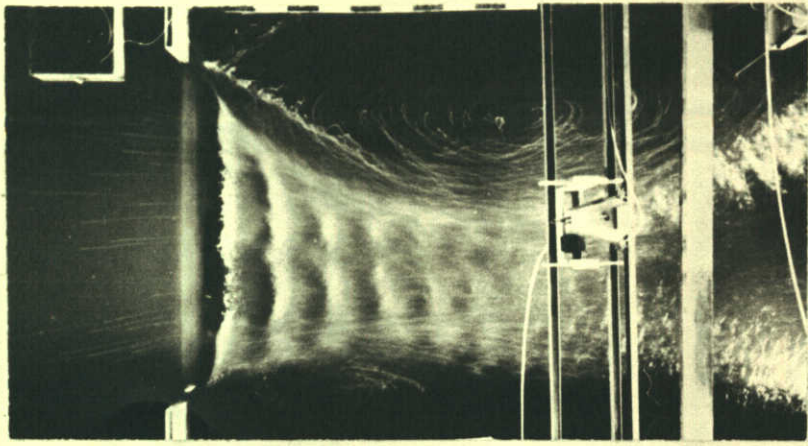
T11  $A/D = 0,25$



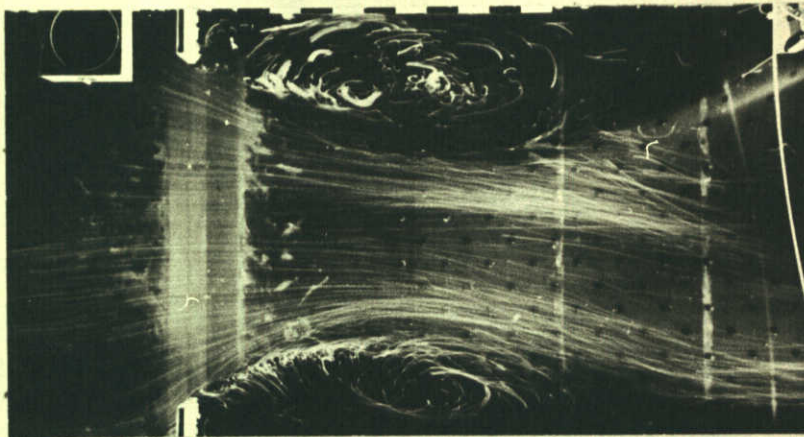
T3  $A/D = 0,50$



T9  $A/D = 0,75$



T24a  $A/D = 0,75$   $s/B = 0,75$   $v/\sqrt{gD} = 0,10$  SCHAAL 400/100



T211  $A/D = 0,50$   $s/B = 0,75$   $v/\sqrt{gD} = 0,05$  SCHAAL 400/100



T74  $A/D = 0,50$   $s/B = 0,50$   $v/\sqrt{gD} = 0,05$  SCHAAL 200/100



T61  $A/D = 0,50$   $s/B = 1,00$   $v/\sqrt{gD} = 0,10$  SCHAAL 1000/100

