

waterloopkundig laboratorium  
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

werkgroep 8

vormgeving en konstruktie sluitgaten

WL 8-38

tweedimensionaal ontgrondingsonderzoek

Oosterschelde

verslag modelonderzoek

---

M 1321

december 1975

M1321\_38

stormvloedkering Oosterschelde

werkgroep 8

vormgeving en konstruktie sluitgaten

WL 8-38

tweedimensionaal ontgrondingsonderzoek

Oosterschelde

verslag modelonderzoek

---

M 1321

december 1975



## Voorwoord

Voor de uitvoering van de studie naar de realiseerbaarheid, de kosten en de benodigde bouwtijd ten behoeve van een stormvloedkering in de Oosterschelde werd door Rijkswaterstaat een project-organisatie in het leven geroepen met een groot aantal werkgroepen.

Het bijgaande verslag is een onderdeel van een serie verslagen, die tot stand is gekomen in het kader van de werkzaamheden van Werkgroep 8: Vormgeving en constructie sluitgaten. Om snel over verspreidbare informatie te beschikken over de vorderingen van de onderzoekingen in het Waterloopkundig Laboratorium werd besloten veelvuldig tussentijds schriftelijk te rapporteren. In verband hiermee is de uitvoering van deze verslagen enigszins afwijkend van de uitvoering onder normale omstandigheden. Na afloop van de studie werd het niet nodig geoordeeld om tot wijzigingen van de opzet over te gaan, mede doordat de resultaten van het waterloopkundig onderzoek zijn samengevat in het door Rijkswaterstaat uitgebrachte verslag: Onderzoek naar de mogelijkheid van de afsluiting van de Oosterschelde met een gedeeltelijk geprefabriceerde stormvloedkering, Deelverslag no. 2: Hydraulische aspecten.

Lijst van in het kader van Werkgroep 8 uitgebrachte verslagen

<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-1	M1001	Lengteprofiel caissondrempels.
WL8-2	M1000	Damaanzet Schouwen.
WL8-3	M1001	Ontgrondingen Roompot situatie III-c.
WL8-4	M863 <sup>B</sup>	Aanzethellingen.
WL8-5	M1000	Plaatsen van de caissons.
WL8-6	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-7	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal varianten van de stormvloedkerende caissondam waarvan de roosters nog niet zijn geplaatst.
WL8-8	M1000	Randvoorwaarden wintersluitgatsituatie met beperkte horizontale vernauwing.
WL8-9	M1000	Onderzoek invloed doorbaggeren Hompels op stroombeeld langs de oever van damaanzet Noord-Beveland.
WL8-10	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-11	M1244	Opbouw wintersluitgatdrempel.
WL8-12	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal varianten van de stormvloedkerende caissondam met roosters.
WL8-13	M1001	Ontgrondingsonderzoek in de Roompot, invloed horizontale en verticale vernauwingen.
WL8-14	M1001	Ontgrondingsonderzoek in de Schaar, invloed horizontale en verticale vernauwingen.
WL8-15	M1001	Ontgrondingsonderzoek wintersluitgatfase Roompot, situaties 1-a en 2 <sup>A</sup> -a met verlaagde drempel.
WL8-16	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-17	M1001	Verlenging bodembescherming.
WL8-18	M1000	Randvoorwaarden wintersluitgatsituatie waarbij het doorstroomprofiel is aangepast aan de huidige bodemconfiguratie.
WL8-19	M1000	Stroomsnelheid ter plaatse van de laatst te plaatsen caisson bij caissons met bovenbak.
WL8-20	M1001	Ontgrondingen tijdens caissonplaatsingen in de Schaar en de Hammen.
WL8-21	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal fasen van de caissonplaatsing.
WL8-22	M1001	Ontwerp maximale horizontale vernauwingen, ontgrondingen eindfase in de Roompot.
WL8-23	M1001	Toetsing berekeningsmethode verlenging bodembescherming.
WL8-24	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal fasen van de roosterplaatsing.
WL8-25	M1001	Ontgrondingen tijdens roosterplaatsingen in de Schaar en de Hammen.



<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-26	M1000	Randvoorwaarden bij de bouwfase en de eindfase van de brievenbusoplossing.
WL8-27	M1001	Effektieve doorstroomoppervlakten en stabiliteit stortsteen op de drempel tijdens caissonplaatsingen.
WL8-28	M1001	Ontgrondingen tengevolge van het weigeren van een schuif.
WL8-29	M1001	Ontgrondingsonderzoek brievenbusoplossing in de Roompot voor de fasen wintersluitgat met landhoofdcaissons en alle caissons geplaatst.
WL8-30	M1001	Beschrijving van in het model toegepaste caissontypen.
WL8-31	M1321	Tweedimensionaal ontgrondingsonderzoek Oosterschelde.
WL8-32	M1001	Aanzethellingen Brouwershavense Gat, vergelijking tussen model en prototype.
WL8-33	M1000	Stroombeeldonderzoek bouwputten stormvloedkering.
WL8-34	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek brievenbusoplossing in de Schaar en de Hammen voor eindsituatie $\mu A = 11.500 \text{ m}^2$ met en zonder bovenaanslag en voor eindsituatie $\mu A = 20.000 \text{ m}^2$ zonder bovenaanslag.
WL8-35	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek brievenbusoplossing in de Schaar en de Hammen voor situatie alle caissons geplaatst en voor eindsituatie $\mu A = 11.500 \text{ m}^2$ met beperkte horizontale vernauwing.
WL8-36	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek brievenbusoplossing in de Roompot voor eindsituatie $\mu A = 11.500 \text{ m}^2$ .
WL8-37	M1000	Methode voor de bepaling van het effectief doorstroomprofiel in het getijmodel van de Oosterschelde.
WL8-38	M1321	Tweedimensionaal ontgrondingsonderzoek Oosterschelde.
WL8-39	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel bij een weigerende schuif in caissons zonder bovenbak.
WL8-40	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel bij een weigerende schuif in caissons met bovenbak.
WL8-41	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel bij een weigerende schuif in brievenbus-caissons.
WL8-42	M1382	Toelaatbare samentrekking van brievenbuscaissons ten behoeve van onderzoek in het getijmodel M1000.
WL8-43	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek pijleroplossing in de Schaar en de Hammen voor eindsituatie $\mu A = 11.500 \text{ m}^2$ met roosterschuiven.

<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-44	M1385	Ontgrondingen bij de putten van de pijleroplossing.
WL8-45	R 460	Invloed van een geleidelijk in hoeveelheid afnemende bestorting benedenstrooms van een bodemverdediging op de vorming van de ontgrondingskuil.
WL8-46	M1001	Invloed geleidedam Noord-Beveland en landhoofdcaissons op de ontgrondingen in de Roompot.
WL8-47	M1000	Randvoorwaarden bij de wintersluitgatsituatie van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-48	M1000	Randvoorwaarden bij een plaatsingsfase van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-49	M1000	Plaatsingstijd caissons.
WL8-50	M1001	Ontgrondingsonderzoek pijlerplaatsingen in de Schaar en de Hammen.
WL8-51	M1382	Bepaling afvoercoëfficiënten samengetrokken en niet-samengetrokken caissons voor de brievenbusoplossing.
WL8-52	M1382	Bepaling afvoercoëfficiënten pijleroplossing.
WL8-53	M1000	Voorspelling verandering in bodemligging ten gevolge van aanpassing damkoppen.
WL8-54	M1000	Randvoorwaarden bij een tweetal eindfasen van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-55	M1001	Stroomverdeling en ontgrondingsonderzoek vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-56	M1324	Stabiliteit zij-aanstortingen caissons tijdens superstorm-omstandigheden.
WL8-57	M1324/ M1329	Stabiliteit stortebed en drempel bij het sluiten van hefschuiven in caissons (oriënterend onderzoek).
WL8-58	M1000	Randvoorwaarden bij een bouwfase van de pijlers op putten.
WL8-59	M1402	Ontgrondingen rond putten bij gedeeltelijk verdedigde bodem.
WL8-60	M1324	Stroombeelden bij enige dorpelvormen voor de toestand van weigerende schuif bij de oplossing pijlers op putten.
WL8-61	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek bij een weigerende schuif in de Roompot
WL8-62	M1329	Geconstateerde dwarsslivering bij onderzoek naar de bouwfase van pijlers op putten.
WL8-63	M1329	Stabiliteit drempelmateriaal tijdens bouwfase van pijlers op putten.
WL8-64	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel van de pijleroplossing bij een weigerende schuif.



<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-65	M1001	Invloed geleidedam Noord-Beveland op het stroombeeld tijdens een plaatsingsfase van de pijleroplossing.
WL8-66	M1329	Afvoercharacteristieken caissons, oriënterend onderzoek.
WL8-67	M1329	Invloed drempelvorm op stabiliteit van bestortingen op drempel en stortebed bij de caissondam.
WL8-68	M1324	Stabiliteit drempelmateriaal tijdens plaatsingsfase caissons (oriënterend onderzoek).
WL8-69	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek eindsituatie pijleroplossing in de Roompot.
WL8-70	M1000/ M1001/ M1382	Verklaring verschil in $\mu$ -waarden van de caissondam tussen het overzichtsmodel (M1000) en het detailmodel (M1001).
WL8-71	M1000	Vergelijking resultaten van overeenkomstig onderzoek in het getijmodel M1000 en het mathematisch model Implic.
WL8-72	R 460	Interne stabiliteit en zanddichtheid van drempelconstructies onder verval.
WL8-73	M1329	Oriënterend onderzoek naar de stabiliteit van bestortingen bij pijlers op putten met roosterschuiven.

# INHOUD

Blz.

## TABELLEN

## FIGUREN

<u>1</u>	<u>Inleiding</u> .....	1
1.1	Opdracht en doel van het onderzoek .....	1
1.2	Opzet en uitvoering van de proeven .....	2
<u>2</u>	<u>Model</u> .....	3
2.1	Modelschaal en randvoorwaarden .....	3
2.2	Meetopstelling .....	3
2.3	Meetinstrumenten .....	5
<u>3</u>	<u>Verloop van het onderzoek</u> .....	6
<u>4</u>	<u>Resultaten van het onderzoek</u> .....	7
4.1	Tijd-ontgrondingslijnen .....	7
4.2	Snelheidsverdelingen .....	8
4.3	Aanzethelling en kuilvorm .....	9
4.4	Dwarsprofielen .....	9
4.4	Samenvatting .....	10



## TABELLEN

- I           Overzicht proeven T109 t/m T121
- II           Systematisch overzicht proeven met caisson type I en zonder  
            caisson
- III          Overzicht meetresultaten T109 t/m T121
- IV          Systematisch overzicht  $\alpha$ -waarden voor proeven met caisson type I  
            en zonder caisson

## FIGUREN

- 1    Overzicht van het tweedimensionale ontgrondingsmodel
- 2    Doorlaatcaisson type I; T113 t/m T116; T118 t/m T121
- 3    Roostervormen in doorlaatcaisson; T114 t/m T116; T119 t/m T121
- 4    Overzicht van meetresultaten T109
- 5    Overzicht van meetresultaten T110
- 6    Overzicht van meetresultaten T111
- 7    Overzicht van meetresultaten T112
- 8    Overzicht van meetresultaten T113
- 9    Overzicht van meetresultaten T114
- 10   Overzicht van meetresultaten T115
- 11   Overzicht van meetresultaten T116
- 12   Overzicht van meetresultaten T117
- 13   Overzicht van meetresultaten T118
- 14   Overzicht van meetresultaten T119
- 15   Overzicht van meetresultaten T120
- 16   Overzicht van meetresultaten T121
- 17   Invloed damhoogte op  $t_1$  voor caisson type I en  $l = 5$  m
- 18   Invloed damhoogte op  $\cotg \beta$  en  $\alpha$  voor caisson type I voor  $l = 5$  m
- 19   Invloed damhoogte op  $\cotg \beta$  en  $\alpha$ , vergelijking met rapport M847-I



## 1. Inleiding

### 1.1 Opdracht en doel van het onderzoek

In het kader van het onderzoekprogramma ten behoeve van stormvloedkerende caissons in de Oosterschelde werd door de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat aan het Waterloopkundig Laboratorium te Delft mondeling opdracht gegeven tot het uitvoeren van een tweedimensionaal ontgrondingsonderzoek.\*

Het modelonderzoek werd gestart in januari 1975. Het eerste rapport WL8-31 (M 1321-1) gaf een verslag van de proeven die in de periode van januari 1975 tot juli 1975 in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft werden uitgevoerd. Genoemde proevenserie vormde een onderdeel van het onderzoek naar de invloed van verticale en horizontale vernauwingen van het doorstroomprofiel op de ontgrondingen.

Gedurende bovengenoemd onderzoek was de goot versmald met behulp van verticale schotten, die op 1 m van een der zijwanden waren geplaatst. Bij sommige situaties bleken de dwarsprofielen in de diepste punten grote verschillen in ontgrondingen te zien te geven, dit vermoedelijk als gevolg van het optreden van secundaire stromingen. Om dit effect te verminderen werd na overleg met de opdrachtgever in juli 1975 besloten voor het vervolg van het onderzoek de goot te verbreden tot 2,40 m (modelonderzoek M 1321-2). De resultaten van enige ontgrondingsproeven in de verbrede goot toonden echter aan dat de ontgrondingsparameter  $\alpha$  en de turbulentie-intensiteit  $r$  aan het einde van het stortedebd hoger waren dan de waarden van overeenkomstige proeven van het modelonderzoek M 847. Dit was waarschijnlijk te wijten aan de instroming van de goot (zie figuur 1). Nadat de verticale scheidingswand in het midden van de goot was doorgetrokken tot tegen het filter aan, bleken de resultaten van genoemde vergelijkingsproeven aanmerkelijk beter overeen te komen met de resultaten van M 847.

Vervolgens werden enige proeven van het ontgrondingsonderzoek in de 1 m brede goot herhaald. Op 20 november 1975 werd besloten om het tweedimensionale onderzoek te onderbreken ten behoeve van een onderzoek naar de afvoercoëfficiënten van vertrokken en niet vertrokken caissons voor de brievenbusoplossing (M 1382).

---

\*Het onderzoek heeft uit 2 delen bestaan: M 1321-1 en M 1321-2. Dit rapport beschrijft het modelonderzoek M 1321-2.

De in dit tweede rapport gegeven resultaten hebben betrekking op de proeven T109 t/m T121 in de 2,40 m brede goot met verbeterde instroomconstructie. Het onderzoek werd uitgevoerd onder leiding van ir. H. Depeweg, die ook dit rapport samenstelde.

### 1.2 Opzet en uitvoering van de proeven

Om de invloed van de verschillende variabelen op de ontgrondingen te bepalen werden de ontgrondingssnelheid en de evenwichtshelling van de ontgrondingskuil beschouwd. De ruwheid van de bodembescherming, de vorm van de drempel en het bewegend materiaal werden tijdens het onderzoek niet gevarieerd. De proeven werden uitgevoerd onder de volgende condities:

- de ontgrondingen werden ter vereenvoudiging bij permanente stroom beschouwd,
- bovenstrooms van het ontgrondingsmateriaal vond geen materiaaltoevoer plaats,
- de bodembescherming werd horizontaal gehouden.

Om de ontgrondingskuil en de ontgrondingssnelheid te karakteriseren werden parameters gebruikt, zoals deze door het Laboratorium uit fundamenteel onderzoek (M648/M863 en M847) werden geformuleerd (zie het rapport M 1321-1).

## 2. Model

### 2.1 Modelschaal en randvoorwaarden

De modelschaal was voor het ontgrondingsonderzoek in de verbrede goot gelijk gehouden aan de schaal in het eerste gedeelte van het onderzoek en bedroeg 1:50.

De afmetingen van het caisson en de drempels en de benedenstroomse waterdiepte werden volgens deze schaal verkleind.

De snelheid in het model werd echter overdreven ten opzichte van de snelheid volgens de schaalregels van Froude, om tot niet al te lange ontgrondings-tijden  $t_1$  te komen. Hierbij is de ontgrondingstijd  $t_1$  de tijdsduur waarop de maximale ontgrondingsdiepte  $h_{\max}$  gelijk is aan de waterdiepte  $h_0$  aan het einde van het stortebed. De waterspiegel benedenstrooms van de drempel werd voor alle proeven op NAP gehouden. De waterdiepte aan het einde van het benedenstroomse stortebed was 20 m (prototype).

In het model was de waterdiepte  $h_0$  aan het einde van het stortebed 0,40 m.

### 2.2 Meetopstelling

De proeven werden uitgevoerd in goot 4 van het Gotenlaboratorium in het Laboratorium Delft.

De drempel met het daarop geplaatste caisson wordt oneindig lang in de richting loodrecht op de stroomrichting verondersteld, zodat het modelonderzoek tweedimensionaal kan worden uitgevoerd.

De meetopstelling is weergegeven in figuur 1. Het toegepaste type doorlaatcaisson en roostervormen zijn gegeven op de figuren 2 en 3.

Het tijdens deze proevenserie gebruikte caisson is het type I zoals beschreven in hoofdstuk 3.1 van de nota WL8-31. De modelafmetingen van de balkroosters in het caisson waren 14/17, waarbij het eerste getal de hoogte en de breedte van de balken en het tweede getal de openingen tussen de balken in mm aangeeft.

In geval ijsschuiven in het caisson werden geplaatst dan lag de bovenkant van deze schuiven 2,60 m (prototype) beneden de benedenwaterstand.

De breedte van de drempel onder het caisson was 50 m. De drempelhoogte inclusief de hoogte van de bodembak was  $0,25 h_0$  resp.  $0,50 h_0$ , waarbij  $h_0$  de benedenstroomse waterdiepte is. De aansluitende taluds hadden een helling van 1:5.

De lengte van het stortebed boven- en benedenstrooms van het caisson



bedroeg 250 m gemeten uit het hart van het caisson. Het stortebed was opgebouwd uit een enkele laag porfiersteen met een gemiddelde diameter  $d = 0,04 h_0$ .

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de afmetingen van het caisson en de drempels. De opgegeven maten en peilen zijn prototype waarden.

Caisson type	Drempelhoogte $D/h_0$	Drempelbreedte in m	Bovenkant drempel t.o.v. NAP	Bovenkant bodembak t.o.v. NAP	Bodem stortebed t.o.v. NAP	Beneden waterstand t.o.v. NAP
I	0,25	50	- 15,75 m	- 15 m	- 20 m	0
	0,50	50	- 10,75 m	- 10 m	- 20 m	0

Tabel I geeft een overzicht van de proeven in volgorde van onderzoek. Hierin zijn gegeven de waterdiepte aan het einde van het stortebed ( $h_0$ ) en de gemiddelde snelheid  $\bar{u}$ , eveneens aan het einde van het stortebed. De drempelhoogte  $D$ , inclusief de hoogte van de bodembak is gegeven in verhouding tot de waterdiepte  $h_0$ . Op dezelfde wijze zijn de lengte van de drempel  $L$  (in de richting van de stroom) en de lengte  $l$  van het bovenstroomse stortebed zonder taludlengte gegeven, zie ook figuur 1.

De gemiddelde diameter van de enkele laag porfierstenen is ook in verhouding tot de waterdiepte  $h_0$  gegeven. Daarnaast zijn opgenomen het type doorlaatcaisson en de roosterconfiguratie, welke gedurende een bepaalde proef zijn toegepast. Wat betreft de roosterconfiguratie is zowel de hoogte van de balken als de hoogte van de openingen tussen de balken gegeven. De opgegeven maten zijn alle modelmaten. De opgegeven peilen zijn prototype waarden ten opzichte van NAP.

Het ontgrondingsmateriaal is polystyreen met een  $d_{50}$  van 1600  $\mu\text{m}$ , een  $\rho_s$  van 1050  $\text{kg/m}^3$  en een kritieke schuifspanningssnelheid  $u_{*kr}$  van 0,52  $\text{cm/s}$  bij een viscositeit  $\nu = 1,30 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . De kritieke snelheid is bepaald volgens  $u_{kr} = \sqrt{\frac{8}{\lambda}} \cdot u_{*kr}$ , waarin  $\lambda$  met behulp van het diagram van Moody en  $u_{*kr}$  met behulp van het aangepaste diagram van Shields uit de stroom- en materiaaleigenschappen zijn afgeleid (als ruwheid  $k$  is ingevoerd de korreldiameter).

### 2.3 Meetinstrumenten

Het debiet werd gemeten met een debietmeter, die een nauwkeurigheid heeft van 1% van de volle schaalwaarde ( $Q_{\max} = 1000 \text{ l/s}$ ).

De gemiddelde stroomsnelheid werd bepaald uit  $\bar{u} = \frac{Q}{B \cdot h_0}$ , waarin  $Q$  het ingestelde debiet was en  $B \cdot h_0$  de dwarsdoorsnede aan het einde van de benedenstroomse bodemverdediging. De ontgrondingen werden gemeten met een aan de meetwagen bevestigde echoloodinstallatie. Tijdens de proeven werden in 5 langsraaien de ontgrondingen gemeten. De buitenste twee raaien lagen 40 cm van de zijwanden en de onderlinge afstand tussen de raaien was eveneens 40 cm.

Aan het einde van elke proef werden in 5 verticalen aan het einde van het stortebed de snelheidsverdeling en de turbulentie-intensiteit met een micromolen gemeten.

De waterdiepte  $h_0$  werd gemeten aan het einde van het stortebed met behulp van een peilnaald.

Het verval over het caisson werd bepaald met behulp van pitotbuizen, die boven- en benedenstrooms van het caisson waren aangebracht.

### 3. Verloop van het onderzoek

Daar de verbreding van de goot van 1 m tot 2,40 m wel een gunstige invloed op de dwarsprofielen in de diepste punten, maar niet op de ontgrondingsparameter  $\alpha$  en de turbulentie-intensiteit had, werd in een later stadium van het onderzoek tevens de instroomconstructie van de goot gewijzigd. Allereerst werd aan de bovenstroomse zijde van de goot een filter van grof steenslag aangebracht, dat wel de ontgrondingsparameter en de turbulentie-intensiteit omlaag bracht, maar deze waren nog hoger dan de waarden van overeenkomstige proeven van het onderzoek M847. Vervolgens werd de afgeronde instroomkant van de goot gewijzigd. De verticale scheidingswand in het midden van de goot werd in stroomopwaartse richting doorgetrokken tot tegen het filter aan. De wijziging van de goot betekende een verlaging van de turbulentie intensiteit en de ontgrondingsparameter  $\alpha$  tot vergelijkbare waarden gevonden tijdens het onderzoek M847.

De proeven T109 t/m T112 en T117 werden uitgevoerd om vast te kunnen stellen of de resultaten van het onderzoek naar de invloed van de geometrie en aard van de verdediging bij twee-dimensionale ontgrondingen (M847) in deze goot reproduceerbaar waren.

Tijdens de proeven T109 en T110 werd gestroomd met een vlakke, gladde bodemverdediging ( $d = 0 \cdot h_0$ ) en een gemiddelde snelheid van 0,20 m/s resp. 0,29 m/s. Vervolgens werd een vlakke, ruwe bodemverdediging aangebracht ( $d = 0,04 h_0$ ) (T111). Tijdens de proeven T109 t/m T111 was in de goot geen drempel aangebracht.

Tijdens de proeven T112 en T117 werd een lage resp. hoge drempel in de goot geplaatst. De bovenkant van de drempel was bestort met stortsteen, die ook voor de bodembescherming was gebruikt.

De overige proeven werden uitgevoerd met het caisson type I op een lage drempel (T113 t/m T115) resp. op een hoge drempel (T116, T118 t/m T121). Voor de proeven T113 en T118 waren geen roosters in het caisson geplaatst, terwijl voor de proeven T114 en T116 roosters 14/17 en voor de proeven T115 en T119 ijsschuiven in het caisson waren aangebracht. De proeven T120 en T121 waren een herhaling van de proeven T119 en T116, met als enig verschil dat gedurende de twee eerst genoemde proeven de gemiddelde snelheid aan het einde van het stortebed 0,29 m/s i.p.v. 0,20 m/s bedroeg.

Tabel II geeft een systematisch overzicht van de proevenserie.



#### 4. Resultaten van het onderzoek

##### 4.1 Tijd-ontgrondingslijnen

De tijd-ontgrondingslijnen zijn gegeven in de figuren 4 t/m 16. Hieruit blijkt dat voor de proeven het verband tussen de dimensieloze maximale ontgrondingsdiepte ( $h_{\max}/h_o$ ) en de dimensieloze tijd ( $t/t_1$ ) kan worden vastgelegd in de relatie:

$$h_{\max} / h_o = (t/t_1)^\lambda \quad (1)$$

De exponent  $\lambda$  was voor deze serie proeven 0,36, welke waarde in overeenstemming is met de tijdens de eerste serie gevonden helling van de tijd-ontgrondingslijnen.

Uit de schaalproeven M648/M863 blijkt dat de grootheid  $t_1$  kan worden benaderd door de formule:

$$t_1 = 250 \cdot \Delta^{1,7} \cdot h_o^2 \cdot (\alpha \bar{u} - u_{kr})^{-4,3} \quad (2)$$

Voor een verklaring van de grootheden wordt verwezen naar het rapport WL8-31. Een overzicht van de waarden  $t_1$  en  $\alpha$  is gegeven in tabel III.

Uit de proeven T109 en T111 blijkt dat een gladde verdediging een ongunstig effect op de ontgrondingen heeft. De  $t_1$ -waarde tengevolge van een ruwe verdediging is (in orde van grootte) driemaal groter dan die tengevolge van een gladde verdediging.

Tevens tonen de proeven T109 en T110 aan dat de ontgrondingsparameter  $\alpha$  onafhankelijk van de gemiddelde snelheid  $\bar{u}$  is.

De proeven T112 en T117 zijn eveneens herhalingsproeven van M847. De gevonden  $\alpha$  waarden zijn iets lager dan de  $\alpha$ -waarden van bovengenoemd onderzoek. Wel blijkt de drempelhoogte een grote invloed op het verloop van het ontgrondingsproces te hebben. Bij een hoge drempel is de ontgrondingstijd  $t_1$  korter dan bij een lage drempel. Figuur 19 geeft de  $\alpha$ -waarden van de herhalingsproeven van M847.

De proevenserie toont aan dat, indien een caisson op een drempel wordt geplaatst (T113 en T118) de ontgrondingstijden toenemen t.o.v. de tijden in de situaties met een bestorte bovenkant van de drempel (T112 en T117).

De ontgrondingstijd  $t_1$  is voor een bestorte, lage drempel langer dan voor een hoge, bestorte drempel. Uit het ontgrondingsonderzoek blijkt tevens dat voor het caisson type I voor dezelfde omstandigheden de waarden  $t_1$  voor een lage drempel ( $D/h = 0,25$ ) groter zijn dan voor een hoge drempel ( $D/h_o = 0,50$ ).

Zie figuur 17. Voor een op een hoge drempel geplaatst caisson nemen de ontgrondingstijden toe wanneer een rooster in het caisson wordt geplaatst, bij dezelfde waterstand en snelheid. De z.g.n. ijsschuif, waarbij de bovenkant van het rooster reikt tot NAP -2,60 m, geeft een grotere  $\alpha$ -waarde dan hetzelfde rooster dat tot boven de hoogste bovenwaterstand reikt. Zoals ook tijdens het eerste deel van dit onderzoek is vastgesteld, blijkt dat de  $\alpha$ -waarden voor een hoge drempel toenemen bij toename van de gemiddelde snelheid. In vergelijking tot het onderzoek M1321-I liggen de nu gevonden ontgrondingsparameters voor een hoge dam hoger.

Uit de proeven blijkt dat het verloop van het ontgrondingsproces, voor de verschillende situaties met een caisson op een lage drempel, hetzelfde is. Het plaatsen van een rooster of ijsschuif in het caisson beïnvloedt de ontgrondingstijd  $t_1$  nauwelijks. Deze tijd is langer dan de ontgrondingstijd voor de situatie, waarbij geen caisson op de drempel geplaatst is en de bovenkant van de drempel bestort is. De gevonden tijden zijn echter korter dan voor de situatie met een vlakke, ruwe bodemverdediging, waarbij geen drempel in de goot was geplaatst. In vergelijking tot het onderzoek M1321-I hebben de thans gevonden ontgrondingsparameters  $\alpha$  voor de situaties met een lage dam lagere waarden, met uitzondering van de situatie van een caisson met ijsschuif, waarbij de  $\alpha$ -waarde toegenomen is. Figuur 18 geeft de  $\alpha$ -waarden voor de verschillende situaties met een caisson op een lage, dan wel op een hoge drempel.

#### 4.2 Snelheidsverdelingen

De snelheidsverdelingen zijn na afloop van de proeven T109 t/m T116, T118 en T119 op het einde van de bodembescherming ( $x = 0$ ) gemeten. De resultaten van deze metingen zijn gegeven in de figuren 4 t/m 11, 13 en 14.

Naast de snelheidsverdeling in elk van de 5 verticalen is ook de relatieve

turbulentie-intensiteit bepaald uit  $r = \frac{\int \sigma_z \cdot dz}{\int u_z \cdot dz}$ , waarin  $\sigma_z$  de standaardafwijking van de snelheid is.

De conclusie uit het onderzoek M847, dat een vol snelheidsprofiel met een geringe turbulentie-intensiteit een ongunstig effect op het verloop van het ontgrondingsproces heeft, kon in dit onderzoek worden bevestigd (T109 en T110). De kleinste gemeten waarde van de turbulentie-intensiteit gedurende dit onderzoek was 4%.

De invloed van de snelheidsverdelingen en de bijbehorende turbulentie-intensiteit op de aanzethellingen en de vorm van de ontgrondingskuilen kon niet



eenduidig worden vastgesteld.

#### 4.3 Aanzethelling en kuilvorm

De aanzethelling en de vorm van de ontgrondingskuilen voor de verschillende situaties zijn gegeven voor het tijdstip  $t \approx 0,2 \cdot t_1$  in de figuren 4 t/m 16. De steilheid van de aanzethelling wordt gegeven door de getalwaarde van  $\cotg \beta$  in de tabel III. Uit het onderzoek is gebleken dat de aanzethellingen na  $t \approx 0,1 \cdot t_1$  een evenwicht bereiken, na dit tijdstip treden geen noemenswaardige veranderingen in de steilheid van de helling op. In overeenstemming met de resultaten van M1321-I kon ook nu niet een verband tussen de aanzethelling en de ontgrondingsparameter  $\alpha$  worden vastgesteld.

De invloed van de gemiddelde snelheid op de steilheid van de aanzethellingen blijkt uit de resultaten van de proeven T116, T119 en T121, T120 ( $D/h_0 = 0,50$ ) gering te zijn. Hetzelfde werd geconstateerd bij de proeven T109 en T110, waarbij de ontgrondingen bepaald werden benedenstrooms van een vlakke, gladde bodem.

Wat betreft de invloed van de geometrie van de drempel op de grootte van  $\cotg \beta$  blijkt uit de proeven met caisson type I, dat bij hoge drempels een steilere aanzethelling wordt gevonden dan bij lage drempels onder verder dezelfde omstandigheden.

In vergelijking tot het onderzoek M1321-I valt op te merken dat de aanzethellingen benedenstrooms van een lage drempel nu iets steiler zijn geworden en dat de helling evenals de ontgrondingsparameter  $\alpha$  onafhankelijk van de verticale vernauwing is.

Wat betreft de aanzethellingen benedenstrooms van een hoge drempel blijken deze onafhankelijk van de verticale vernauwing te zijn, met uitzondering van de situatie waarbij een rooster 14/17 in het caisson geplaatst is (T116 en T121).

#### 4.4 Dwarsprofielen

De dwarsprofielen in het dieptste punt  $h_{\max}$  op  $x = x_{\max}$  zijn voor de tijdstippen waarop de proeven werden beëindigd gegeven in de figuren 4 t/m 16. In deze figuren zijn uitgezet  $h/h_{as}$  tegen  $Z/B$ , waarin B de breedte van de goot is en Z de meetpunten in dwarsrichting van de goot, waarbij  $Z = 0$  geldt voor het midden van de goot. Uit de figuren valt op te merken dat de ontgrondingen vrij regelmatig verlopen zijn en dat de verschillen in dwarsprofielen veel geringer zijn dan gedurende M1321-I werd vastgesteld.



De situaties met alleen een bodembescherming geven nog de grootste verschillen in ontgrondingen te zien.

#### 4.4 Samenvatting

1. Uit het verloop van de ontgrondingsproeven blijkt het verband tussen  $h_{\max}$  en  $t$  goed weergegeven te worden door de relatie  $h_{\max}/h_o = (t/t_1)^{0,36}$
2. Een gladde verdediging heeft een ongunstige invloed op het verloop van de ontgrondingen. De  $t_1$ -waarden ten gevolge van een ruwe verdediging ( $k = 0,04 h_o$ ) zijn 2 á 3 maal groter dan die t.g.v. een gladde verdediging.
3. De instroomconstructie van de goot en het aanbrengen van een filter beïnvloeden de ontgrondingsparameter  $\alpha$  en de turbulentie-intensiteit. Bij vlakke bodemverdedigingen en bij lage drempels zijn deze parameters omlaag gegaan, bij een hoge drempel zijn deze parameters groter geworden in vergelijking tot het onderzoek M 1321-I.
4. Een hoge drempel veroorzaakt hogere  $\alpha$  waarden dan een lage drempel onder verder dezelfde omstandigheden.
5. Verhoging van de gemiddelde snelheid aan het einde van het stortebed, bij een vlakke bodembescherming of een lage drempel ( $D/h_o = 0,25$ ) heeft geen invloed op de ontgrondingsparameter  $\alpha$ . Bij een hoge drempel ( $D/h_o = 0,5$ ) leidt verhoging van de gemiddelde snelheid tot hogere  $\alpha$ -waarden.
6. De gemiddelde snelheid heeft vrijwel geen invloed op de steilheid van de aanzethelling. Tevens blijkt de aanzethelling benedenstrooms van een lage of hoge dam onafhankelijk te zijn van het al of niet aanbrengen van roosters of ijsschuiven in de caissons.
7. Achter een hoge dam ( $D/h_o = 0,5$ ) zijn de aanzethellingen steiler dan achter een lage dam ( $D/h_o = 0,25$ ).
8. Een gladde, vlakke verdediging geeft aanleiding tot steilere aanzethellingen dan ruwe, vlakke verdedigingen.

TABEL I OVERZICHT PROEVEN T109 t/m T121 (VOOR SYMBOLEN ZIE FIGUUR 1)

roef T	$h_o$ (m)	$\bar{u}$ (m/s)	$D/h_o$	$l/h_o$	$L/h_o$	$d/h_o$	$n_L$	Caisson Type	Roosterafmetingen a/b = dicht/open (mm)	Fig. no.	Opmerkingen (zie ook par. 2.2)	Vergelijkinger proef M1321-I
109	0.40	0.20	-	-	-	-	50	-	-	3		-
110	0.40	0.29	-	-	-	-	50	-	-	3		-
111	0.40	0.20	-	25	-	0.04	50	-	-	3		T59
112	0.40	0.20	0.25	10	2.50	0.04	50	-	-	3	talud 1:5; drempel bestort	T68
113	0.40	0.20	0.25	10	2.50	0.04	50	I	-	2/3	talud 1:5	T3
114	0.40	0.20	0.25	10	2.50	0.04	50	I	14/17	2/3	talud 1:5	T45
115	0.40	0.20	0.25	10	2.50	0.04	50	I	8 x 14/17 tot NAP -2,6 m	2/3	talud 1:5	T21
116	0.40	0.20	0.50	8.75	2.50	0.04	50	I	14/17	2/3	talud 1:5	T14
117	0.40	0.20	0.50	8.75	2.50	0.04	50	-	-	3	talud 1:5; drempel bestort	T66
118	0.40	0.20	0.50	8.75	2.50	0.04	50	I	-	2/3	talud 1:5	T6
119	0.40	0.20	0.50	8.75	2.50	0.04	50	I	5 x 14/17 tot NAP -2,6 m	2/3	talud 1:5	T60
120	0.40	0.29	0.50	8.75	2.50	0.04	50	I	5 x 14/17 tot NAP -2,6 m	2/3	talud 1:5	T60
121	0.40	0.29	0.50	8.75	2.50	0.04	50	I	14/17	2/3	talud 1:5	T15

$B = 2.40$  m;  $d_p = 1600$   $\mu\text{m}$ ;  $\rho_p = 1050$   $\text{kg/m}^3$  Opgegeven waarden zijn model waarden.

TABEL II

## SYSTEMATISCH OVERZICHT PROEVEN MET CAISSON TYPE I EN ZONDER CAISSON

CAISSON TYPE	DREMPELHOOGTE D/h <sub>o</sub>		LENGTE BODEMBESCHERMING IN m		GEM. SNELHEID IN m/s		TALUD HELLING
	0	10	5	5	0.20	0.29	
I	a. Geen rooster	T113	T118	-	1:5	1:5	-
	b. Rooster 14/17	T114	T116	T121			
	c. Rooster 14/17 tot NAP -2,60 m	T115	T119	T120			
	d. Geen caisson	T112	T117	-			
	e. Geen caisson, geen drempel	T109	T110	T111			

Opgegeven waarden zijn model maten.



TABEL III OVERZICHT MEETRESULTATEN T109/T121

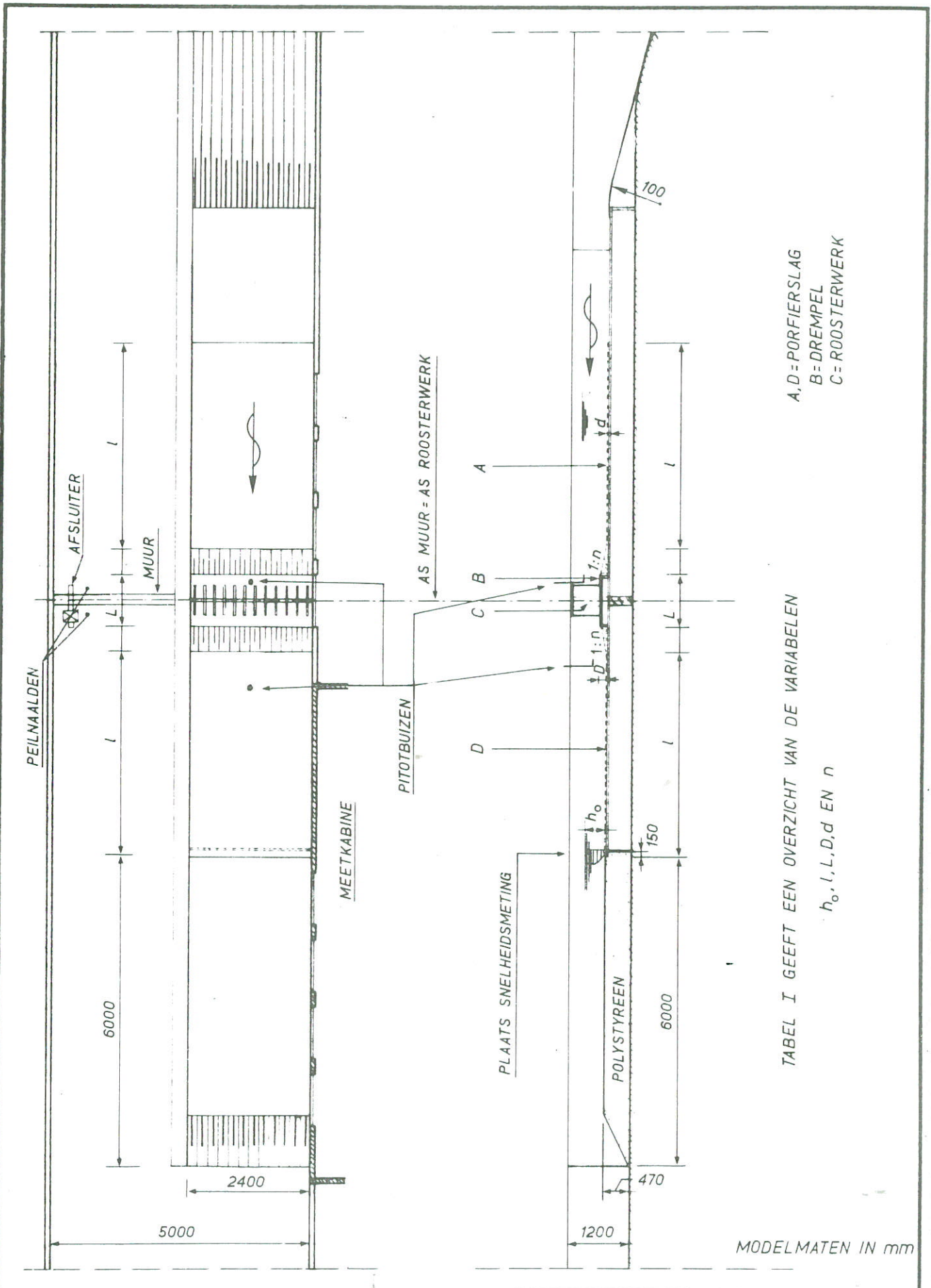
Proef T	$t_1$ voor $\text{tg } \lambda = 0.36$ <sup>1)</sup> (uur)	$\alpha$	$\text{cotg } \beta$ voor $0,1 t_1$	$\bar{u}$ gemeten (m/s)	$r$ (%) <sup>2)</sup>
109	82	1,80	3,2	0,205	4,2
110	9,2	1,82	3,2	0,300	4,1
111	280	1,47	4,1	0,202	7,4
112	155	1,62	4,1	0,202	8,9
113	250	1,49	4,2	0,210	8,1
114	250	1,49	4,3	0,211	6,8
115	275	1,48	3,9	0,208	11,9
116	80	1,80	3,6	0,209	10,2
117	18	2,34	2,9	0,208	-
118	33	2,10	3,0	0,211	14,9
119	40	2,03	3,0	0,203	18,8
120	2,6	2,34	3,0	-	-
121	7,3	1,91	3,5	-	-

1)  $\lambda$  = helling van de tijdontgrondingslijnen (zie figuur 4)

2)  $r$  = turbulentie-intensiteit

TABEL IV SYSTEMATISCH OVERZICHT  $\alpha$ -WAARDEN VOOR PROEVEN MET CAISSON TYPE I EN ZONDER CAISSON

CAISSON TYPE	DREMPELHOOGTE D/h <sub>o</sub>	0		0,25	0,50
		0	10		
LENGTE BODEMBESCHERMING IN m		0	10	5	5
GEM. SNELHEID IN m/s		0.20	0.20	0.20	0.20
TALUD HELLING		-		1:5	1:5
a. Geen rooster				1.49	2.10
b. Rooster 14/17				1.49	1.80
c. Rooster 14/17 tot NAP -2,6 m				1.48	2.03
d. Geen caisson				1.62	2.34
e. Geen caisson, geen drempel	1.80	1.82	1.47		-



A, D = PORFIERSLAG  
 B = DREMPEL  
 C = ROOSTERWERK

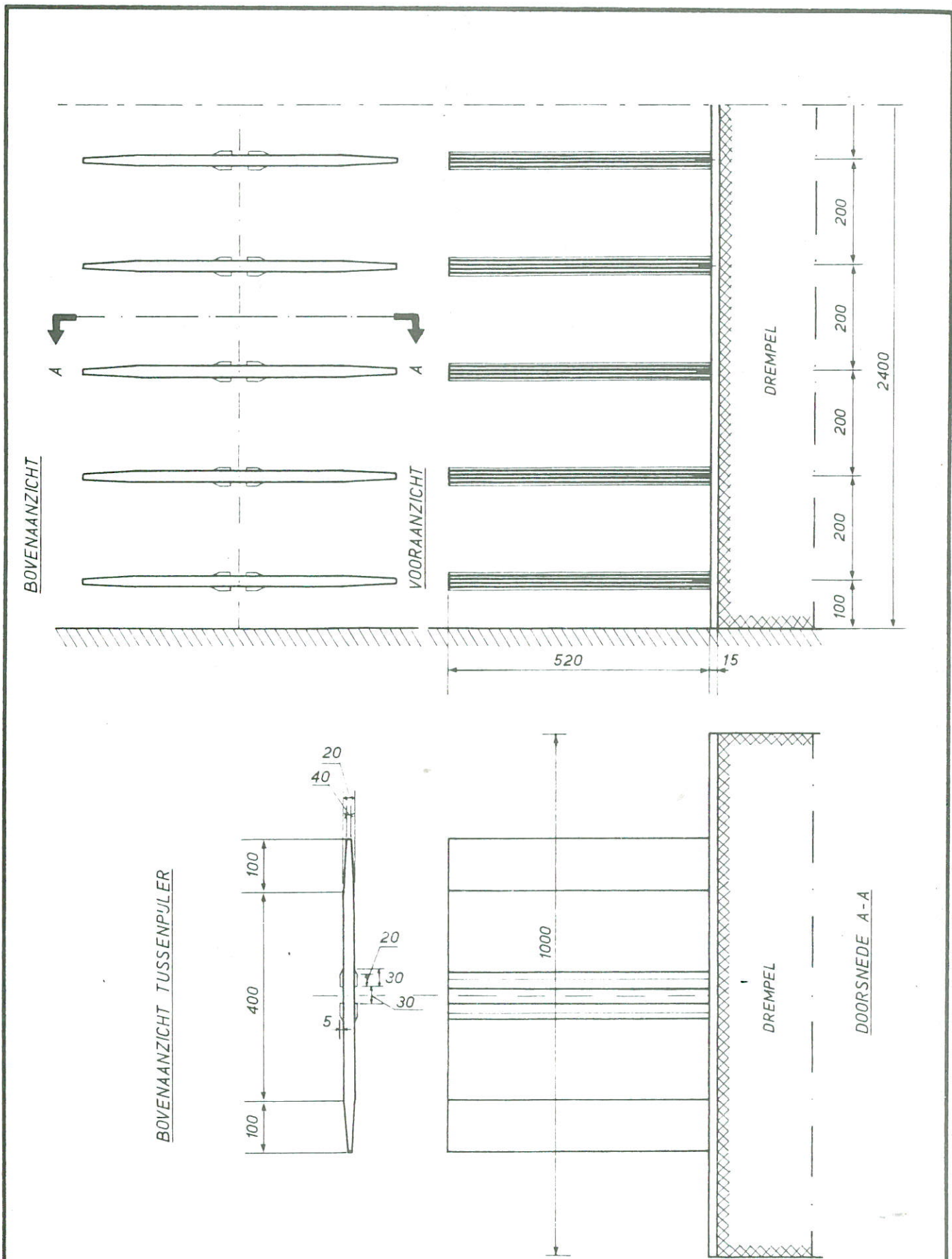
TABEL I GEEFT EEN OVERZICHT VAN DE VARIABLEN

$h_0, l, L, D, d$  EN  $n$

MODEL MATEN IN mm

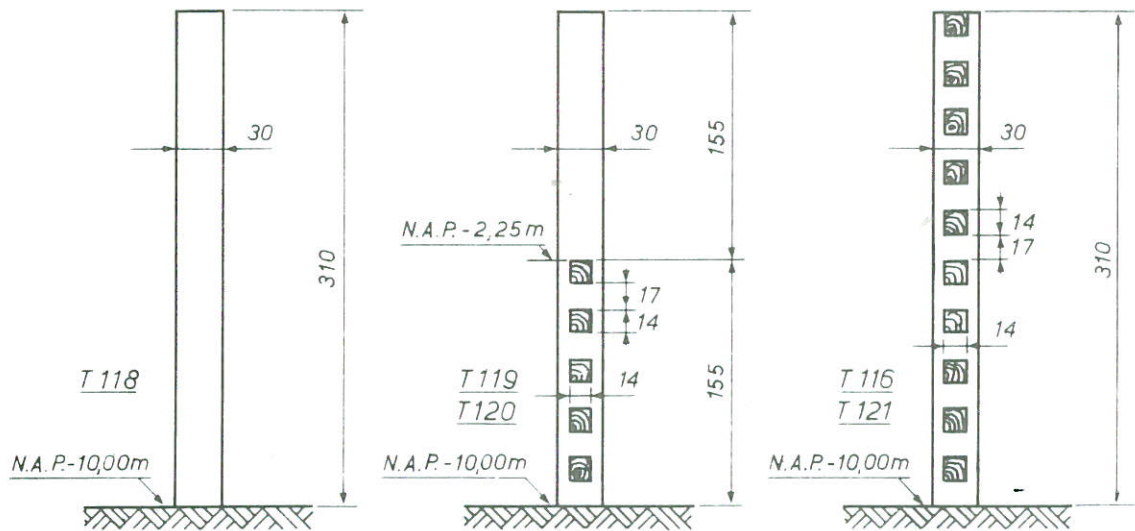
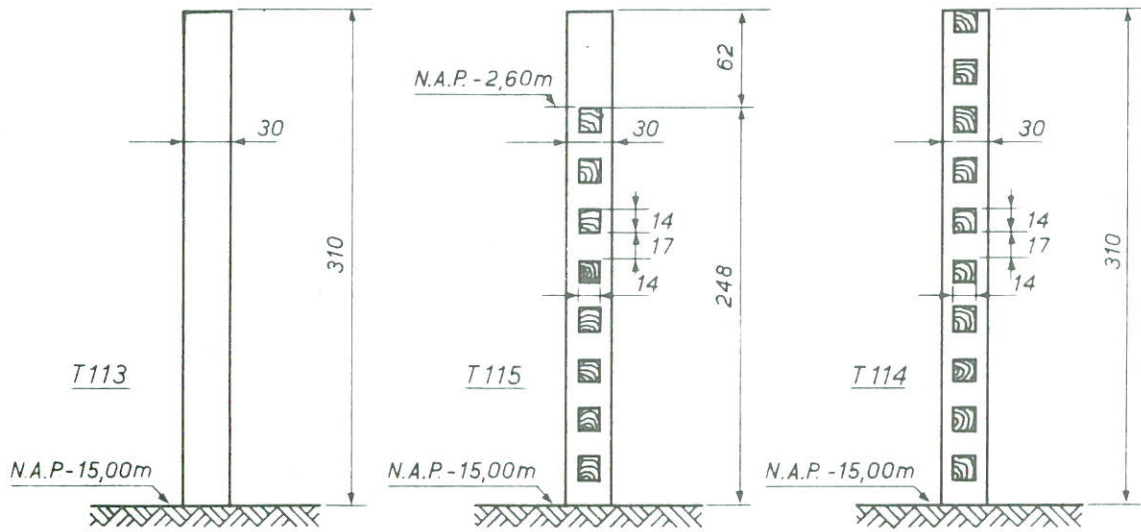
OVERZICHT VAN HET 2 DIM. ONTGRONDINGSMODEL	MODELSCHAAL 1:50	
		A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1321-II-1109	FIG. 1





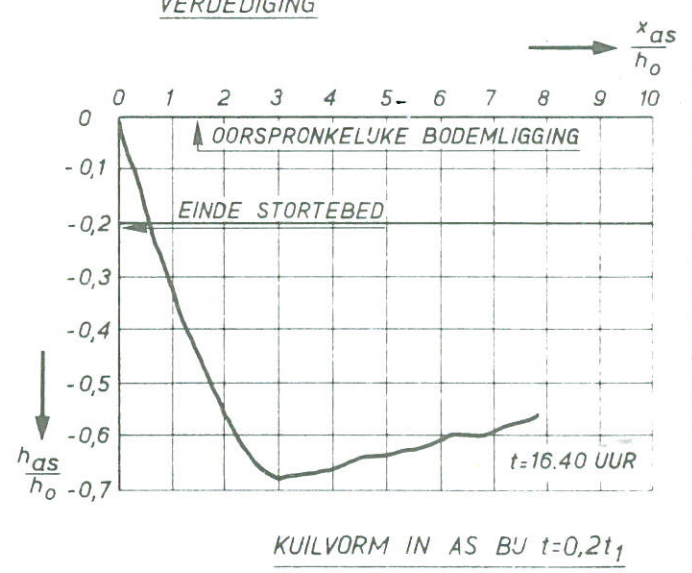
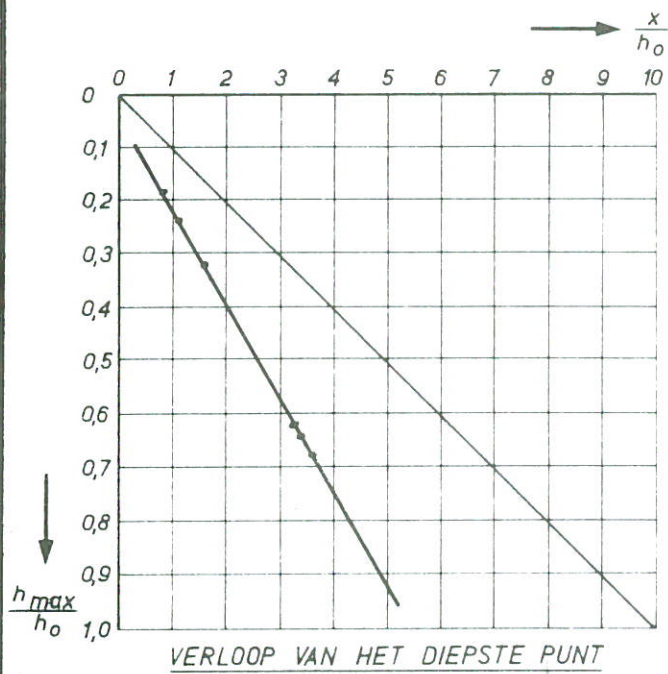
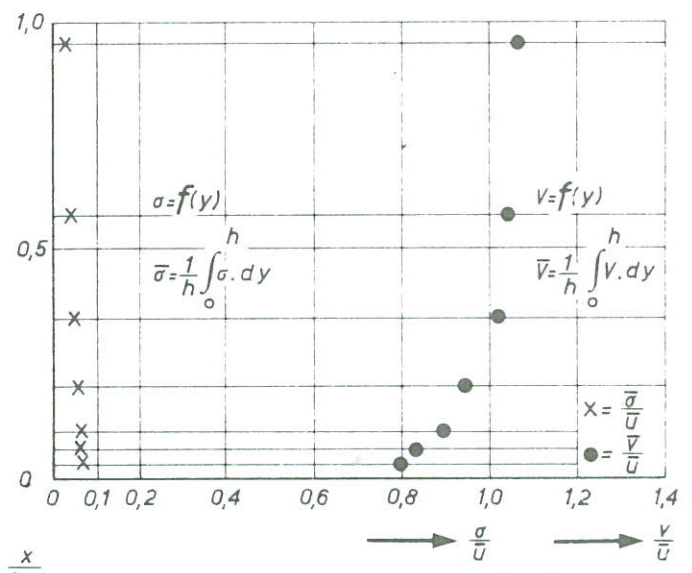
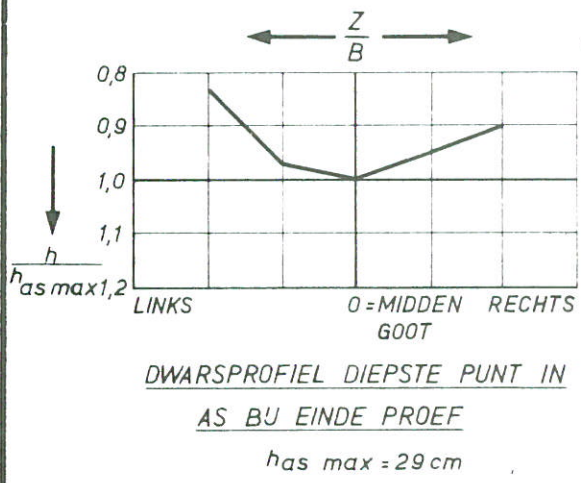
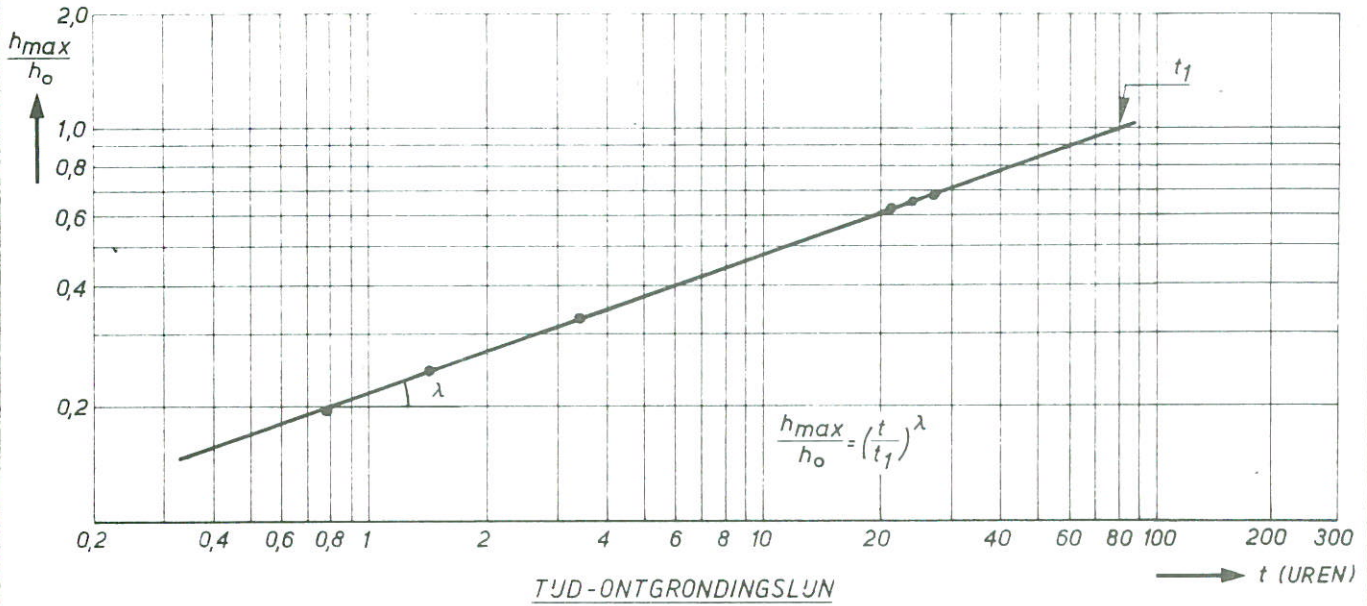
MODEL MATEN IN mm

DOORLAATCAISSON - TYPE I	MODELSCHAAL 1:50	
		A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1321-II-1110	FIG. 2



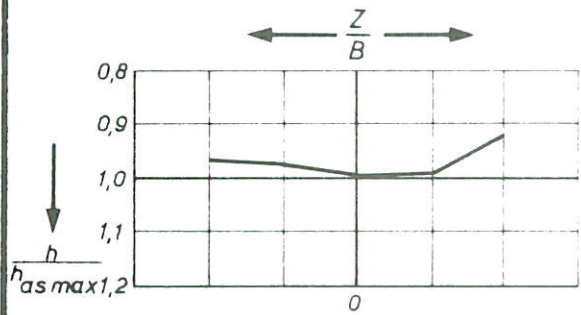
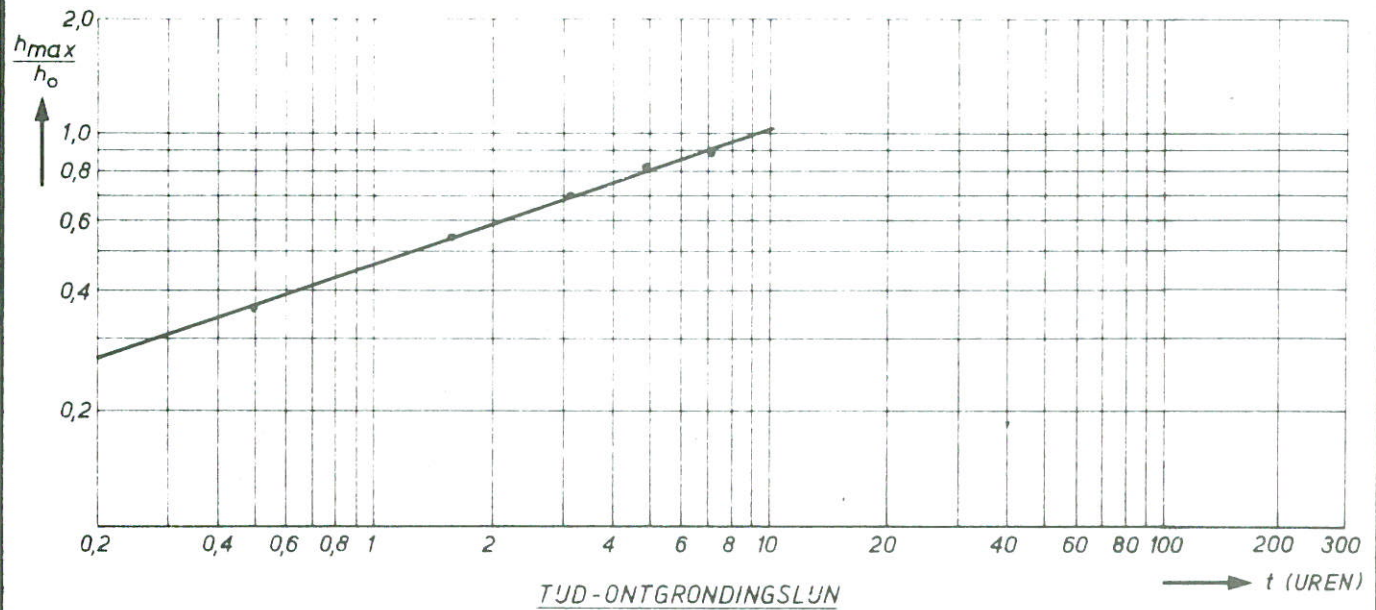
MODEL MATEN IN mm

ROOSTERVORMEN IN DOORLAATCAISSON TYPE I	T 109 t/m T 121	K <sub>M</sub>
	MODELSCHAAL 1:50	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1321-II-1111	FIG. 3

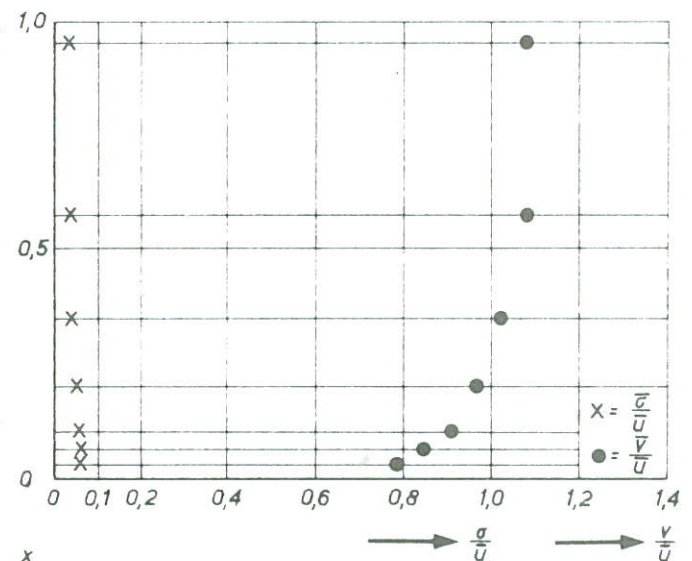


OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN ONTGRONDINGSPROEF T 109	MODELWAARDEN	$K_M$
	$n_L = n_h = 50$	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1321-II-1112	FIG. 4

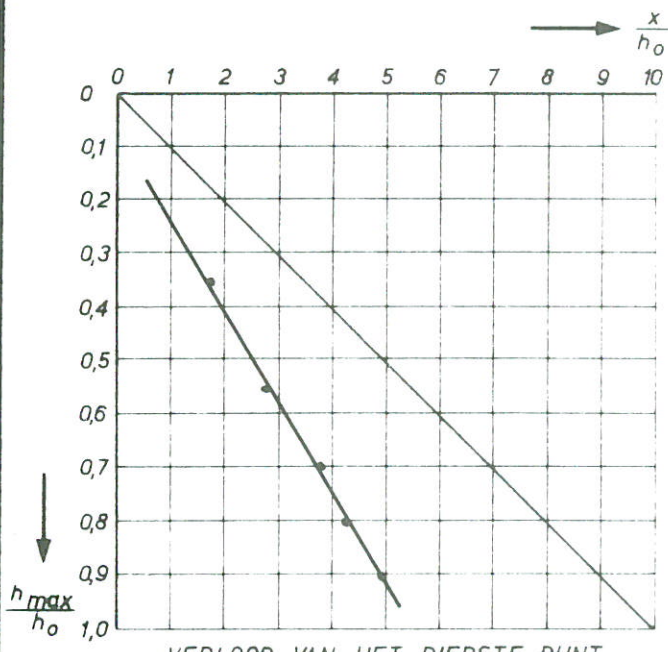




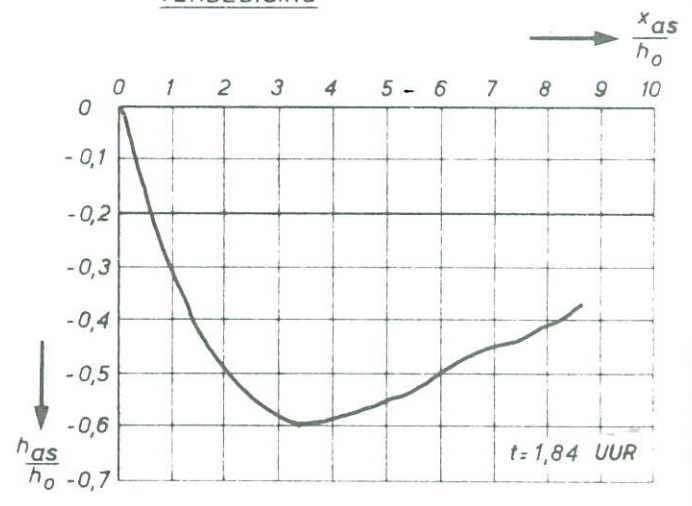
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 36\ cm$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE VERDEDIGING

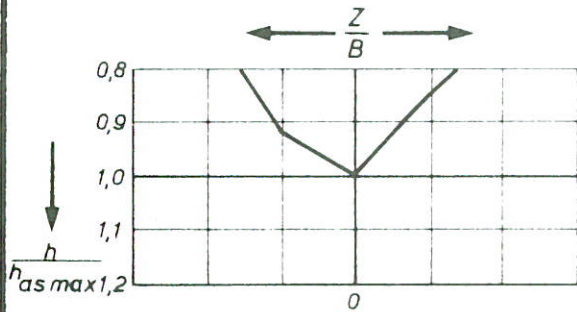
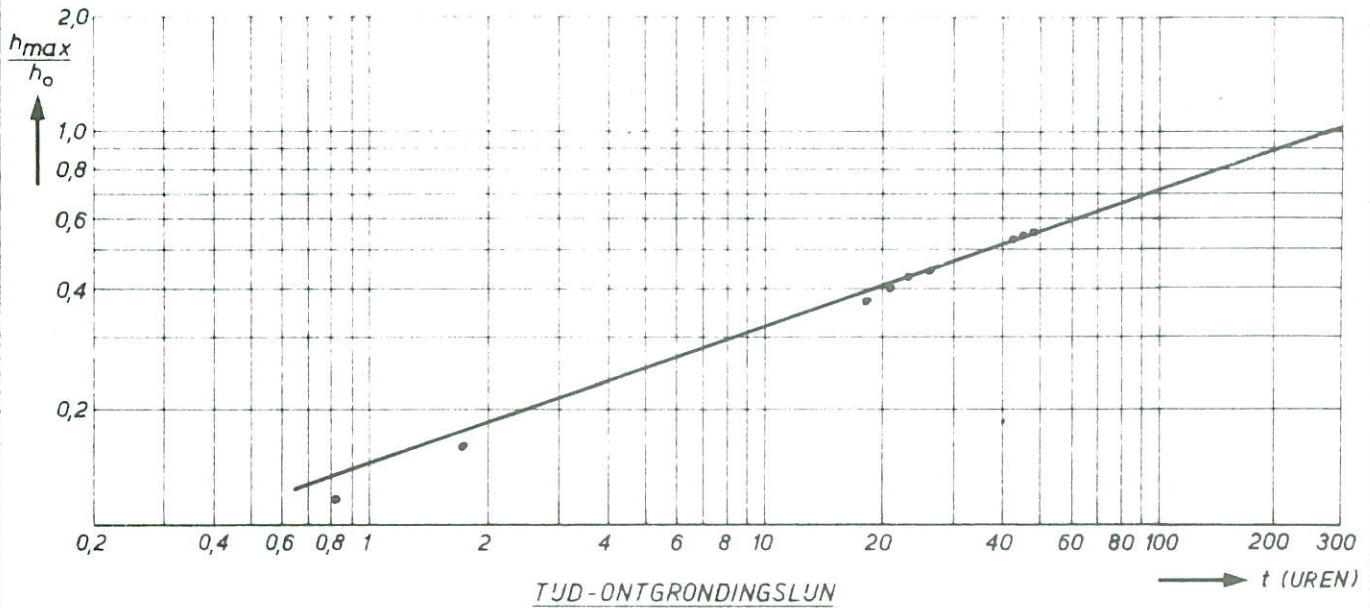


VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT

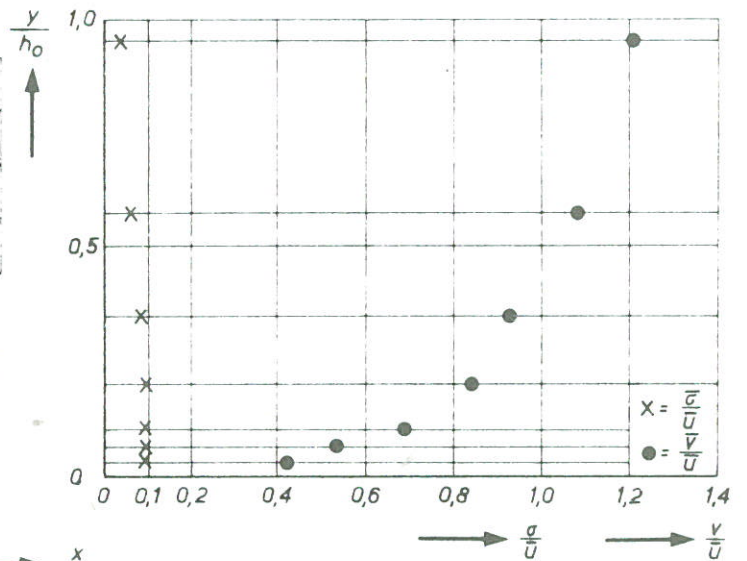


KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0.2t_1$

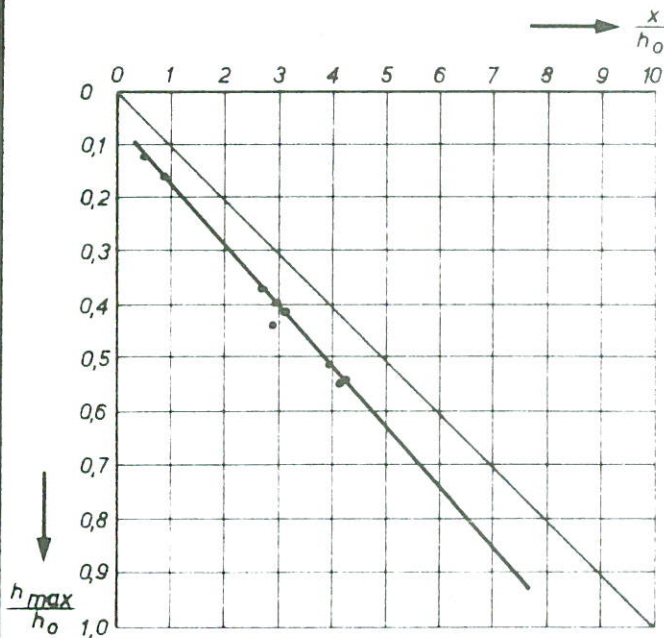
OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN ONTGRONDINGSPROEF T 110	MODELWAARDEN	$K_M$
	$n_L = n_h = 50$	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1321-II-1113	FIG. 5



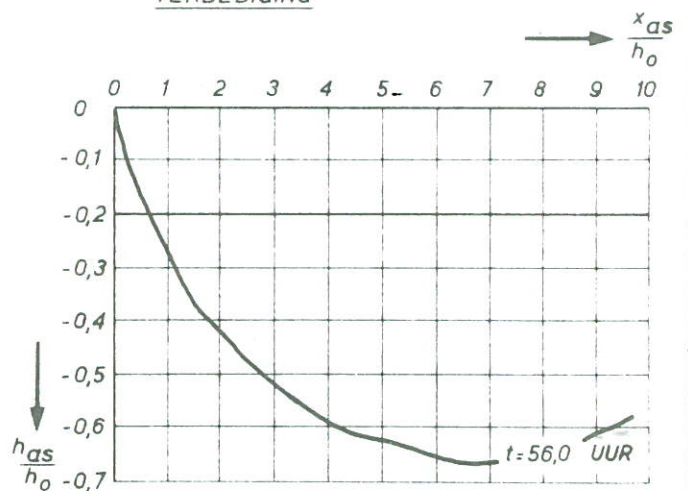
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 25,5\text{cm}$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0,2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
 ONTGRONDINGSPROEF T 111

MODELWAARDEN

$K_M$

$n_L = n_h = 50$

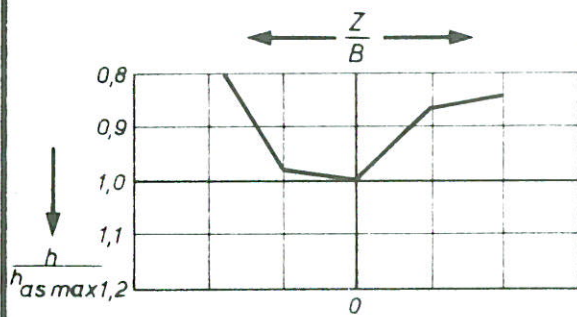
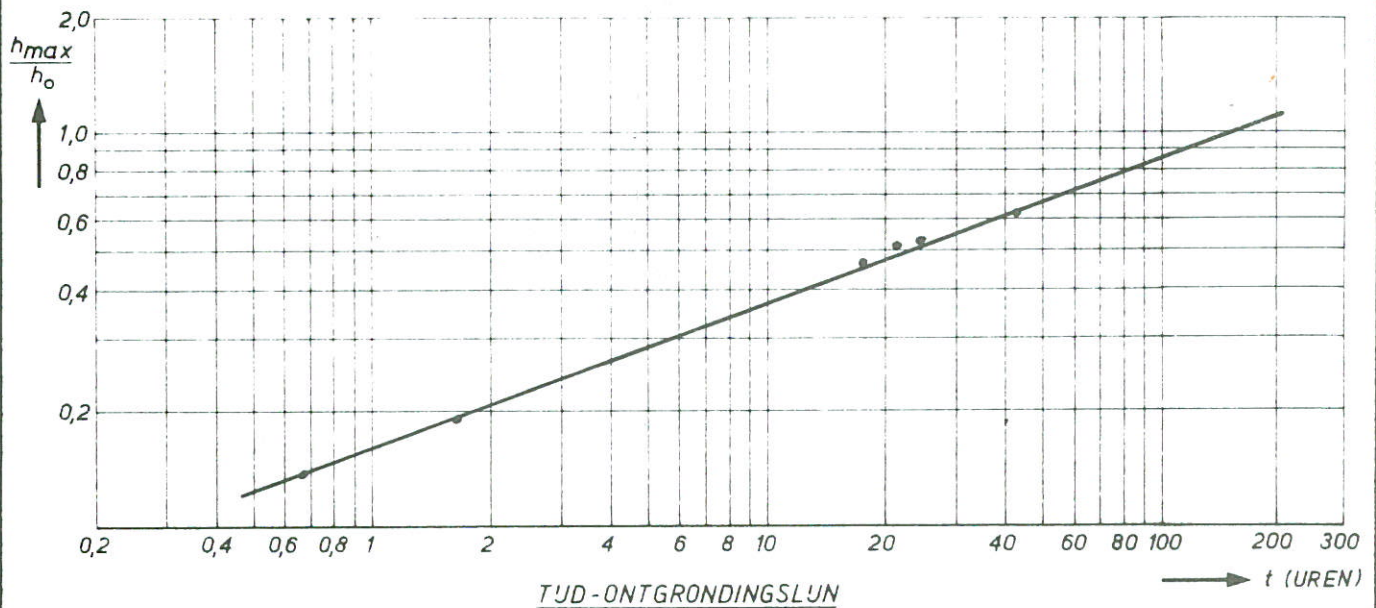
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

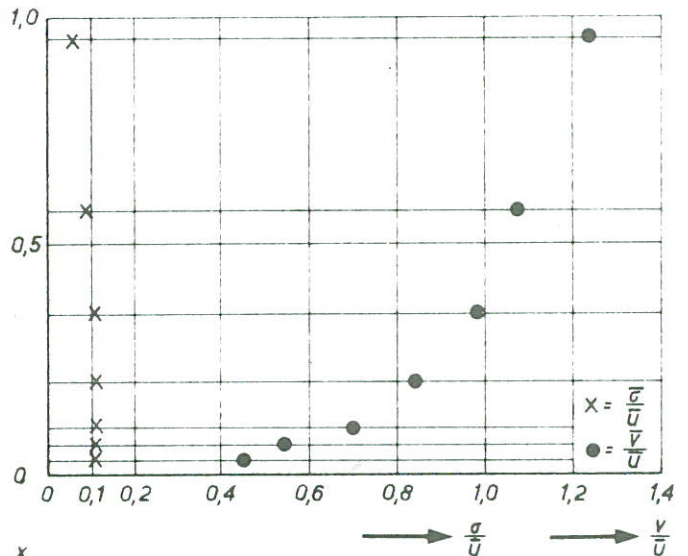
M.1321-II-1114

FIG. 6

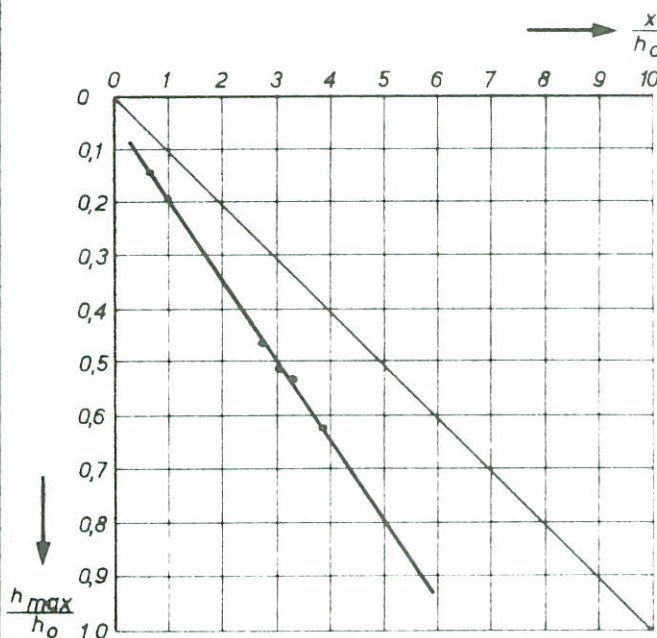




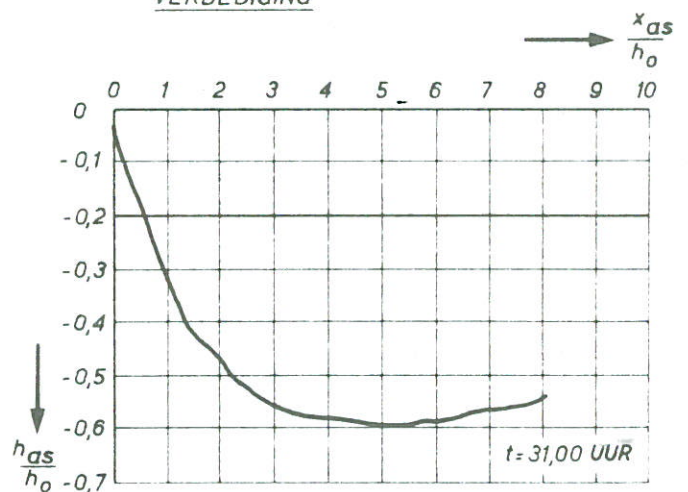
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN  
AS BU EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 27,5\text{cm}$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE  
VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BU  $t = 0,2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
ONTGRONDINGSPROEF T 112

MODELWAARDEN  $K_M$

$n_L = n_h = 50$

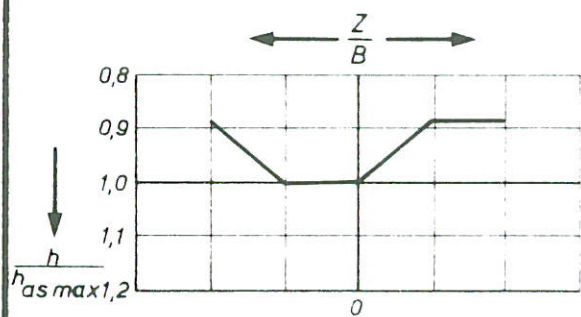
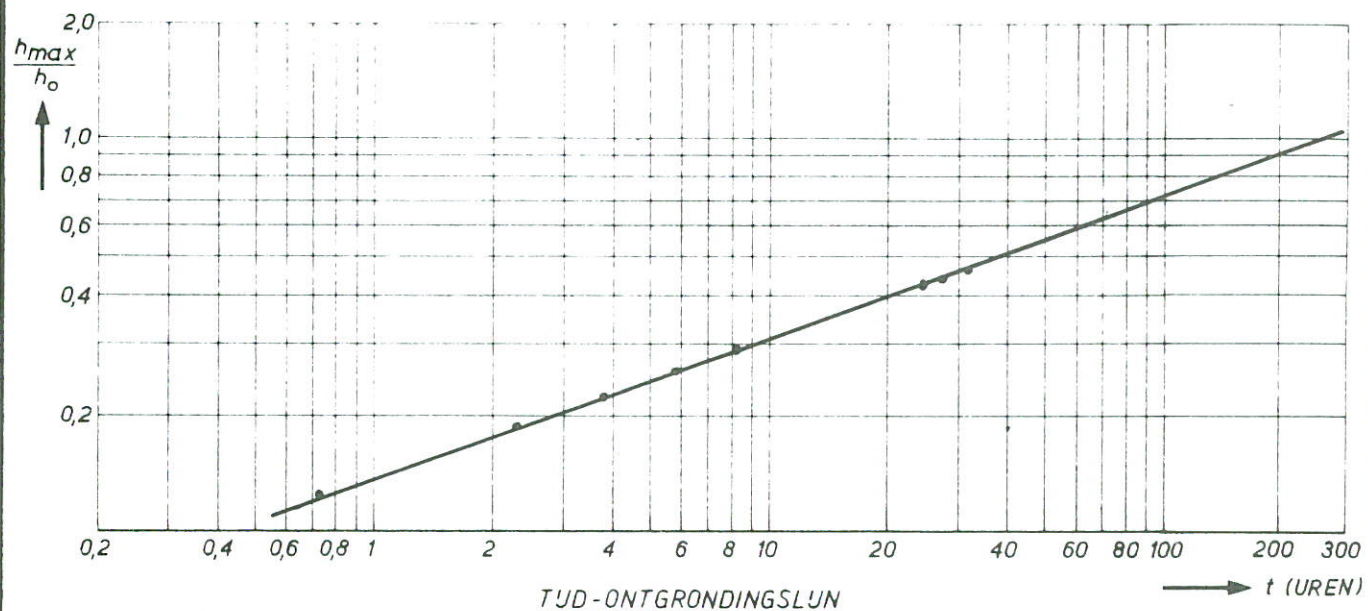
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

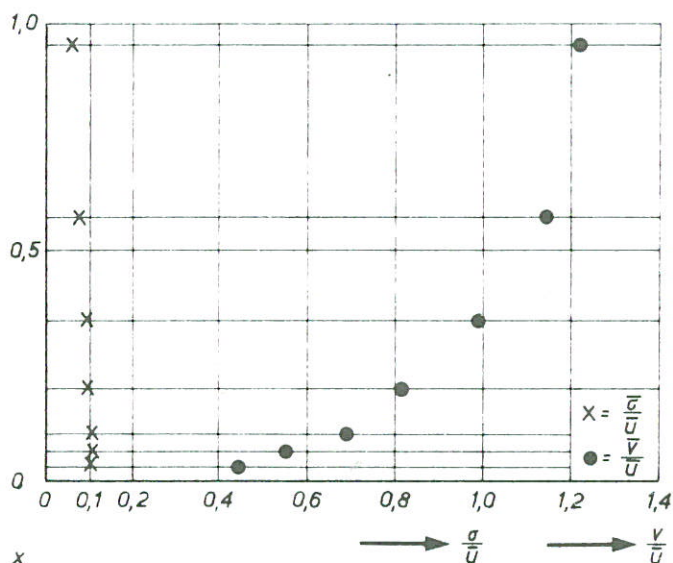
M.1321-II-1115

FIG. 7

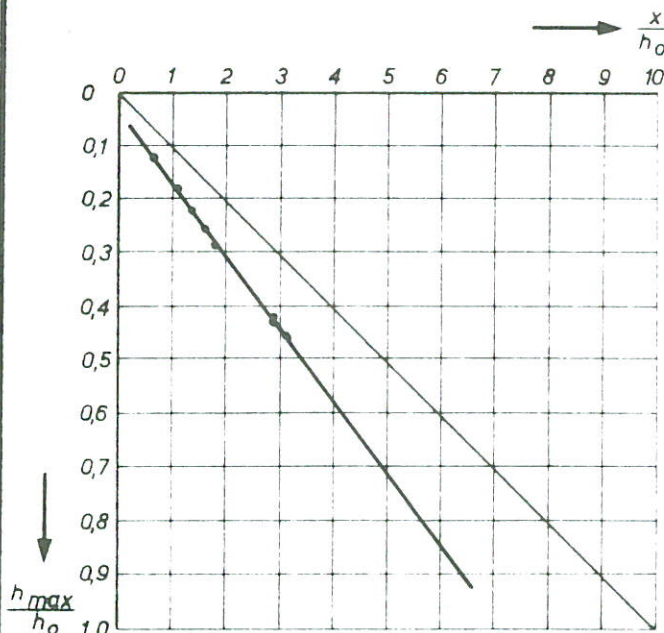




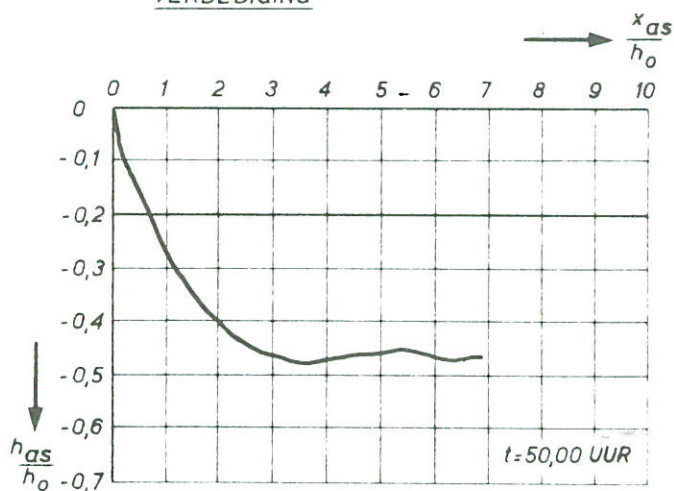
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN  
AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 19\ cm$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE  
VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0,2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
ONTGRONDINGSPROEF T 113

MODELWAARDEN

$K_M$

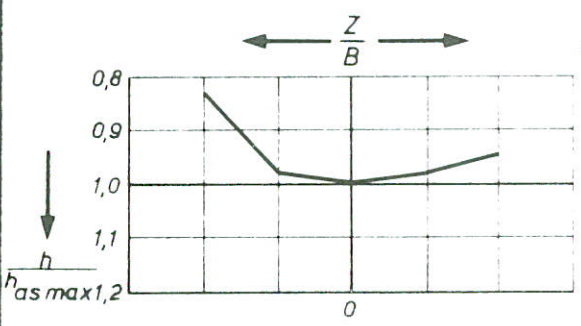
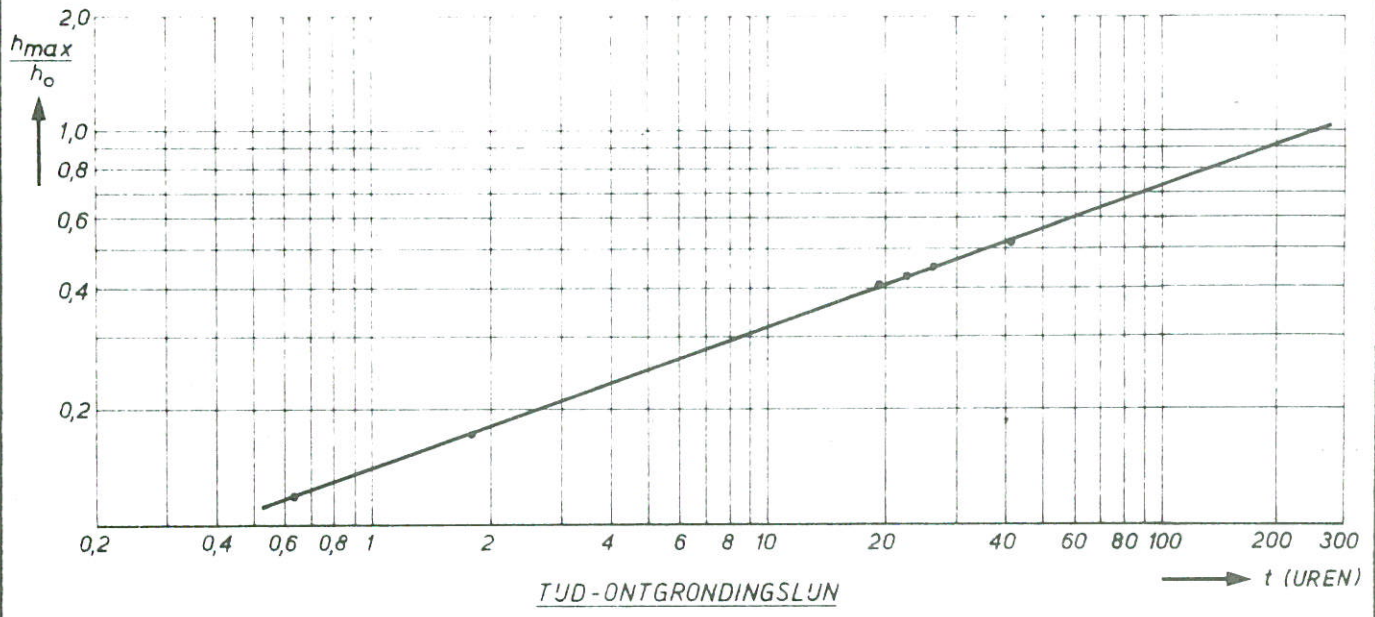
$n_L = n_h = 50$

A4

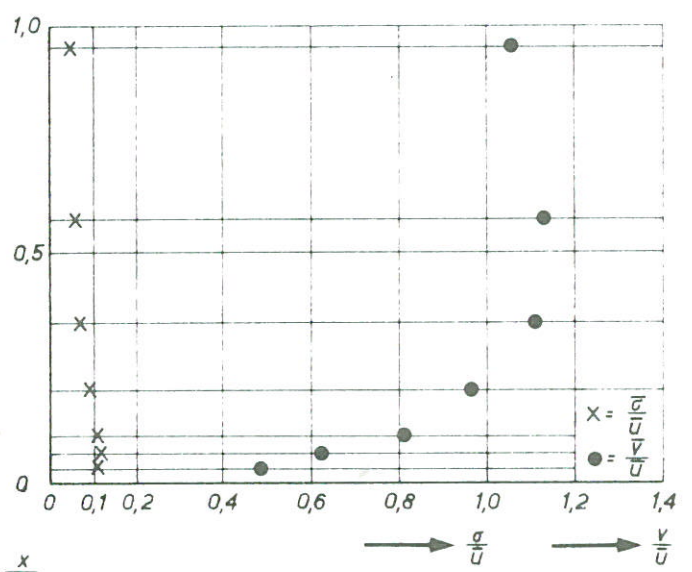
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1321-II-1116

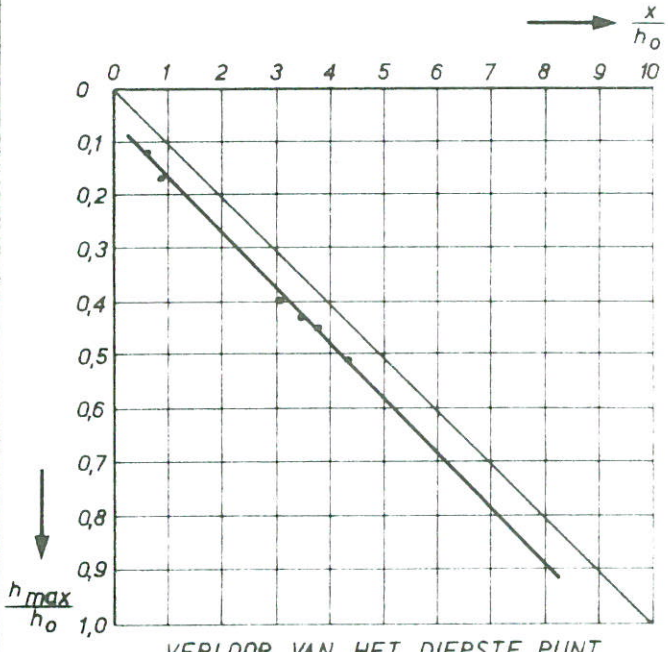
FIG. 8



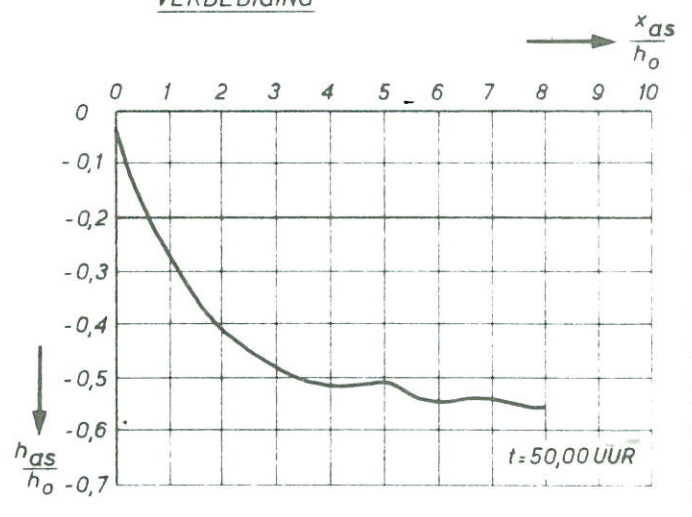
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 21\ cm$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE VERDEDIGING



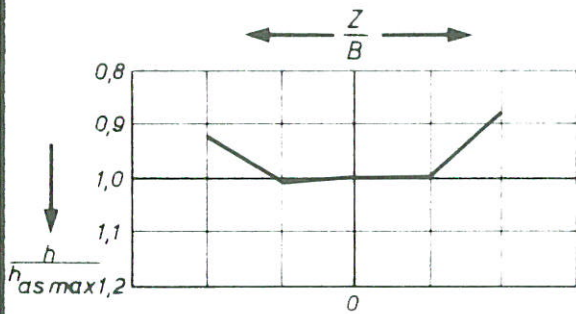
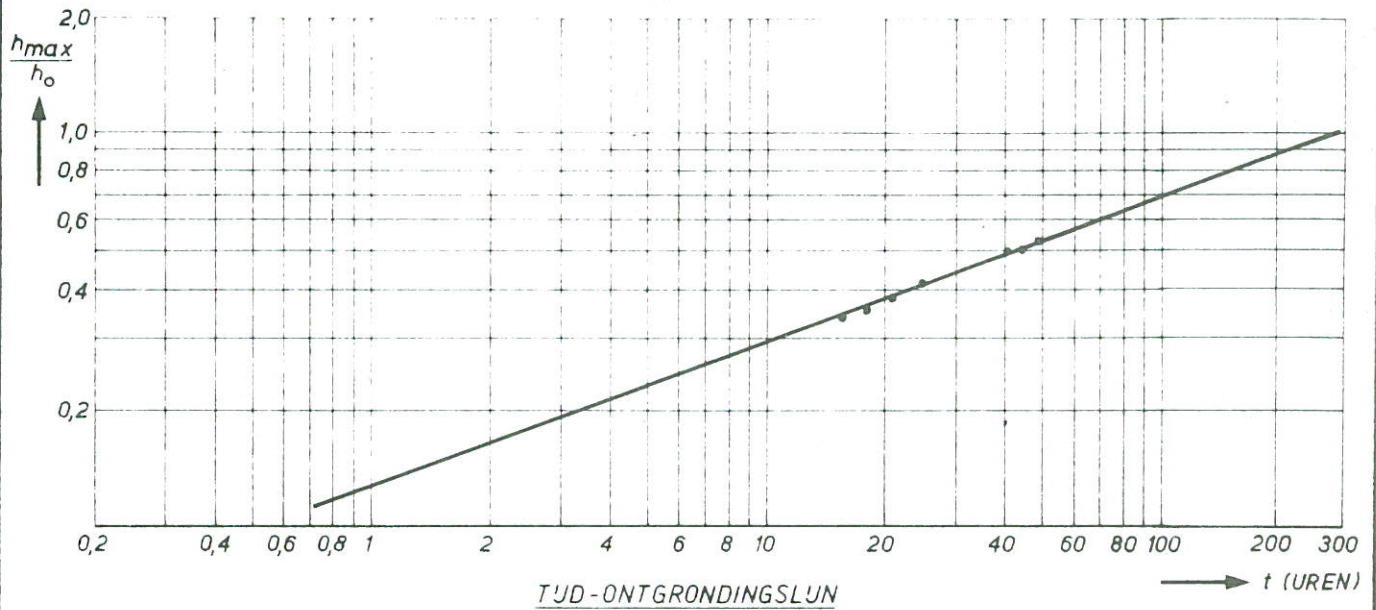
VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



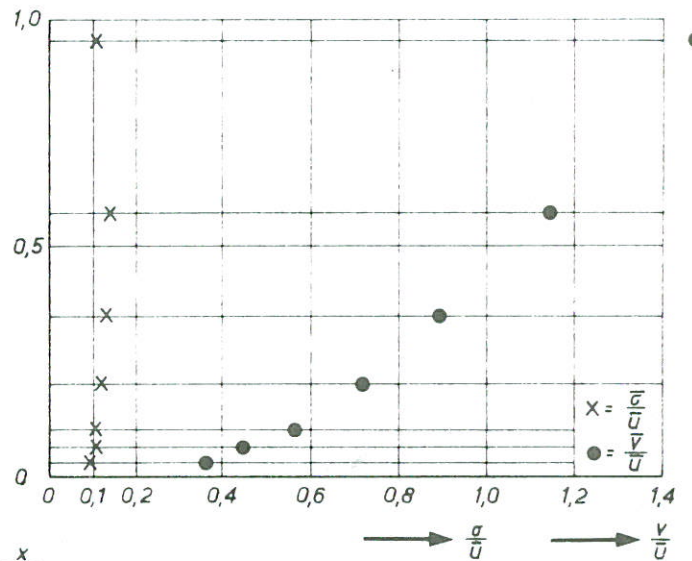
KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0.2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN ONTGRONDINGSPROEF T 114	MODELWAARDEN	$K_M$
	$n_L = n_h = 50$	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1321-II-1117	FIG. 9

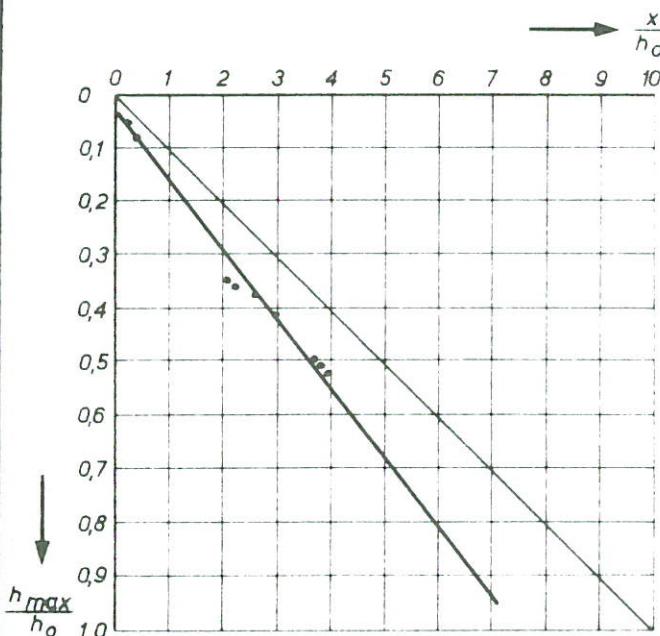




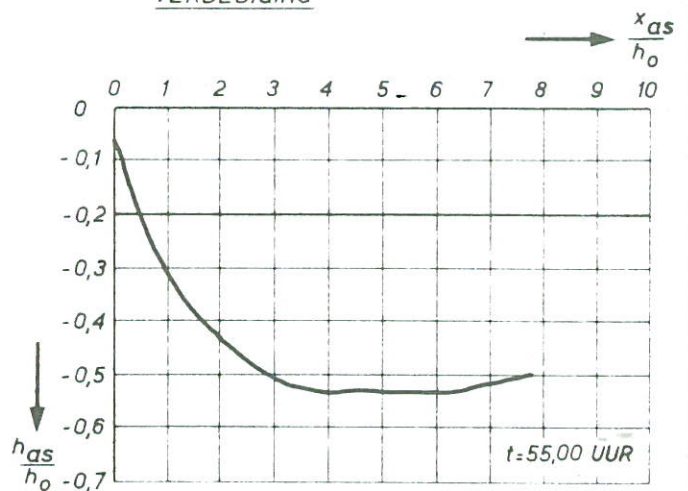
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN  
AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 21\ cm$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE  
VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0.2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
ONTGRONDINGSPROEF T 115

MODELWAARDEN

$K_M$

$n_L = n_h = 50$

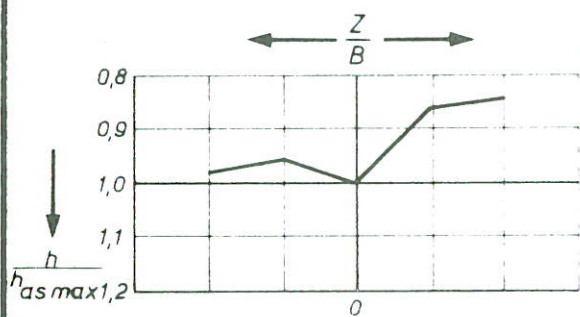
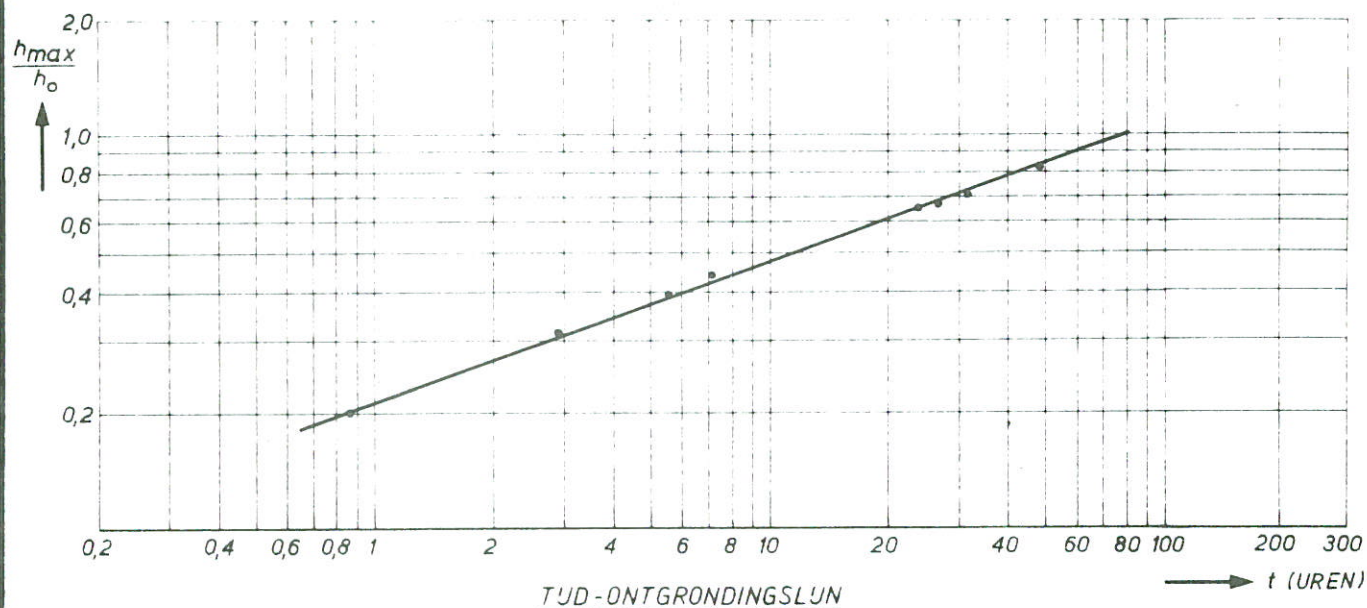
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

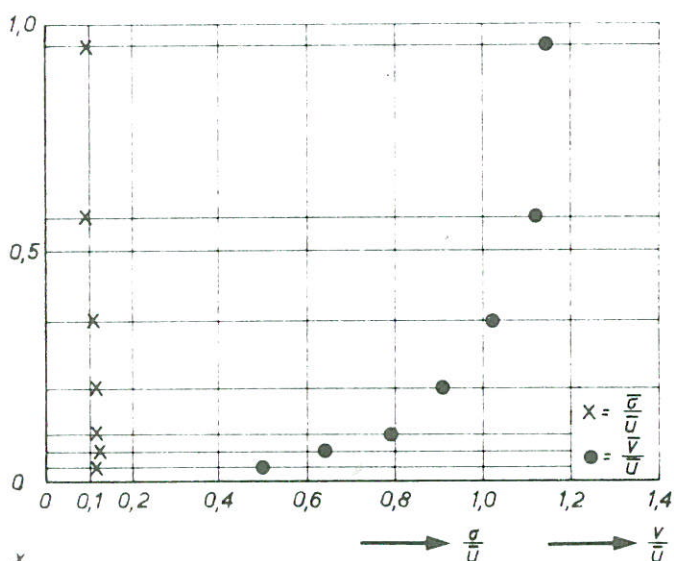
M.1321-II-1118

FIG. 10

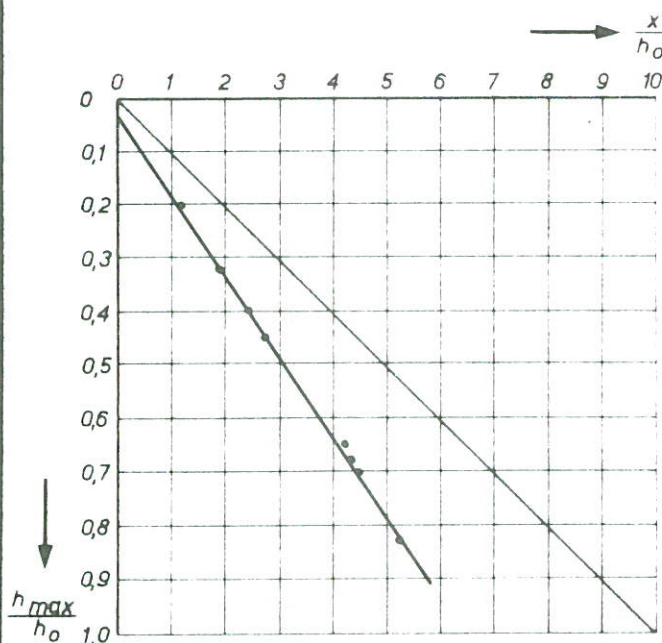




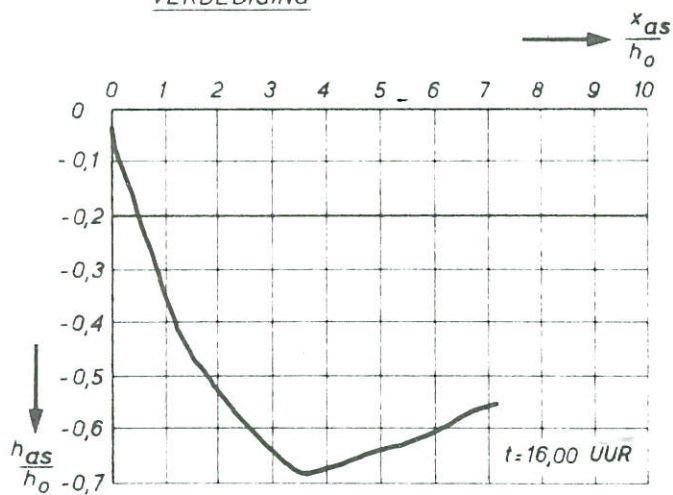
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 35\ cm$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0.2t_1$

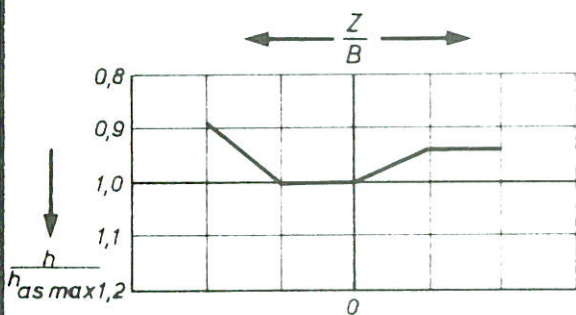
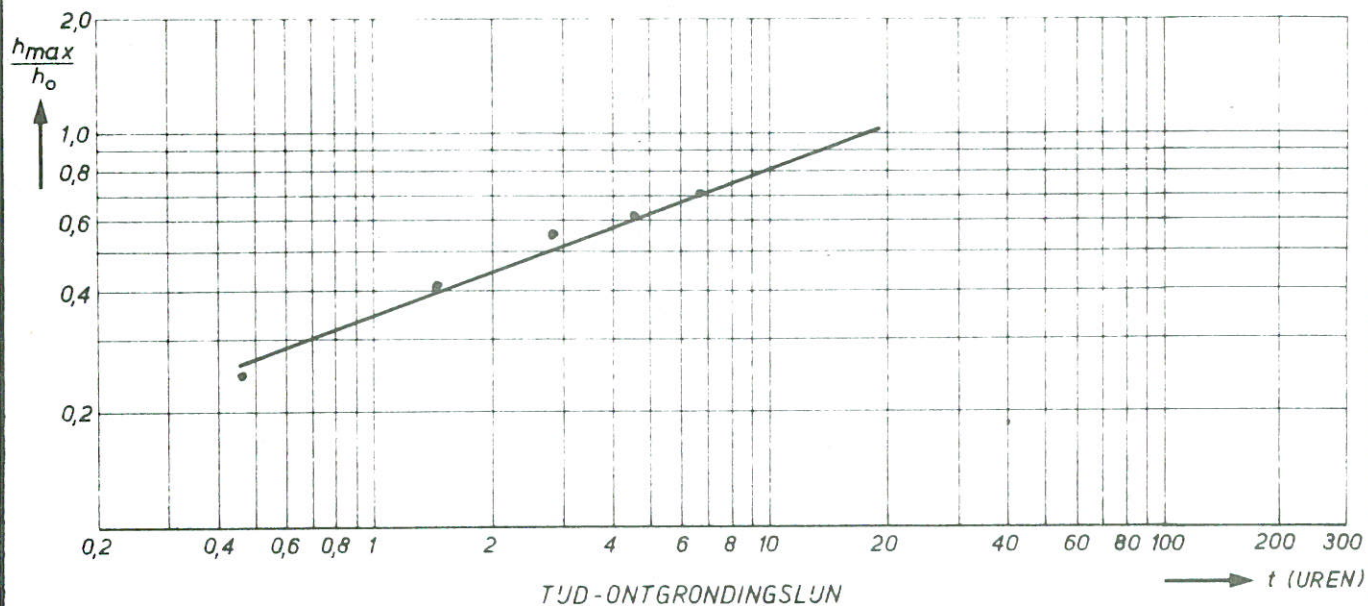
OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
 ONTGRONDINGSPROEF T 116

MODELWAARDEN  $K_M$

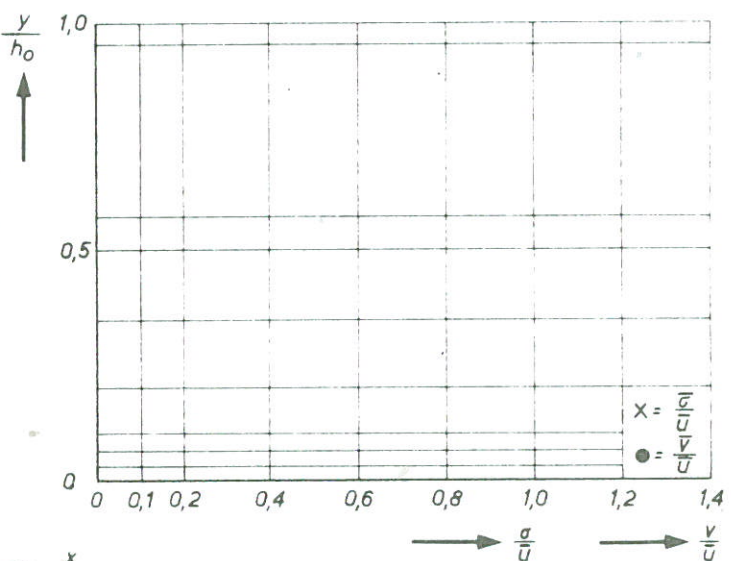
$n_L = n_h = 50$  A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

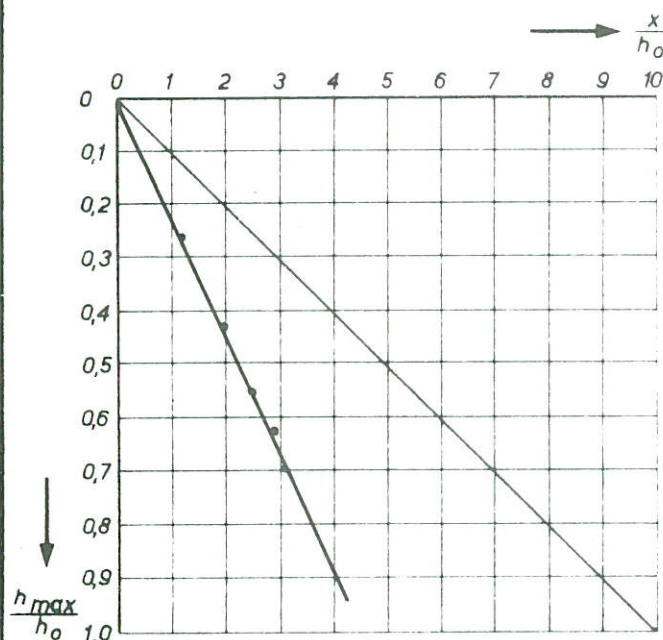
M.1321-II-1119 FIG. 11



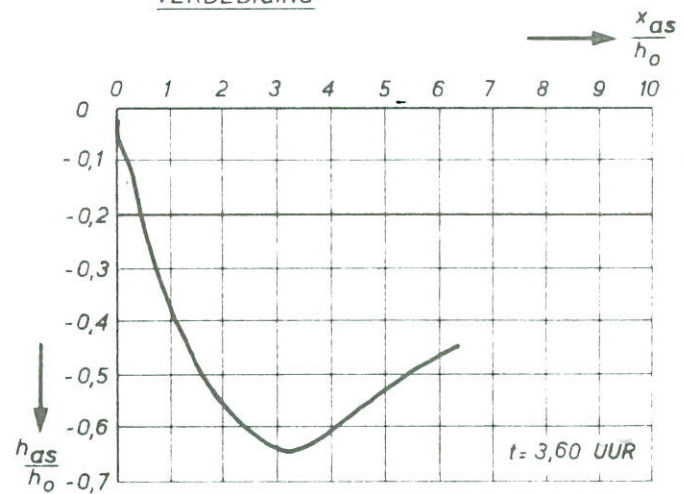
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN AS BU EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 29,5\text{cm}$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE VERDEDIGING



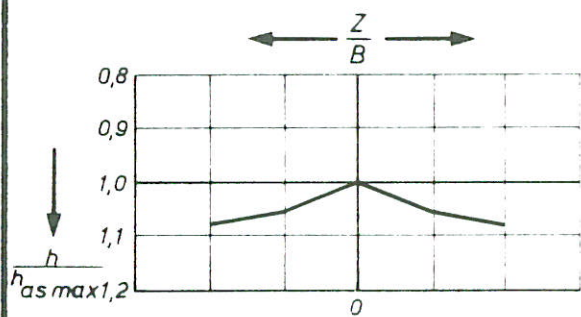
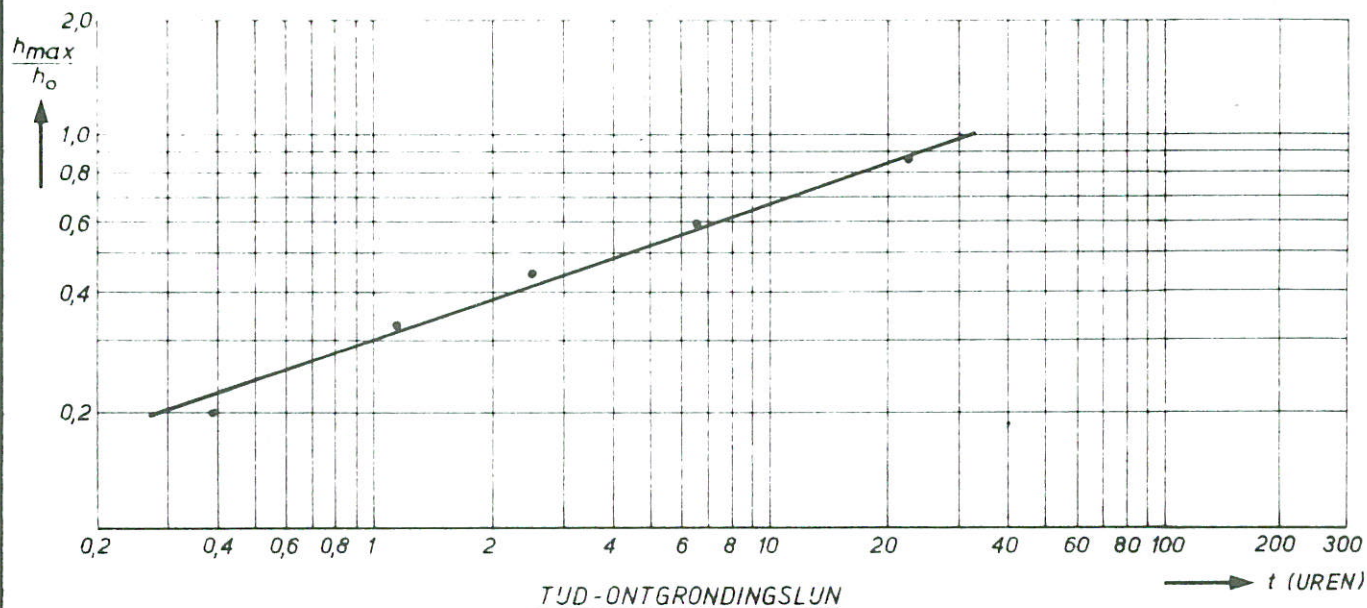
VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



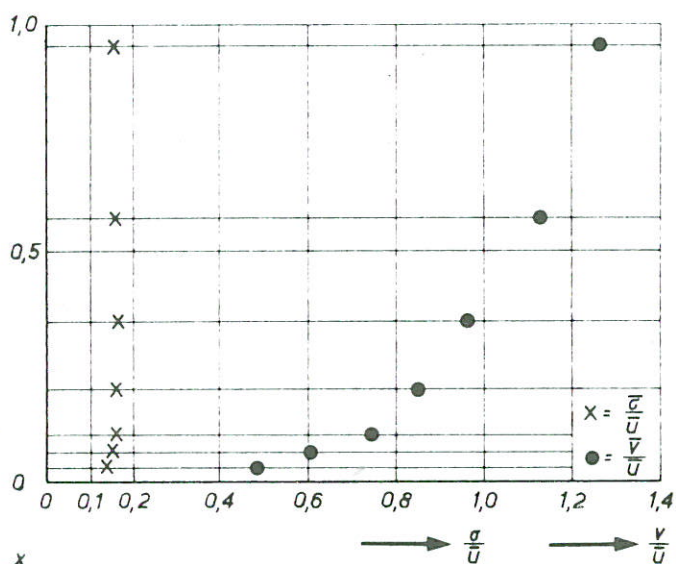
KUILVORM IN AS BU  $t = 0,2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN ONTGRONDINGSPROEF T 117	MODELWAARDEN	$K_M$
	$n_L = n_h = 50$	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1321-II-1120	FIG. 12

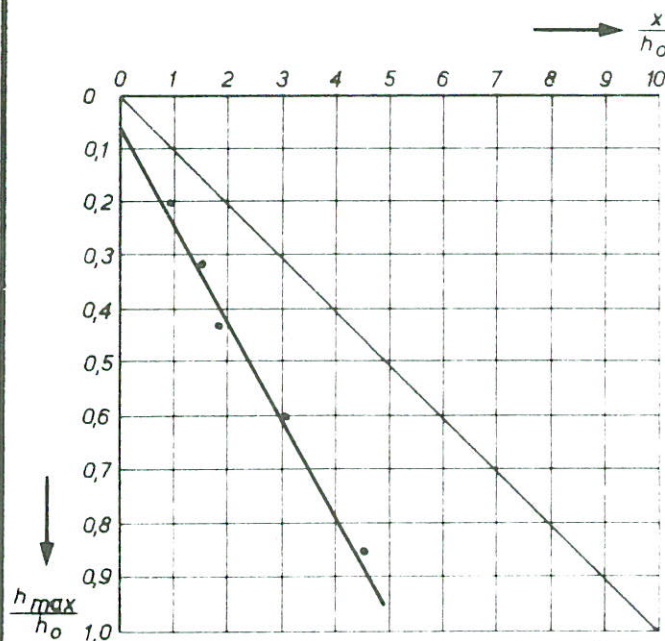




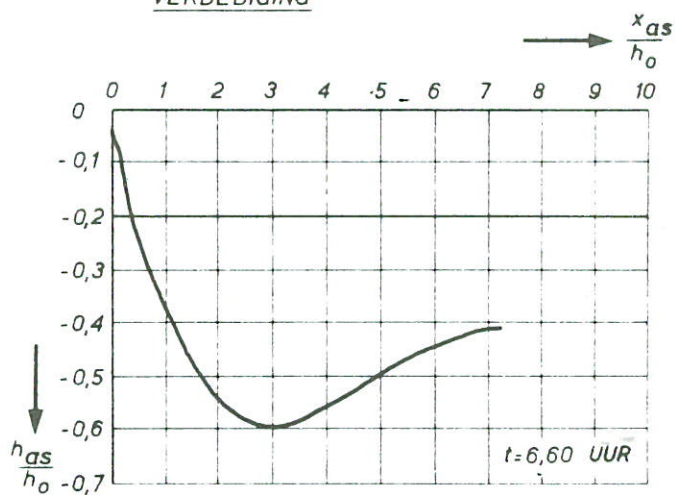
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN  
AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as max} = 31,5\text{cm}$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE  
VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0,21 t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
ONTGRONDINGSPROEF T 118

MODELWAARDEN

$K_M$

$n_L = n_h = 50$

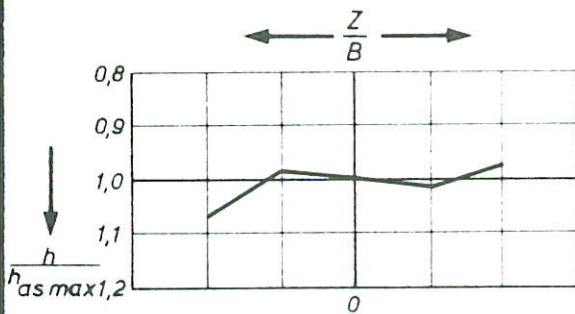
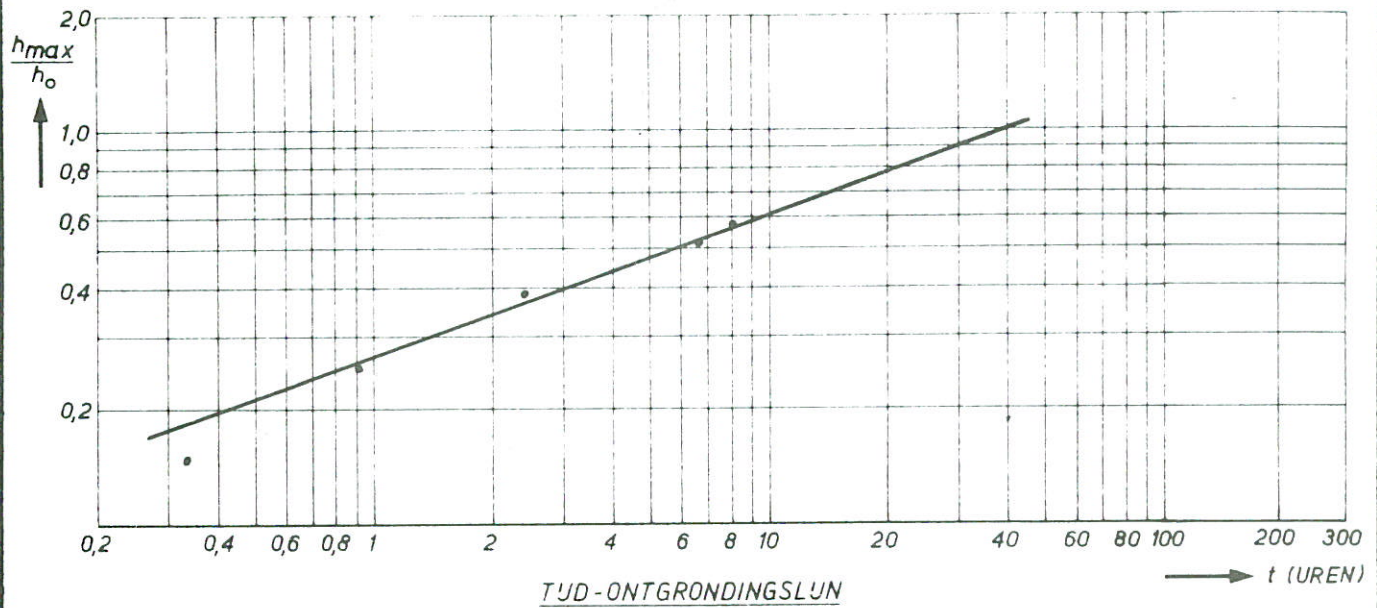
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

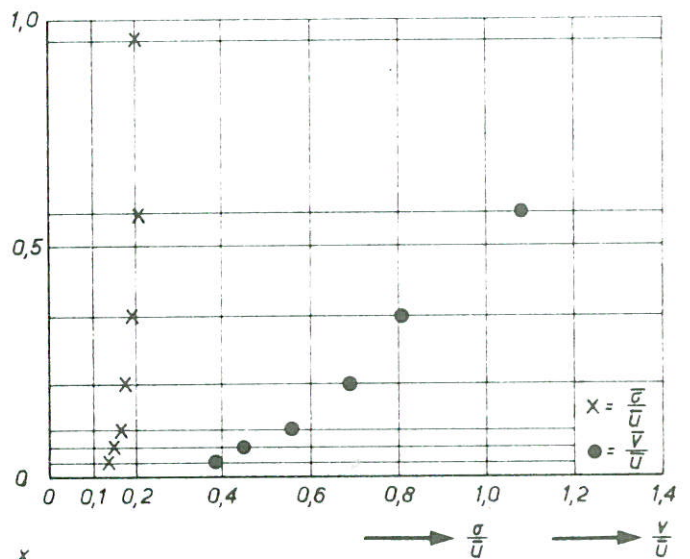
M.1321-II-1121

FIG. 13

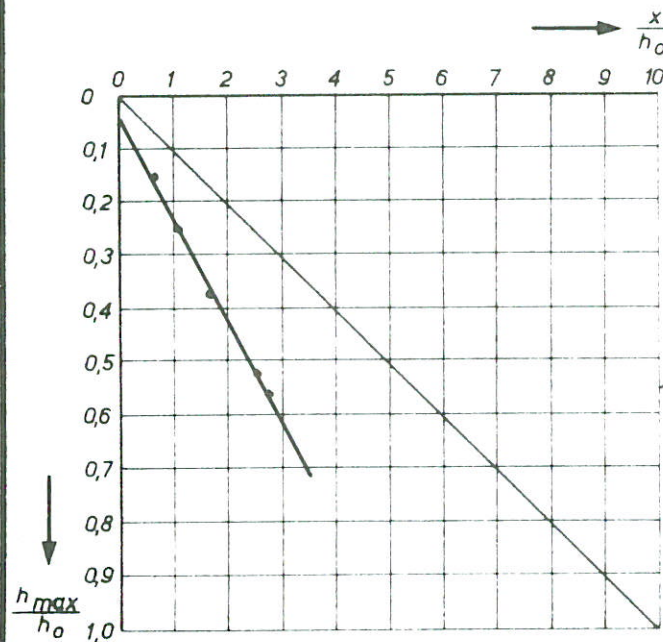




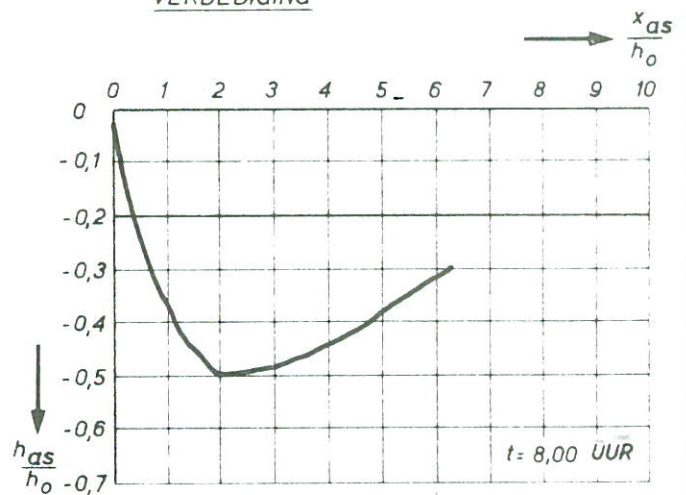
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 21,5\text{cm}$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0,2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
 ONTGRONDINGSPROEF T 119

MODELWAARDEN

$K_M$

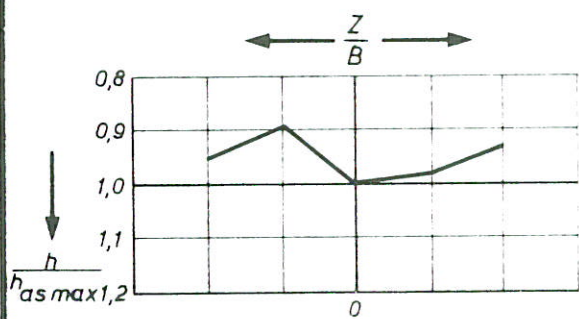
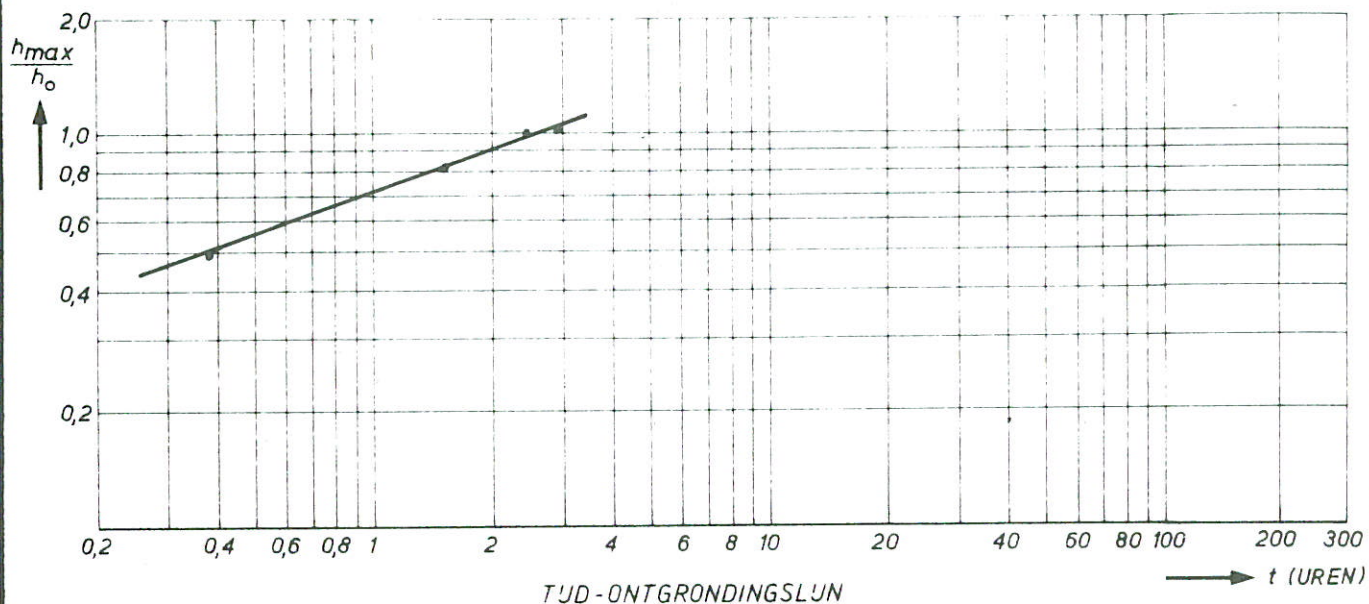
$n_L = n_h = 50$

A4

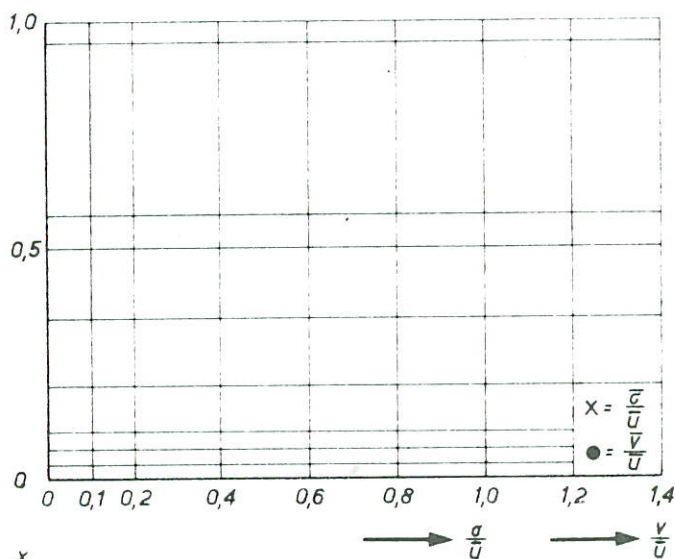
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1321-II-1122

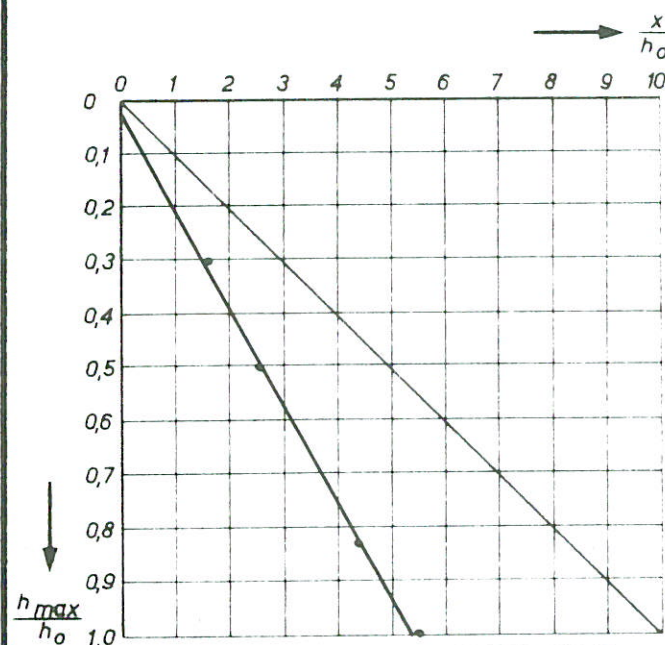
FIG. 14



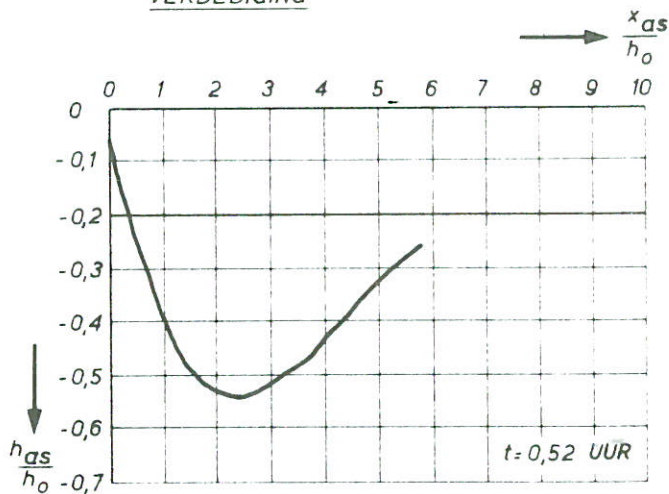
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 43,5\text{cm}$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0,2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
 ONTGRONDINGSPROEF T 120

MODELWAARDEN

$K_M$

$n_L = n_h = 50$

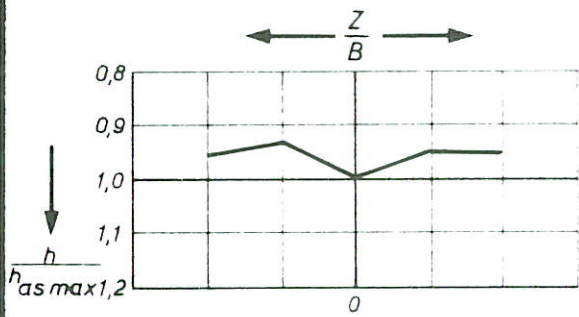
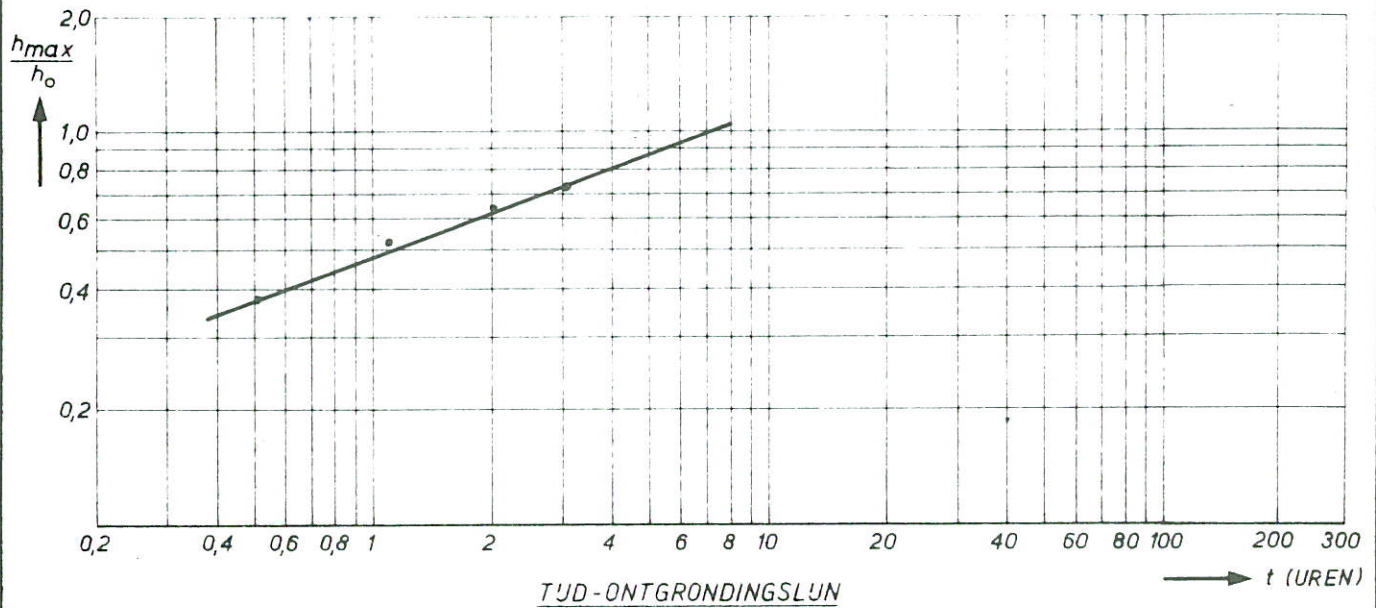
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

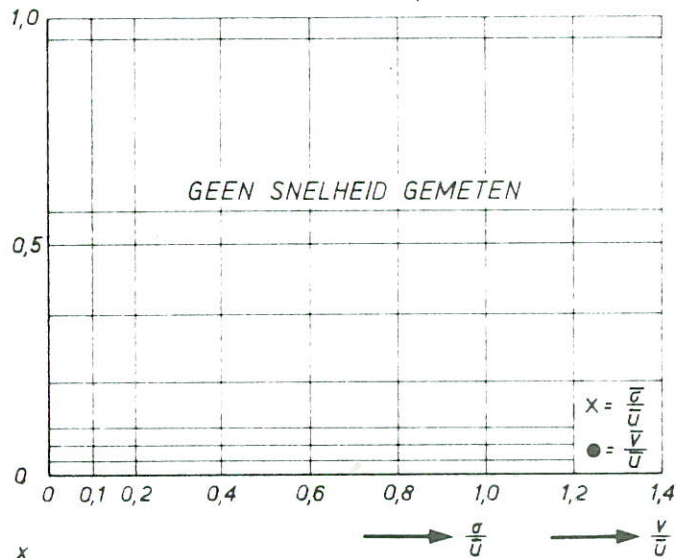
M.1321-II-1123

FIG. 15

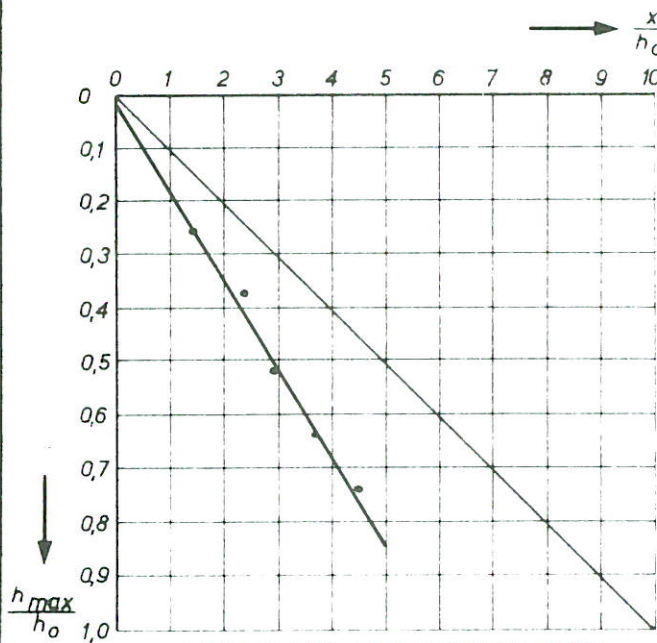




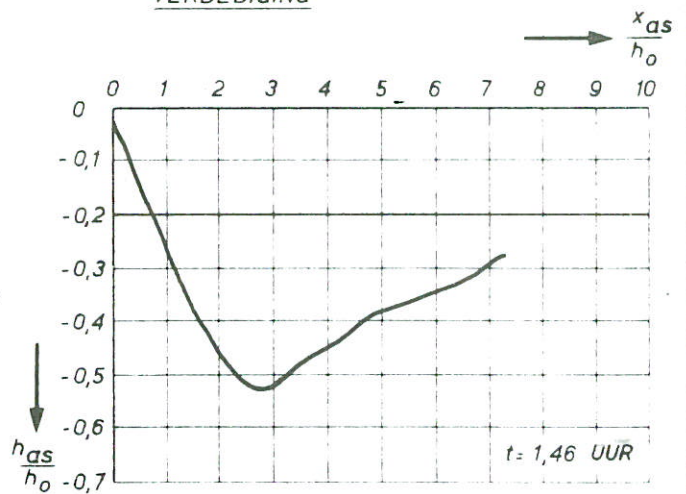
DWARSPROFIEL DIEPSTE PUNT IN  
AS BIJ EINDE PROEF  
 $h_{as\ max} = 29\text{cm}$



VERTIKALE SNELHEIDSVERDELING EINDE  
VERDEDIGING



VERLOOP VAN HET DIEPSTE PUNT



KUILVORM IN AS BIJ  $t = 0,2t_1$

OVERZICHT VAN MEETRESULTATEN  
ONTGRONDINGSPROEF T 121

MODELWAARDEN

$K_M$

$n_L = n_h = 50$

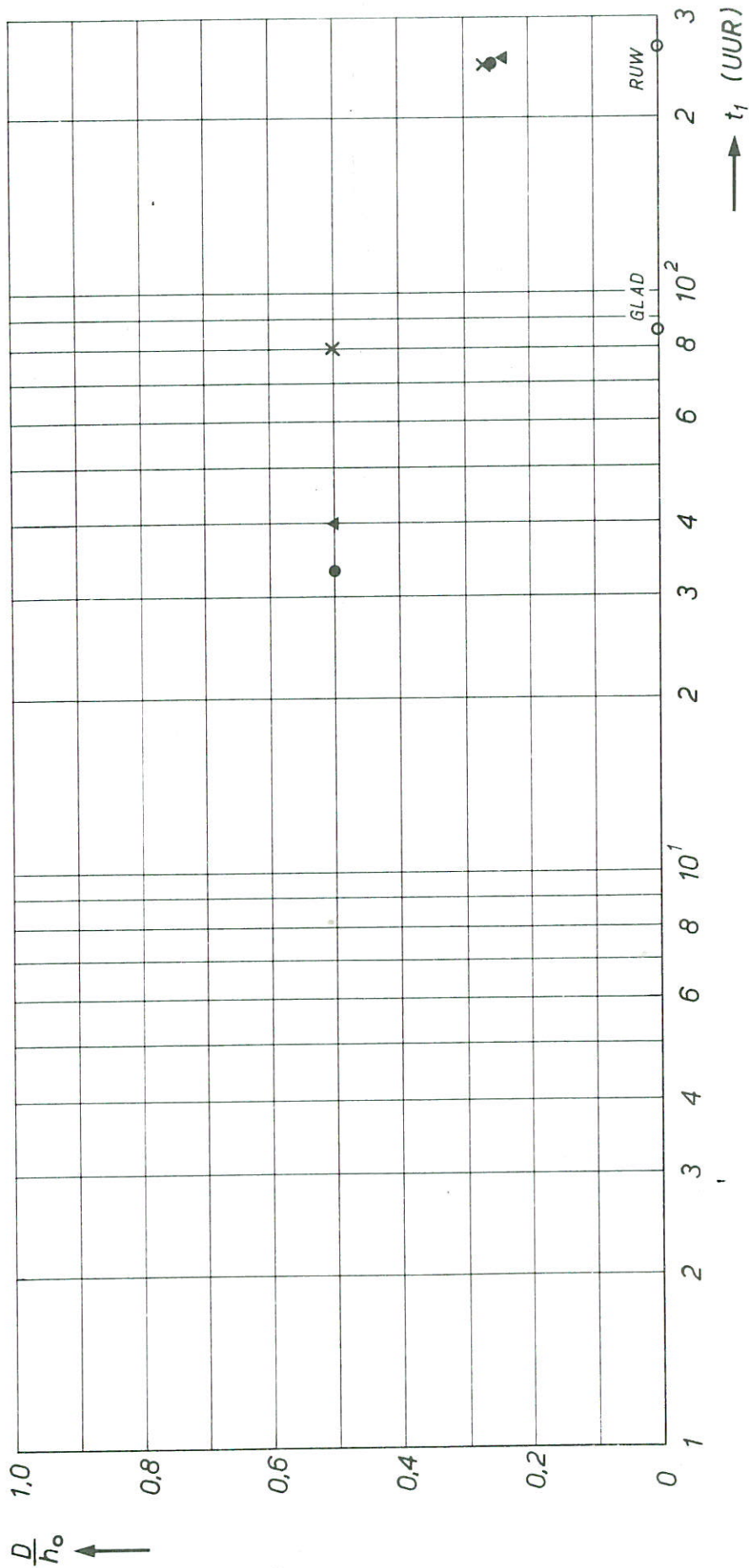
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1321-II-1124

FIG. 16





- GEEN ROOSTER
- × ROOSTER 14/17
- ▲ JSSCHUIF 14/17

CAISSONTYPE: I

INVLOED DAMHOOGTE OP  $t_1$

$\bar{u} = 0,20 \text{ m/s}$  STORTEBED  $l = 5,00 \text{ m}$   $h_0 = 0,40 \text{ m}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

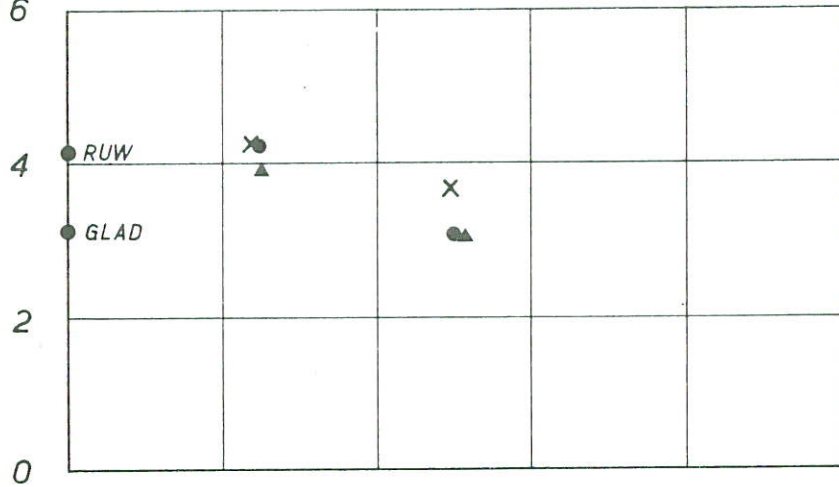
M.1321-II-1125

FIG. 17

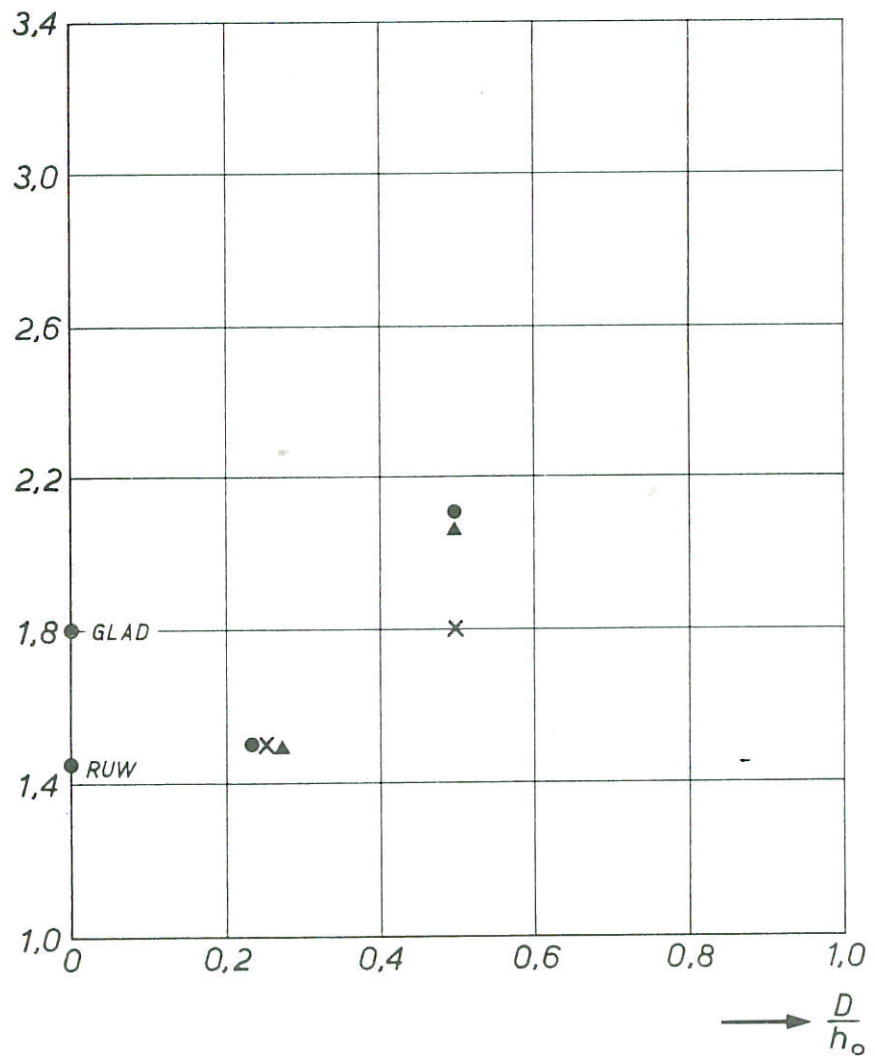
$K_M$

A4

$\cotg \beta$  6



$\alpha$



- GEEN ROOSTER
- × ROOSTER 14/17
- ▲ JSSCHUIF 14/17

CAISSONTYPE: I

INVLOED DAMHOOGTE OP  $\cotg \beta$  EN  $\alpha$

$\bar{u}=0,20\text{m/s}$  STORTEBED  $l=5\text{m}$   $h_o=0,40\text{m}$

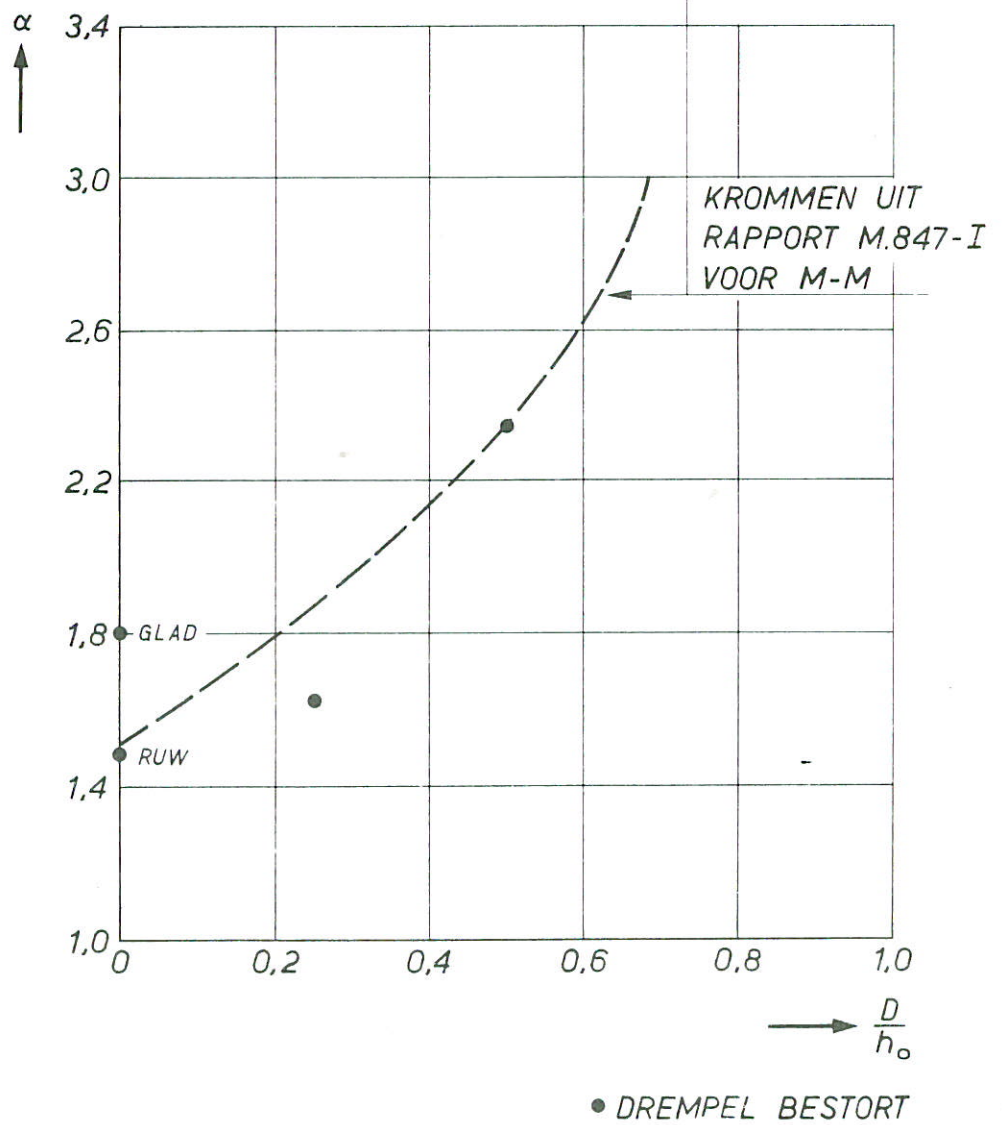
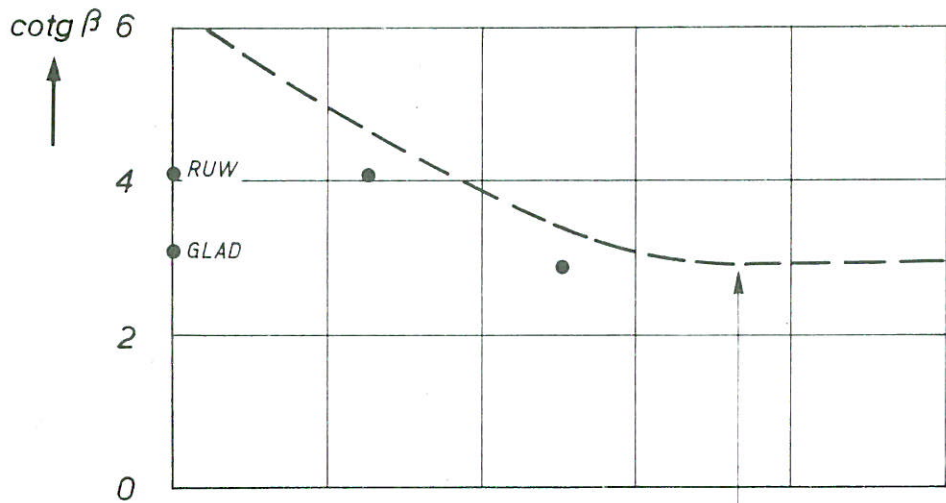
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1321-II-1126

FIG. 18

$K_M$

A4



CAISSONTYPE: GEEN

INVLOED DAMHOOGTE OP  $\cotg \beta$  EN  $\alpha$

$\bar{u}=0,20 \text{ m/s}$  STORTEBED  $l=5 \text{ m}$   $h_0=0,40 \text{ m}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1321-II-1127

FIG.19

$K_M$

A4



p.o. box 177

delft

the netherlands