

2e exemplaar

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

afsluiting Oosterschelde
getijmodel Zuidelijk Bekken

geleidelijke sluiting

AFGEHANDELD

verslag modelonderzoek

M 1000 deel V B

april 1982

M₁₀₀₀-V-B

c 101611



afsluiting Oosterschelde
getijmodel Zuidelijk Bekken

geleidelijke sluiting

verslag modelonderzoek

M 1000 deel V B

april 1982

INHOUD

1. Inleiding
2. Snelheidsverdelingen Roompot rond de kenteringen
(brief van 07.06.72; kenmerk V3308/M1000/vWij/L)
3. Varend bedrijf
(brief van 21.06.73; kenmerk V3371/M1000/vWij/C)
4. Gradiënten N-Bevelandse oever
(brief van 17.05.74; kenmerk V3105/M1000/GH/WV)
5. Stagnatie kabelbaan
(brief van 31.10.74; kenmerk V6990/M1000/vWij/GB)
6. Snelheidsverdeling benedenstrooms blokkendam
(brief van 19.12.74; kenmerk V8260/M1000/vWij/GB)

1. Inleiding

Geleidelijke sluiting

1. Inleiding

Ten behoeve van het onderzoek naar de afsluiting van de Oosterschelde werd in opdracht van de Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst van Rijkswaterstaat in het getijmodel van het Zuidelijk Bekken onderzoek verricht naar een geleidelijke sluiting.

Een uitvoerige beschrijving van het model wordt gegeven in het verslag M 1000/ M 1001, Deel I, "Afsluiting Oosterschelde, Getijmodel Zuidelijk Bekken en detailmodel sluitgaten, Ontwerp en bouw modellen". De bij het onderzoek gebruikte meetinstrumenten en meetmethoden zijn beschreven in het verslag M 1000, Deel II, "Afsluiting Oosterschelde, Getijmodel Zuidelijk Bekken, IJking model".

Het onderzoek betreft een voortzetting en uitbreiding van het oriënterende onderzoek naar de geleidelijke sluiting, zoals dat is verricht voor de keuze van de sluitingsmethode (zie M 1000, Deel IV, "Afsluiting Oosterschelde, Getijmodel Zuidelijk Bekken, Keuze sluitingsmethode").

Het onderzoek was om een aantal redenen nodig, namelijk:

- De noodzaak tot het vastleggen van de stroomomstandigheden ten behoeve van het ontwerp van de sluitkade (o.a. stabiliteit).
- De noodzaak tot het vastleggen van de stroomomstandigheden ten behoeve van de uitvoering van de afsluiting (o.a. werkbaarheid).
- De noodzaak tot het meten van randvoorwaarden ten behoeve van modellen, waarin bepaalde aspecten van het ontwerp en de uitvoering in detail moesten worden onderzocht.

Het totale onderzoek naar de geleidelijke sluiting is dermate uitgebreid, dat de presentatie in twee delen plaatsvindt, namelijk deel V A en deel V B. Bij het in deel V A gepresenteerde onderzoek ligt het accent enigszins op onderwerpen met betrekking tot het ontwerp, inclusief randvoorwaarden voor modellen waarin bepaalde aspecten van het ontwerp werden onderzocht. In deel V B ligt het accent meer op onderwerpen met betrekking tot de uitvoering.

De resultaten van de diverse uitgevoerde onderzoeken zijn reeds eerder gepresenteerd in de vorm van zogenaamde briefverslagen, omdat snelle tussentijdse rapportage gewenst was. In dit verslag wordt deze verslaggeving nogmaals, in vrijwel ongewijzigde vorm, gepresenteerd. In overleg met de opdrachtgever is voor deze afwijkende vorm van presentatie gekozen, omdat een volledig herzien van tekst en figuren een grote inspanning zou vergen, die gezien de huidige gebruikswaarde niet verantwoord is.

De indeling van het verslag is zodanig, dat na de inleiding (hoofdstuk 1) de complete briefverslagen worden gepresenteerd (hoofdstukken 2 tot en met 6), gescheiden door een gekleurd tussenblad. De volgorde van de hoofdstukken in dit verslag is de chronologische volgorde, waarin het onderzoek is gepresenteerd.

In hoofdstuk 2 worden snelheidsverdelingen in de Roompot gepresenteerd voor verschillende bouwfases van de blokkendam. Deze snelheidsverdelingen zijn bedoeld om een indruk te krijgen van de te verwachten stroomsnelheden tijdens uitvoering met varend bedrijf. De gepresenteerde snelheidsverdelingen geven tijdstippen rond L.W.-kentering en H.W.-kentering voor gemiddeld getij en springtij-omstandigheden. Bij de presentatie zijn de hoge bouwfases buiten beschouwing gebleven, omdat daarbij geen varend bedrijf meer mogelijk is.

Het in hoofdstuk 3 beschreven onderzoek betreft een voortzetting van het onderzoek ten behoeve van een varend bedrijf in de Roompot. Volgens plan zou de afsluitingsdam in de Roompot tussen de pylonen 2 en 4 gedeeltelijk (tot N.A.P. - 8 m) worden opgebouwd met behulp van een varend bedrijf. Boven N.A.P. - 8 m zou alleen nog met de kabelbaan worden gewerkt.

Er werd aangenomen, dat met de beschikbare schepen tot aan de eindfase van het varend bedrijf gedurende het gehele getij kon worden gewerkt. Het varend bedrijf zou plaatsvinden vanuit de haven Noordland en de haven damaanzet N.-Beveland. Omdat bij de haven damaanzet N.-Beveland de hoofdstroom direkt voor de haveningang langs gaat, was het de vraag of in- en uitvaren van de haven tot aan de eindfase (N.A.P. - 8 m) gedurende het gehele getij mogelijk was. De ligging van de haven Noordland is zodanig, dat in- en uitvaren geen probleem zal zijn. Als gevolg van de toenemende verhangen en stroomsnelheden, die bij toenemende vernauwing boven een blokkendam zullen optreden, zal bovendien steeds meer stuwkracht van de schepen worden gevraagd.

In hoofdstuk 4 worden resultaten gegeven van gradiënt- en turbulentiemetingen langs de Noord-Bevelandse oever. De metingen hadden tot doel te onderzoeken of tijdens de afsluitingswerkzaamheden de situatie langs de Noord-Bevelandse oever nadelig zou worden beïnvloed. De gradiëntmeting is uitgevoerd in 6 raaien ongeveer loodrecht op de oever van Noord-Beveland. Tevens zijn in 3 punten op respectievelijk 200, 800 en 3200 m oostelijk van het tracé snelheids- en turbulentiemetingen verricht.

Het in hoofdstuk 5 beschreven onderzoek betreft het onderzoek van de invloed van een stagnatie van de kabelbaan in één van de sluitgaten. Bij het onderzoek is vastgesteld in hoeverre de stroomsnelheden in een sluitgat en de verdeling van het totale debiet over de sluitgaten veranderen.

In hoofdstuk 6 wordt onderzoek beschreven, waarbij snelheidsverdelingen zijn gemeten in een aantal raaien benedenstrooms van een blokkendam met een vernauwing van 80%. Er is namelijk gebleken, dat bij bouwfasen met een relatief grote vernauwing (met name de bouwfasen van 60% vernauwing en meer) de snelheidsverdelingen in het getijmodel (M 1000) anders zijn dan in het detailmodel van de sluitgaten (M 1001). Bij het onderzoek zijn in een groot aantal raaien in de Roompot stroomsnelheden en- richtingen gemeten, onder andere om de uitgestrektheid van de bodemmeer achter de blokkendam te kunnen vaststellen. Tevens is de invloed van de meetmethode en de verschillende typen blokkendammen onderzocht.

Het onderzoek werd uitgevoerd onder leiding van ir. N.J. van Wijngaarden en ing. G. Hartsuiker, die tevens de verslaggeving hebben verzorgd.

2. Snelheidsverdelingen Roompot rond de kenteringen

(Brief van 7 juni 1972; kenmerk V3308/M1000/vWij/L)

Inhoud

blz.

2.1 Opzet van het onderzoek..... 1

2.2 Resultaten van het onderzoek..... 2

Figuren

- 1 Meetraaien tracé-gebied
- 2 ...10 Snelheidsverdeling over het sluitgat rond de L.W.-kentering
- 11...19 Snelheidsverdeling over het sluitgat rond de H.W.-kentering

2.1 Opzet van het onderzoek

De snelheidsverdelingen rond de kenteringen ten behoeve van het varend bedrijf in de Roompot zijn gemeten voor een negen-tal toestanden. Hierbij zijn onder andere de volgende grootheden gevariëerd: bouwfase van de blokkendam, damaanzet Noord-Beveland en instelgetij. In onderstaande tabel zijn de verschillende toestanden weergegeven.

toestand	vernaauwing R10	situatie R30 en R40	damaanzet Noord-Beveland	bodem- ligging	getij
T10	15% (w.sl.)	gel. sl. 15%	variant 1	1967	11.09.68
T11	30%	" 30%	"	"	"
T12	50%	" 50%	"	"	"
T37	50%	caisson sl.	variant 5	"	"
T13	70%	gel. sl. 70%	variant 1	"	"
T38	70%	caisson sl.	variant 5	"	"
T57	25% (w.sl.)	gel. sl. 25%	variant 6	1971	07.10.71
T58	40%	" 40%	"	"	"
T59	60%	" 60%	"	"	"

De vormgeving van de damaanzet Noord-Beveland bij de verschillende varianten is te vinden in het verslag M 1000, deel III, "Vormgeving en uitvoering van de damvakken op de platen" (variant 6 is de gerealiseerde vorm, variant 5 wijkt in geringe mate af en variant 1 is ca. 250 m verder uitgebouwd in het sluitgat). Het instelgetij van 11 september 1968 is een gemiddeld getij met getijcoëfficiënten 1,00 voor de dalende tak en 1,04 voor de stijgende tak. Het instelgetij van 7 oktober 1971 is een sprintij met getijcoëfficiënten voor de dalende en stijgende tak van respectievelijk 1,07 en 1,17.

Met betrekking tot de bodemligging en de damaanzet Noord-Beveland sluiten de toestanden T57 tot en met T59 het beste aan bij de te verwachten situatie in het prototype.

Om voor de toestanden gestroomd met een gemiddeld getij een indruk te krijgen van de afwijking als gevolg van de damaanzet Noord-Beveland zijn de toestanden T37 en T38 toegevoegd, die wat betreft bouwfase in de Roompot te vergelijken zijn met T12 en T13, maar waarbij in de overige sluitgaten een caissonsluiting

is toegepast. De damaanzet sluit echter beter aan bij de in het prototype te bouwen damaanzet.

Bij de verschillende toestanden zijn, voorzover de bouwfase van de blokkendam het toelaat, stroomsnelheden gemeten in de as van de blokkendam. De ligging van de as is echter niet gelijk bij alle toestanden. Bij de toestanden T10 tot en met T13, T37 en T38 ligt de as ter plaatse van de tracé-raai (= R10^{*}) en bij de toestanden T57 tot en met T59 ligt de as 100 m oostelijk van de tracé-raai (= R10). In figuur 1 is de ligging van de beide assen aangegeven.

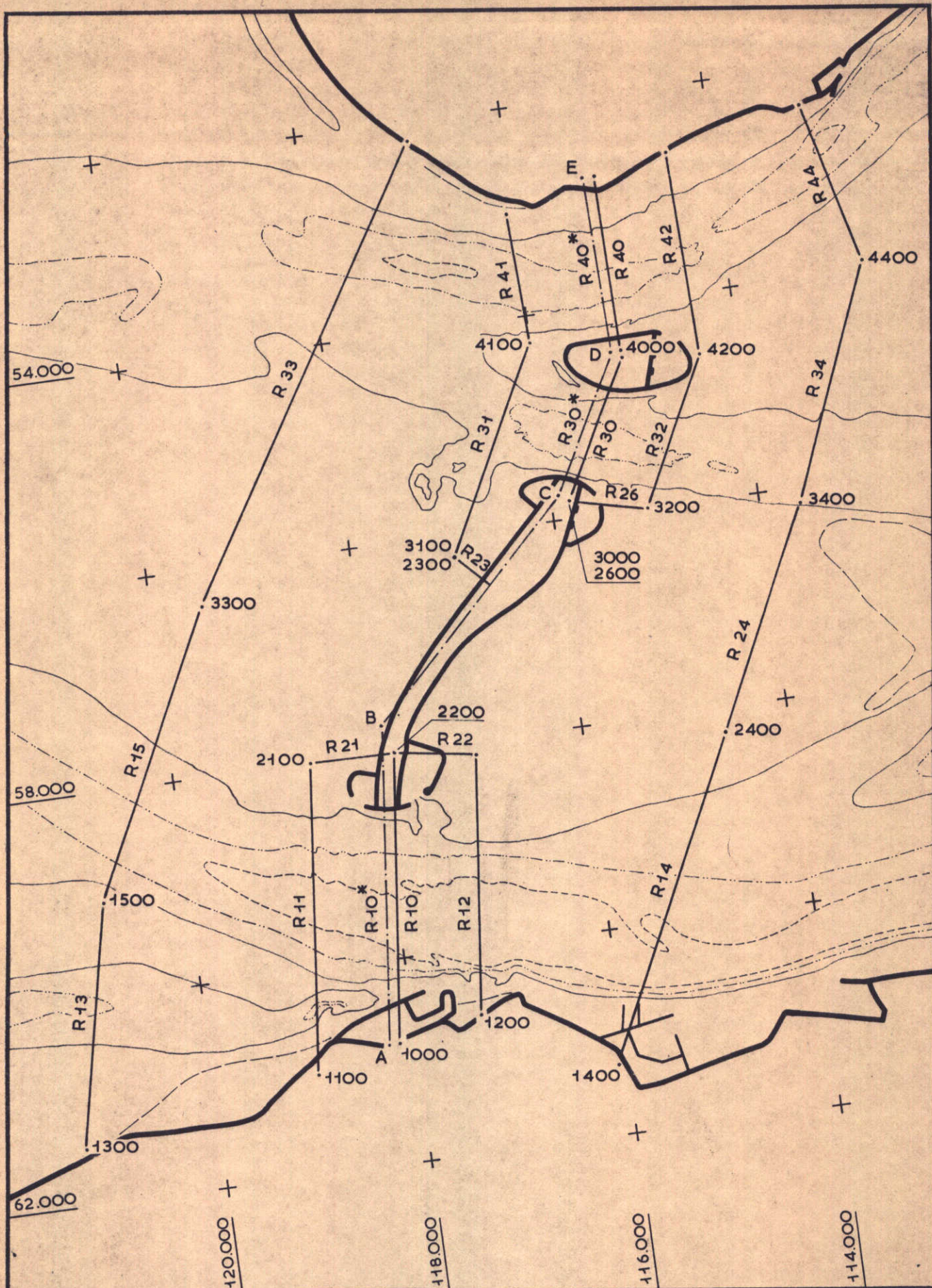
2.2 Resultaten van het onderzoek

De figuren 2 tot en met 10 geven voor alle toestanden de snelheidsverdelingen over het sluitgat voor een aantal tijdstippen rond de L.W.-kentering.

In de figuren 11 tot en met 19 zijn de snelheidsverdelingen gegeven voor tijdstippen rond de H.W.-kentering.

Voor T59 zijn de stroomsnelheden voor een aantal meetpunten geschat, omdat daar de micromolens niet goed hebben gewerkt (zie de figuren 10 en 19).

Er moet worden opgemerkt dat de nauwkeurigheid van de stroomsnelheden direct rond het kenteringstijdstip beperkt is. Dit wordt veroorzaakt door enerzijds de aanloopsnelheid van de molen en anderzijds het relatief trage draaien van de richtingsvaan. Hierdoor kan het voorkomen dat de stroom reeds is gekenterd, terwijl de richtingsvaan nog onderweg is naar de nieuwe stroomrichting. Door dit verschijnsel wordt de komponent van de stroomsnelheid gemeten.



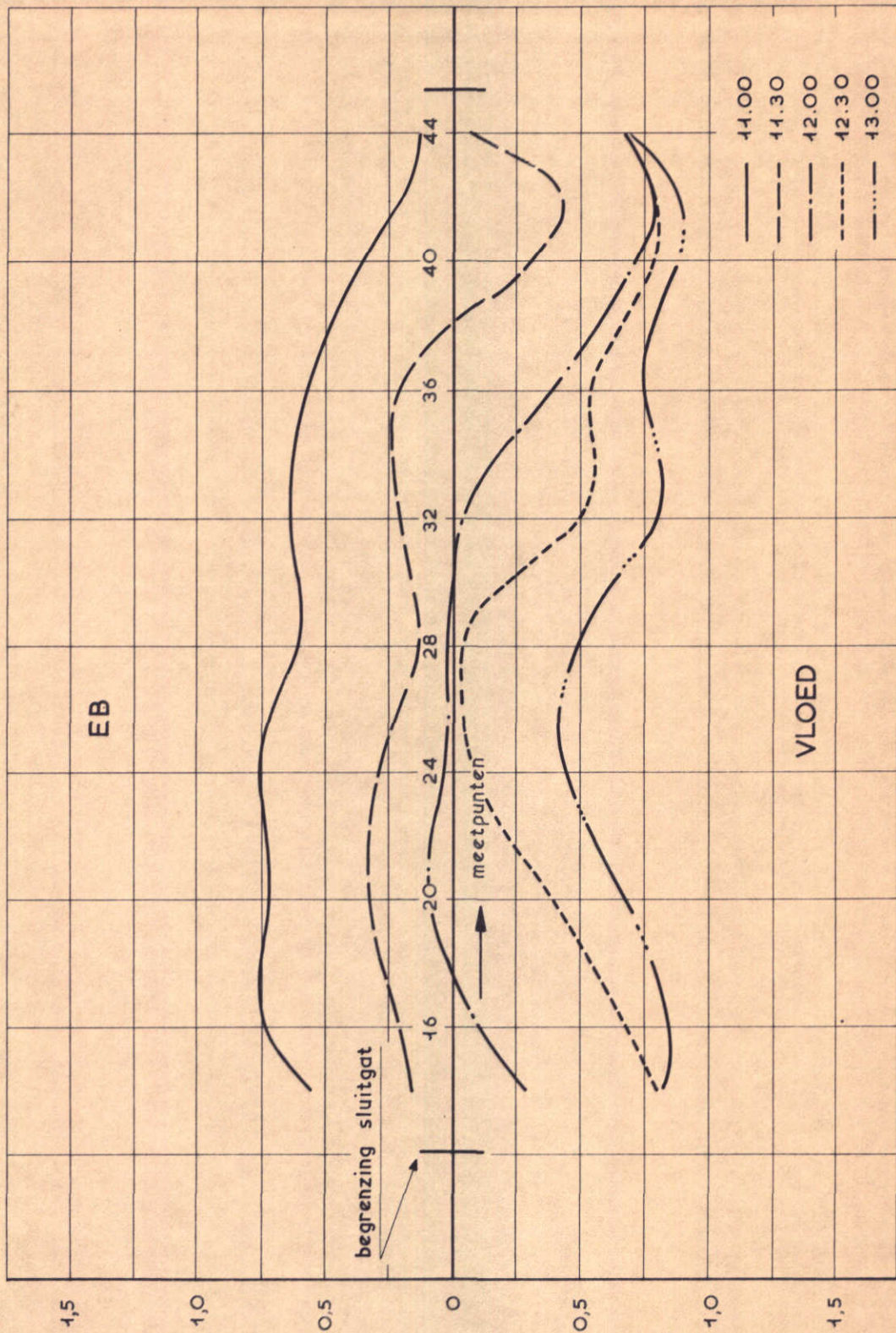
MEETRAAIEN TRACÉ-GEBIED

schaal 1 : 50.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 1



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 10

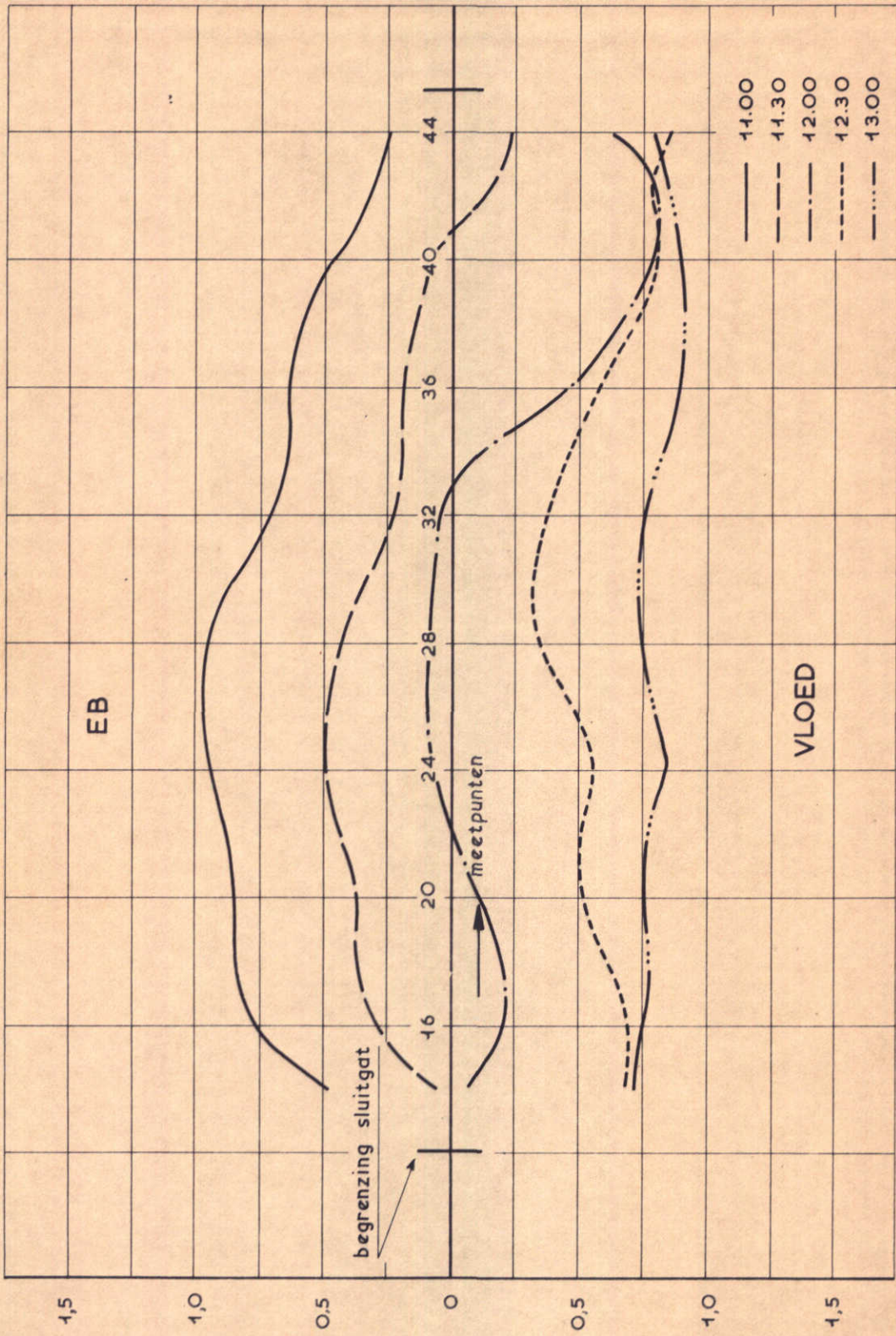
11.09.68

RAAI 10 *

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 2



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 11

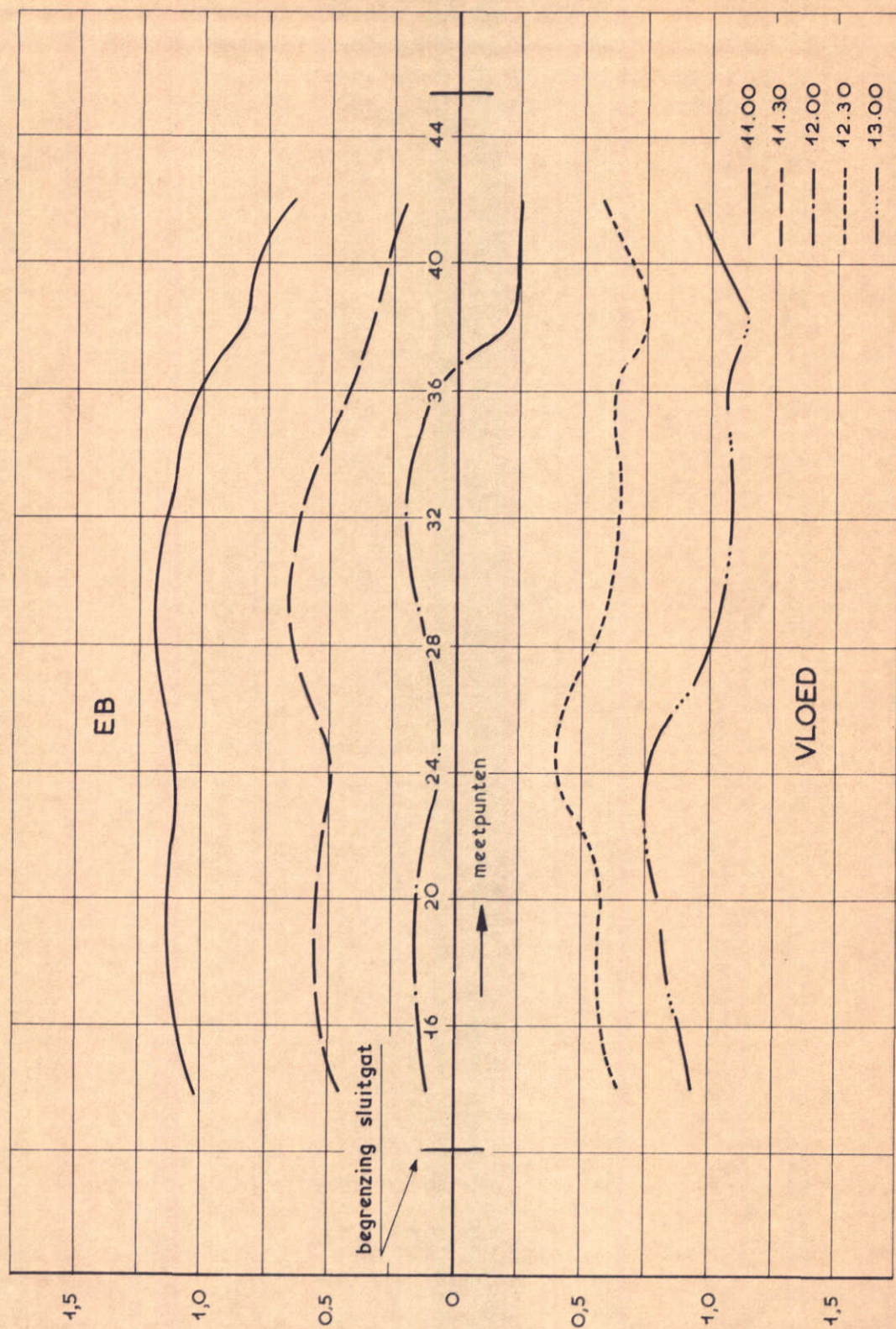
11.09.68

RAAI 10 *

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 3



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 12

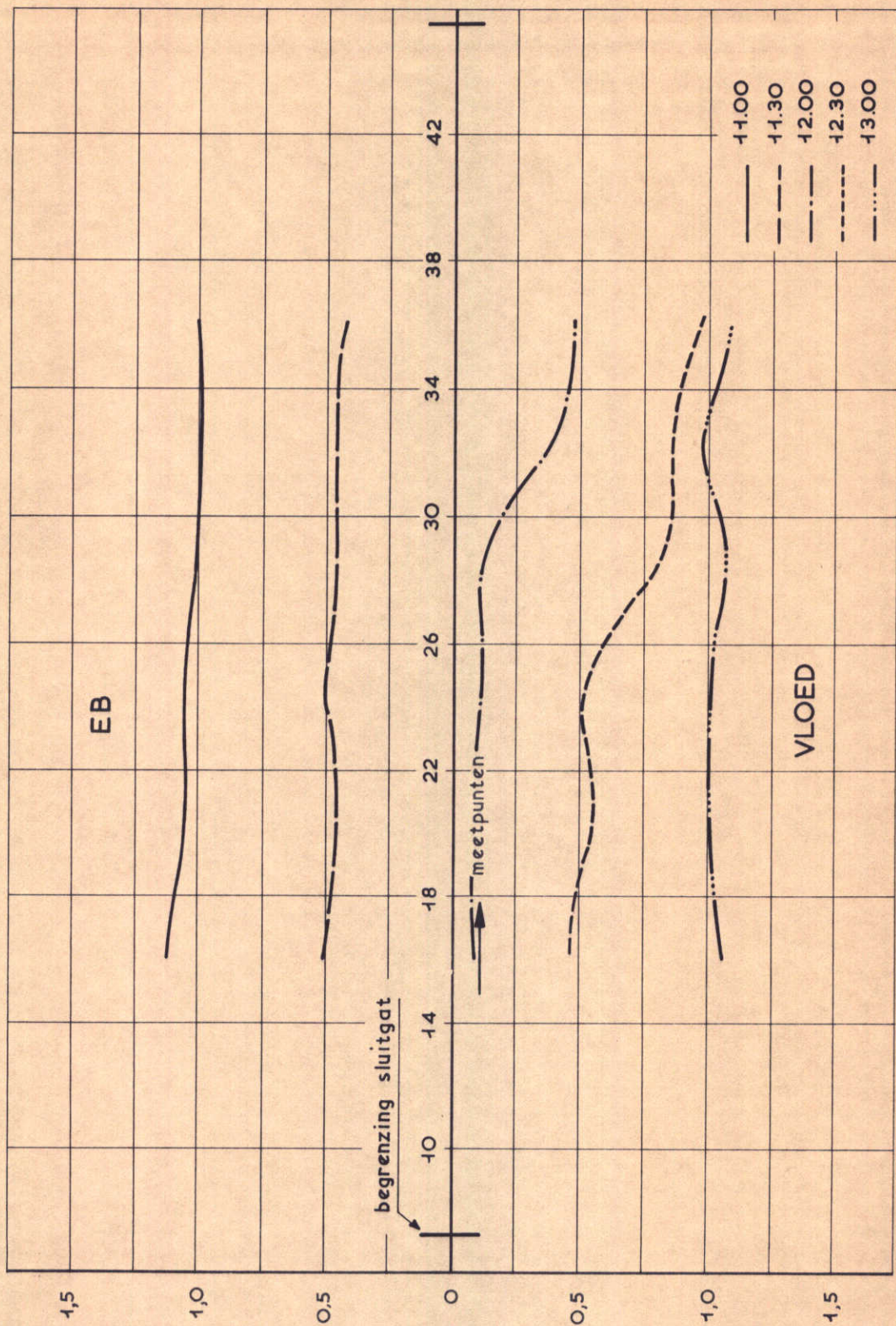
11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 4



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 37

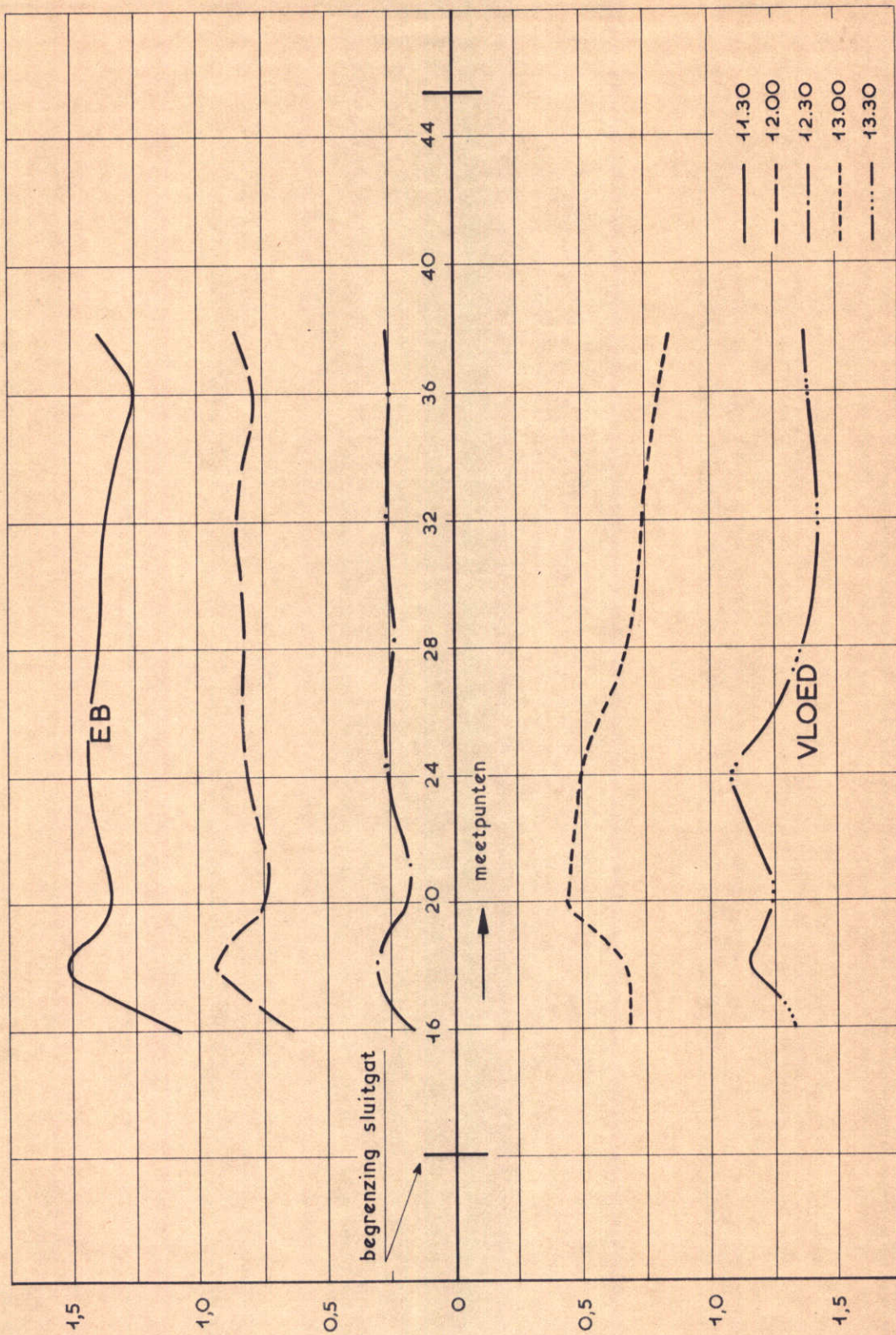
11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 5



SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 13

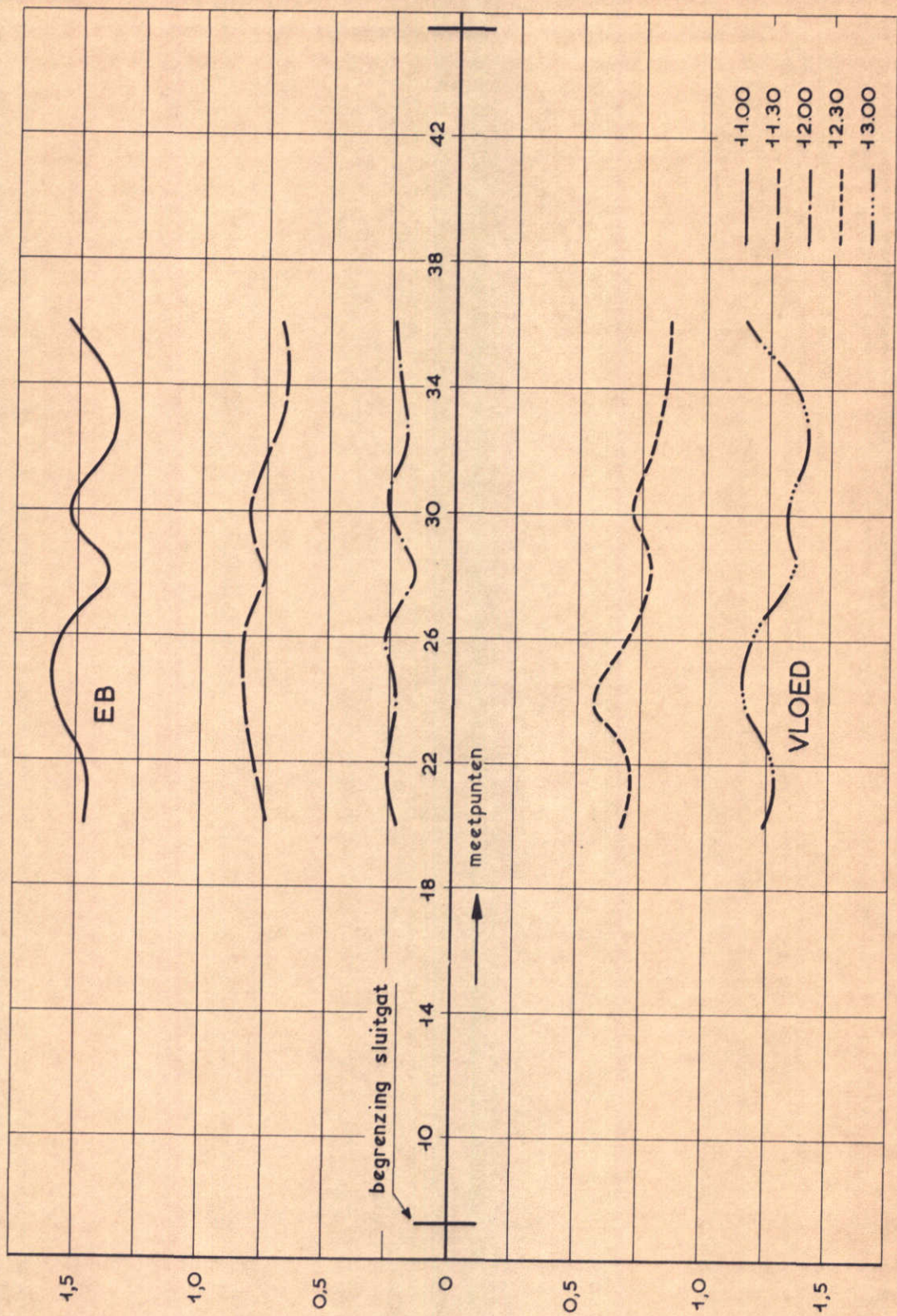
11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 6



SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 38

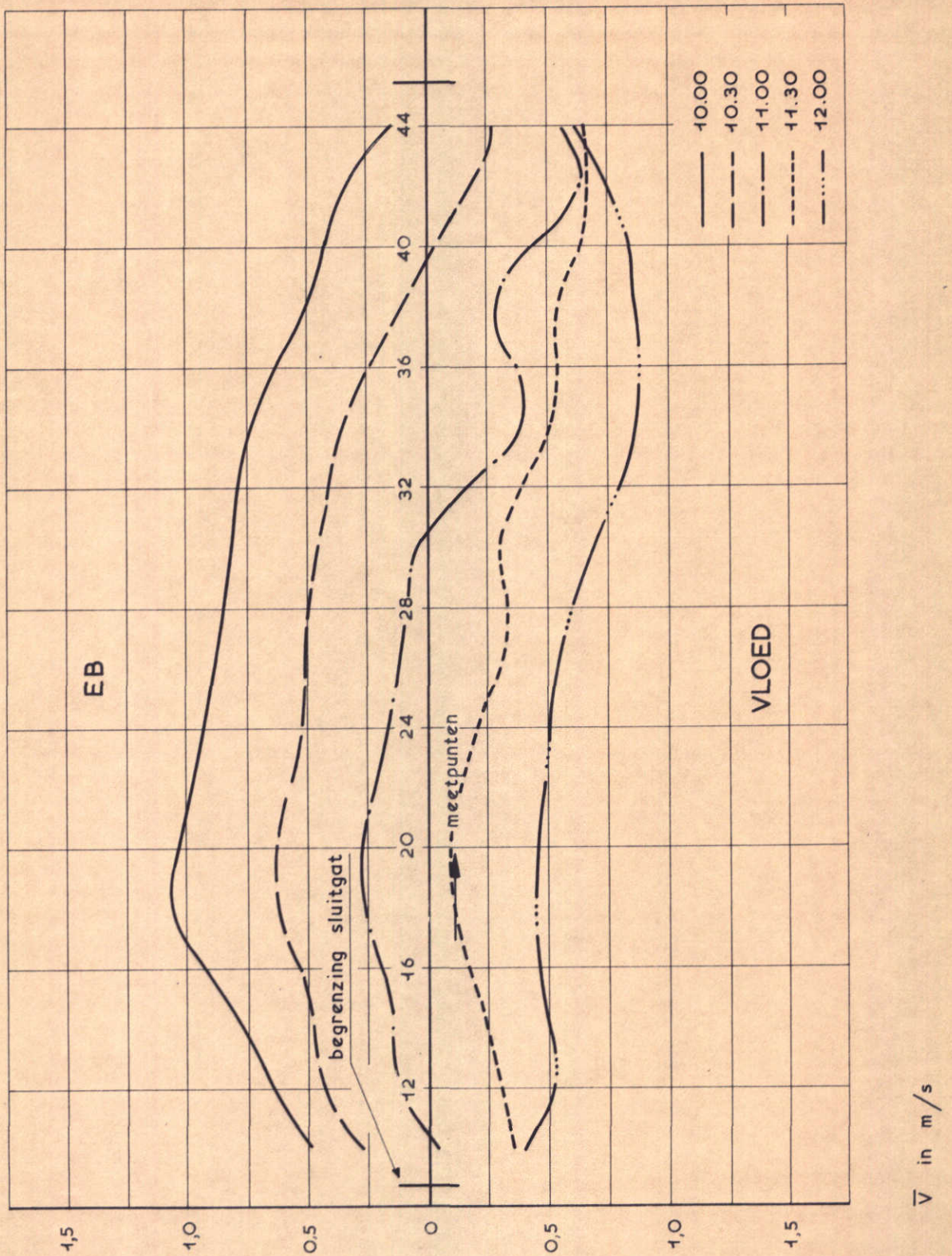
11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 7



SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 57

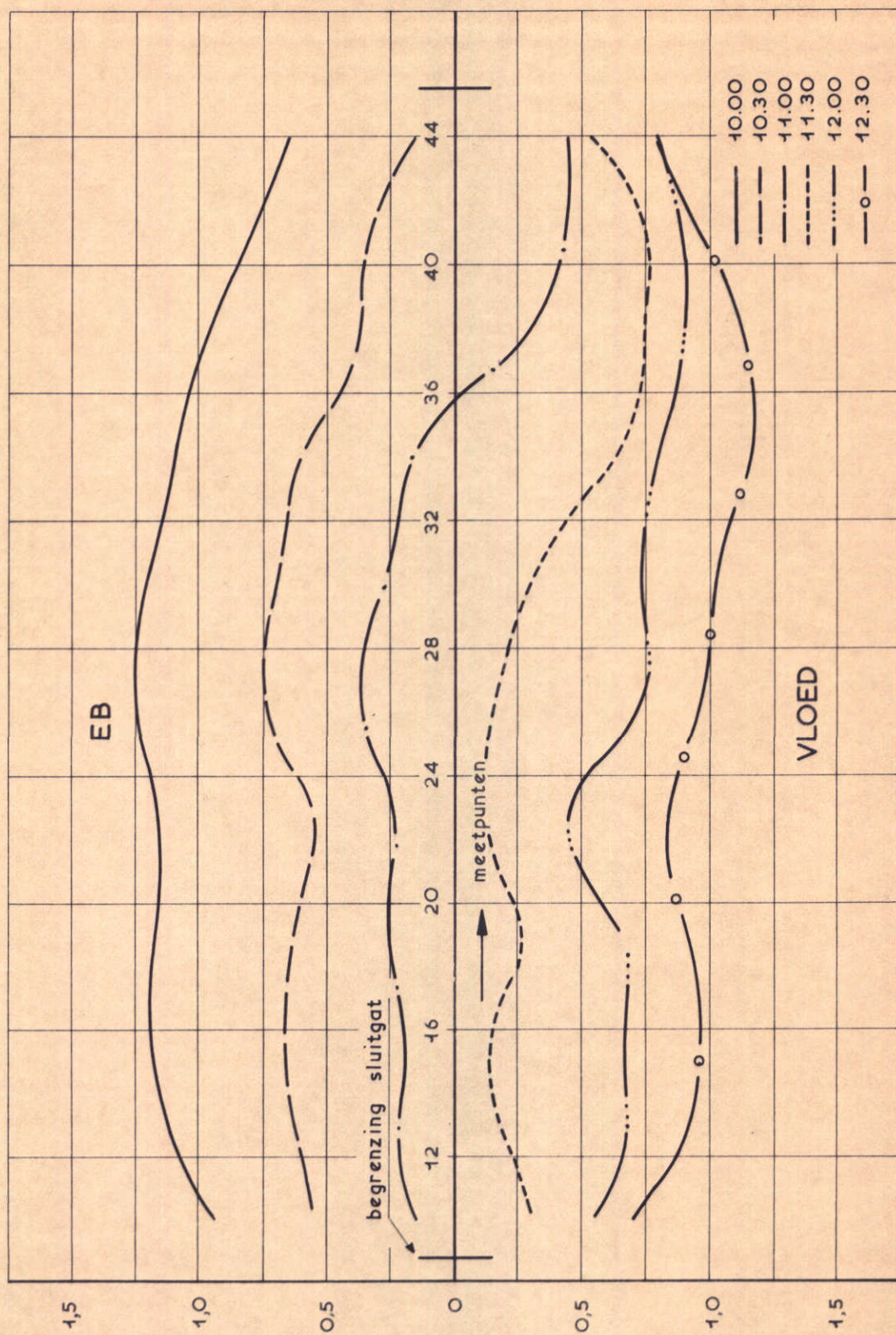
07.10.71

RAAI 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 8



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 58

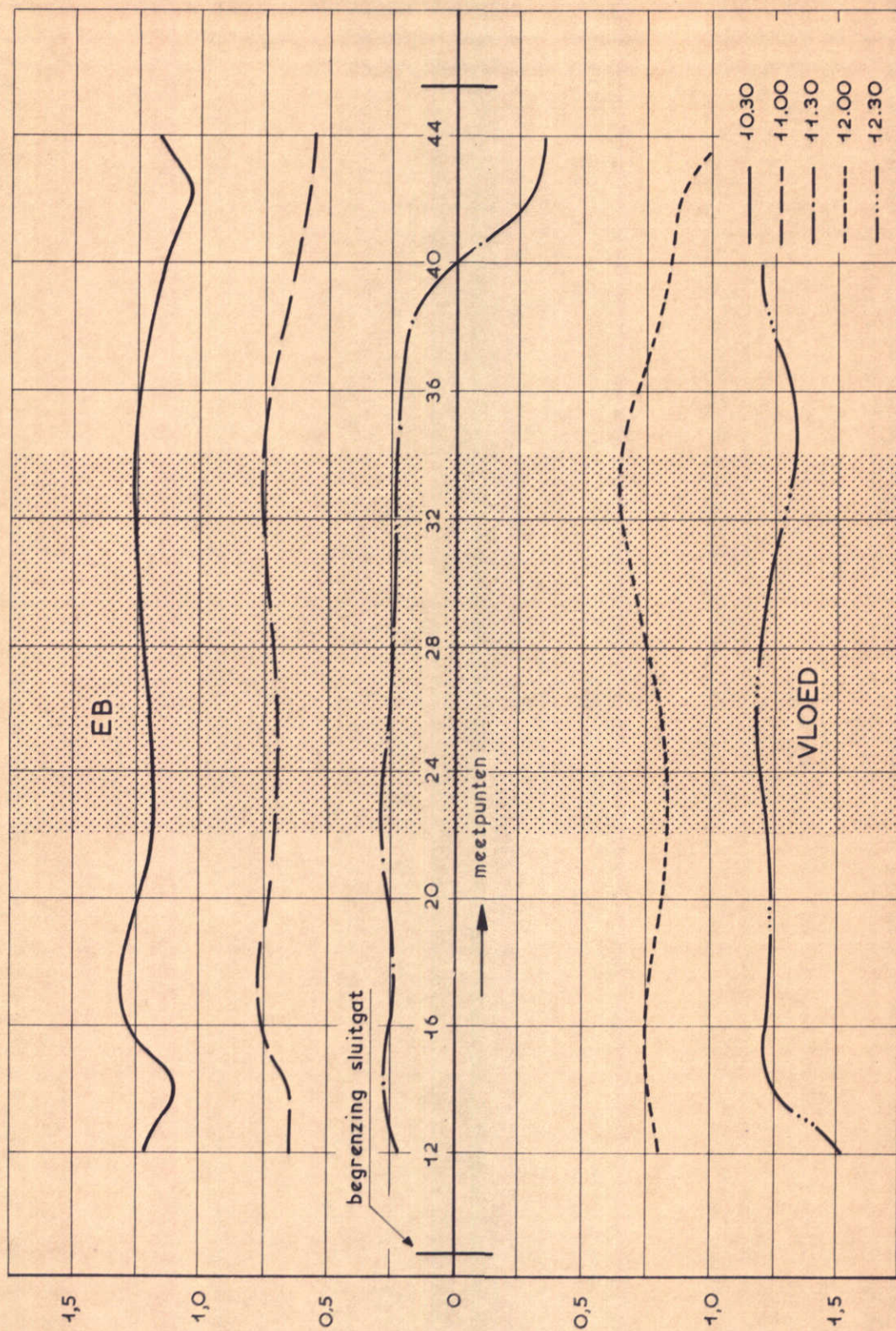
07.10.71

RAAI 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 9



SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE L.W. KENTERING

T 59

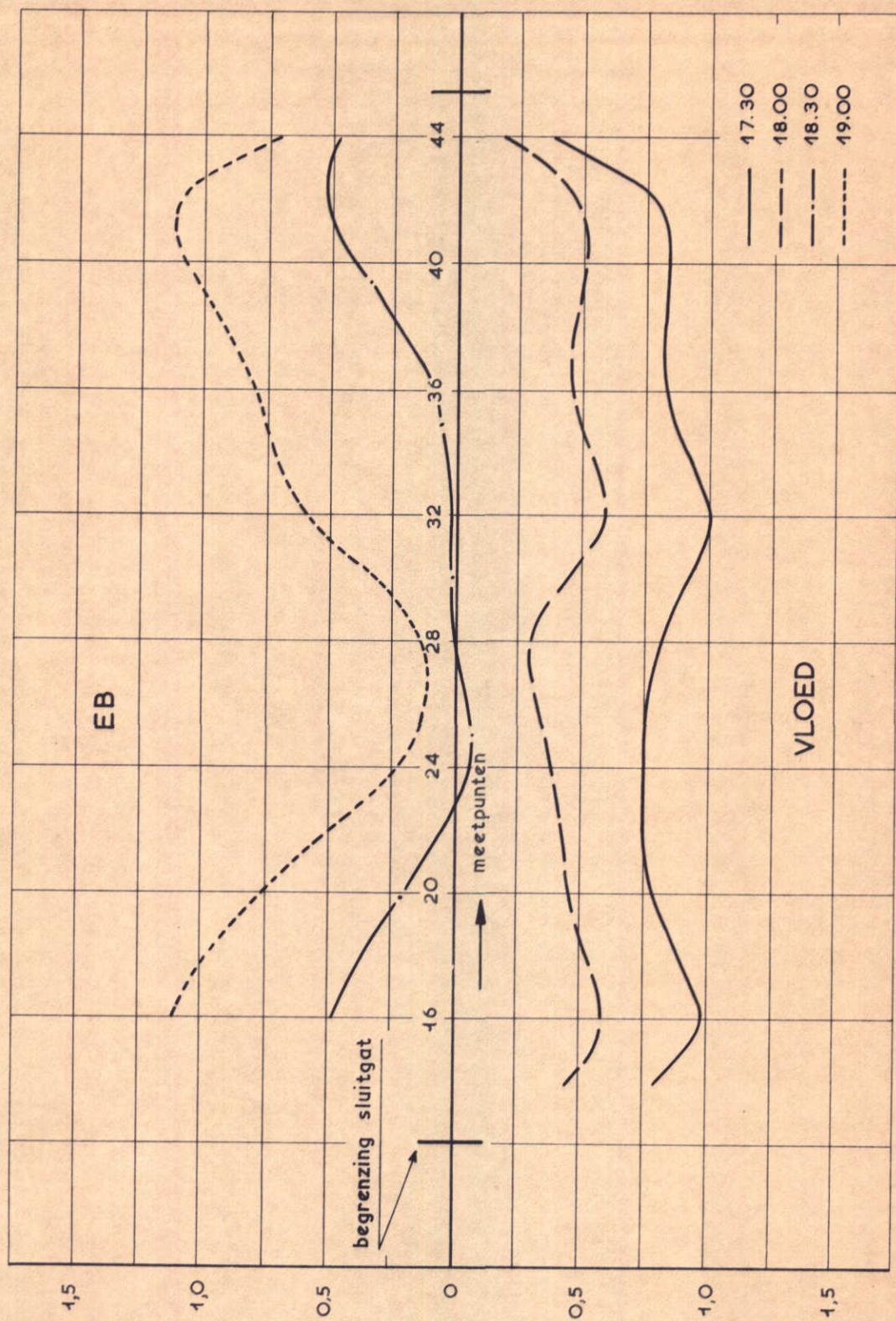
07.10.71

RAAI 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 10



\bar{v} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 10

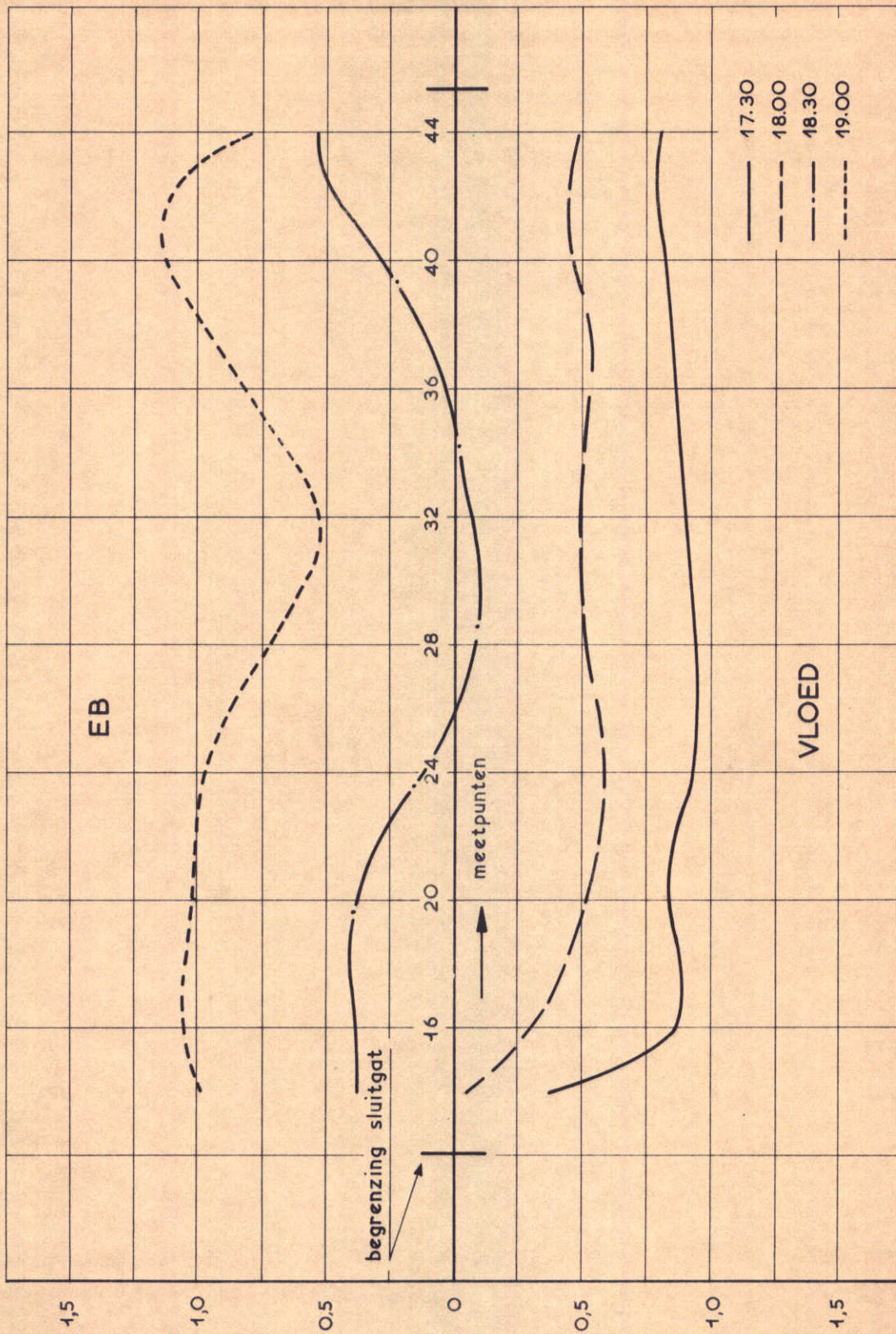
11.09.68

RAAI 10 *

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 11



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 11

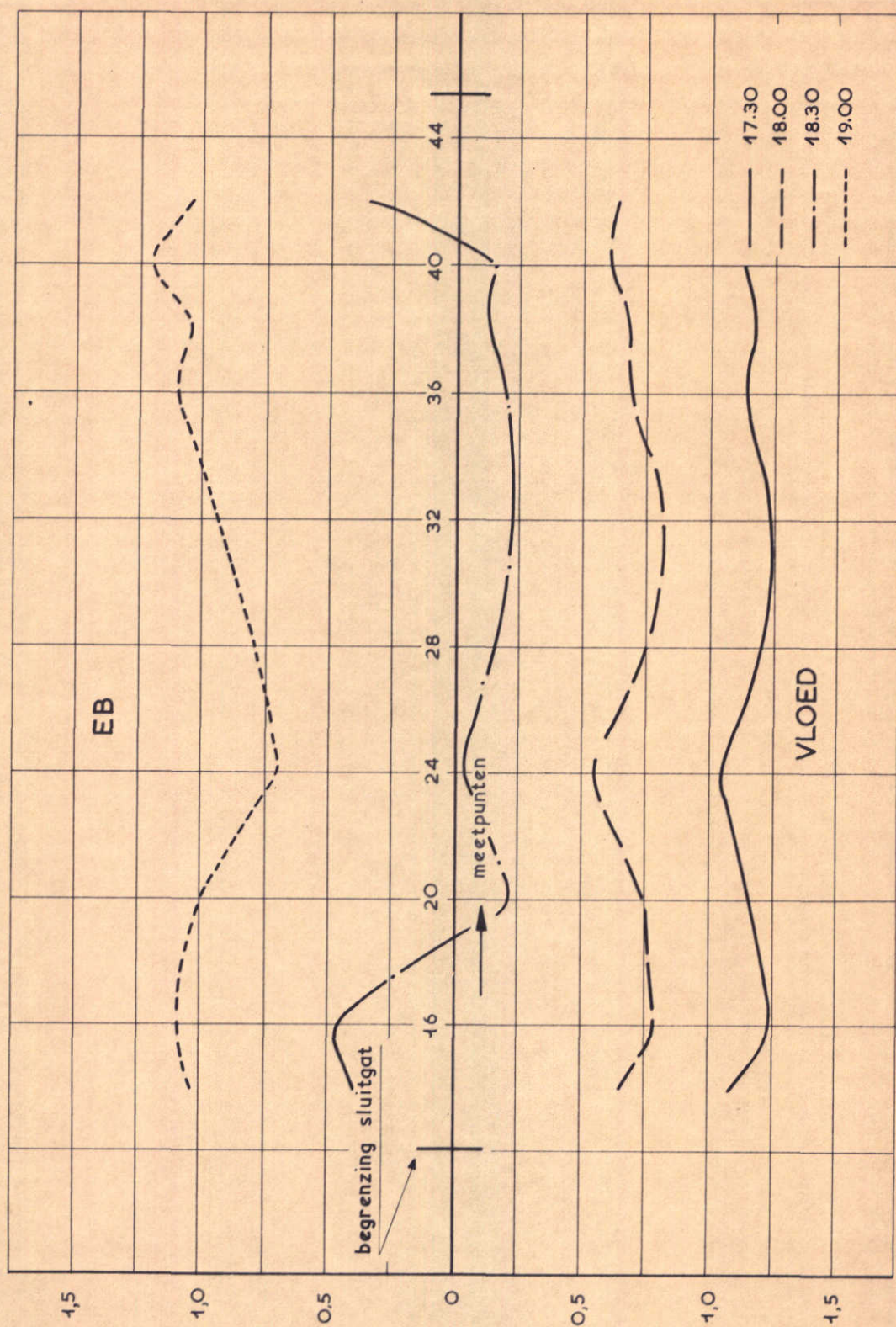
11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 12



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 12

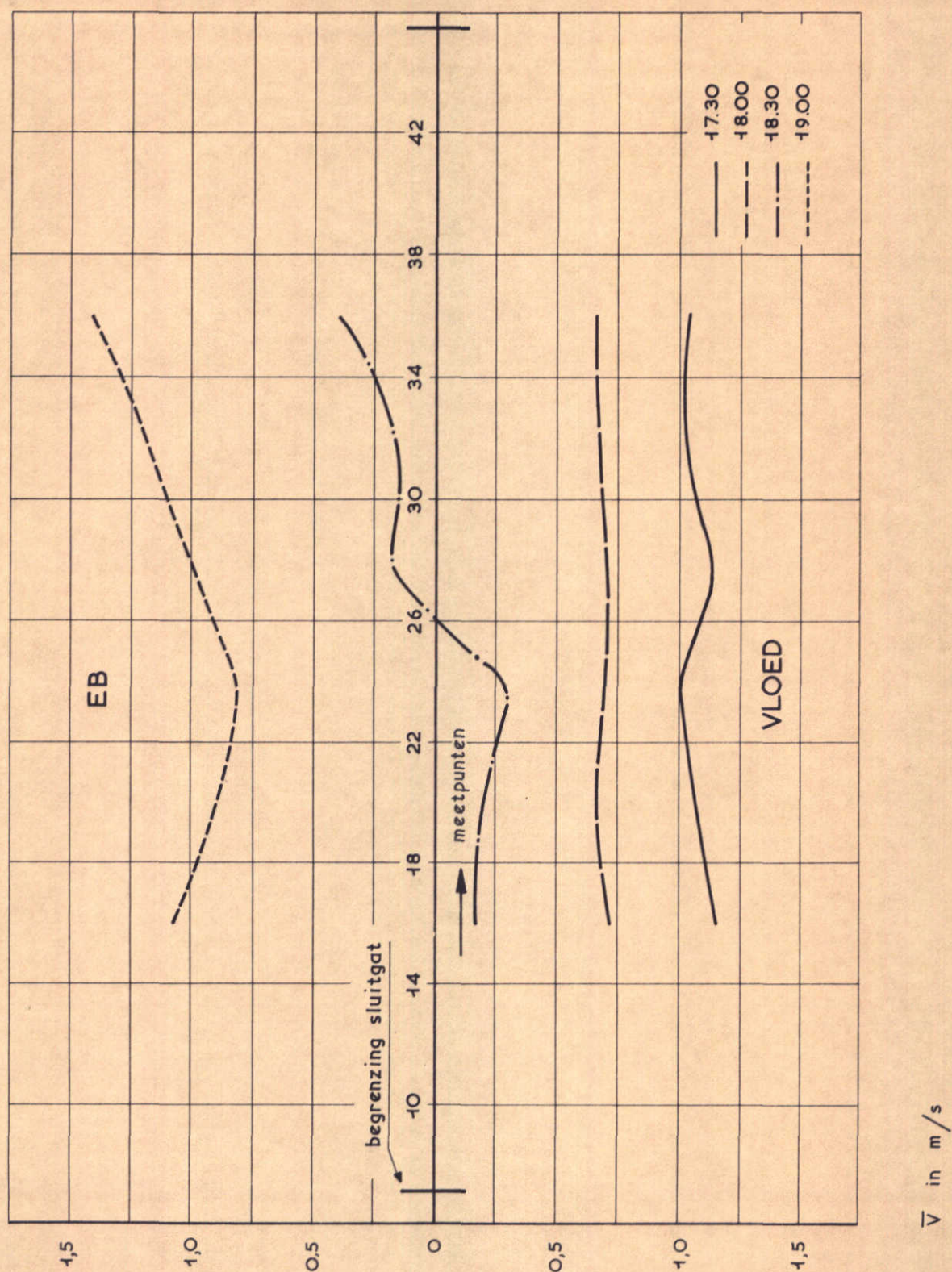
11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 13



SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 37

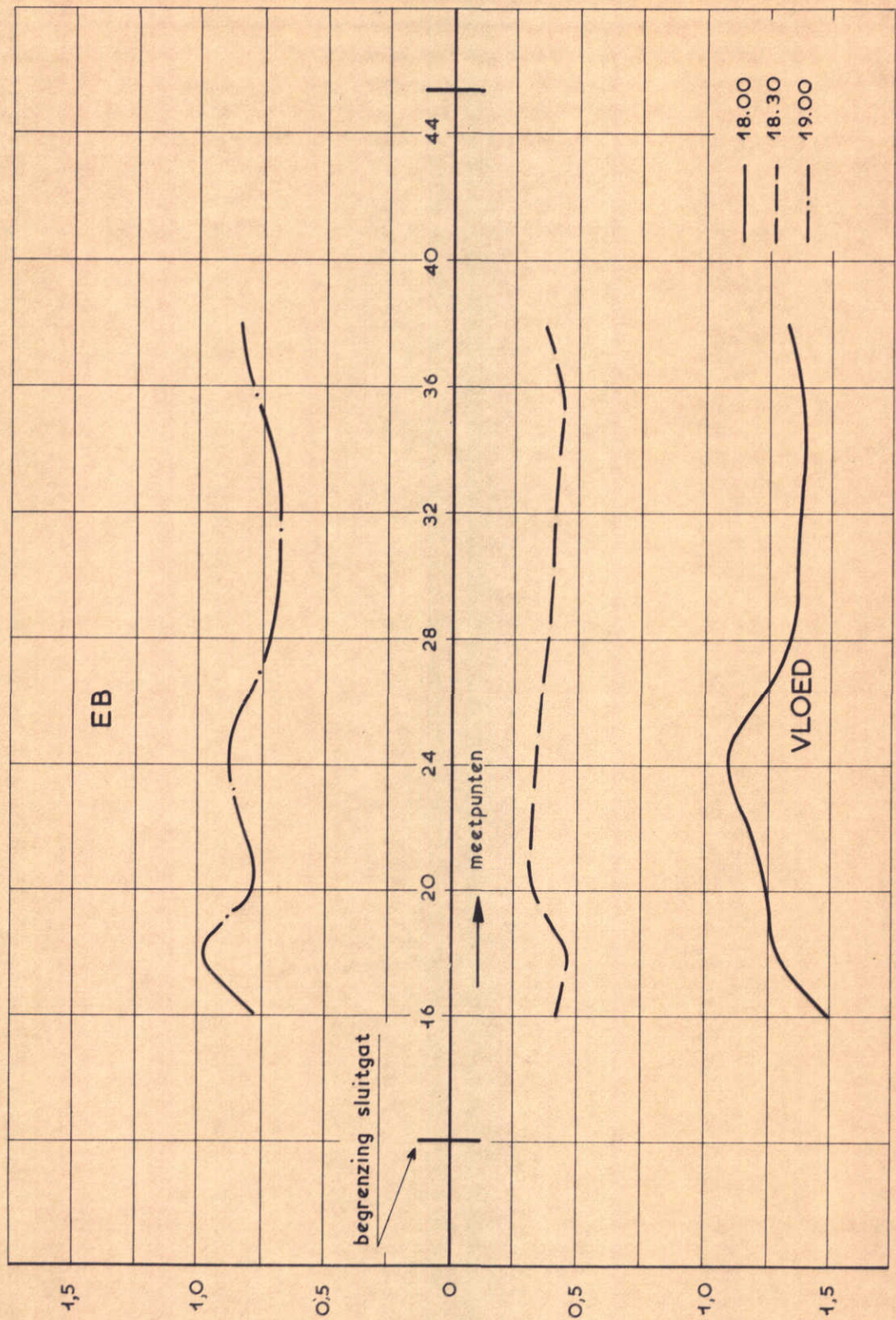
11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 14



\bar{V} in m/s

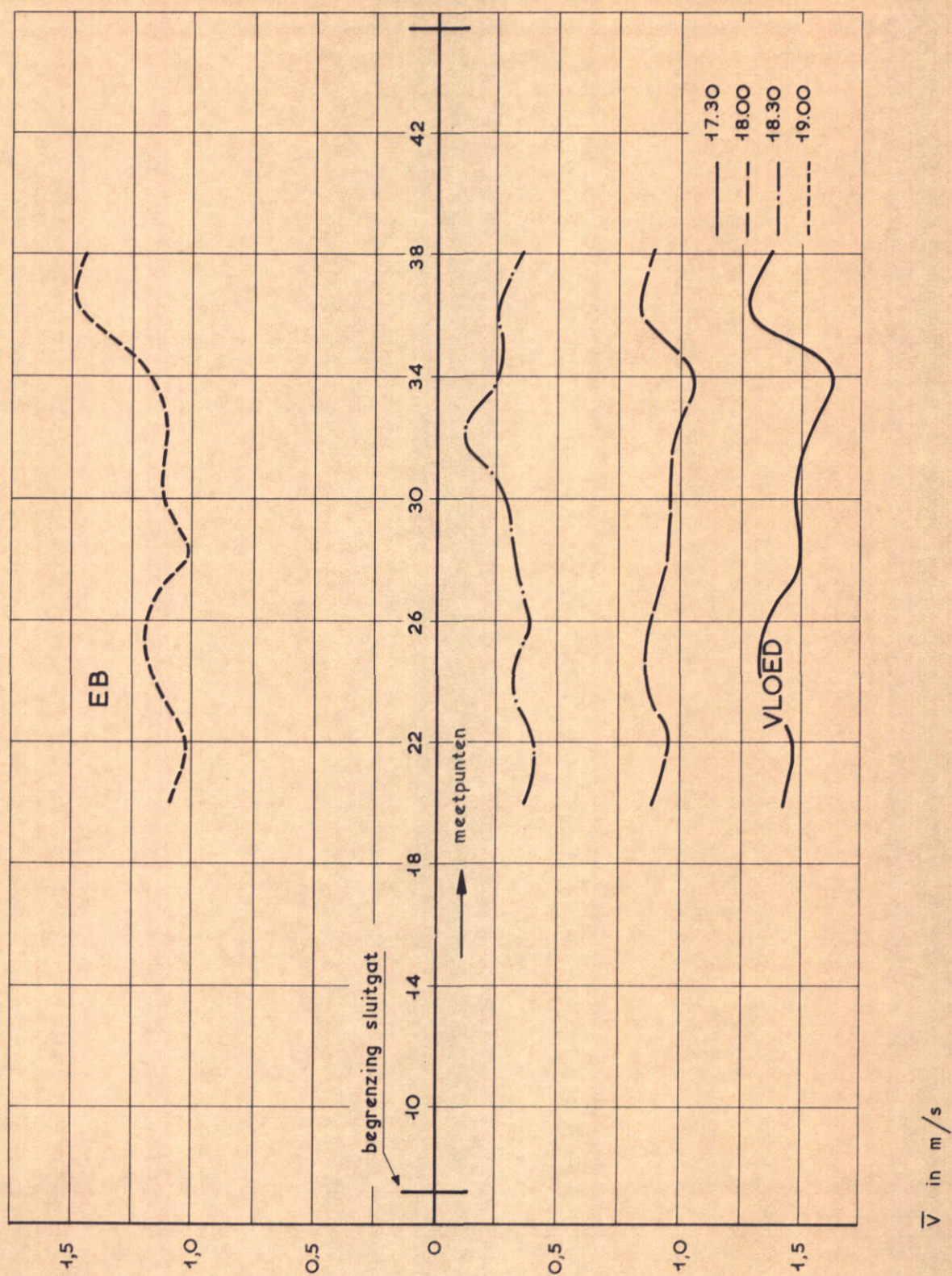
SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 13 | 11.09.68

RAAI 10*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000 | FIG. 15



SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 38

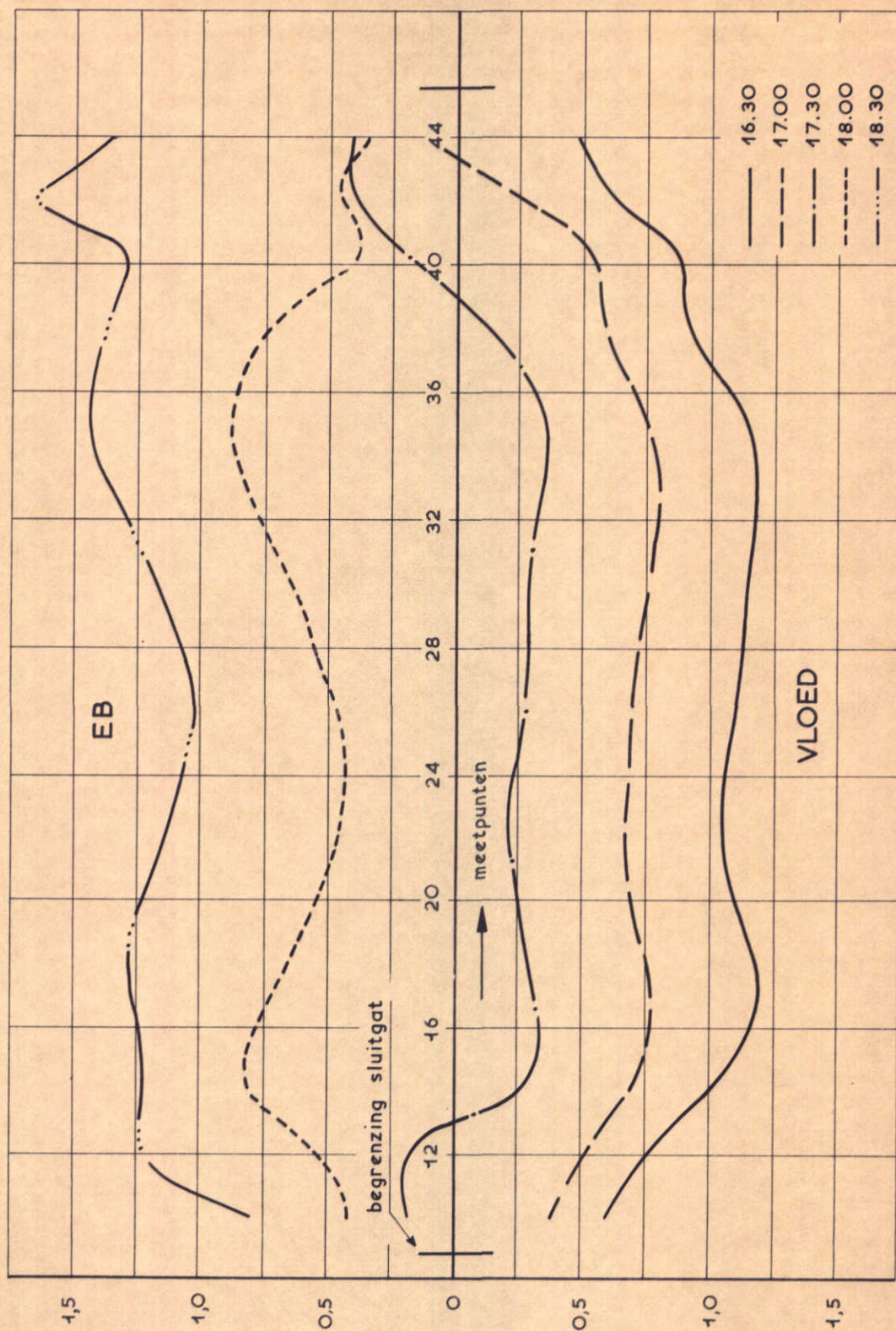
11.09.68

RAAI 10 *

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 16



\bar{V} in m/s

SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 57

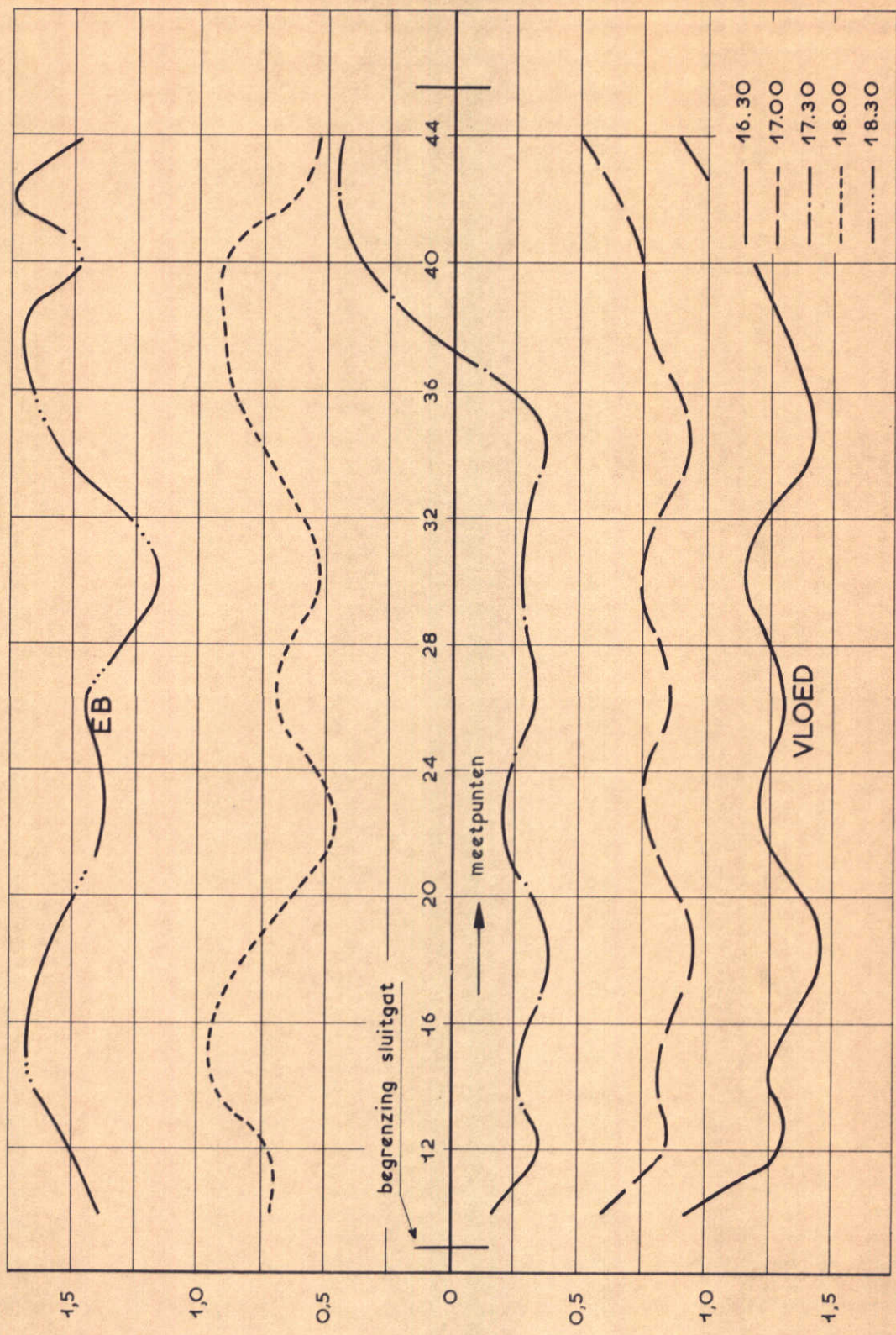
07.10.71

RAAI 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 17



\bar{v} in m/s

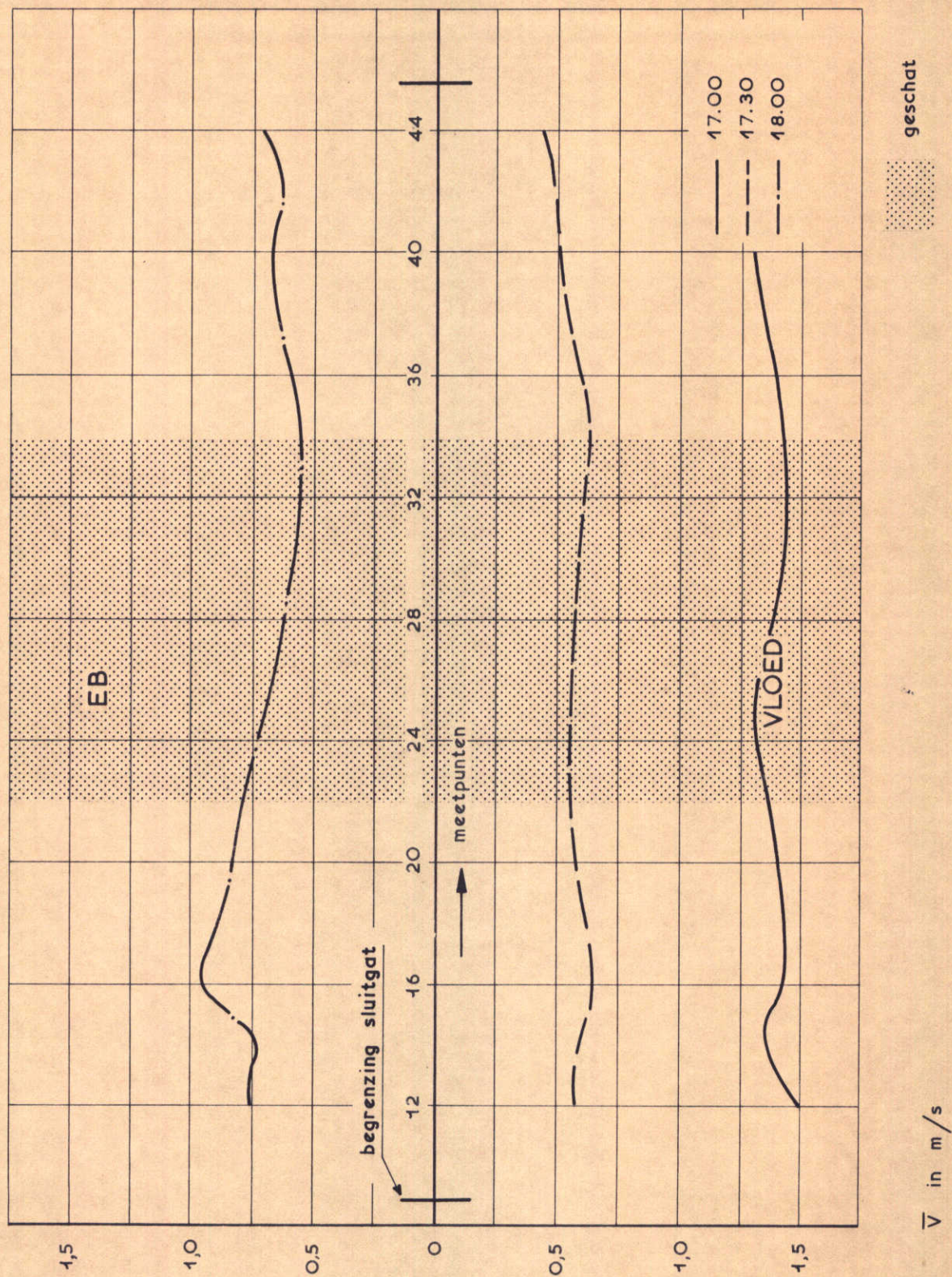
SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 58 07.10.71

RAAI 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000 FIG. 18



SNELHEIDSVERDELING OVER HET SLUITGAT
 ROND DE H.W. KENTERING

T 59

07.10.71

RAAI 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 19

3. Varend bedrijf

(Brief van 21 juni 1973; kenmerk V3371/M1000/vWij/C)

Inhoud

blz.

3.1	<u>Opzet van het onderzoek</u>	1
3.2	<u>Resultaten van het onderzoek</u>	2
3.3	<u>Berekening van de stuwkracht</u>	2
3.4	<u>Konklusies</u>	4

Figuren

- 1 Overzicht sluitgat Roompot
- 2 Dwarsprofielen sluitgaten
- 3 Overzicht meetraaien en meetpunten
- 4 Snelheidsverdelingen
- 5,6 Gradiënt ingang haven damaanzet Noord-Beveland
- 7 ...9 Waterstanden en vervallen; T75B...D
- 10 Verdeling D/h over het sluitgat
- 11...13 Waterspiegelverloop en stroomsnelheid in stroomrichting
- 14 Maximum stroomsnelheid als functie van verval
- 15 Berekeningsmethode benodigde stuwkracht als gevolg van waterspiegelverloop
- 16 Benodigde en geleverde stuwkracht als functie van verval

3.1 Opzet van het onderzoek

De blokkendam in de Roompot zou tussen de pylonen 2 en 4 gedeeltelijk (tot N.A.P. - 8 m) worden opgebouwd met behulp van een varend bedrijf.

Om na te gaan gedurende welke fase van het getij kan worden gewerkt zijn in het getijmodel van de Oosterschelde een aantal fasen van het varend bedrijf onderzocht, te weten (zie figuur 2):

T75A = wintersluitgatifase

T75B = 40% vernauwd

T75C = 60% vernauwd

T75D = eindfase (tussen pyloon 2 en 4 op N.A.P. - 8 m).

Voor iedere fase zijn de snelheidsverdelingen voor de haveningang van de dam-aanzet Noord-Beveland (raai R01, zie figuur 3) en de vervallen over het sluitgat (Z1-Z2, zie figuur 1) gemeten.

Het instelgetij is het gemiddeld getij van 11 september 1968. Ter plaatse van Burghsluis bedraagt voor dit getij de getijdaling 2,76 m en de getijrijzing 2,86 m.

Omdat voor het vaststellen van de benodigde stuwkracht van de schepen het waterspiegelverloop boven de blokkendam en direkt benedenstrooms ervan van groot belang is en dit in het getijmodel (vanwege de schaal) niet nauwkeurig genoeg kan worden gemeten, zijn tevens in een goot (1 x b x h = 30 x 0,8 x 1,0 m) voor een schaalfactor $n_1 = 36$ voor een aantal toestanden het waterspiegelverloop en de stroomsnelheden gemeten (bodem in goot gesteld op N.A.P. - 28 m prototype). Daar voor de verschillende sluitingsfasen van het varend bedrijf tussen de pylonen 2 en 4 de verhouding damhoogte/waterdiepte (D/h) niet gelijk is (zie figuur 10), zijn in de goot D/h en het verval gevarieerd. De volgende toestanden zijn onderzocht.

D/h	$\Delta h(m)$		
	0,3	0,6	0,9
0,55	T1.1	T1.2	
0,70	T2.1	T2.2	T2.3
0,80	T3.1	T3.2	T3.3

Gelet op D/h blijkt uit figuur 10, dat T1 zowel geldt voor een vernauwing van 40% als voor een vernauwing van 60%, T2 geldt voor een vernauwing van 60% en voor de eindfase en T3 geldt voor de eindfase.

3.2 Resultaten van het onderzoek

Figuur 1 geeft een overzicht van het sluitgat van de Roompot met daarin aangegeven de plaats van de pylonen en de meetpunten voor het meten van het verval over het sluitgat.

In figuur 2 worden de dwarsprofielen van de sluitgaten gegeven.

Figuur 3 geeft een overzicht van de meetraaien en meetpunten voor de haveningang van de damaanzet Noord-Beveland.

Figuur 4 geeft de snelheidsverdeling over R01 voor de verschillende sluitingsfasen tijdens maximum eb en maximum vloed.

De figuren 5 en 6 geven het verloop over de tijd van de gradiënt voor de ingang van de haven van de damaanzet Noord-Beveland. Figuur 5 is afgeleid uit de stroomsnelheden in meetpunt 11 en 11,5 (afstand 25 m) en figuur 6 uit de stroomsnelheden in meetpunt 11,5 en 12 (afstand 25 m).

De figuren 7 tot en met 9 geven de waterstanden in en de vervallen tussen de meetpunten Z1 en Z2.

In figuur 10 wordt de verdeling van D/h over het sluitgat gegeven voor de verschillende sluitingsfasen.

De figuren 11 tot en met 13 geven het in de goot gemeten waterspiegelverloop en de stroomsnelheid in de stroomrichting voor een aantal damhoogten bij verschillende vervallen.

Figuur 14 geeft de maximum stroomsnelheid als functie van het verval, zoals deze volgt uit de figuren 11 tot en met 13.

3.3 Berekening van de stuwkracht

In figuur 15 wordt een berekeningsmethode gegeven voor het berekenen van de benodigde stuwkracht voor de schepen als gevolg van een bekend waterspiegelverloop. Bij de aldus berekende stuwkracht K_s' is nog geen rekening gehouden met de stuwkracht, die nodig is om de stroomweerstand en huidwrijving te overwinnen. Er is uitgegaan van een geladen schip (totale waterverplaatsing 3840 m^3 bij een diepgang van 4 m).

Het in de figuren 11 tot en met 13 gepresenteerde waterspiegelverloop is alleen voor de toestanden T2.1 en T2.2 in zijn geheel gemeten.

De berekening van de stuwkracht is uitgevoerd voor verschillende posities van het schip ten opzichte van de as van de blokkendam. Met stapjes van 10 m is het schip verschoven van een positie geheel bovenstrooms van de as tot een positie geheel benedenstrooms. Uit de berekening blijkt, dat de maximale benodigde stuwdruk steeds optreedt, als de boeg van het schip 40 à 50 m stroomopwaarts van de as van de drempel ligt.

Bij de op deze wijze berekende stuwkracht moet nog de stuwkracht worden opgeteld, die nodig is om de stroomweerstand en huidwrijving te overwinnen. Deze stuwkracht is berekend volgens $K_S'' = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$. Daar de stroomsnelheid langs de as van het schip sterk variëert, is het niet duidelijk welke stroomsnelheid v maatgevend is. Veiligheidshalve is de maximaal optredende stroomsnelheid aangehouden. Uit de beschikbare gegevens van het schip blijkt, dat de C_D -waarde gelijk is aan 0,08 (aangenomen is, dat de invloed van de huidwrijving hierin is opgenomen).

De totaal benodigde stuwkracht $K_S = K_S' + K_S''$ is als functie van het verval voor de verschillende toestanden in figuur 16 gegeven. In deze figuur wordt tevens het verloop gegeven van de geleverde stuwkracht als functie van het verval (effektieve stuwkracht), waarbij gebruik is gemaakt van de beschikbare gegevens van het schip (geladen en 2 schroeven) en in figuur 14 gegeven verband tussen de gemiddelde stroomsnelheid en het verval. Naast de effektieve stuwkracht voor de beschikbare schepen (2 x 450 pk) is tevens de effektieve stuwkracht gegeven van een schip met een vermogen van 2 x 1900 pk (verhouding waterverplaatsing: vermogen = 1 : 1, zoals bij Rijnschepen). Deze effektieve stuwkracht is verkregen uit die van de beschikbare schepen door vermenigvuldiging met de faktor 3800/900.

De hiervoor beschreven berekeningsmethode geeft een goede benadering van het probleem, waarbij krachten, die een relatief onbelangrijke rol spelen, zijn weggelaten. Een zuivere oplossing van het probleem kan slechts worden verkregen met modelonderzoek, waarbij ook een modelschip is betrokken en de benodigde stuwkracht direkt wordt gemeten.

3.4 Konklusies

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt het volgende:

- Als gevolg van de grote gradiënten, die voor de ingang van de haven van de damaanzet Noord-Beveland optreden zal in- en uitvaren van de schepen gedurende het gehele getij niet altijd mogelijk zijn. De gradiënt is echter gevoelig voor de opbouw van de blokkendam (vergelijk in figuur 4 T75C met T75A, B en D).

- Uitgaande van de beschikbare schepen is het maximum verval, waarbij nog boven de blokkendam gevaren kan worden:

voor T75B: $\Delta h = 0.04$ m

voor T75C: $\Delta h = 0.04 \text{ à } 0.05$ m

voor T75D: $\Delta h = 0.05 \text{ à } 0.06$ m

Dit houdt in, dat bij een vernauwing van 40% alleen gedurende een paar uur rond kentering, bij een vernauwing van 60% gedurende ruim een uur rond kentering en in de eindfase gedurende nauwelijks een uur rond kentering kan worden gevaren.

- Uitgaande van een schip, waarbij de verhouding waterverplaatsing:

vermogen = 1 : 1 (2 x 1900 pk) is het maximum verval, waarbij nog boven de dam kan worden gevaren:

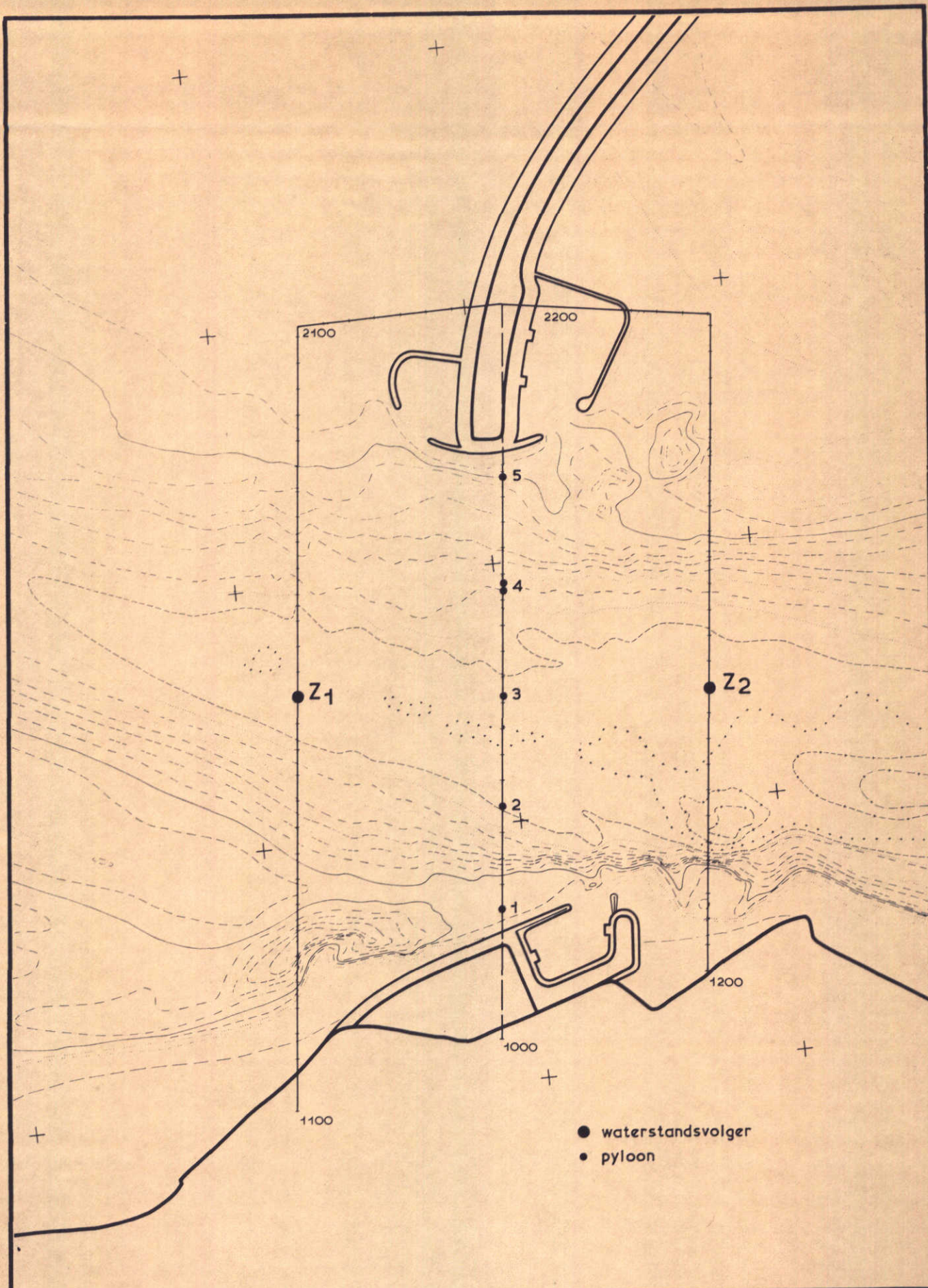
voor T75B: $\Delta h = 0.18$ m

voor T75C: $\Delta h = 0.18 \text{ à } 0.22$ m

voor T75D: $\Delta h = 0.22 \text{ à } 0.23$ m

Dit houdt in, dat bij een vernauwing van 40% gedurende het gehele getij, bij een vernauwing van 60% gedurende meer dan de helft van het getij en in de eindfase gedurende een paar uur rond kentering kan worden gevaren.

Aan de hand van de resultaten van het onderzoek kan worden gekonkludeerd, dat het in- en uitvaren van de haven van de damaanzet Noord-Beveland de nodige aandacht verdient en dat met de beschikbare schepen slechts een zeer beperkte tijd van het getij kan worden gewerkt. Als echter de verhouding waterverplaatsing: vermogen = 1 : 1 kan ook bij een grotere vernauwing nog gedurende een aanzienlijke tijd van het getij worden gewerkt.



VAREND BEDRIJF
 OVERZICHT SLUITGAT ROOMPOT

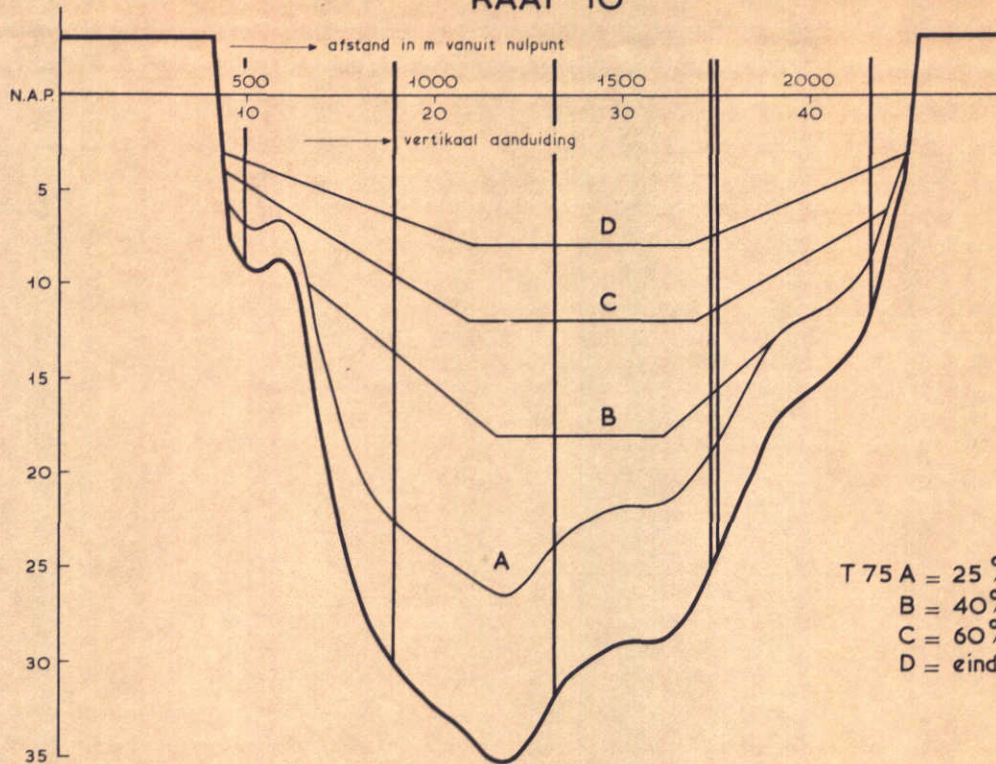
schaal 1 : 20.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

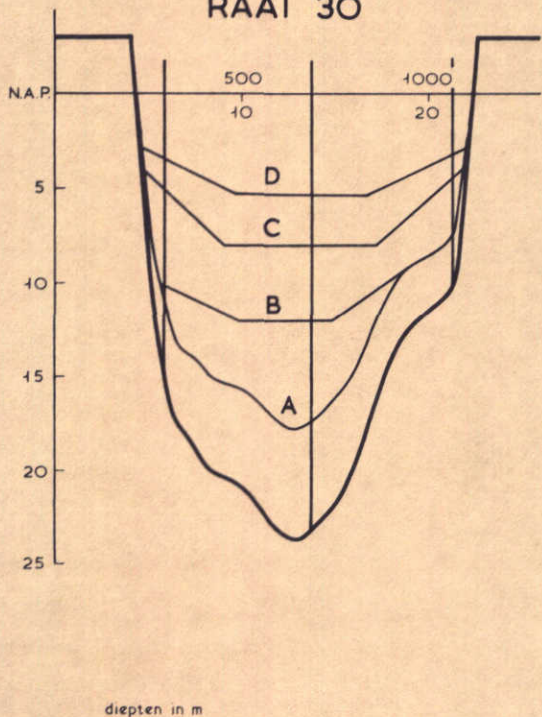
M. 1000

FIG. 1

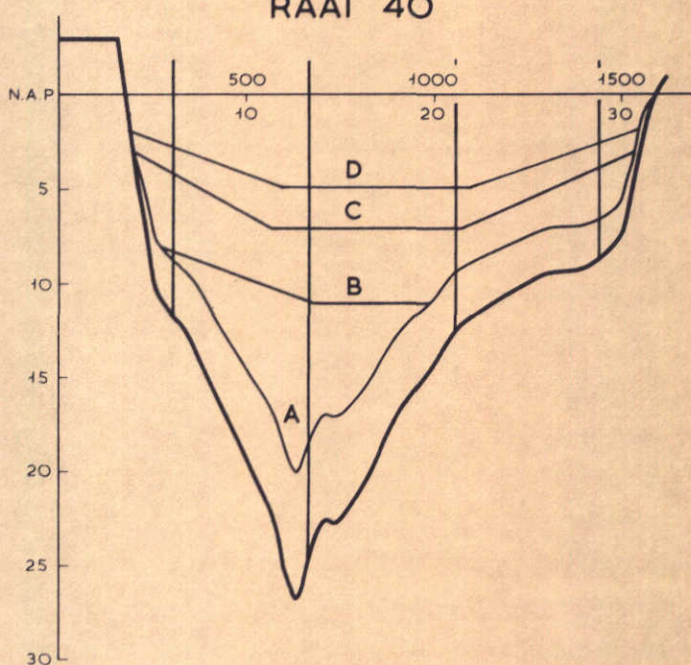
RAAI 10



RAAI 30



RAAI 40



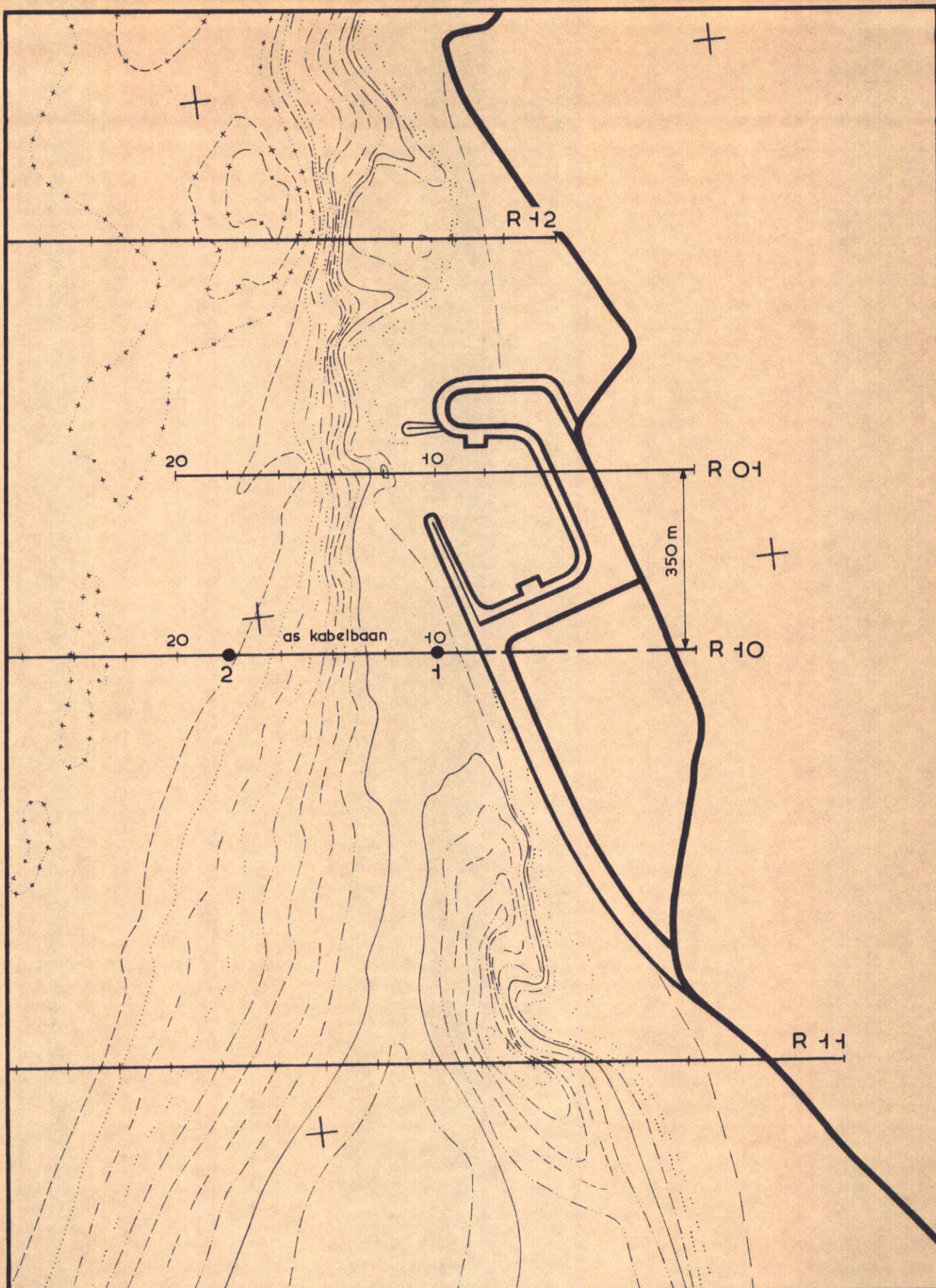
VAREND BEDRIJF
 DWARSPROFIELEN SLUITGATEN

lengte schaal 1 : 20.000
 diepte schaal 1 : 400

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 2



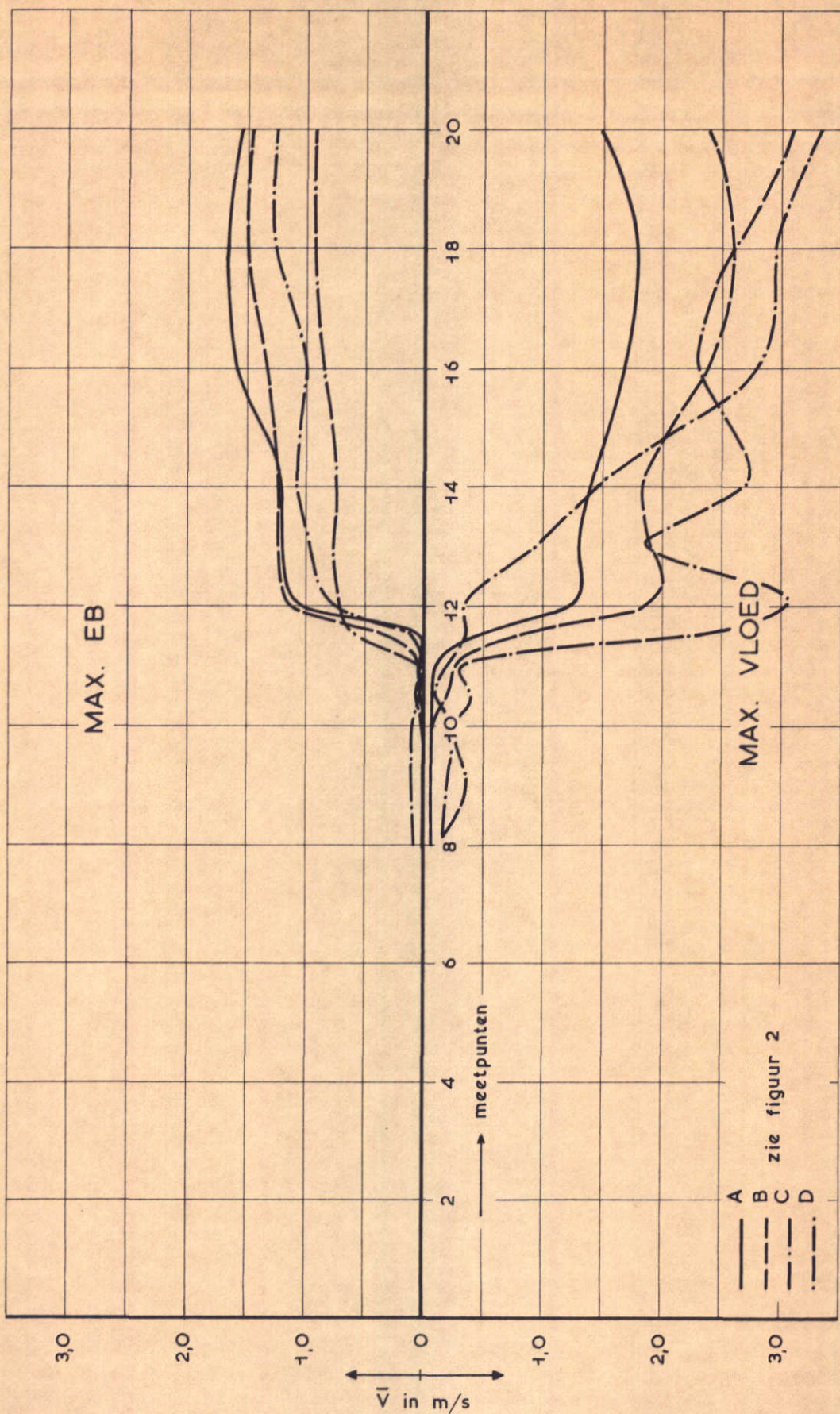
VAREND BEDRIJF
 OVERZICHT MEETRAAIEN EN MEETPUNTEN

schaal 1 : 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 3



VAREND BEDRIJF
SNELHEIDSVERDELINGEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

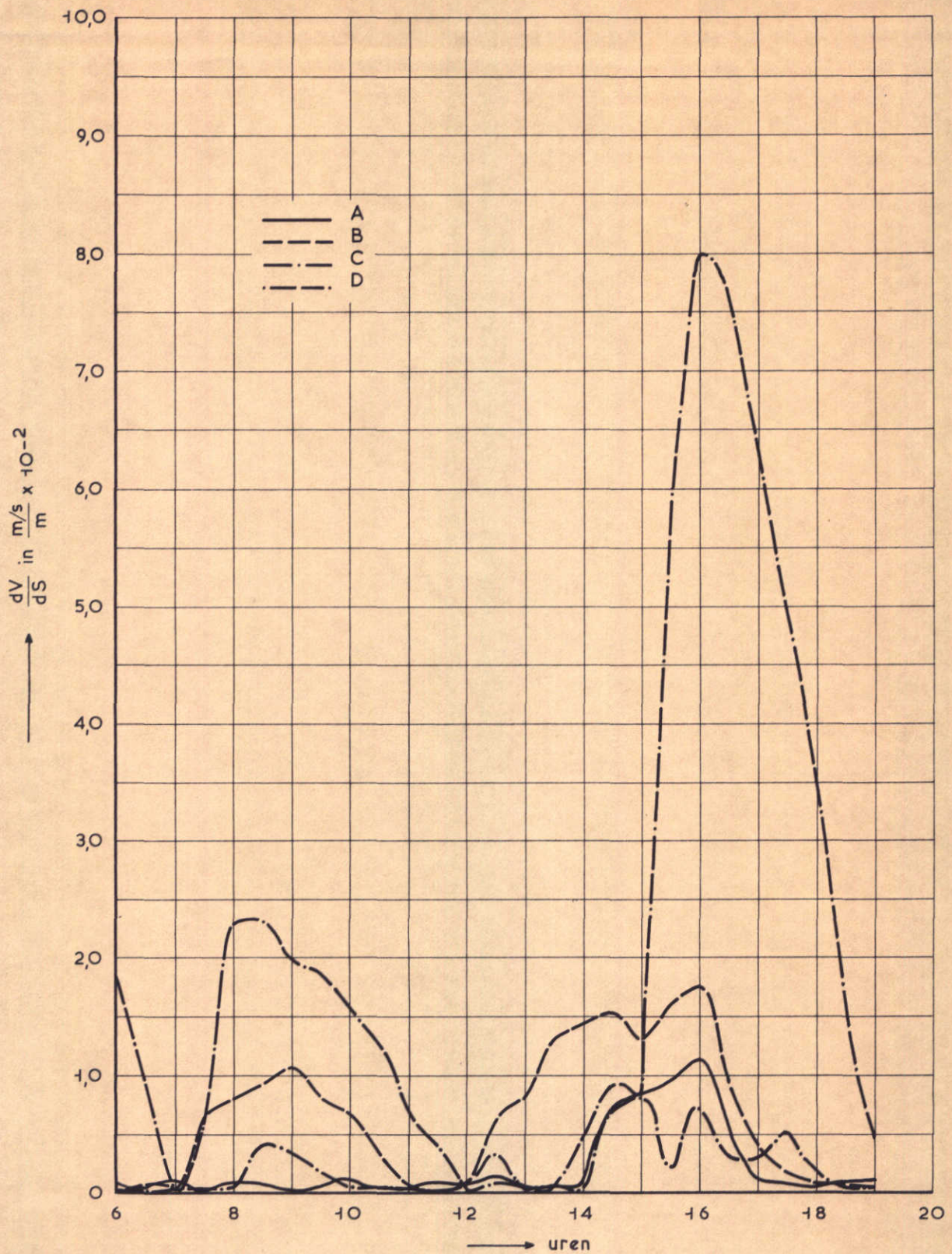
T 75

11.09.68

RAAI 01

M. 1000

FIG. 4

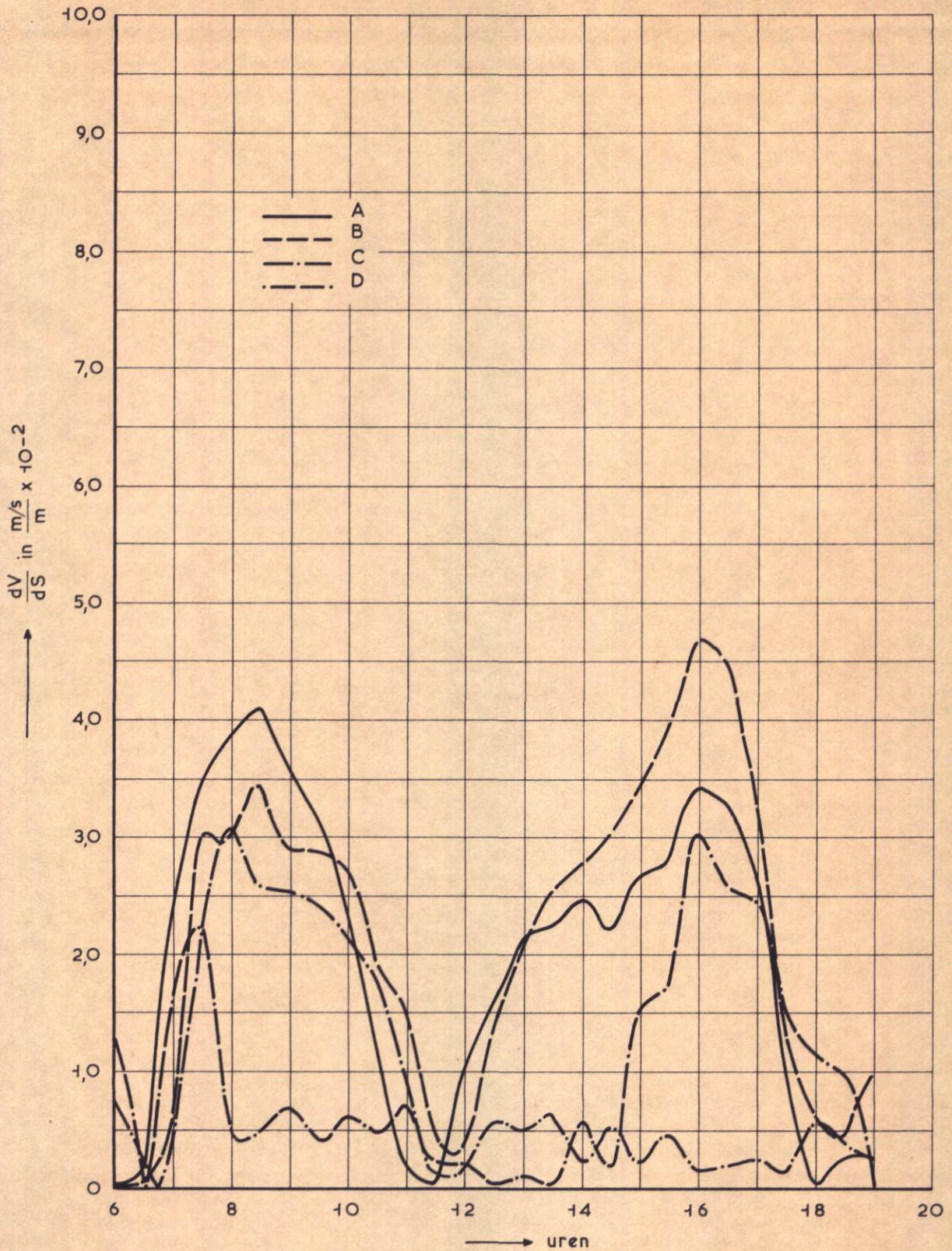


VAREND BEDRIJF
 GRADIËNT INGANG HAVEN DAMAANZET N-BEVELAND

T 75	11.09.68
MEETPUNT	11 → 11,5

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000	FIG. 5
---------	--------

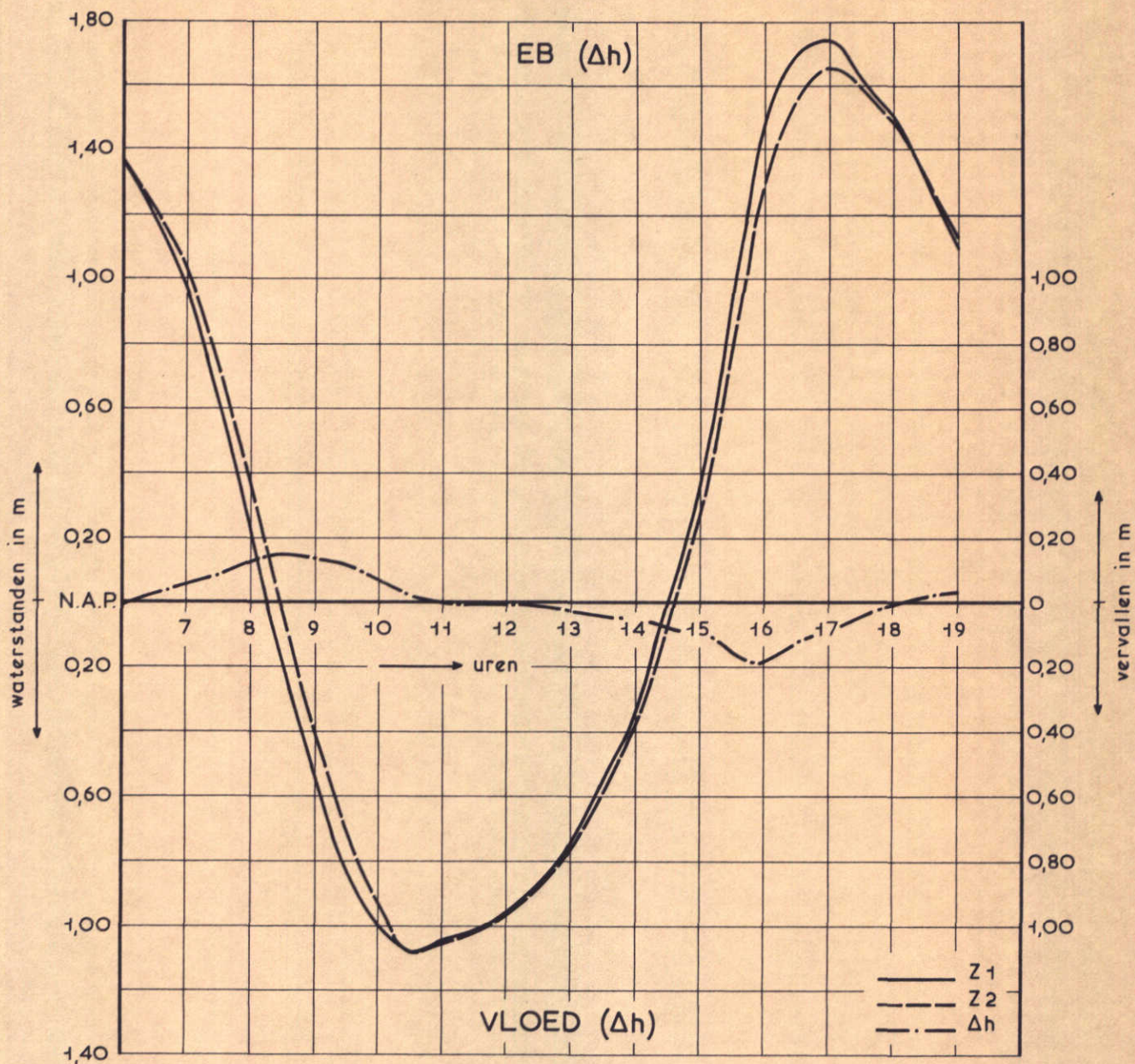


VAREND BEDRIJF
GRADIËNT INGANG HAVEN DAMAANZET N-BEVELAND

T 75	11.09.68
MEETPUNT 11,5 → 12	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000	FIG. 6
---------	--------



VAREND BEDRIJF
WATERSTANDEN EN VERVALLEN

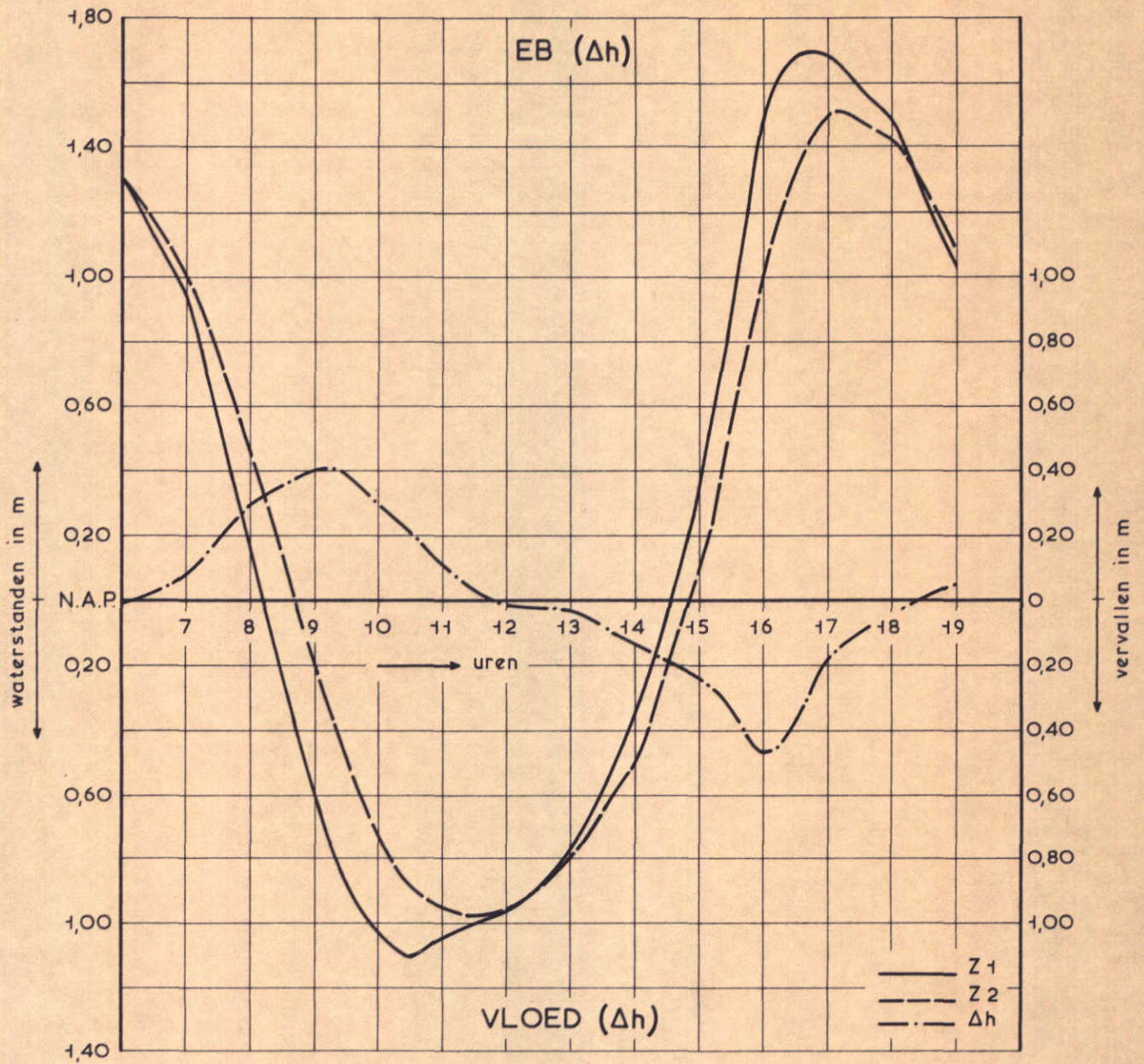
T 75B

11.09.68

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 7



VAREND BEDRIJF
WATERSTANDEN EN VERVALLEN

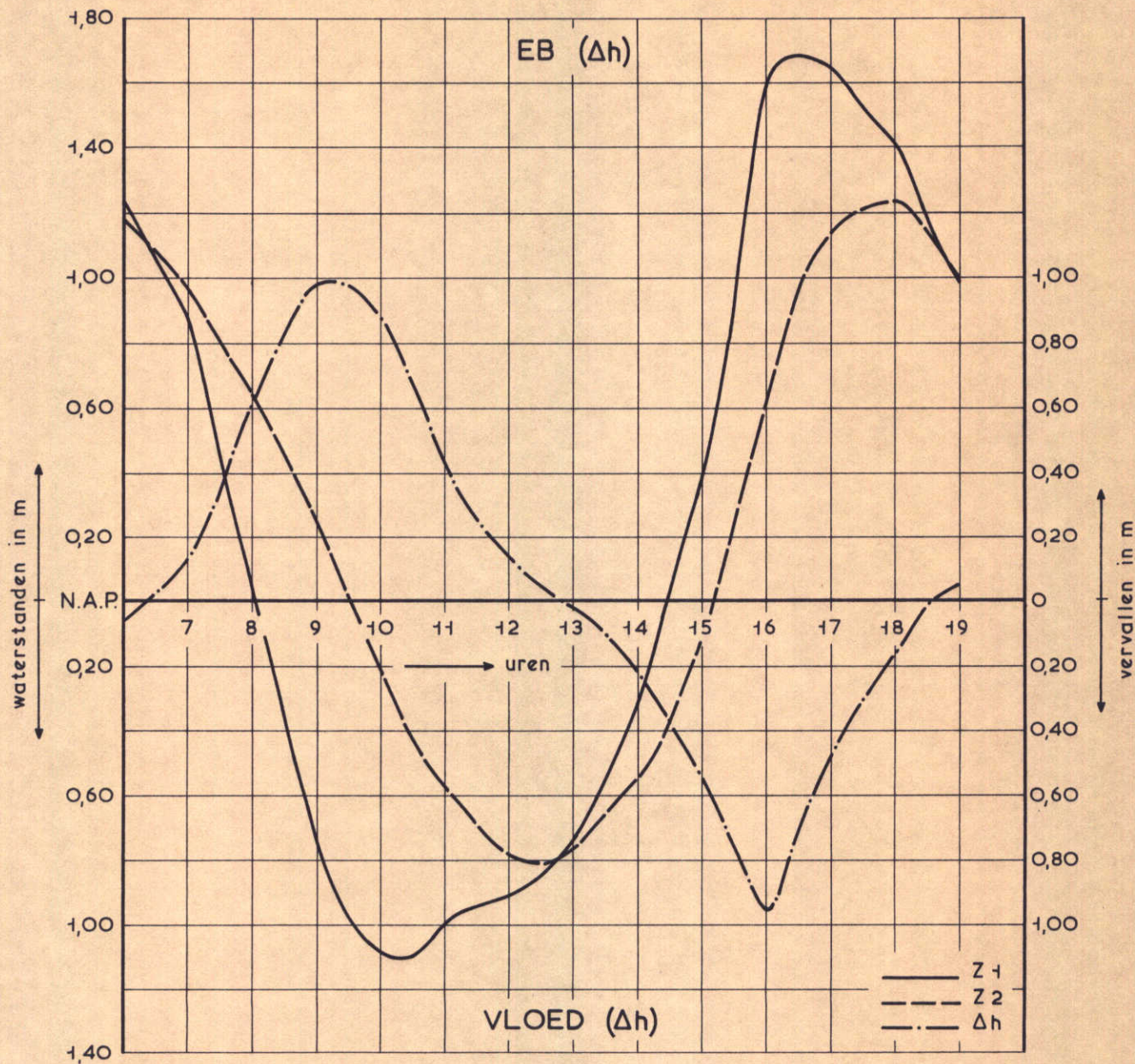
T 75C

11.09.68

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 8



VAREND BEDRIJF
WATERSTANDEN EN VERVALLEN

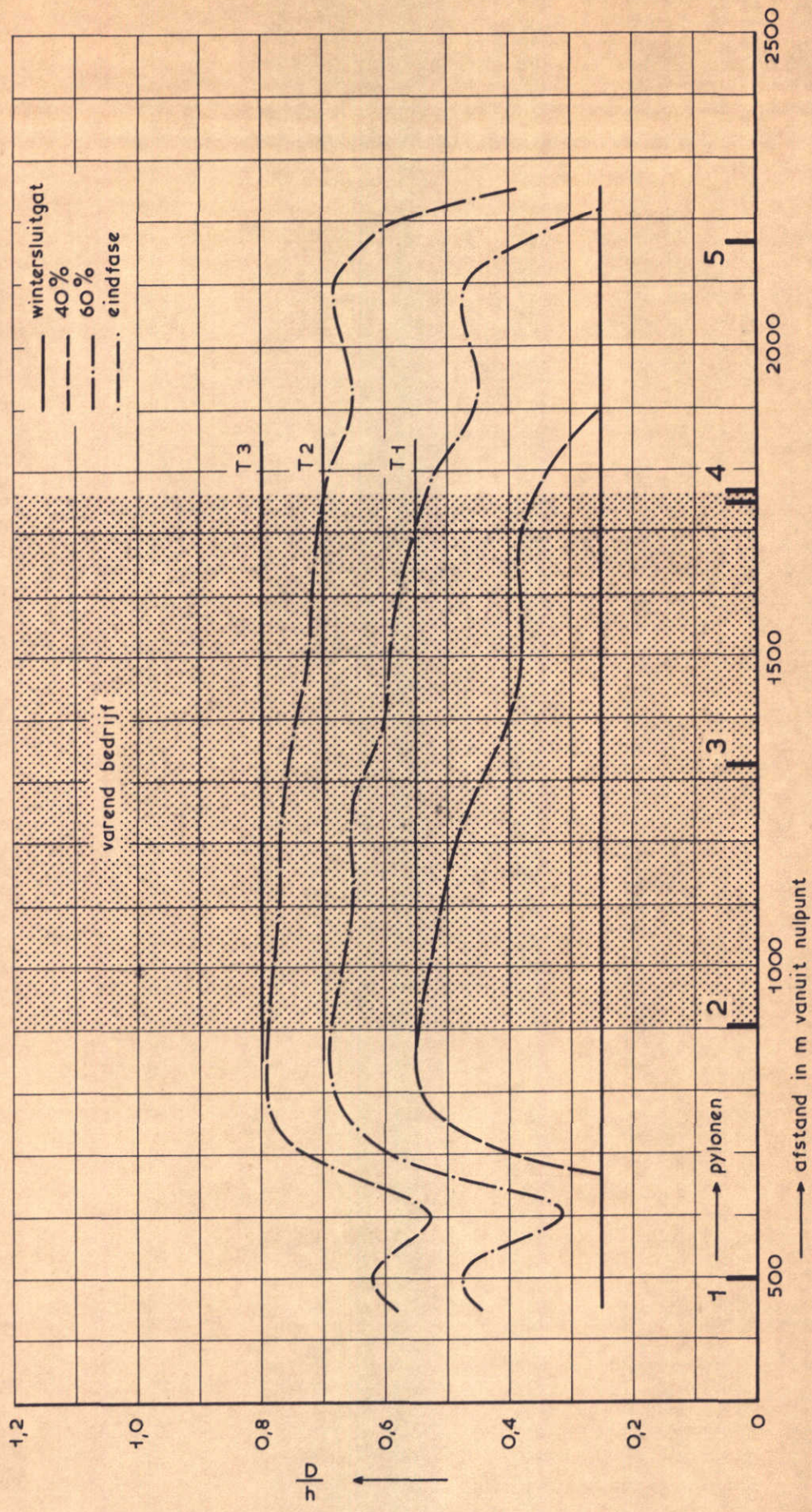
T 75D

11.09.68

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 9

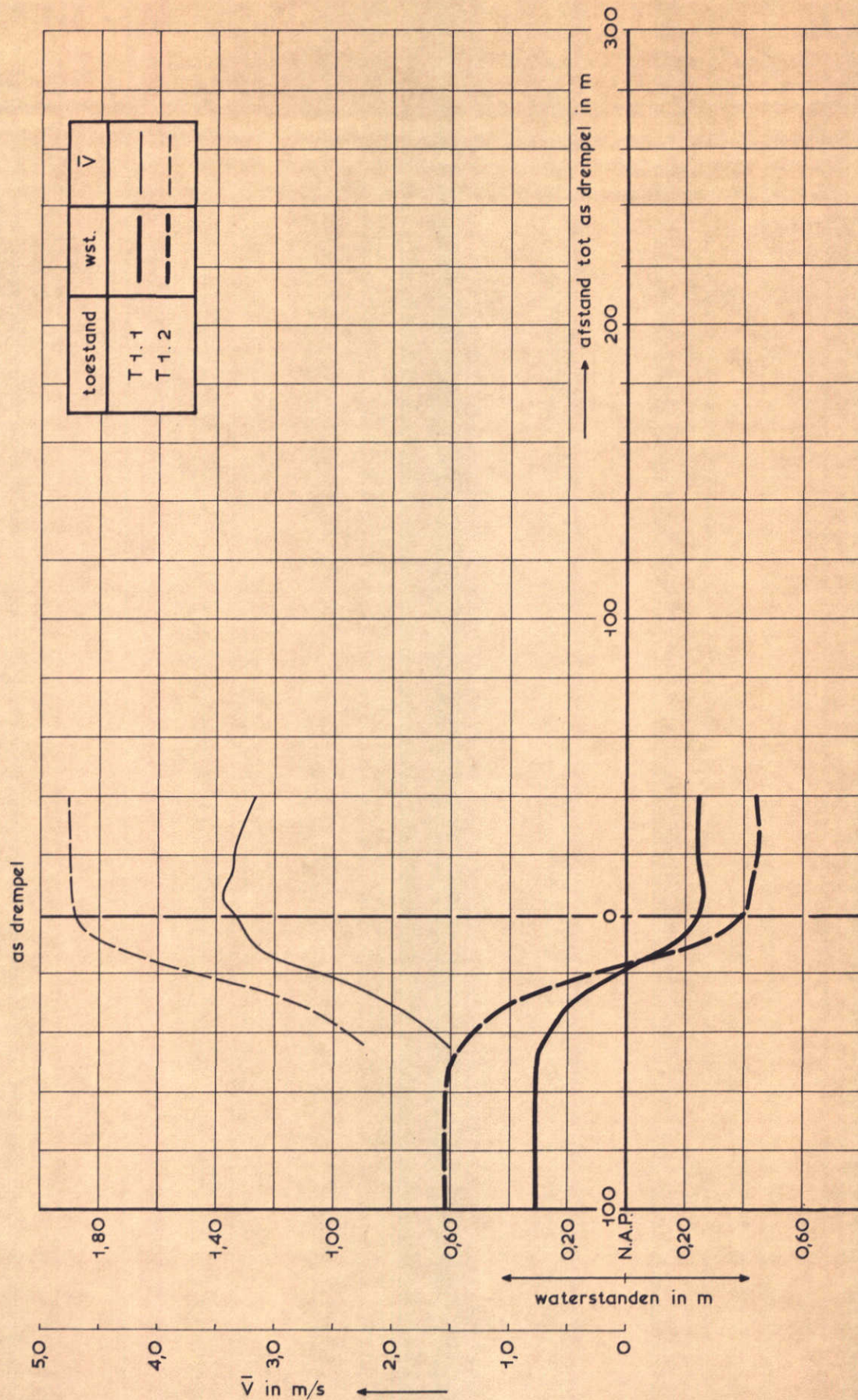


VAREND BEDRIJF
 VERDELING D/h OVER HET SLUITGAT

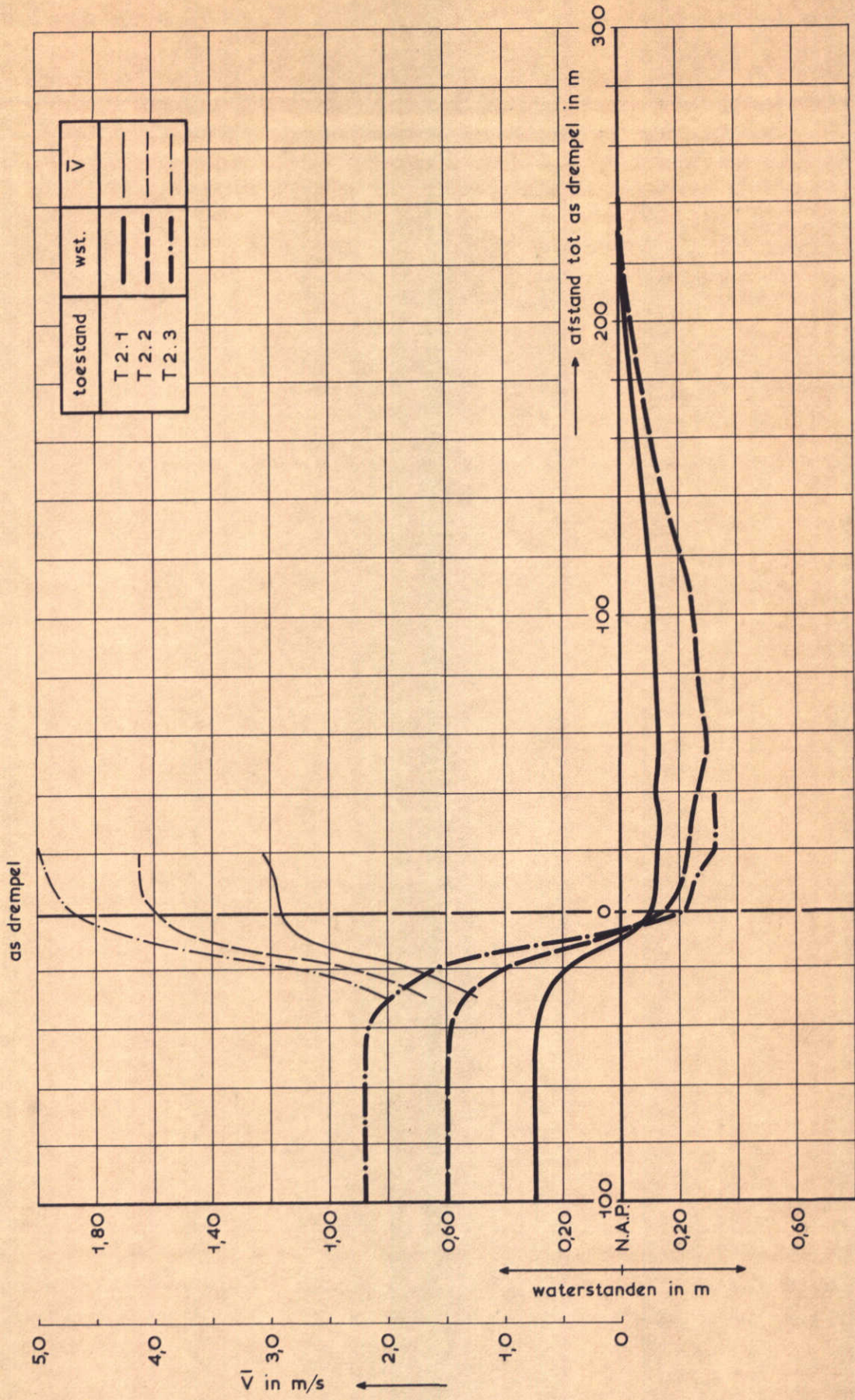
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 10



VAREND BEDRIJF
 WATERSPIEGELVERLOOP EN STROOMSNELHEID
 IN STROOMRICHTING

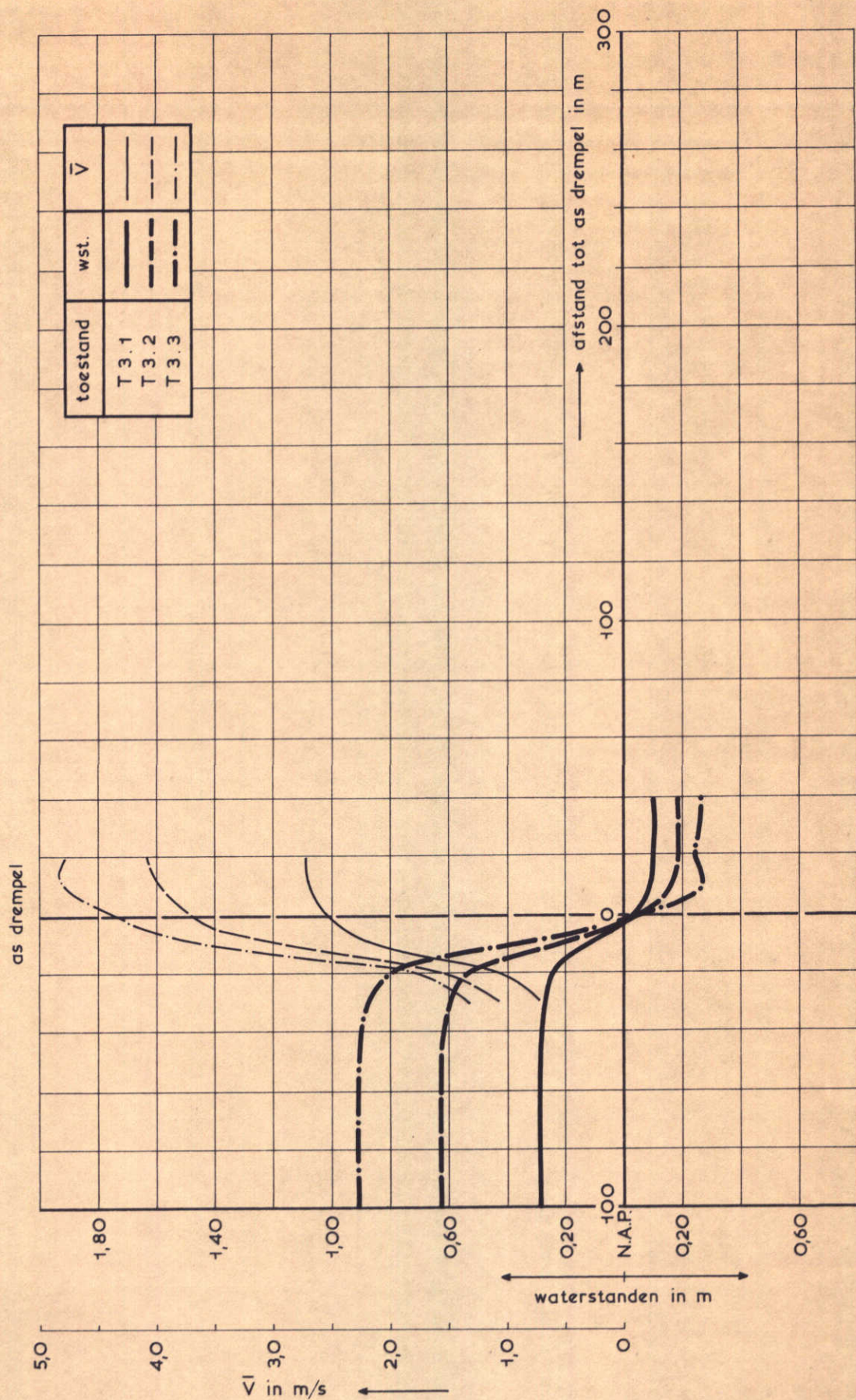


VAREND BEDRIJF
 WATERSPIEGELVERLOOP EN STROOMSNELHEID
 IN STROOMRICHTING

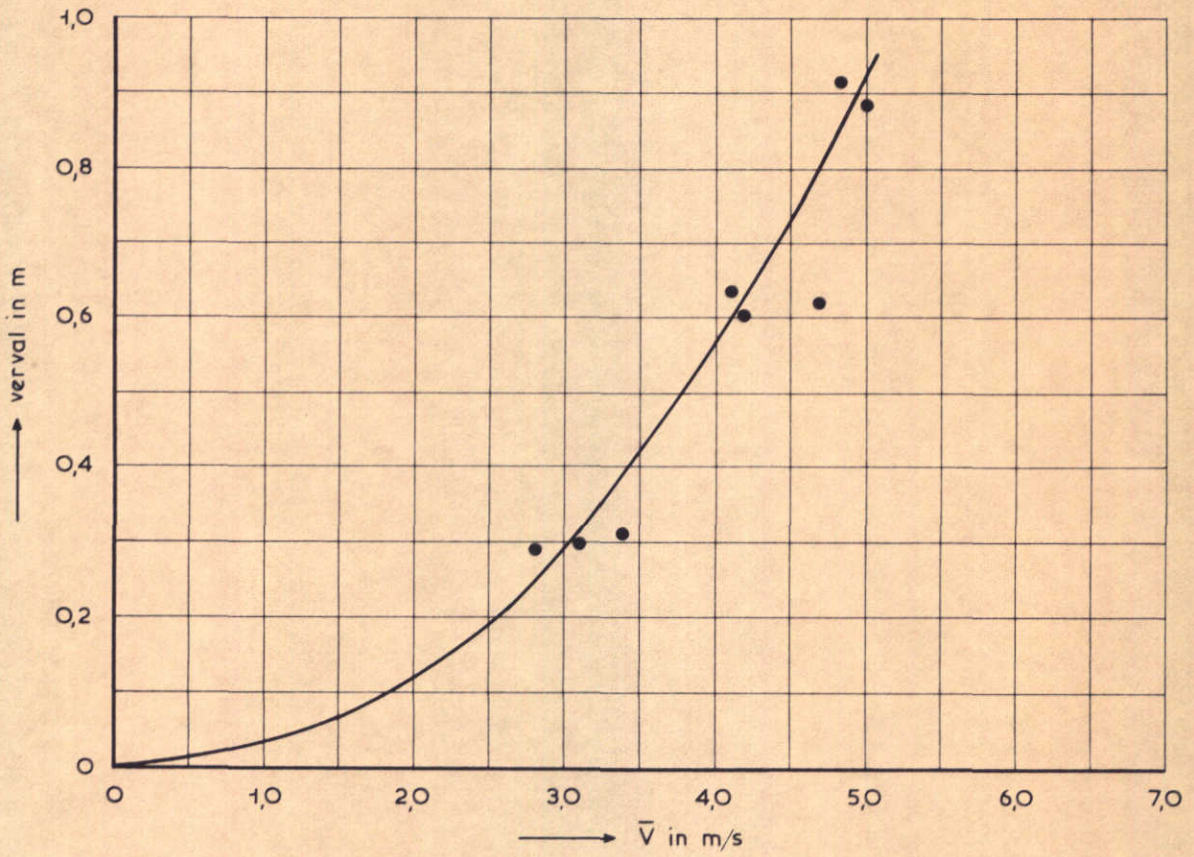
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 12



VAREND BEDRIJF
 WATERSPIEGELVERLOOP EN STROOMSNELHEID
 IN STROOMRICHTING

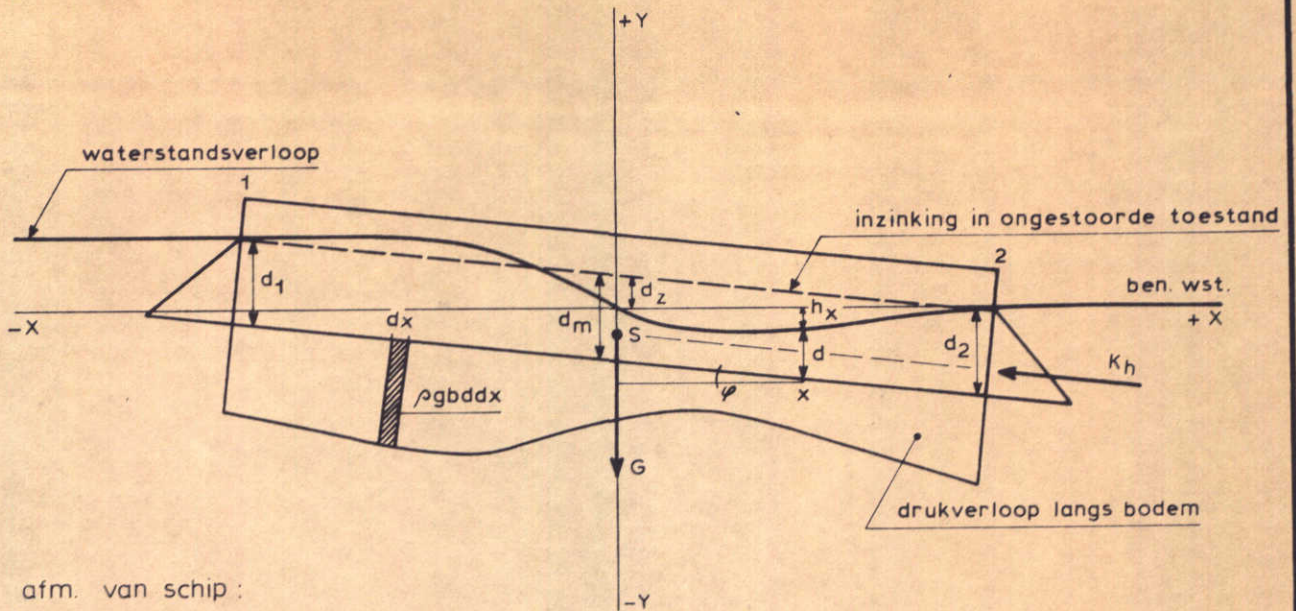


VAREND BEDRIJF
 MAXIMUM STROOMSNELHEID ALS FUNCTIE VAN VERVAL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 14



afm. van schip :
 $V = l \times b \times d_m$
 $V = 80 \times 12 \times 4$

d_m = diepgang in ongestoorde toestand
 d_z = verhoging "waterlijn" t.o.v. x-as (t.p.v. midden schip)
 φ = hellingshoek van schip
 h_x = waterstand t.o.v. x-as

$$d = d_m - d_z + x \cdot \varphi + h_x$$

$$\textcircled{1} \quad \sum X = 0 \quad \frac{1}{2} \rho g b (d_1^2 - d_2^2) + \rho g b \varphi \int_1^2 d \cdot dx - K_h = 0$$

$$\textcircled{2} \quad \sum Y = 0 \quad \rho g b \int_1^2 d \cdot dx - G = 0$$

$$G = \rho g V$$

$$\textcircled{3} \quad \sum M = 0 \quad - \rho g b \int_1^2 x \cdot d \cdot dx = 0$$

(t.o.v. S)

opm.: 1 φ is klein, dus $\sin \varphi = \varphi$ en $\cos \varphi = 1$

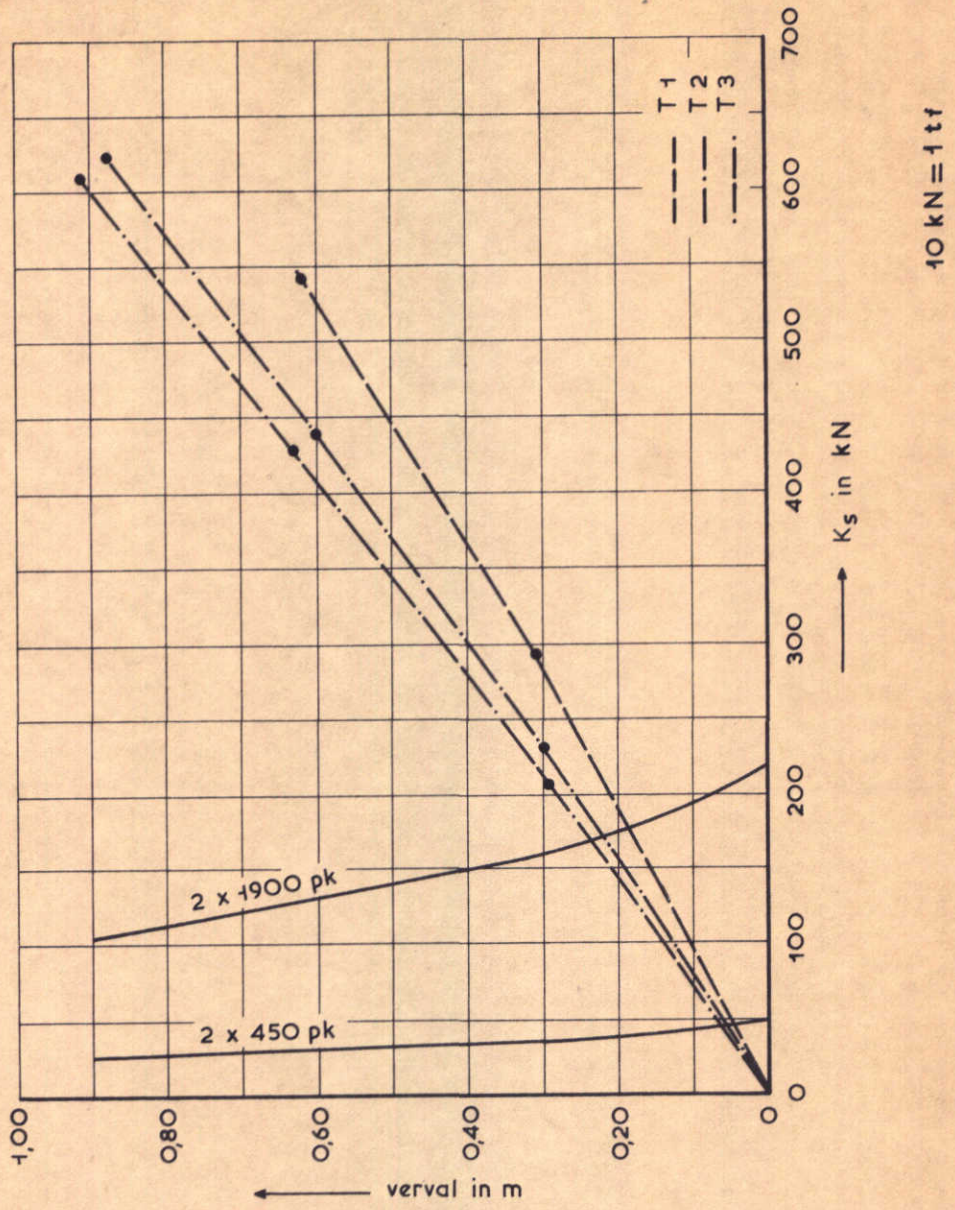
2 Andere krachten of ontbondenen van krachten, welke klein zijn t.o.v. de vermelde krachten, zijn niet in vgl. 1,2 of 3 opgenomen

VAREND BEDRIJF
 BEREKENINGSMETHODE BENODIGDE STUWKRACHT
 ALS GEVOLG VAN WATERSPIEGELVERLOOP

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1000

FIG. 15



VAREND BEDRIJF
 BENODIGDE EN GELEVERDE STUWKRACHT ALS
 FUNCTIE VAN VERVAL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 16

4. Gradiënten Noord-Bevelandse oever

(Brief van 17 mei 1974; kenmerk V3105/M1000/GH/WV)

Inhoud

	blz.
4.1 <u>Opzet van het onderzoek</u>	1
4.2 <u>Resultaten van het onderzoek</u>	1
4.3 <u>Interpretatie van de resultaten</u>	2

Figuren

- 1 Overzicht meetraaien
- 2,3 Dwarsprofielen; raaien 01...06
- 4 ...9 Snelheidsverdelingen; raaien 01...06
- 10...12 Stroomsnelheden; meetpunten 1...3
- 13...15 Relatieve turbulentie; meetpunten 1...3

4.1 Opzet van het onderzoek

Langs de Noord-Bevelandse oever zijn gradiënt- en turbulentie-metingen uitgevoerd om te onderzoeken of tijdens de afsluitingswerkzaamheden de situatie hier ter plaatse nadelig zal worden beïnvloed. Hieronder volgt een omschrijving van de 4 toestanden, waarbij de metingen zijn uitgevoerd en tevens is de toegepaste codering aangegeven.

- T54 = 0% vernauwd; uitgangsprofiel;
- T57 = 25% vernauwd; wintersluitgat;
- T58 = 40% vernauwd; opbouwphase geleidelijke sluiting;
- T59 = 60% vernauwd; opbouwphase geleidelijke sluiting.

De gradiëntmeting is uitgevoerd in 6 raaien, welke ongeveer loodrecht op de oever van Noord-Beveland staan en die op verschillende afstanden van de blokkendam liggen. De turbulentiemetingen zijn verricht in 3 meetpunten op respectievelijk 200, 800 en 3200 m oostelijk van het tracé. In figuur 1 is de ligging van de meetraaien en meetpunten weergegeven.

De bodemligging is van 1967 met aanpassingen in het tracé-gebied volgens de peilingen van december 1971. De bodemligging van een aantal zuigputten in de directe omgeving van de dam is volgens de peilingen van september 1972.

Het instelgetij is het getij van 7 oktober 1971. Bij dit getij is de getijdaling- en rijzing te Burghsluis bij open Oosterschelde respectievelijk 2,96 m en 3,23 m.

4.2 Resultaten van het onderzoek

Figuur 1 geeft een overzicht van de meetraaien en meetpunten.

De figuren 2 en 3 geven de dwarsprofielen van de 6 meetraaien.

In de figuren 4 tot en met 9 worden per raai voor alle toestanden de snelheidsverdelingen gegeven voor de tijdstippen van maximum eb en maximum vloed.

De figuren 10 tot en met 12 geven de stroomsnelheden als functie van de tijd voor de meetpunten 1 tot en met 3. De stroomsnelheid in deze meetpunten is bepaald aan de hand van registraties met behulp van een schrijver en is diensvolgens niet zo nauwkeurig (de stroomsnelheden, welke gegeven zijn voor de raaien R01 tot en met R06, zijn bepaald volgens de normale gegevensverwerking via de datalogger en de computer). Van de stroomsnelheden in meetpunt 2 is geen richting te bepalen, vanwege de ligging van dit meetpunt in de nabijheid van de scheiding tussen hoofdstroom en neer, en daarom zijn deze als ebsnelheden getekend.

In de figuren 13 tot en met 15 wordt voor de meetpunten 1 tot en met 3 de relatieve turbulentie gegeven als functie van de tijd. De relatieve turbulentie is gegeven als de verhouding:

$$\frac{\sigma}{\bar{v}} = \frac{\text{standaardafwijking van de gemiddelde stroomsnelheid}}{\text{gemiddelde stroomsnelheid}}$$

De apparatuur, welke is gebruikt voor het bepalen van de standaardafwijking heeft een bemonsteringstijd van ca. 1 minuut (= 40 minuten in prototype). De standaardafwijking is daarom bepaald in periodes van 20 minuten voor het hele uur tot 20 minuten na het hele uur. In elk meetpunt is in 4 punten van de vertikaal gemeten. De in de figuren 13 tot en met 15 gegeven waarden zijn gemiddelden over de vertikaal. Voor een aantal tijdstippen is $\bar{v} \approx 0$. De verhouding σ/\bar{v} wordt hierbij zeer groot. Voor deze tijdstippen zijn in de figuren 13 tot en met 15 de waarden voor σ/\bar{v} weggelaten en zijn de dichtstbijzijnde reële waarden door een verbindingslijn van geringere lijndikte met elkaar verbonden.

4.3 Interpretatie van de resultaten

Aan de hand van de resultaten van het onderzoek kan met betrekking tot de gradiënten en stroomsnelheden in de verschillende meetraaien het volgende worden opgemerkt:

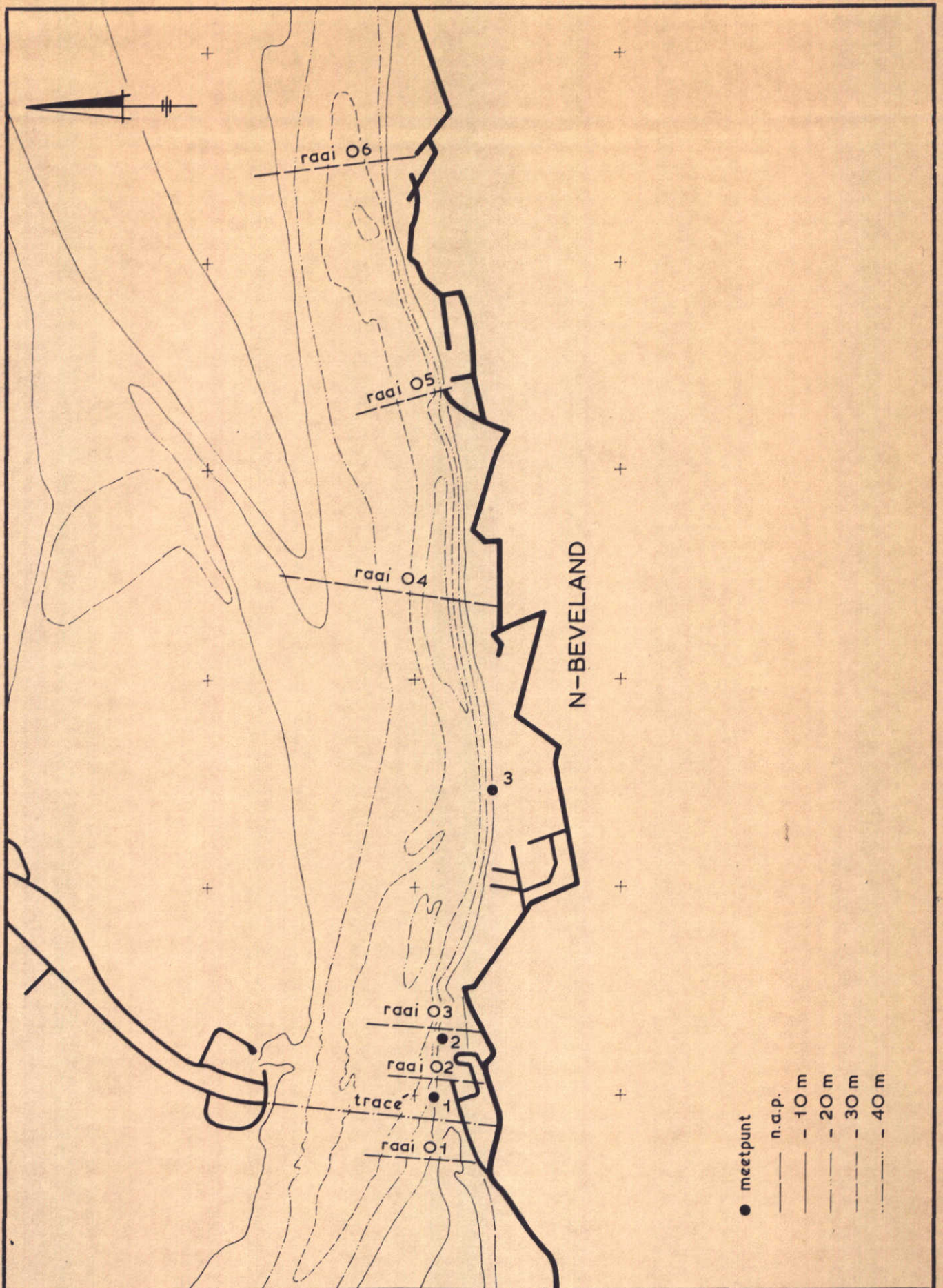
- raaiR01: De snelheidsverdeling bij maximum vloed ondergaat weinig verandering. Naarmate de sluiting vordert is er een geringe afname van de stroomsnelheid. Bij eb wordt de gradiënt bij de oever groter, terwijl de stroomsnelheid in het eerste meetpunt gelijk blijft. Een uitzondering hierop vormt T59, waarbij een verschuiving in de verdeling optreedt en de snelheid bij de oever afneemt.
- raaiR02: De gradiënt bij vloed neemt sterk toe, terwijl dicht bij de oever hoge stroomsnelheden optreden (ca. 3 m/s). De gradiënt bij eb neemt ook toe, echter minder sterk dan bij vloed. De stroomsnelheden bij de oever nemen bij eb enigszins toe tot waarden van 1,2 m/s.
- raaiR03: De neer bij de oever wordt groter naarmate de sluiting vordert. De gradiënt bij vloed neemt toe, terwijl de grootste stroomsnelheid ca. 2,5 m/s wordt. Deze hoge stroomsnelheden treden vrij ver uit de oever op. De gradiënt bij eb ondergaat weinig verandering. De stroomsnelheden nemen geleidelijk af.
- raaien R04, R05 en R06: De gradiënten bij eb en vloed ondergaan weinig verandering. De stroomsnelheden bij de oever blijven vrijwel gelijk, terwijl de snelheden in de geul enigszins afnemen.

In dit verband moet nog worden opgemerkt, dat de snelheidsverdeling in de nabijheid van de blokkendam (de raaien R01 tot en met R03) mede afhankelijk is van de opbouw van de dam.

Met betrekking tot de stroomsnelheden en de relatieve turbulenties in de verspreide meetpunten kan het volgende worden opgemerkt:

- meetpunt 1: Naarmate er meer wordt vernauwd nemen de stroomsnelheden met name voor vloed toe. De relatieve turbulentie neemt over het algemeen iets af en bedraagt gemiddeld over 12 uur ca. 0,1.
- meetpunt 2: De verandering van de stroomsnelheid is in het algemeen gering. Bij T59 zijn geen stroomsnelheden geregistreerd, omdat het meetpunt bij deze toestand op het scheidingsvlak tussen hoofdstroom en neer ligt. De relatieve turbulentie vertoont een zeer grillig verloop in de tijd. Het gemiddelde van de relatieve turbulentie over 12 uur neemt naarmate er meer wordt vernauwd enigszins af en bedraagt ca. 0,2 .
- meetpunt 3: De stroomsnelheden ondergaan veranderingen, welke niet gebonden lijken aan de vernauwing. De grote verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt door de gradiënt bij de oever en een enigszins andere opstelling van het meetinstrument. De relatieve turbulentie verandert weinig. Het gemiddelde over 12 uur verandert nauwelijks en bedraagt ca. 0,1.

Er moet op worden gewezen, dat voor een juiste weergave van de turbulentie in het model de horizontale en verticale schaal dezelfde moeten zijn. Het overzichtsmodel van de Oosterschelde is echter een samengetrokkenmodel (horizontale schaal 1 : 400, verticale schaal 1 : 100). De meetresultaten hebben derhalve slechts vergelijkende waarden. Bij een geringe samentrekking, zoals bij het onderhavige model, gedraagt de turbulentie zich grotendeels volgens de verticale schaal. Afgezien van de invloed van de veranderende bodemconfiguratie kan globaal worden gesteld, dat de modelresultaten betreffende de turbulentie-intensiteit op 3200 m oostelijk van het tracé (meetpunt 3) representatief zijn voor een punt in het prototype op 800 m oostelijk van het tracé en de modelresultaten op 800 m oostelijk van het tracé (meetpunt 2) voor een punt in het prototype op 200 m oostelijk van het tracé.



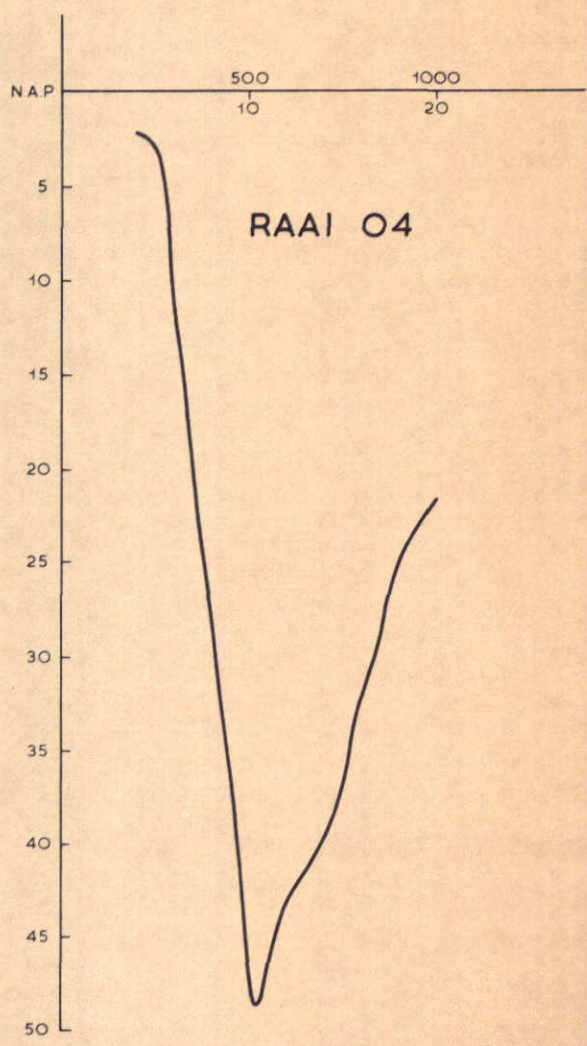
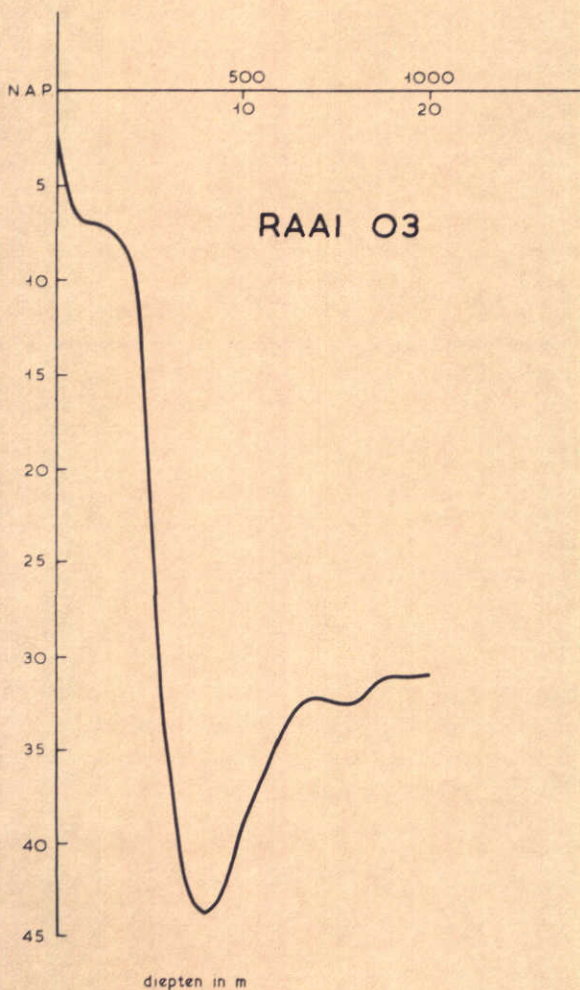
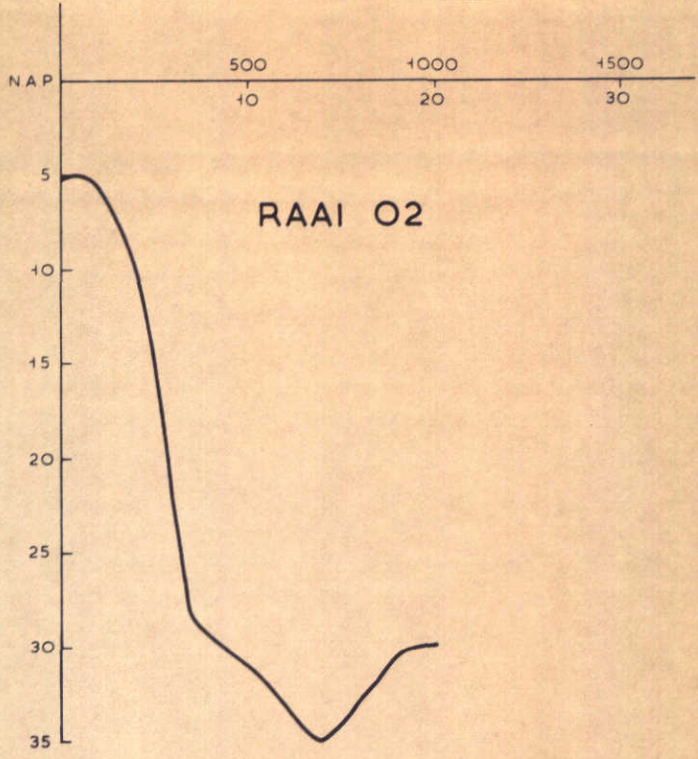
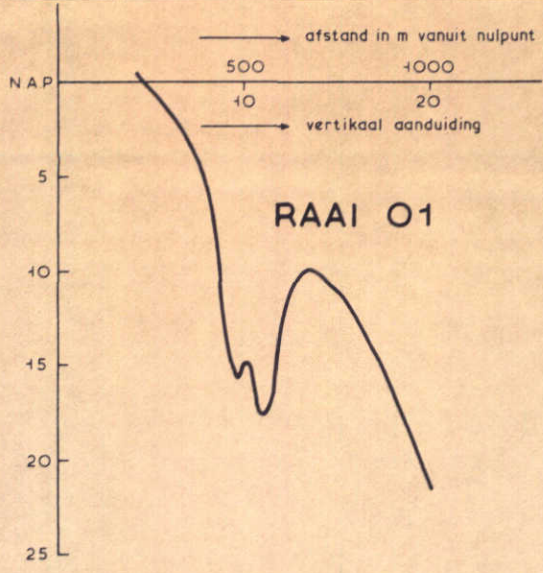
OVERZICHT MEETRAAIEN

schaal 1 : 50.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

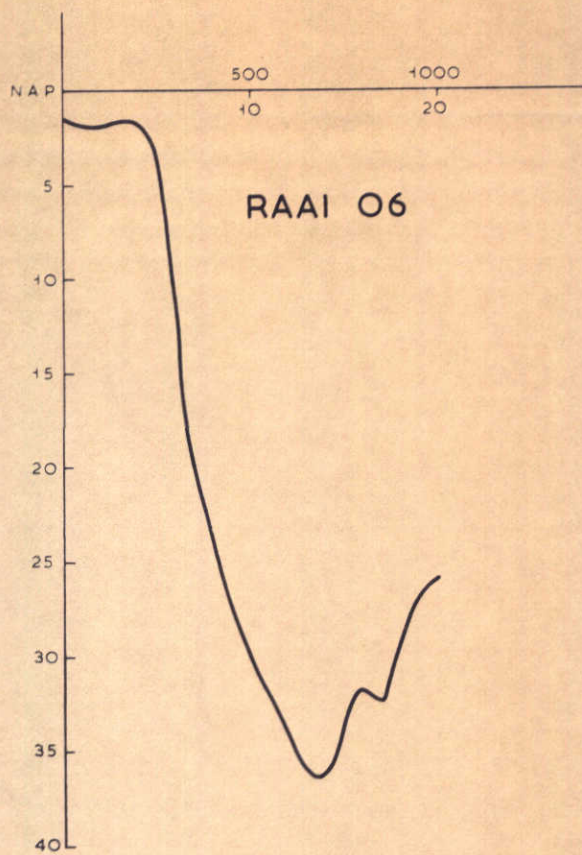
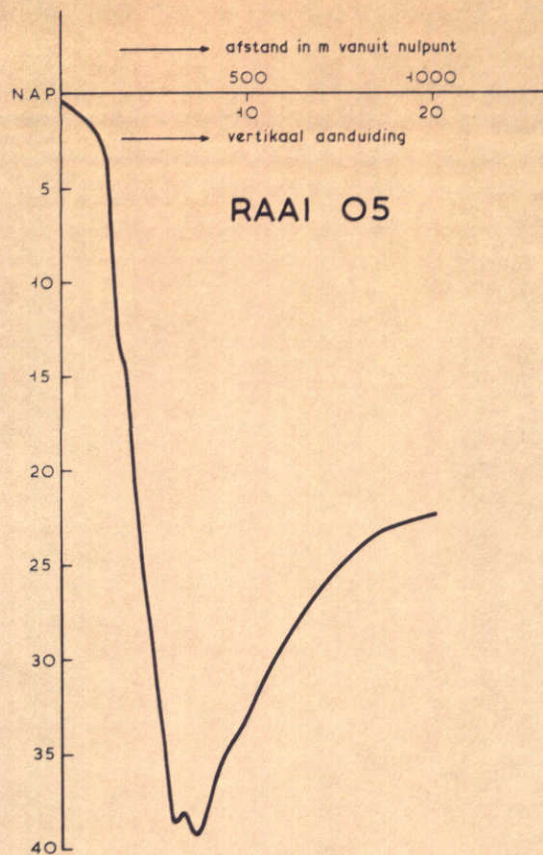
M. 1000

FIG. 1



DWARSPROFIELEN

lengte schaal 1 : 20.000
diepte schaal 1 : 400



diepten in m

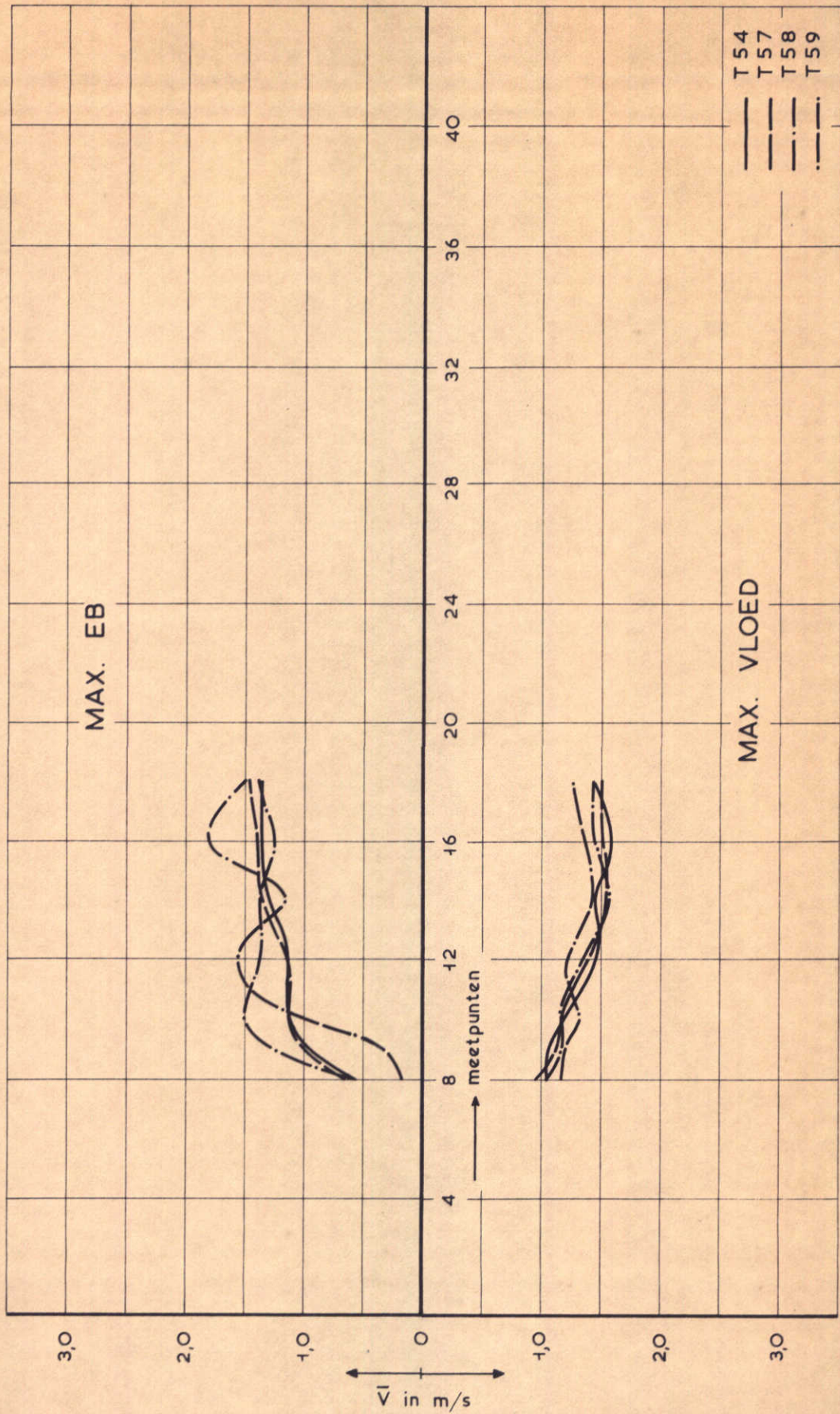
DWARSPROFIELEN

lengte schaal 1 : 20.000
 diepte schaal 1 : 400

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 3



SNELHEIDSVERDELINGEN

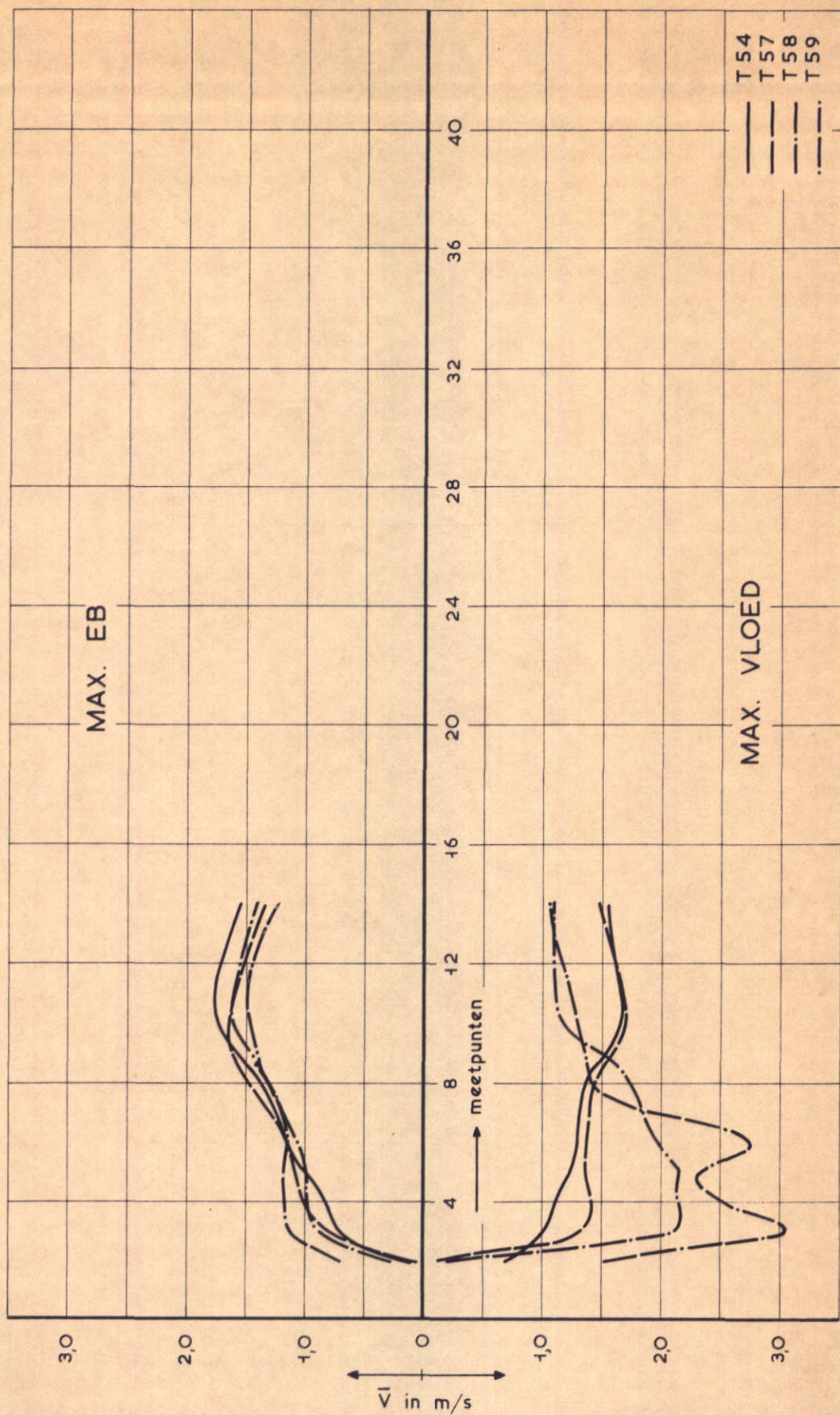
07.10.71

RAAI 01

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 4



SNELHEIDSVERDELINGEN

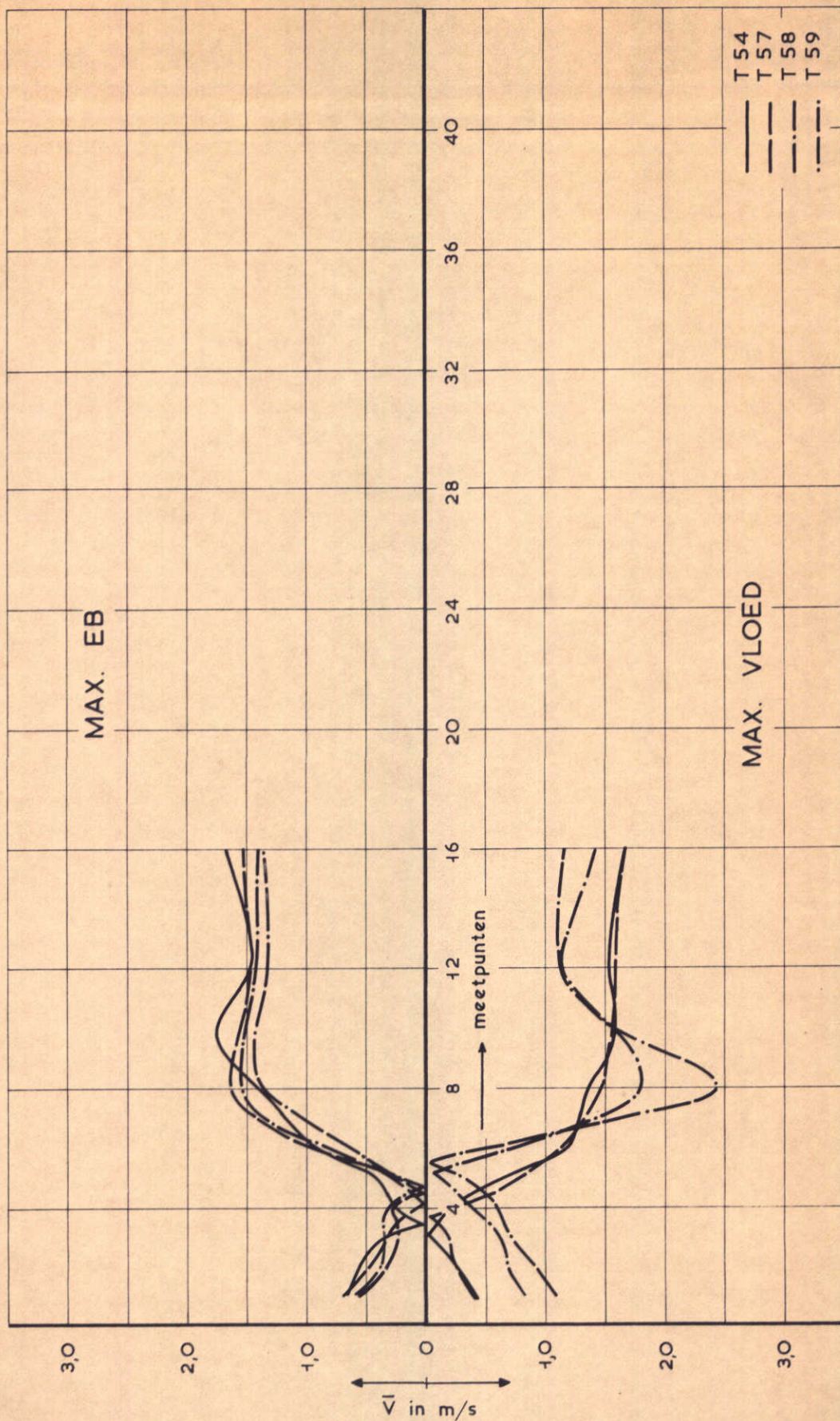
07.10.71

RAAI O2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 5



SNELHEIDSVERDELINGEN

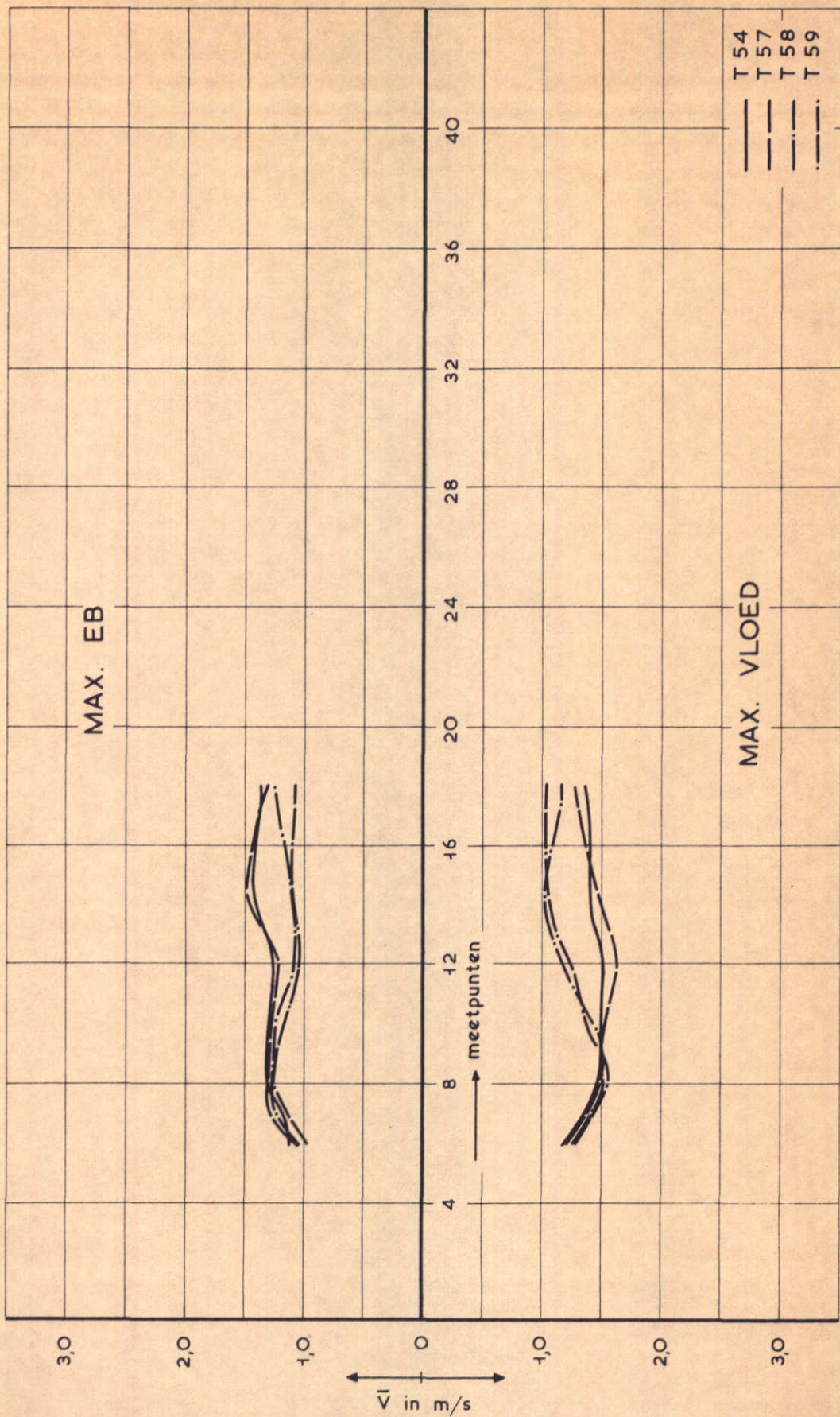
07.10.71

RAAI 03

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 6



SNELHEIDSVERDELINGEN

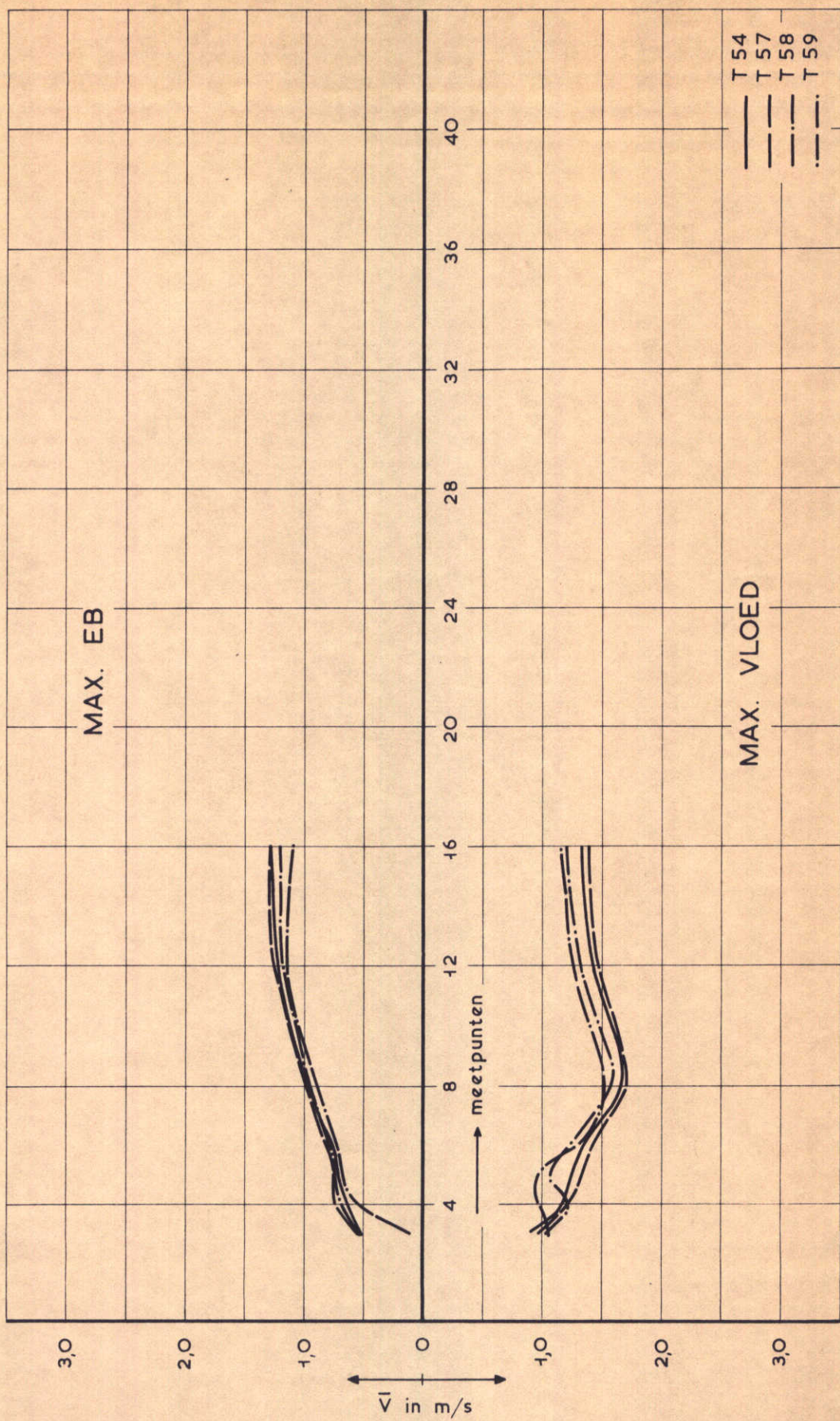
07.10.71

RAAI 04

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 7



SNELHEIDSVERDELINGEN

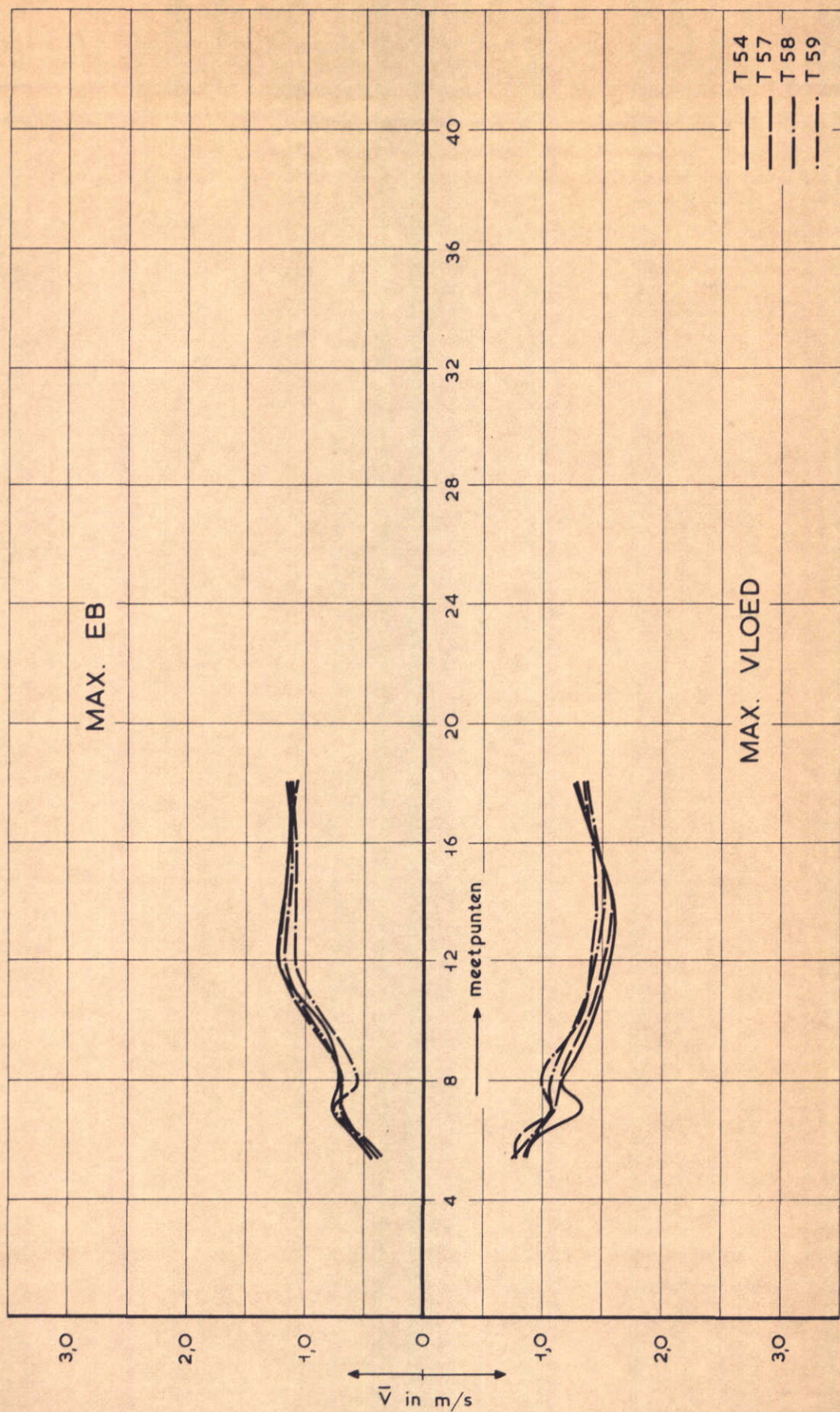
07.10.71

RAAI O5

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 8



SNELHEIDSVERDELINGEN

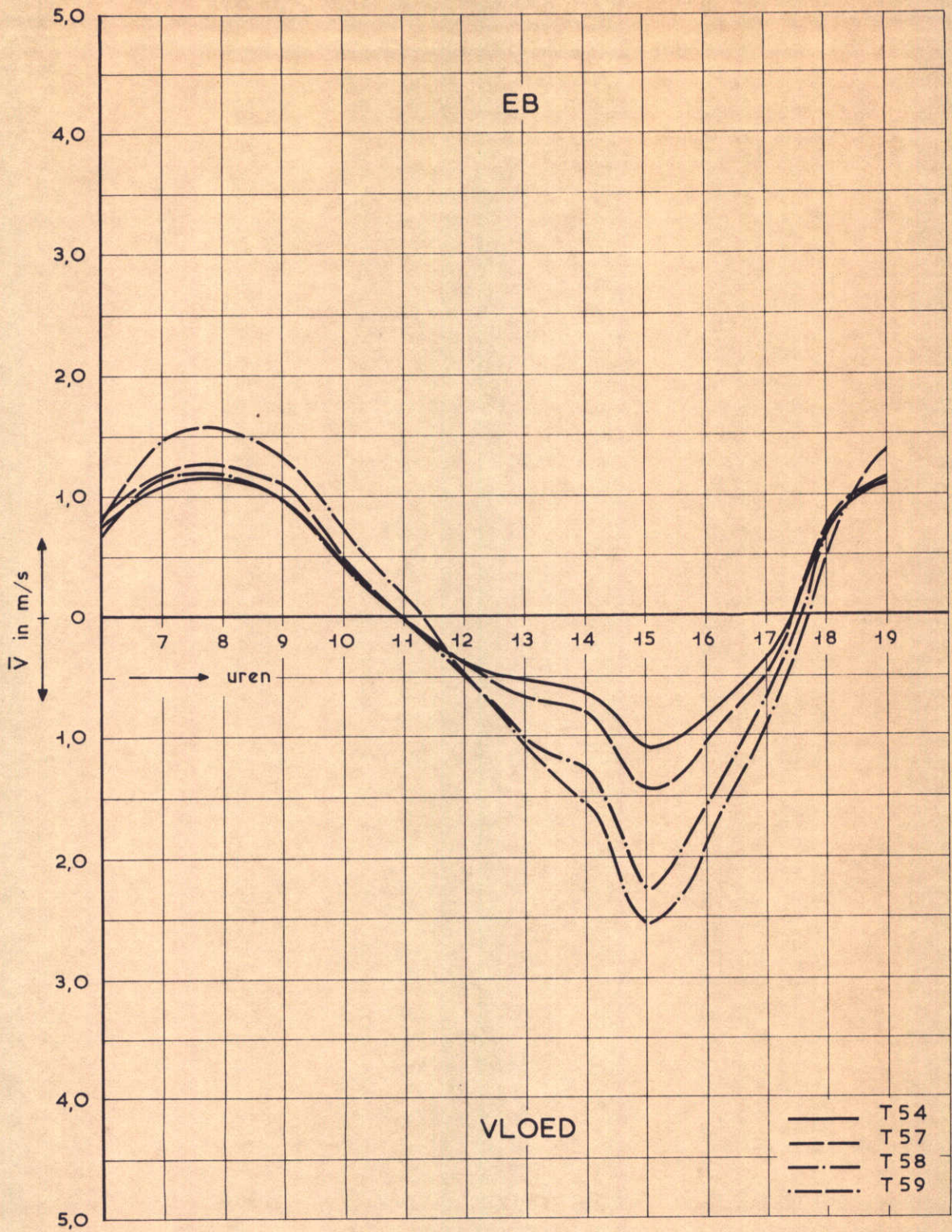
07.10.71

RAAI 06

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 9



STROOMSNELHEDEN

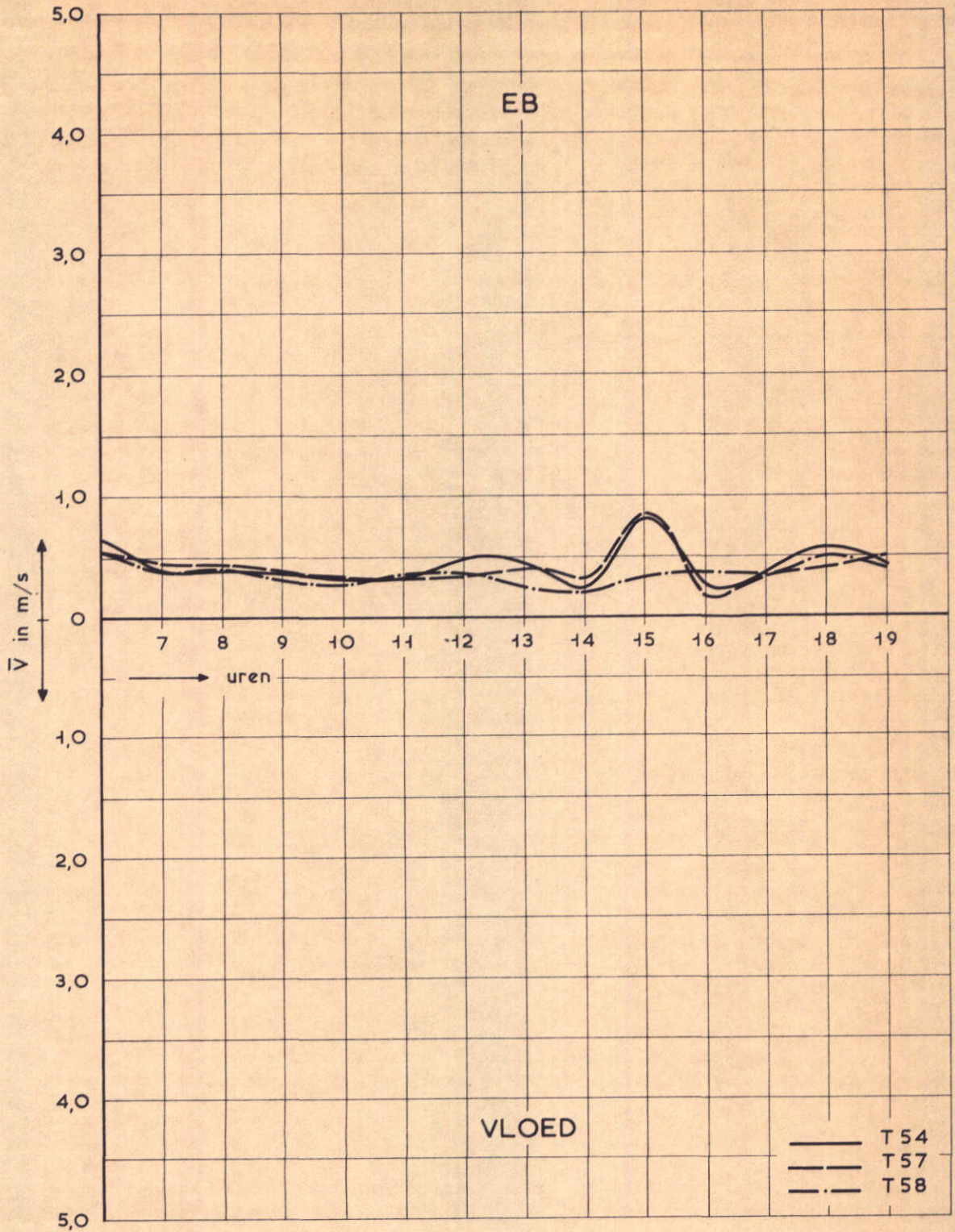
07.10.71

MEETPUNT 1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 10



STROOMSNELHEDEN

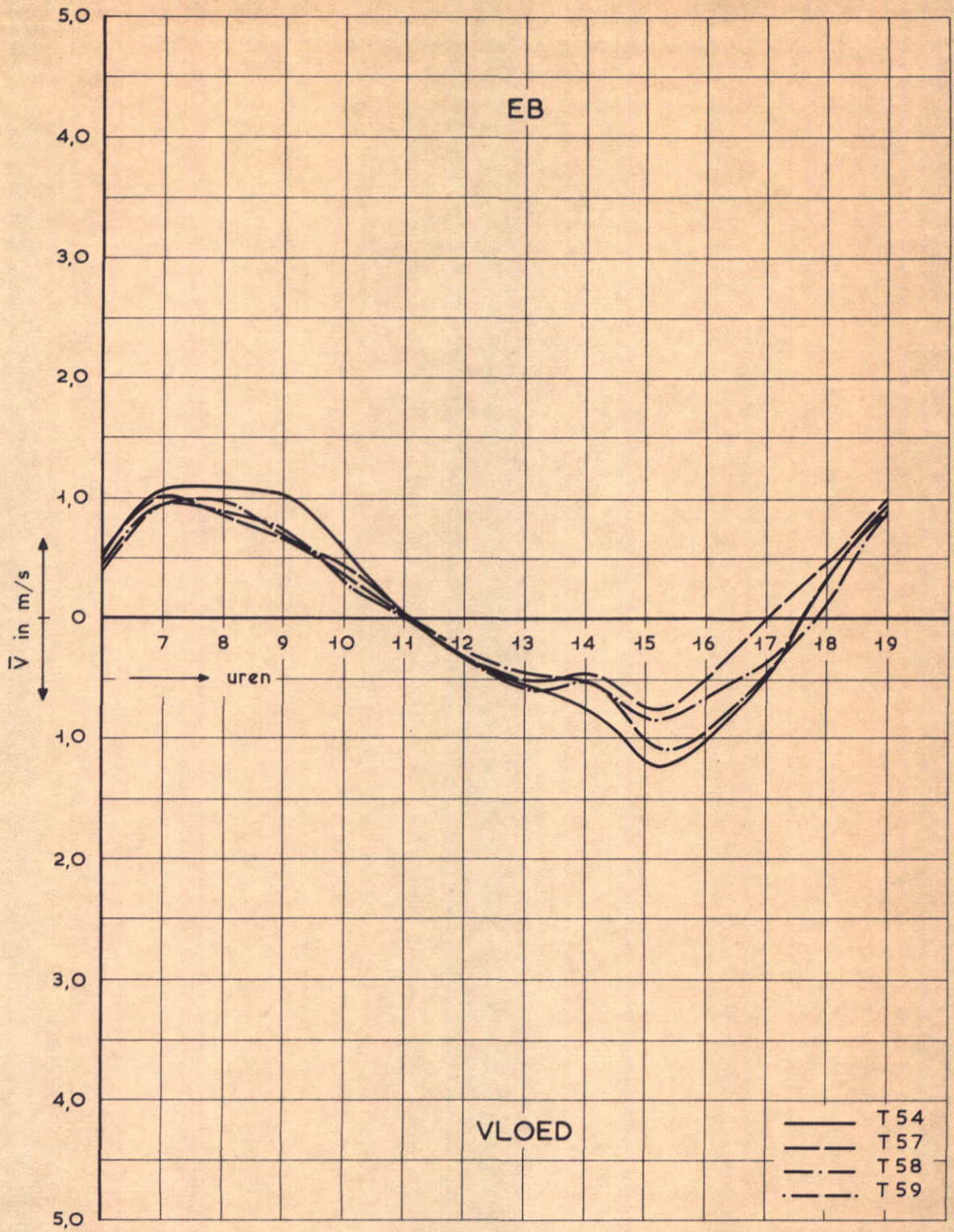
07.10.71

MEETPUNT 2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 11



STROOMSNELHEDEN

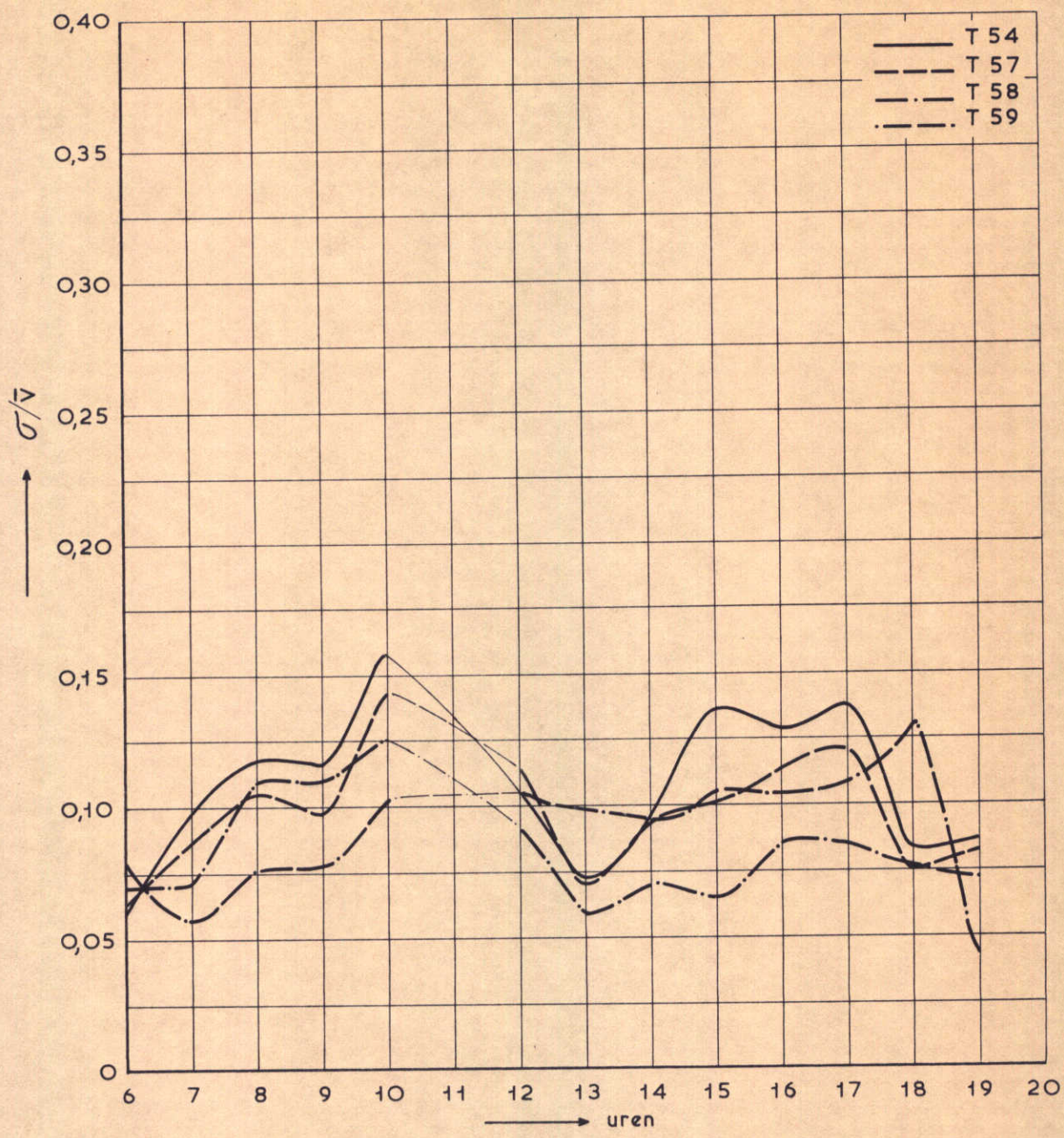
07.10.71

MEETPUNT 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 12



RELATIEVE TURBULENTIE

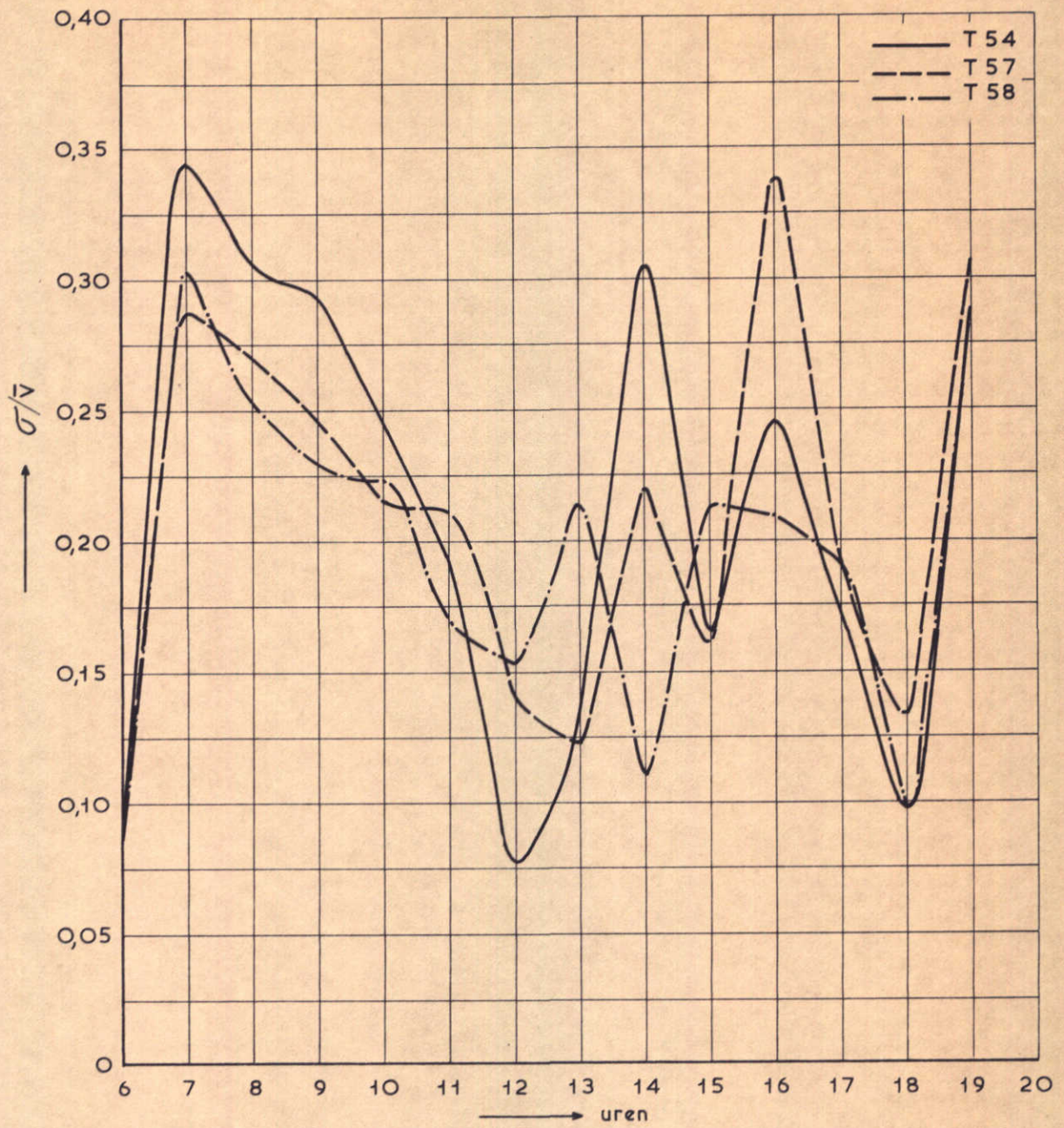
07.10.71

MEETPUNT 1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 13



RELATIEVE TURBULENTIE

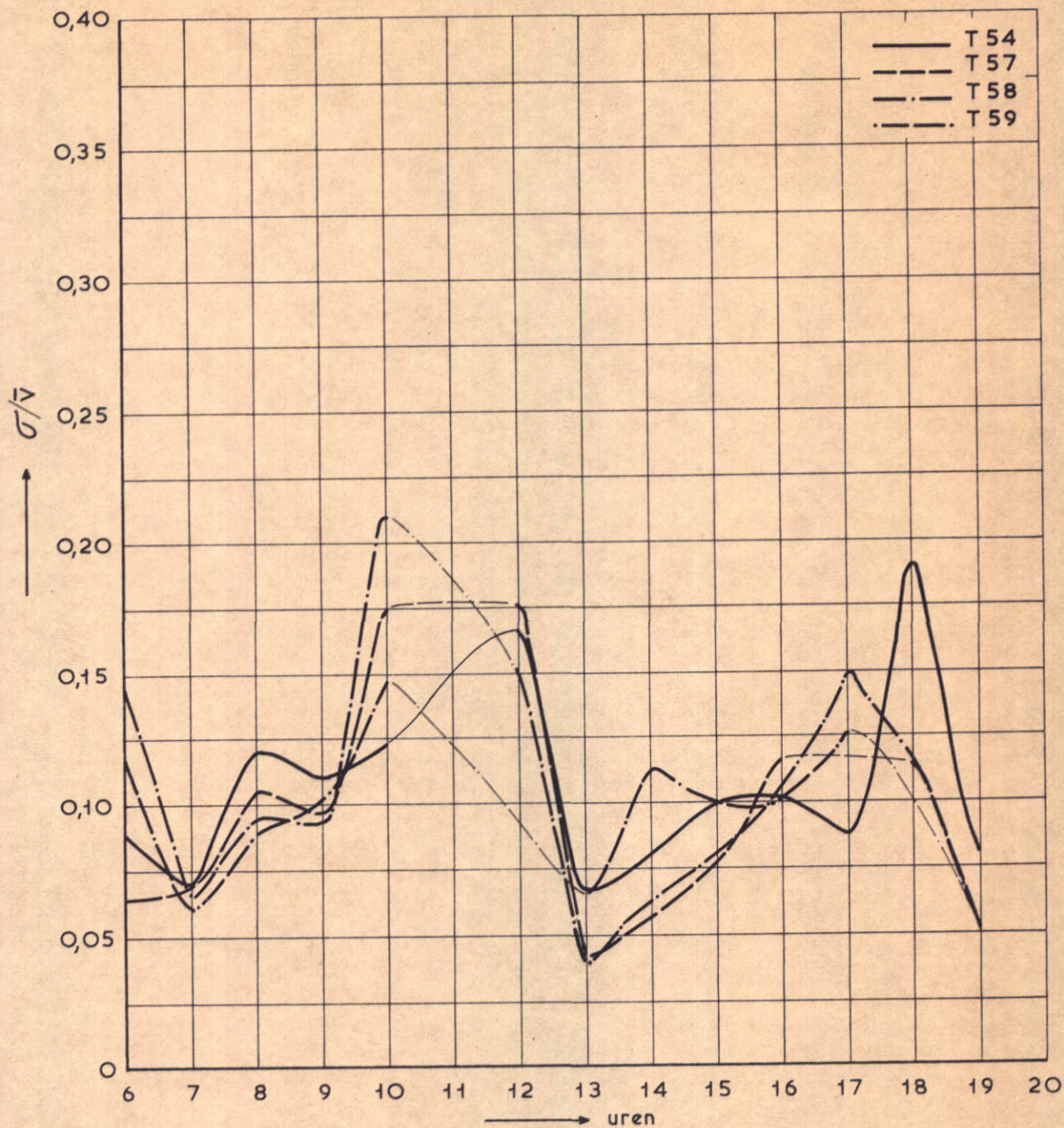
07.10.71

MEETPUNT 2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 14



RELATIEVE TURBULENTIE

07.10.71

MEETPUNT 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 15

5. Stagnatie kabelbaan

(Brief van 31 oktober 1974; kenmerk V6990/M1000/vWij/GB)

Inhoud

blz.

5.1 Opzet van het onderzoek..... 1

5.2 Resultaten van het onderzoek..... 1

Tabellen

- 1 Debieten stagnatie kabelbaan en vergelijkbare sluitingsfase

Figuren

- 1 Overzicht meetraaien en meetpunten
2 Dwarprofielen sluitgaten
3 ...5 Debieten; T82...T84
6 ...11 Snelheidsverdelingen zuidelijk sluitgat; T82...T84
12...17 Snelheidsverdelingen noordelijke sluitgaten; T82...T84
18...23 Waterstanden; meetpunten A...F

5.1 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek naar de invloed van een stagnatie van de kabelbaan in één van de sluitgaten is uitgevoerd voor 3 toestanden. Hierbij is afwisselend in één van de sluitgaten een blokkendam ingebouwd met een kleiner vernauwingspercentage dan in de andere sluitgaten.

De volgende situaties zijn onderzocht:

T82 = raai R10 voor 60% vernauwd; overige sluitgaten 80% vernauwd;

T83 = raai R30 voor 60% vernauwd; overige sluitgaten 80% vernauwd;

T84 = raai R40 voor 60% vernauwd; overige sluitgaten 80% vernauwd.

Bij alle toestanden zijn in raaien op ca. 800 m ter weerszijden van de blokkendam stroomsnelheden- en richtingen gemeten. Tevens zijn in een aantal meetpunten in de omgeving van de sluitgaten waterstanden gemeten.

De bodemligging is van 1967 met aanpassingen in het tracé-gebied volgens de peilingen van december 1971. De bodemligging van een aantal zuigputten in de directe omgeving van de dam is volgens de peilingen van september 1972.

Het instelgetij is het getij van oktober 1971. Bij dit getij is de getijdaling- en rijzing te Burghsluis bij open Oosterschelde respektievelijk 2,96 m en 3,23 m.

5.2 Resultaten van het onderzoek

Figuur 1 geeft een overzicht van de meetraaien en meetpunten.

Figuur 2 geeft de dwarsprofielen over de sluitgaten.

De figuren 3 tot en met 5 geven de debieten voor de toestanden T82 tot en met T84.

In tabel 1 worden de maximum debieten vergeleken met de maximum debieten in een vergelijkbare sluitingsfase, waarbij alle sluitgaten in dezelfde mate zijn vernauwd. Het blijkt, dat, zoals mag worden verwacht, in het gestagneerde sluitgat de debieten toenemen en de debieten in de overige sluitgaten afnemen. Bij een stagnatie in de Roompot (= R10) nemen de debieten in R10 toe met ca. 10%, terwijl in de noordelijke sluitgaten de debieten afnemen met 15 à 20%. Bij een stagnatie in de Schaar (= R30) nemen de debieten in R30 toe met 30% tijdens eb en 20% tijdens vloed, terwijl de debieten in de andere sluitgaten afnemen met ca. 10 à 15%. Een stagnatie in de Hammen (= R40) geeft een debiettoename in R40 van 12 à 14% en een debietafname in de andere sluitgaten van ca. 15%.

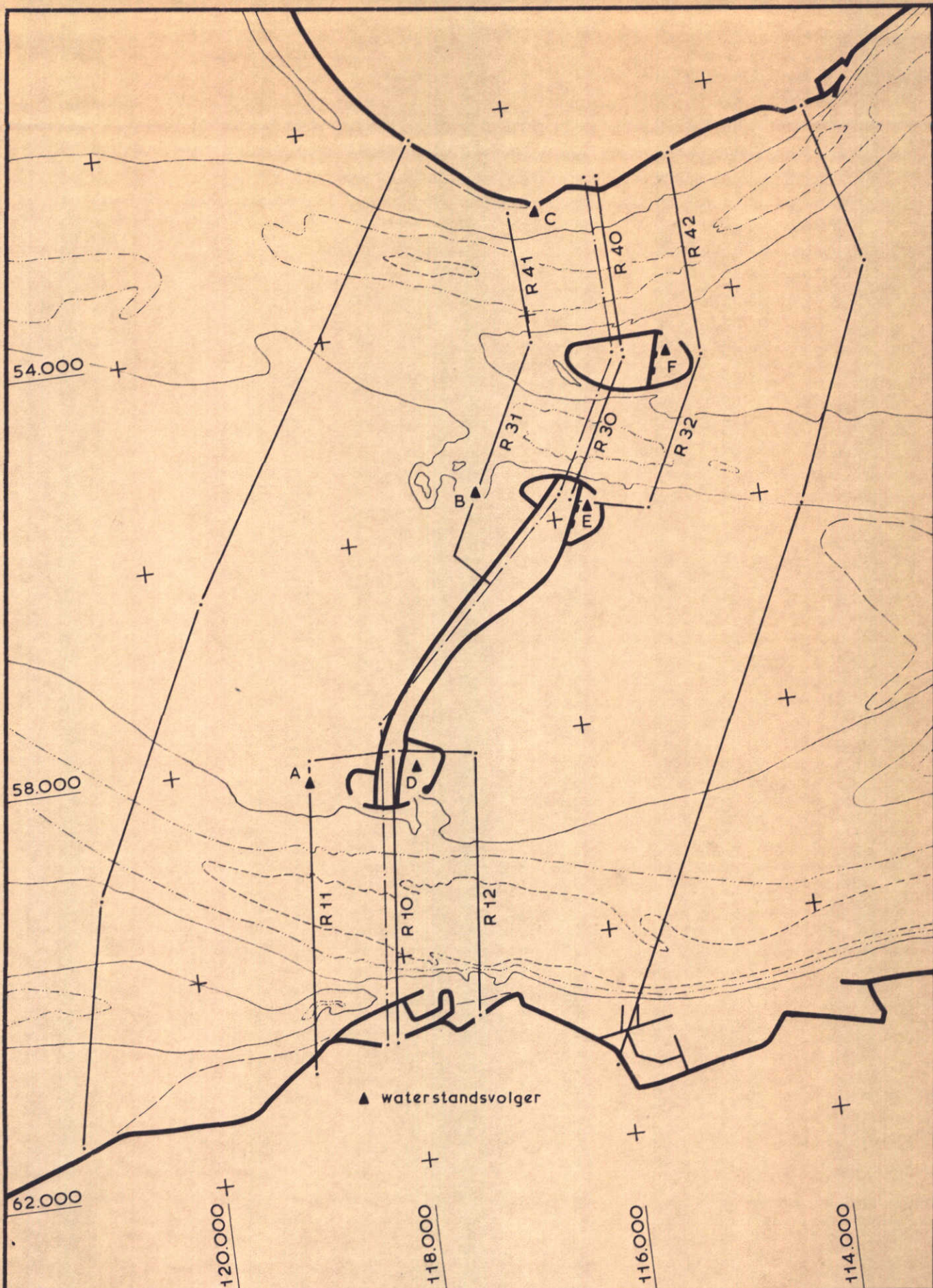
De figuren 6 tot en met 17 geven de snelheidsverdeling rond de sluitgaten tijdens maximum eb en maximum vloed voor de toestanden T82 tot en met T84. Hierbij wordt iedere snelheidsverdeling vergeleken met de snelheidsverdeling voor de vergelijkbare sluitingsfase. Rekening houdend met de beperkte nauwkeurigheid van de snelheidsverdelingen benedenstrooms van de blokkendam kan worden gekonkludeerd, dat door een stagnatie de verdeling van de stroomsnelheid in de raaien rond het sluitgat niet duidelijk in een bepaalde richting wordt beïnvloed.

De figuren 18 tot en met 23 geven de waterstanden in de meetpunten A tot en met F voor de toestanden T82 tot en met T84.

In de figuren 21 tot en met 23 is de aanwezigheid van een stagnatie in een nabij gelegen sluitgat duidelijk zichtbaar aan een vergrote dh/dt in de ebtak.

toestand	raai	maximum eb			maximum vloed		
		debiet vergelijkbare sluitingsfase in m ³ /s	debiet stagnatie kabelbaan		debiet vergelijkbare sluitingsfase in m ³ /s	debiet stagnatie kabelbaan	
			in m ³ /s	in %		in m ³ /s	in %
T82	R10	50210	54550	109	59670	66000	110
	R30	12440	9950	80	17800	14440	81
	R40	14930	12580	84	24780	20080	81
T83	R10	36710	32910	90	51180	46300	90
	R30	17350	22640	130	22950	27620	120
	R40	14930	12480	84	24780	22780	92
T84	R10	36710	31200	85	51180	43760	86
	R30	12440	10680	86	17800	15240	86
	R40	19480	21890	112	27840	31630	114

Tabel 1 Debieten stagnatie kabelbaan en vergelijkbare sluitingsfase



OVERZICHT MEETRAAIEN EN MEETPUNTEN

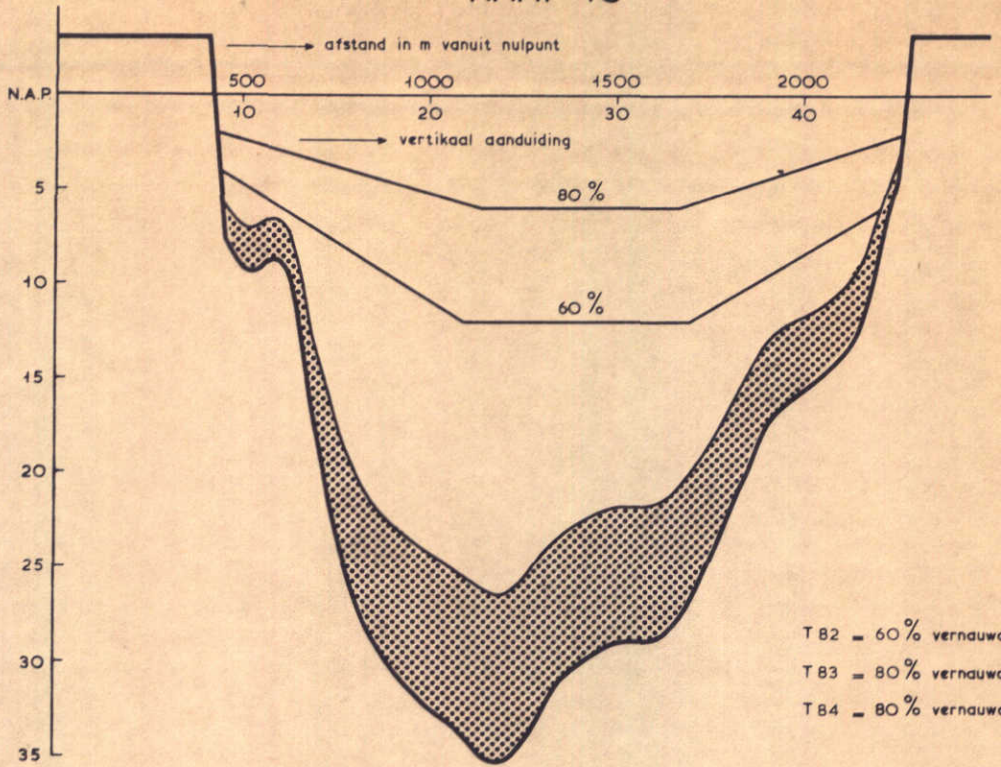
schaal 1 : 50.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

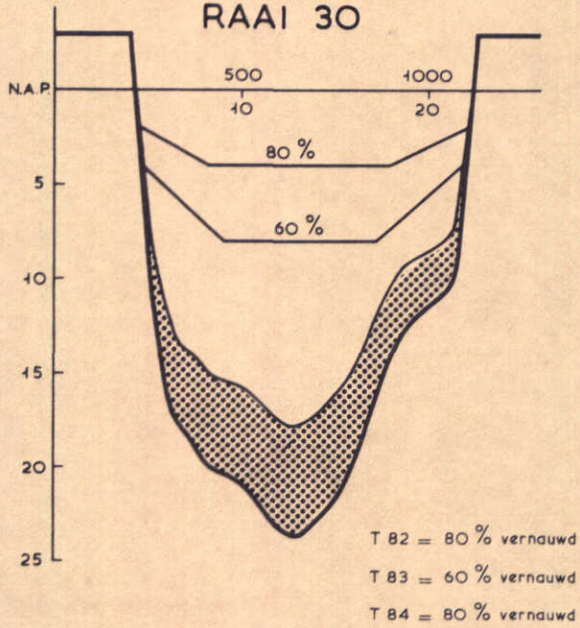
M. 1000

FIG. 1

RAAI 10

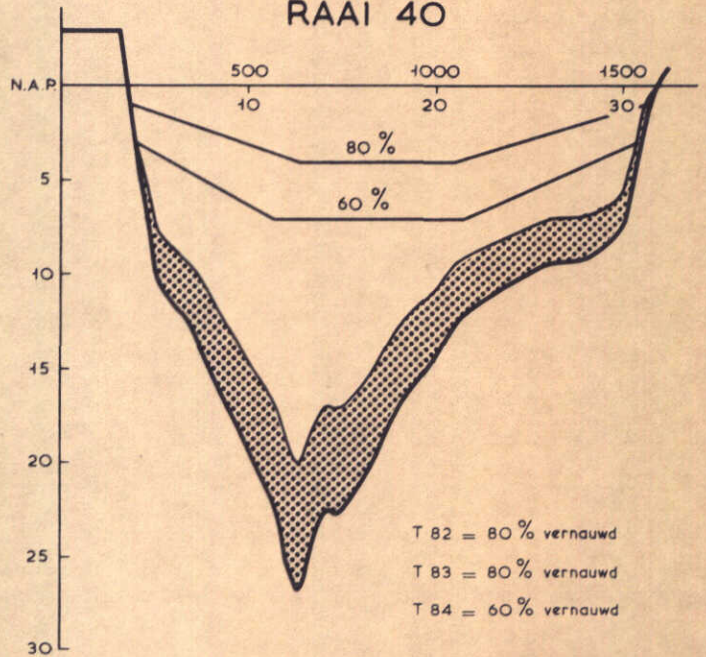


RAAI 30



diepten in m

RAAI 40



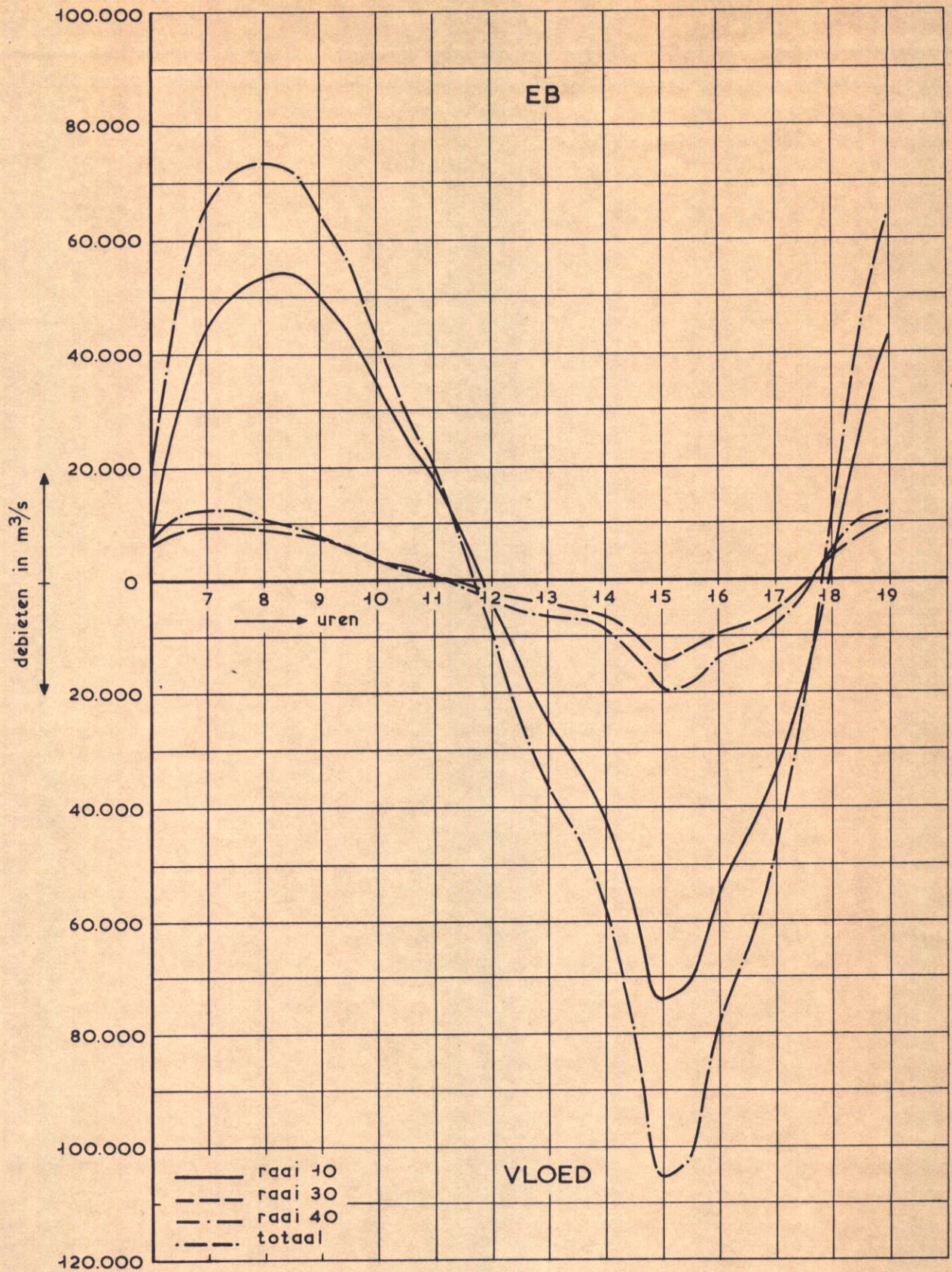
DWARSPROFIELEN SLUITGATEN

lengte schaal 1 : 20.000
diepte schaal 1 : 400

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 2



DEBIETEN

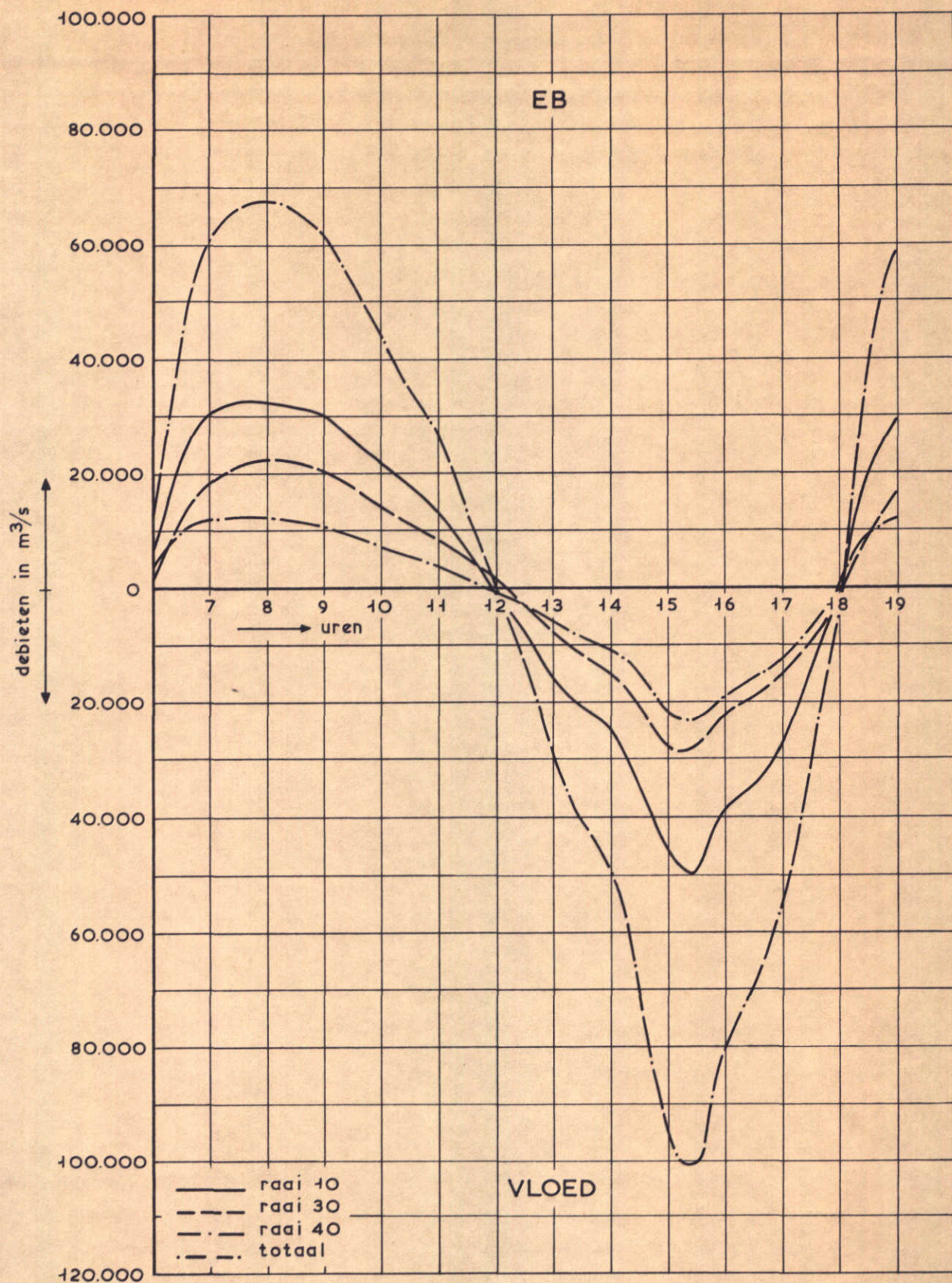
T 82

07.10.71

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 3



DEBIETEN

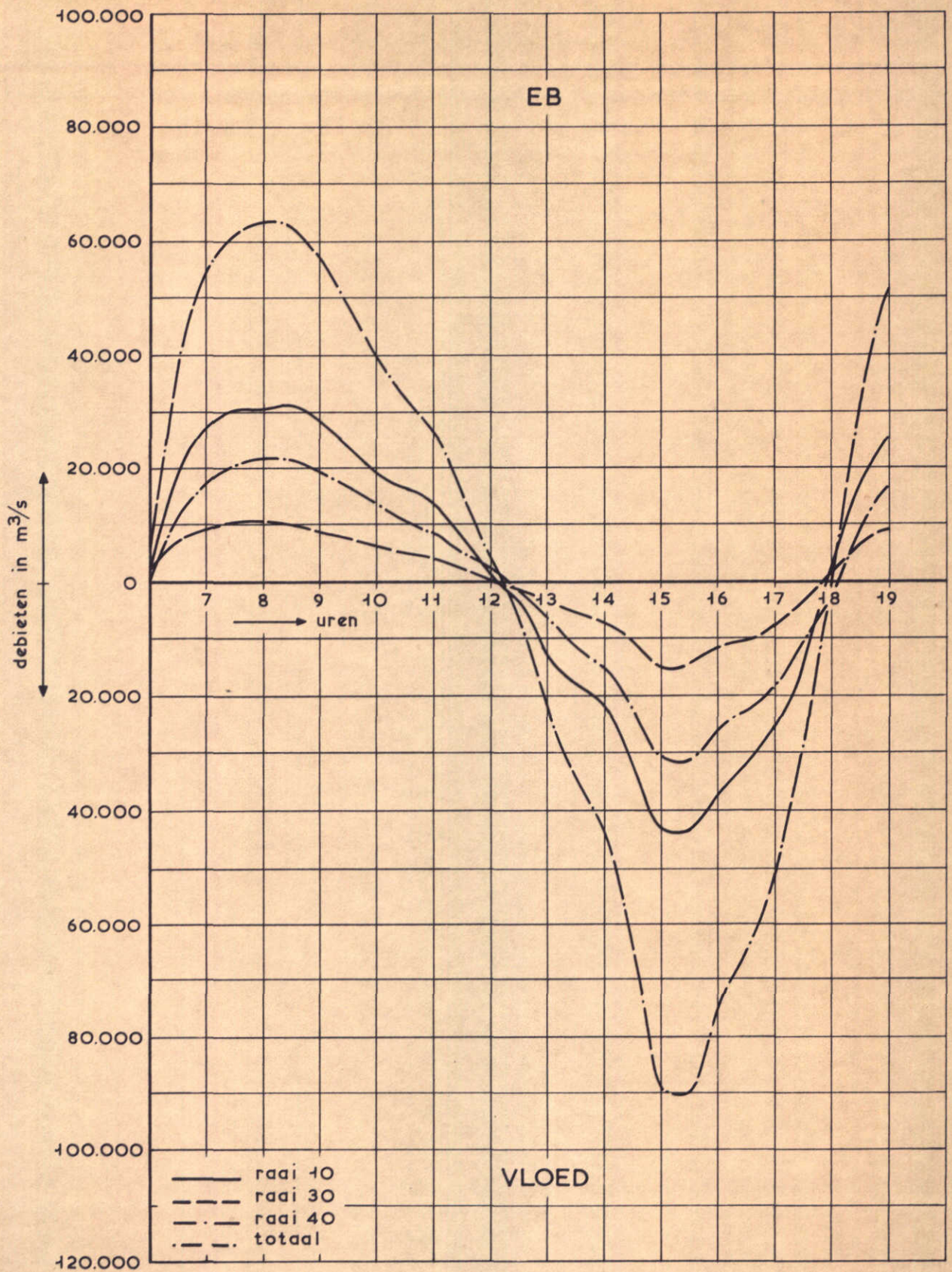
T 83

07.10.71

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 4



DEBIETEN

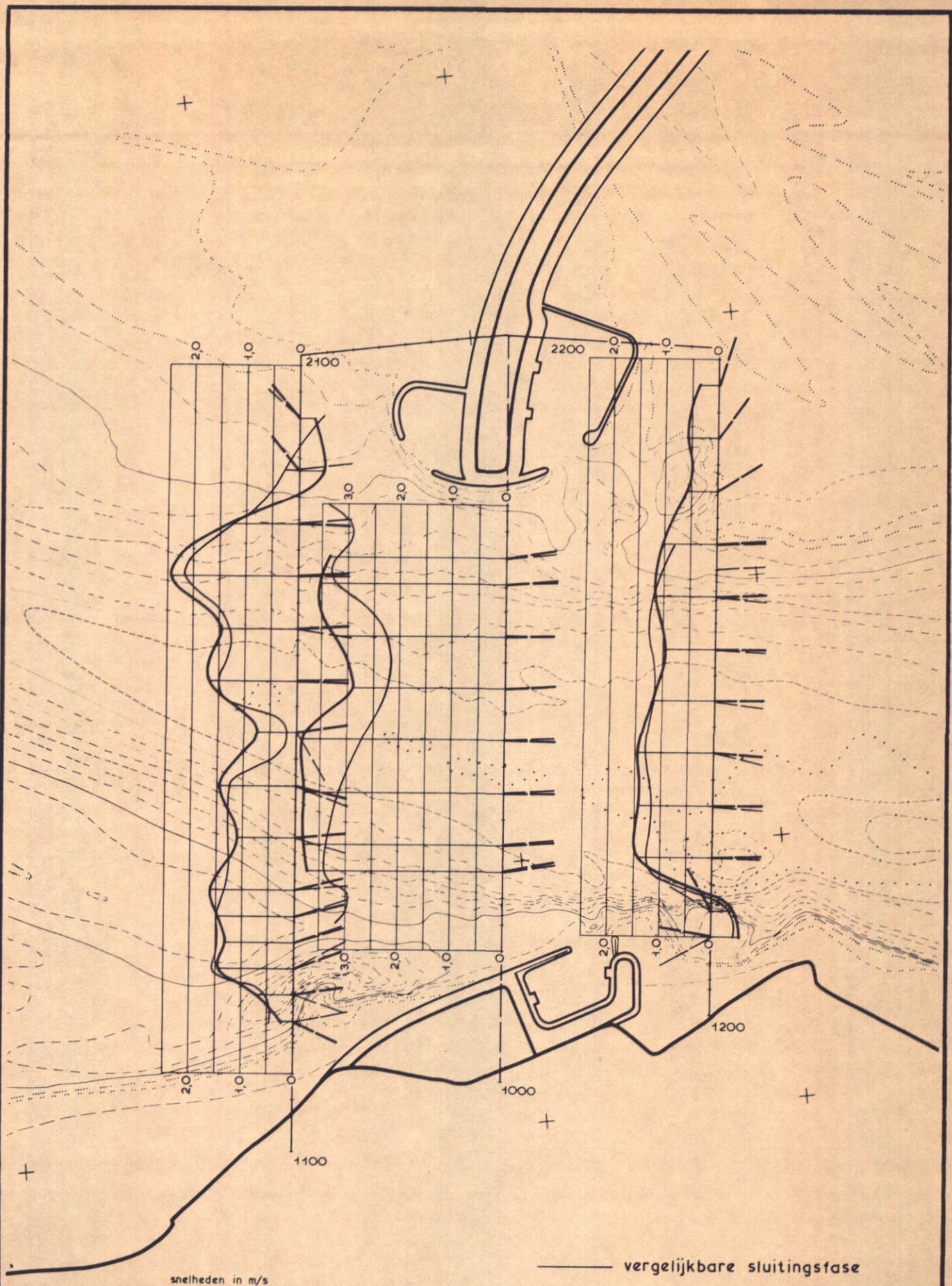
T 84

07.10.71

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 5



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT

T 82

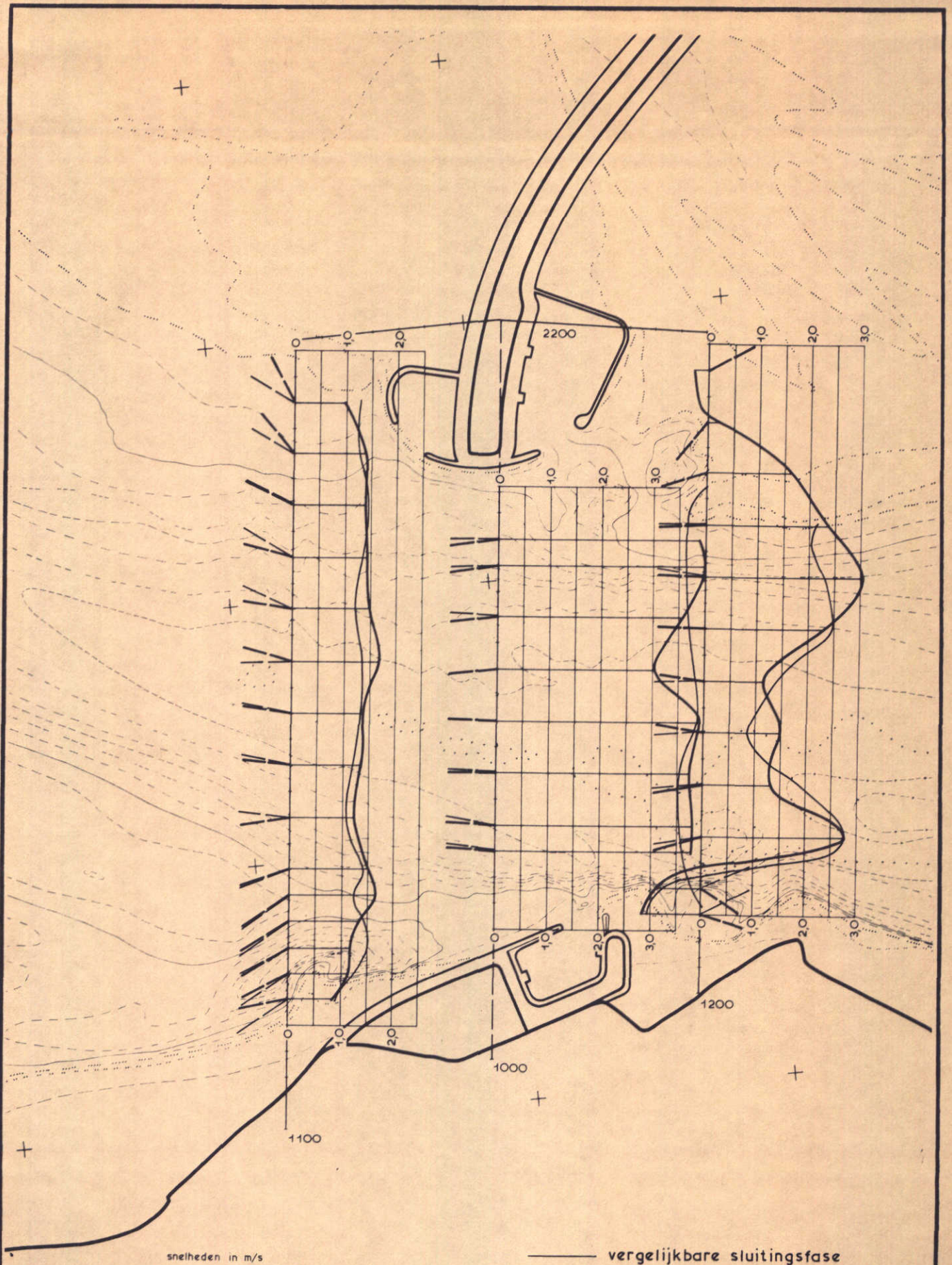
07.10.71

max. eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1000

FIG. 6



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT

T 82

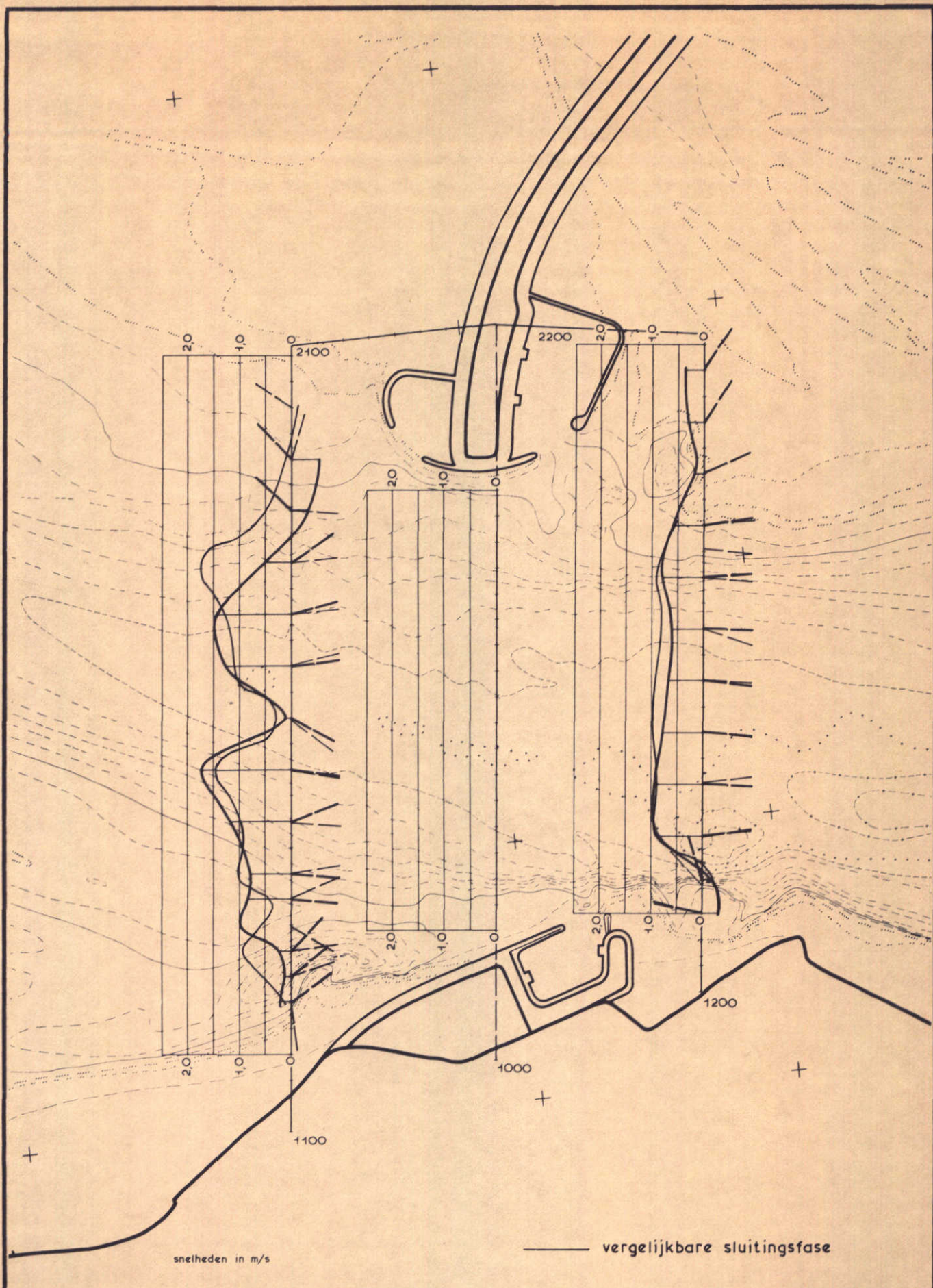
07.10.71

max. vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 7



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT

T 83

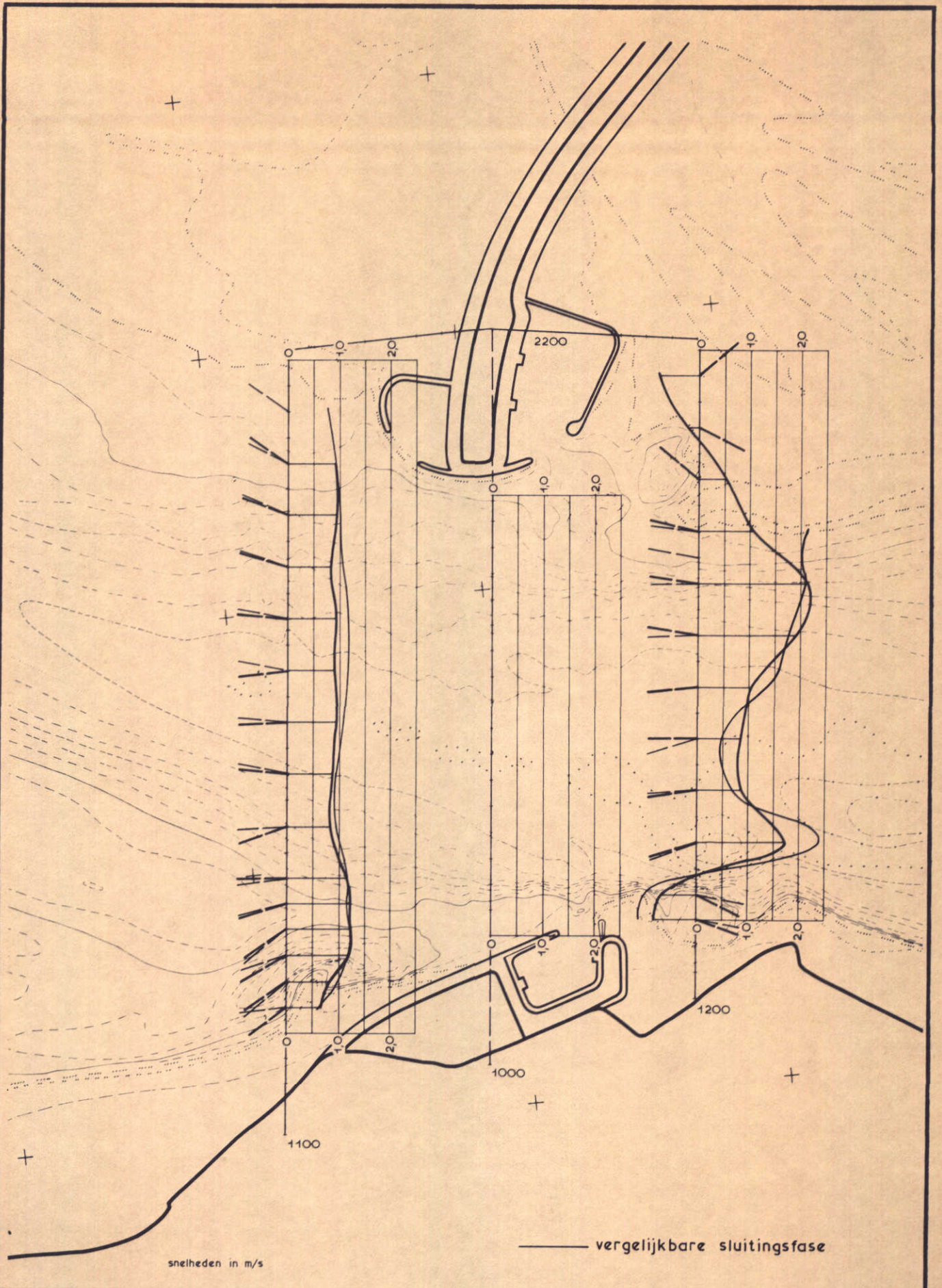
07.10.71

max. eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 8



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT

T 83

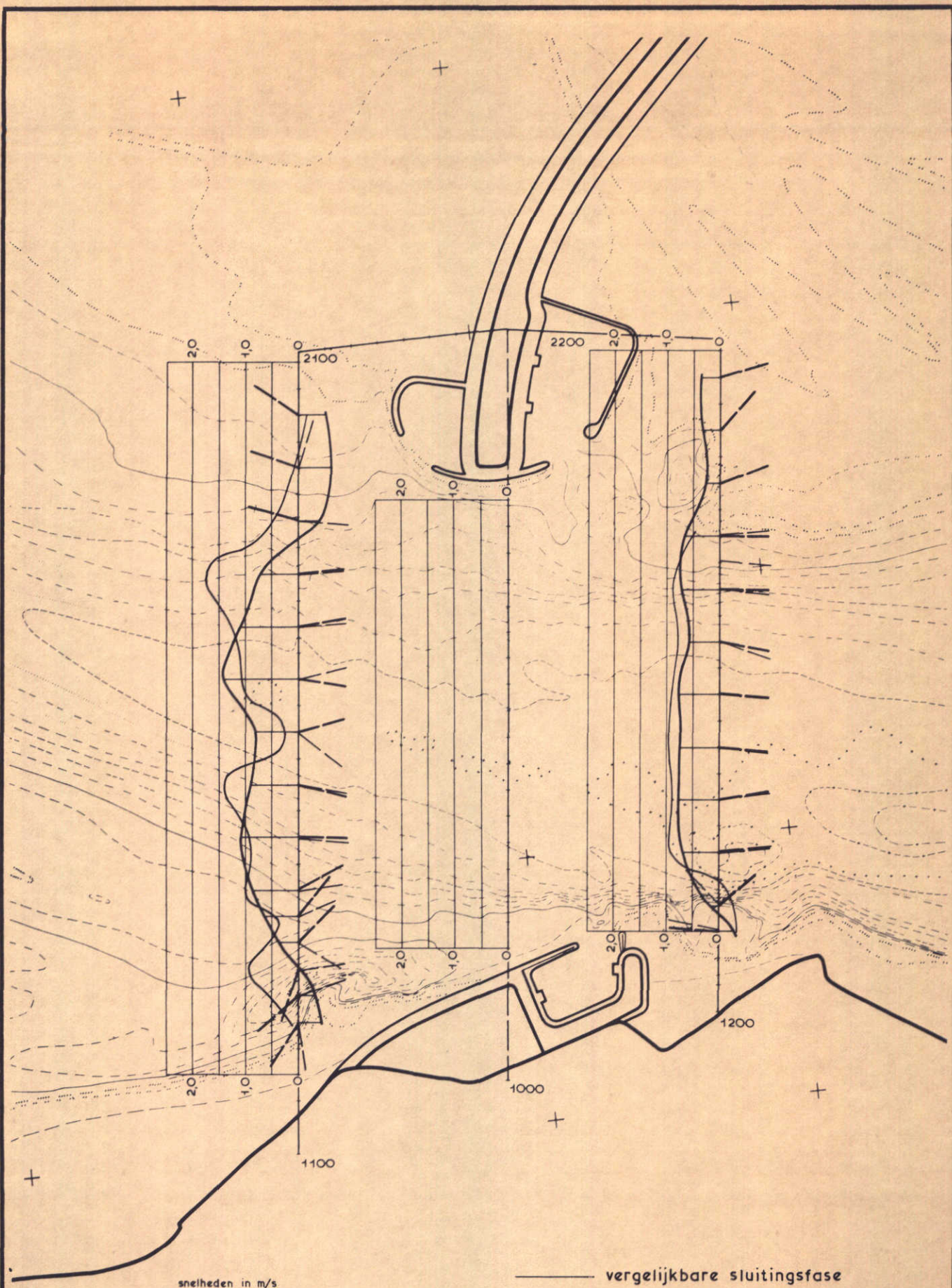
07.10.71

max. vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 9



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT

T 84

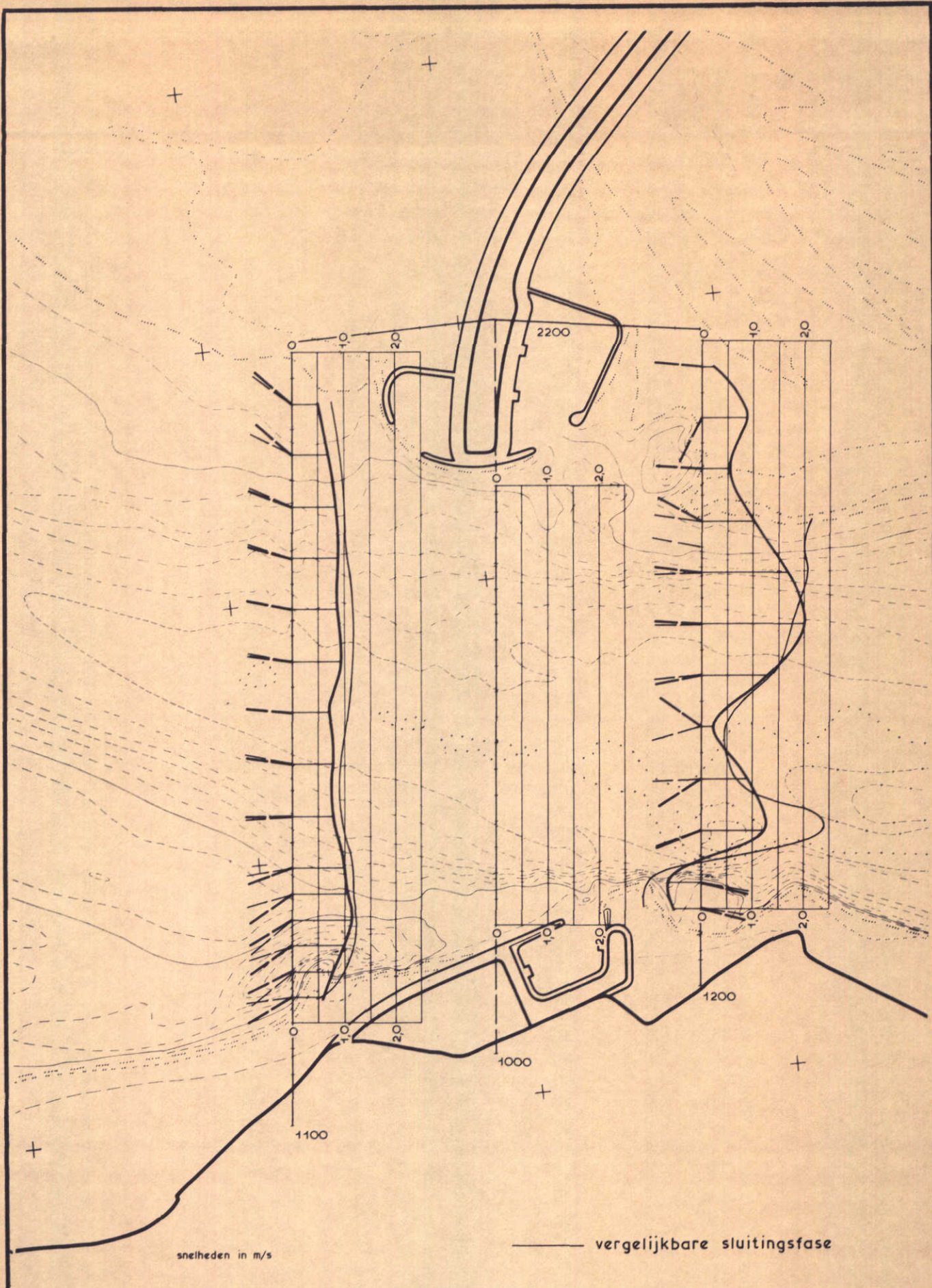
07.10.71

max. eb

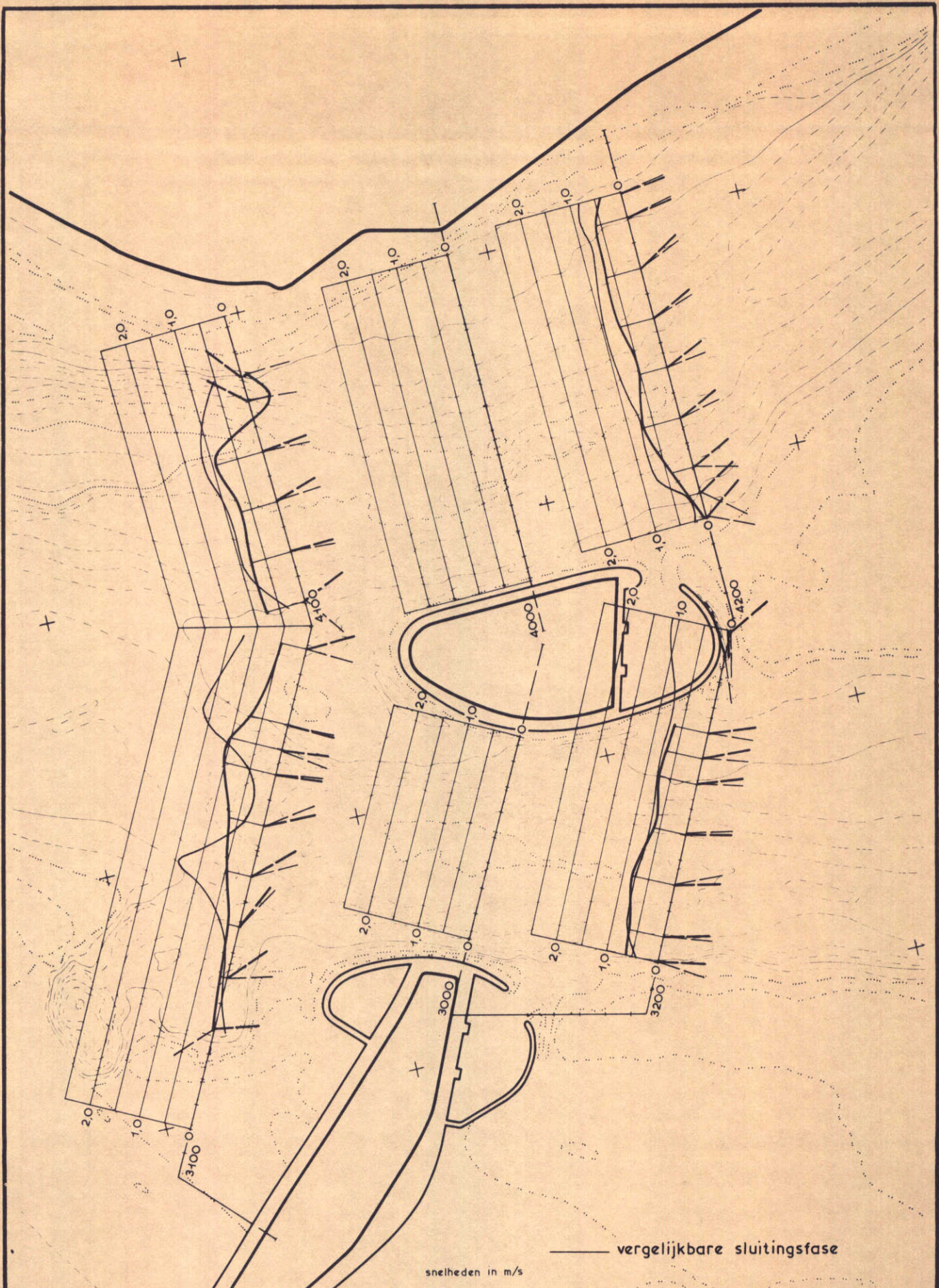
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

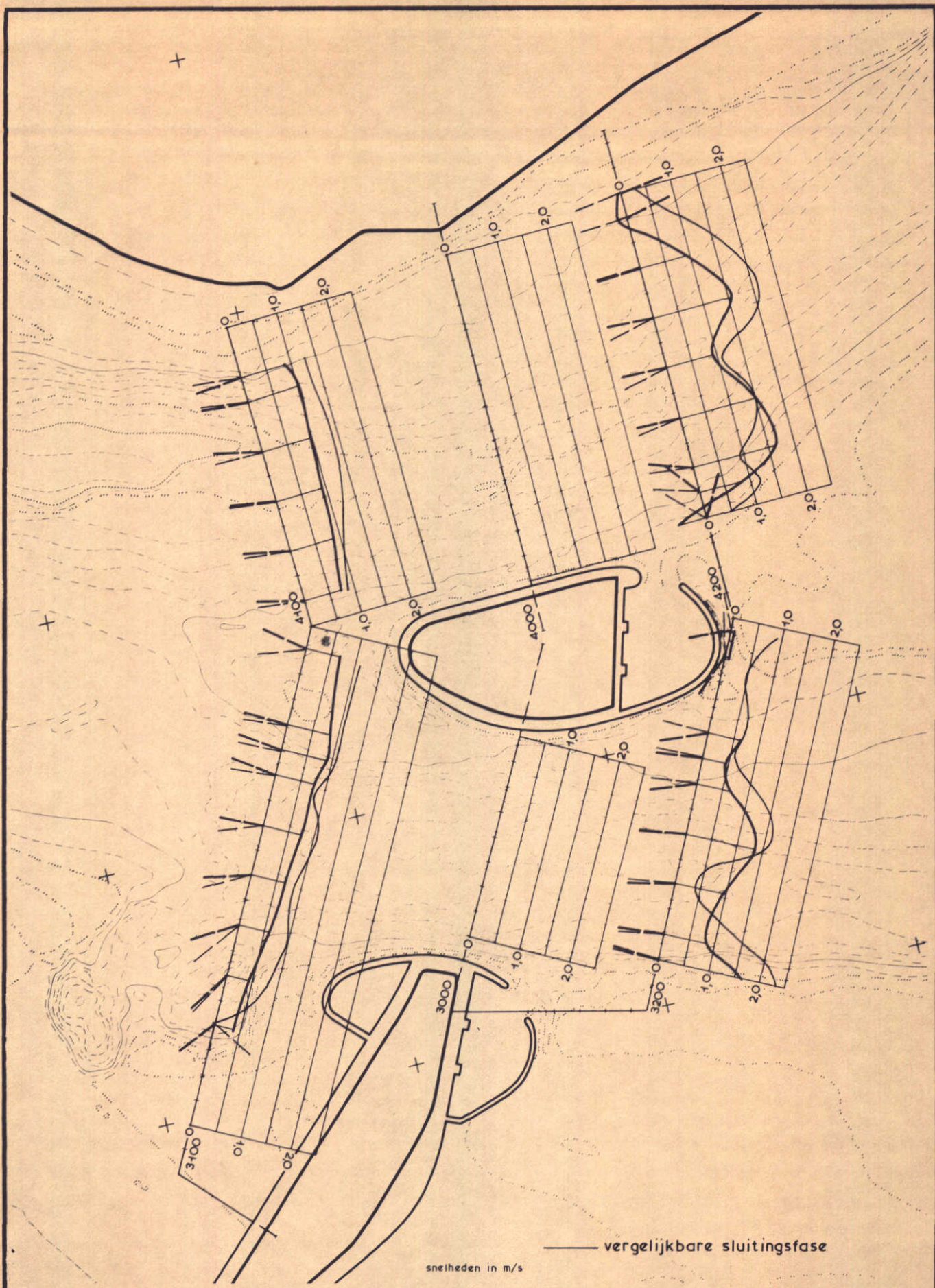
FIG. 10



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT	T 84	07.10.71
	max. vloed	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 1000	FIG. 11



SNELHEIDSVERDELINGEN NOORDELIJKE SLUITGATEN	T 82	O7.10.71
	max. eb	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 1000	FIG. 12



SNELHEIDSVERDELINGEN NOORDELIJKE SLUITGATEN

T 82

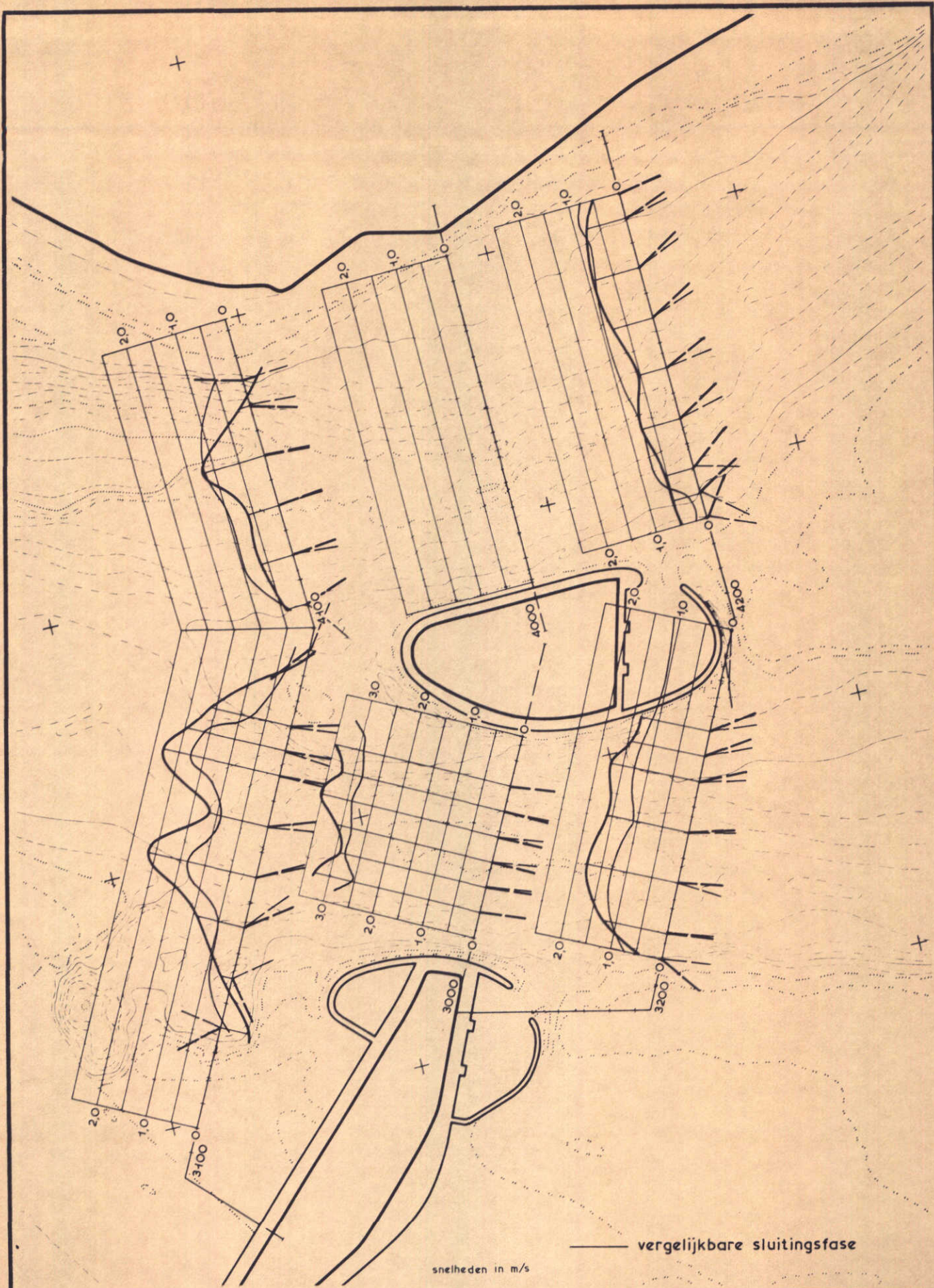
07.10.71

max. vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 13



SNELHEIDSVERDELINGEN NOORDELIJKE SLUITGATEN

T 83

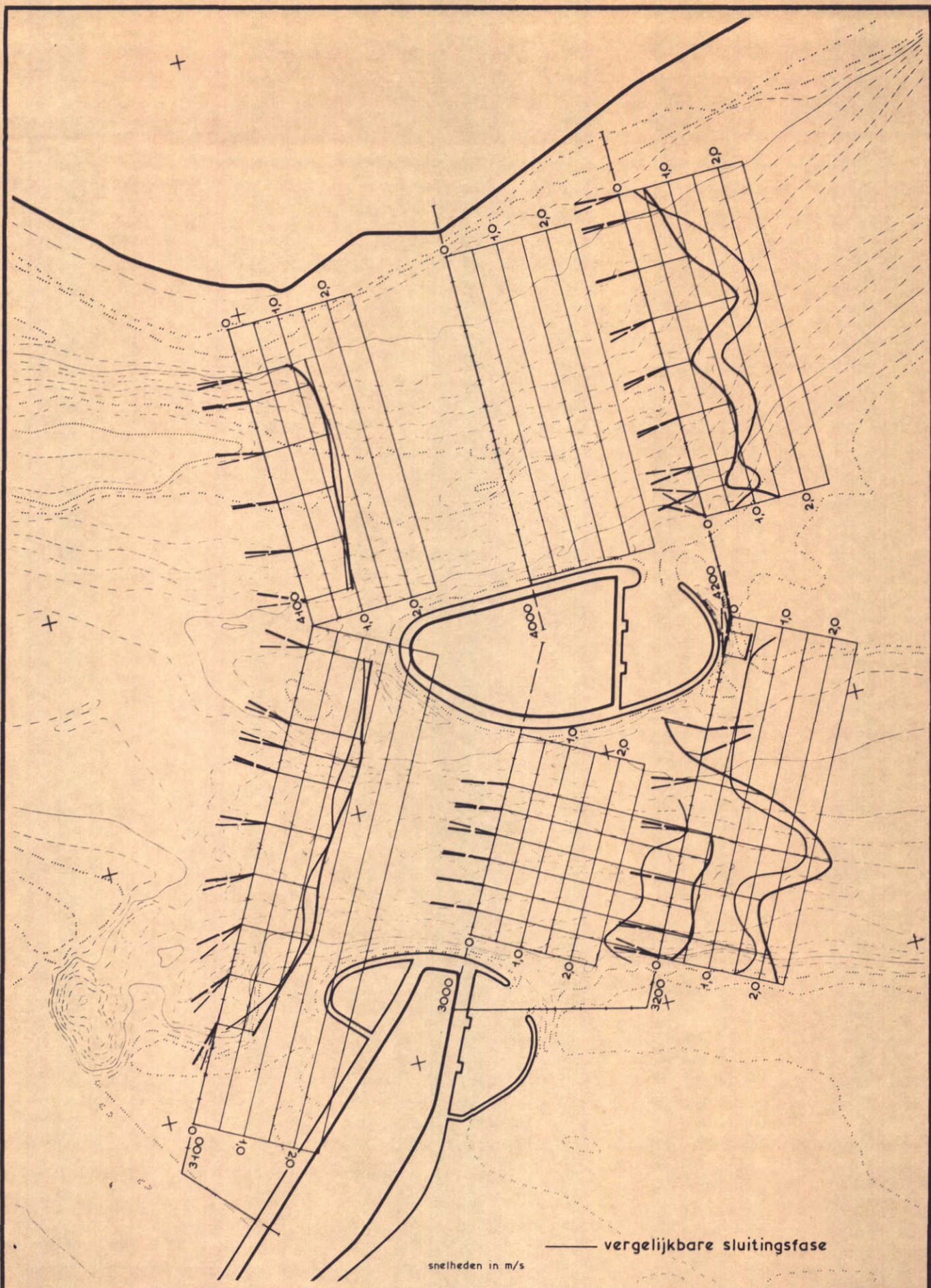
07.10.71

max. eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 14



SNELHEIDSVERDELINGEN NOORDELIJKE SLUITGATEN

T 83

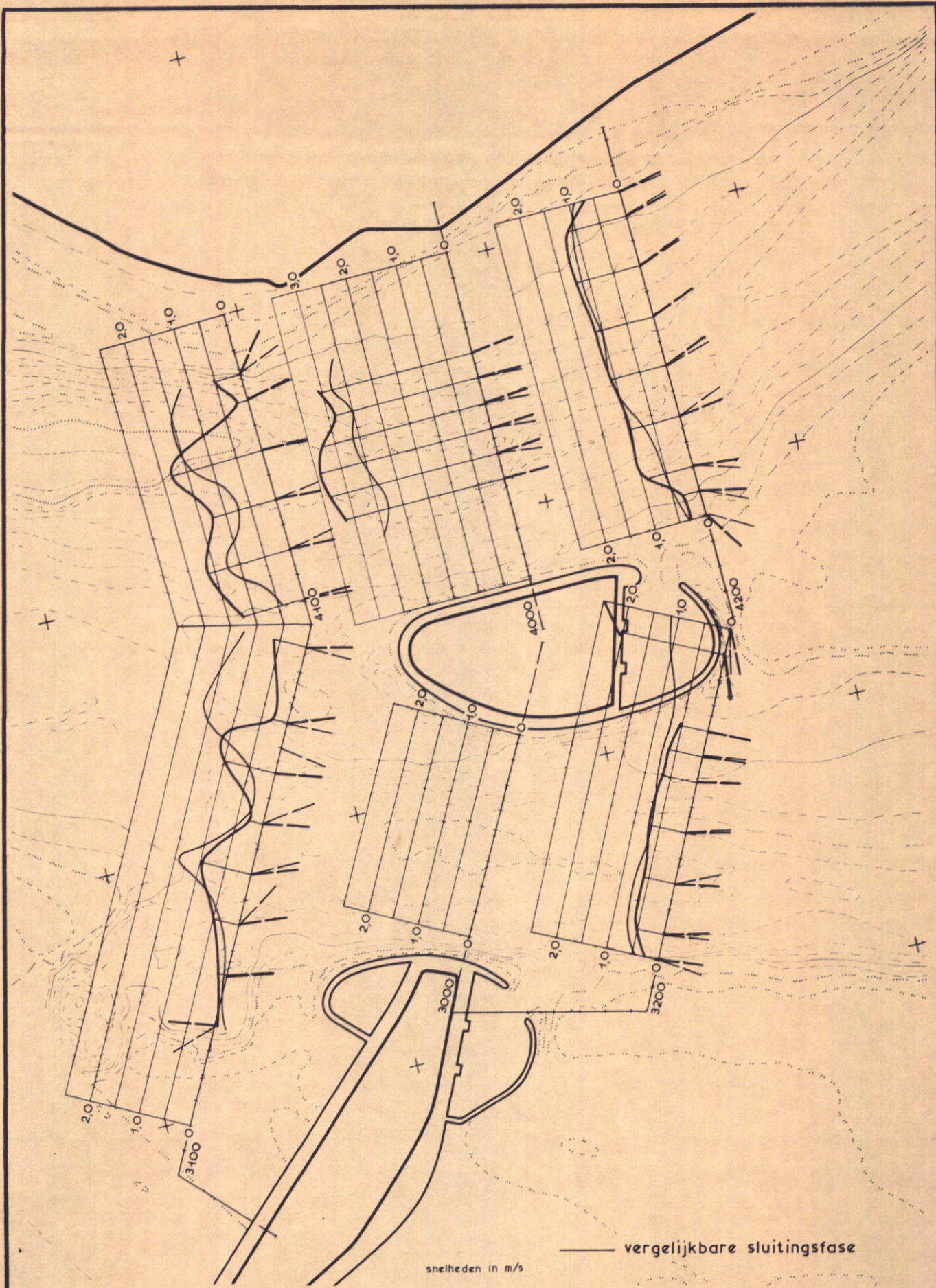
07.10.71

max. vloed

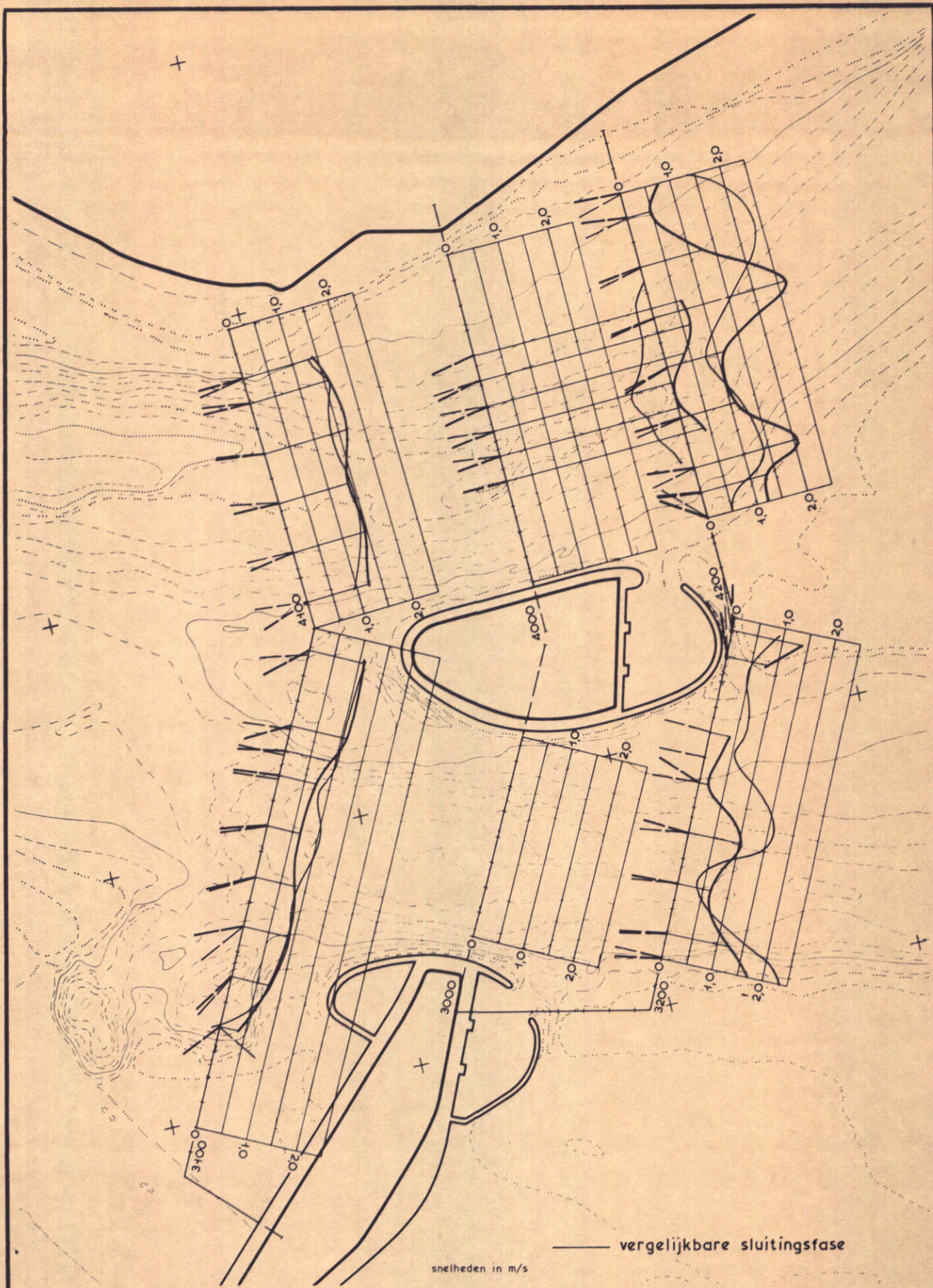
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

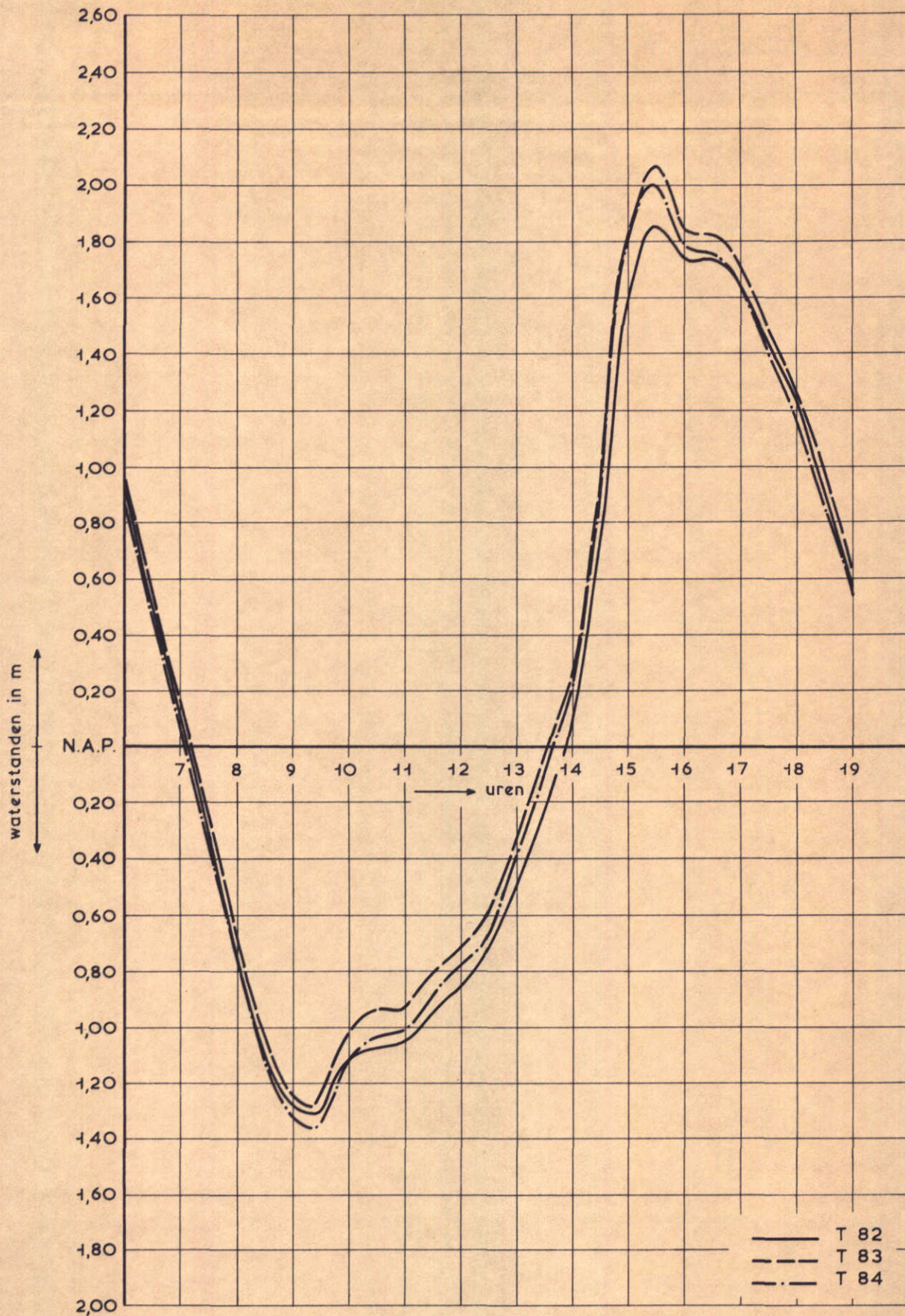
FIG. 15



SNELHEIDSVERDELINGEN NOORDELIJKE SLUITGATEN	T 84	07.10.71
	max. eb	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 1000	FIG. 16



SNELHEIDSVERDELINGEN NOORDELIJKE SLUITGATEN	T 84	07.10.71
	max. vloed	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 1000	FIG. 17



WATERSTANDEN

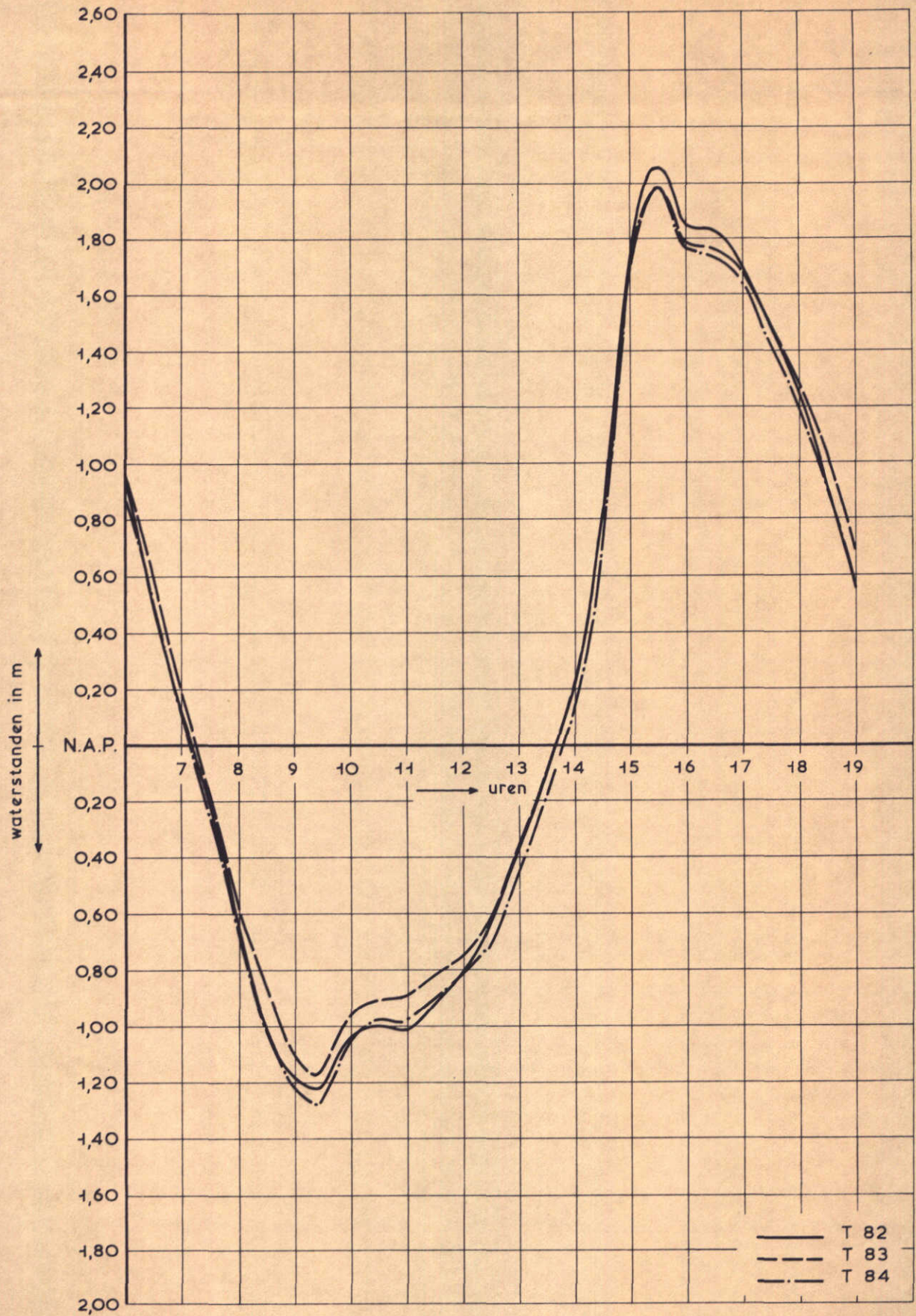
07.10.71

MEETPUNT A

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 18



WATERSTANDEN

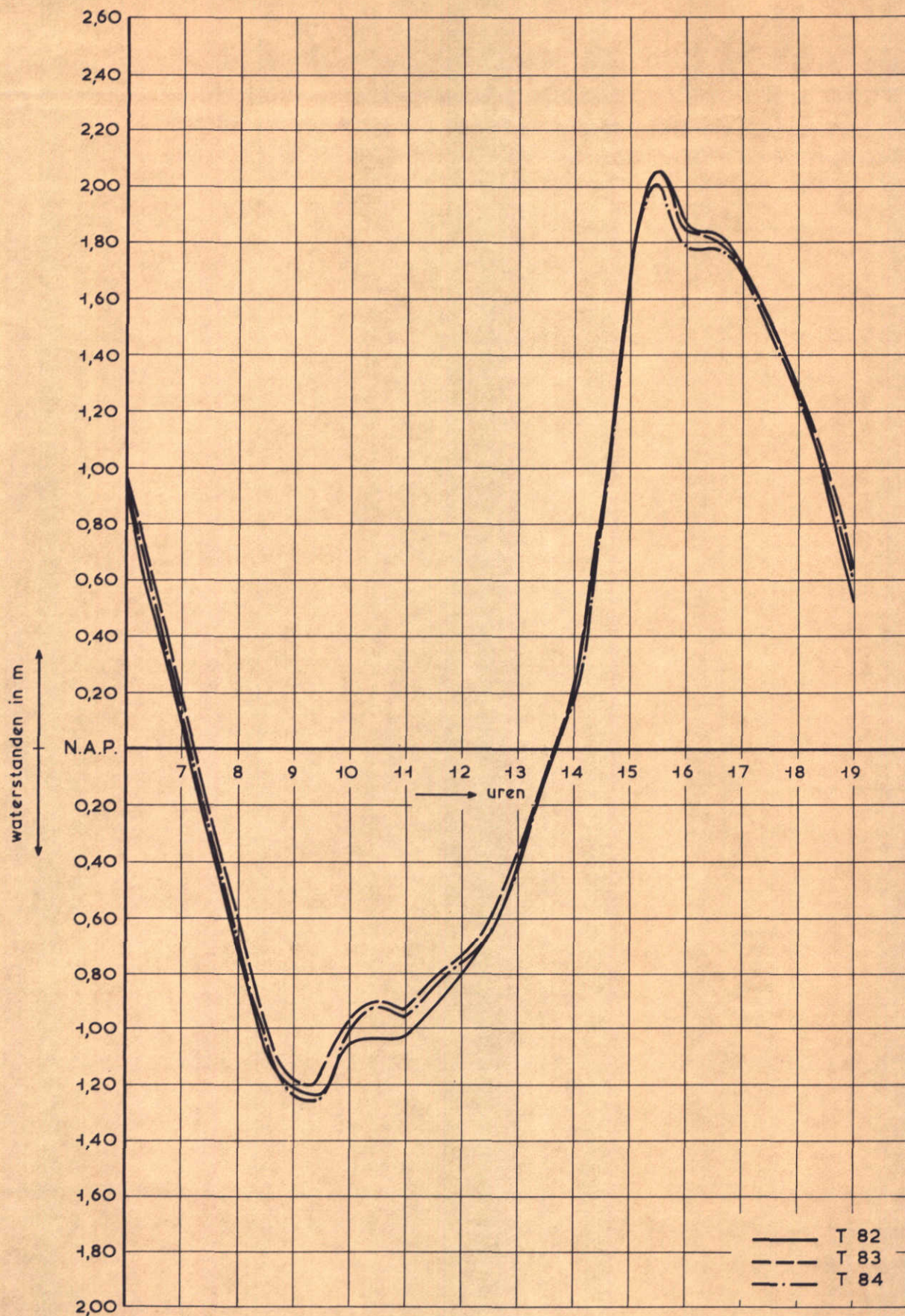
07.10.71

MEETPUNT B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 19



WATERSTANDEN

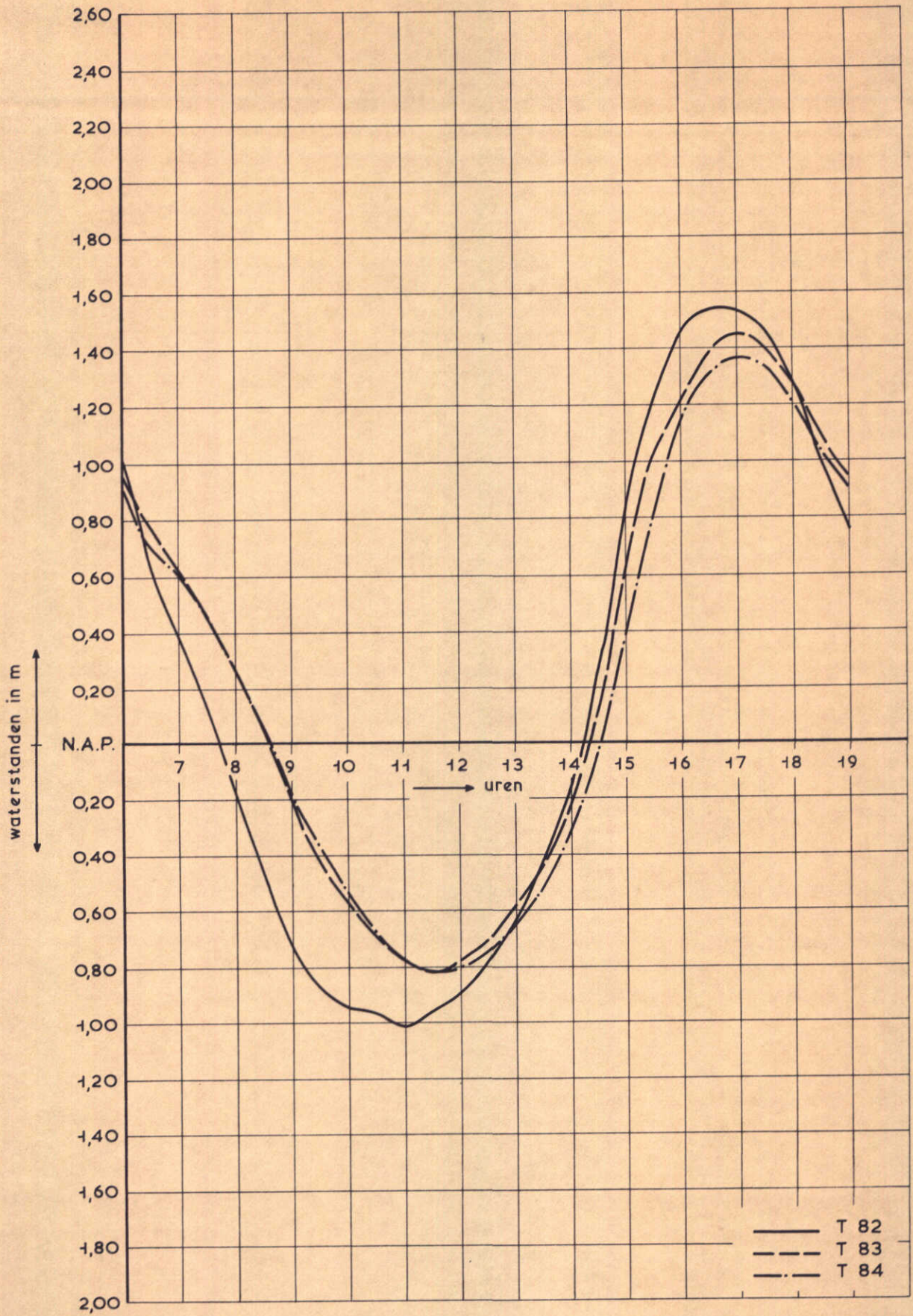
07.10.71

MEETPUNT C

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 20



WATERSTANDEN

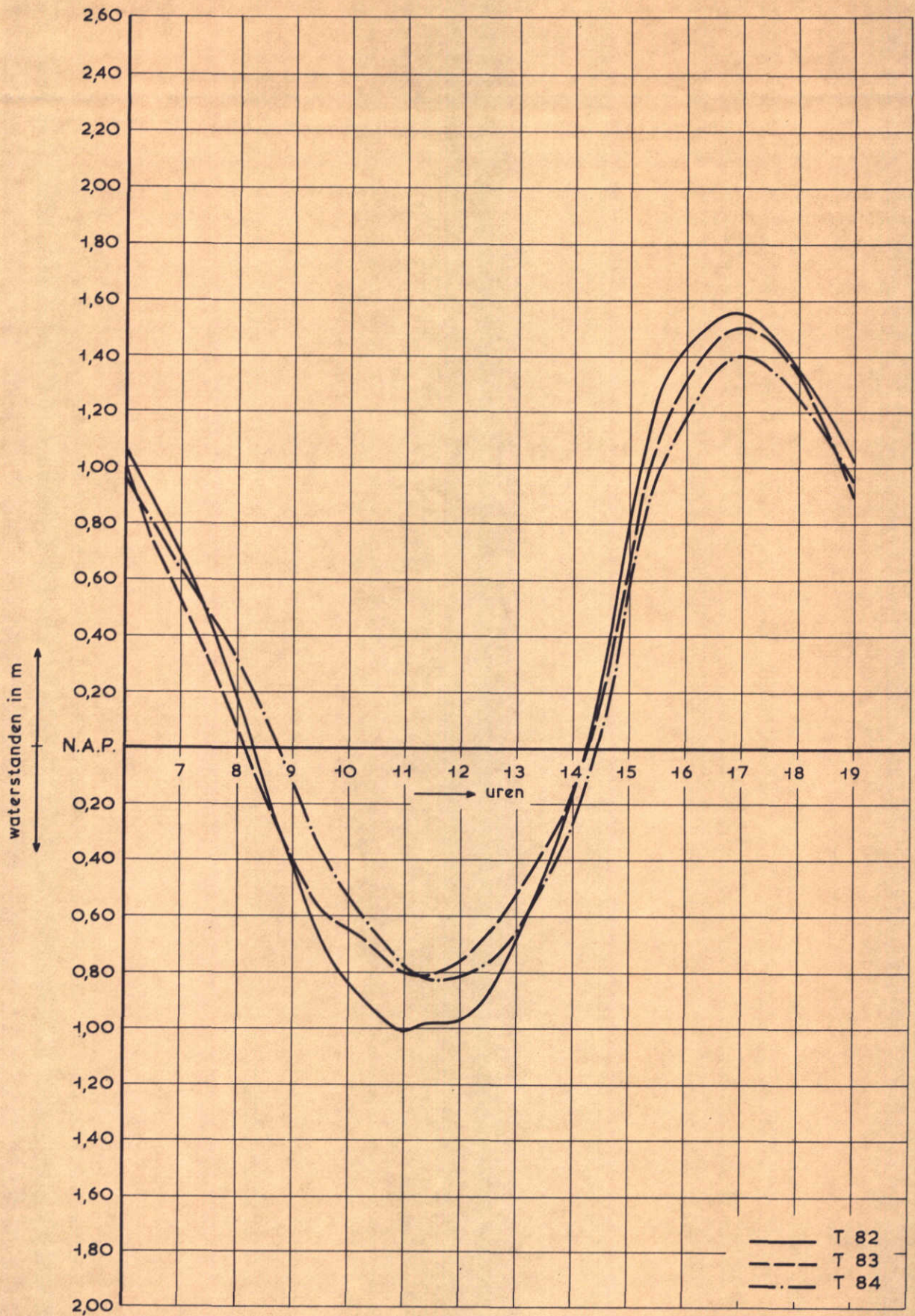
07.10.71

MEETPUNT D

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 21



WATERSTANDEN

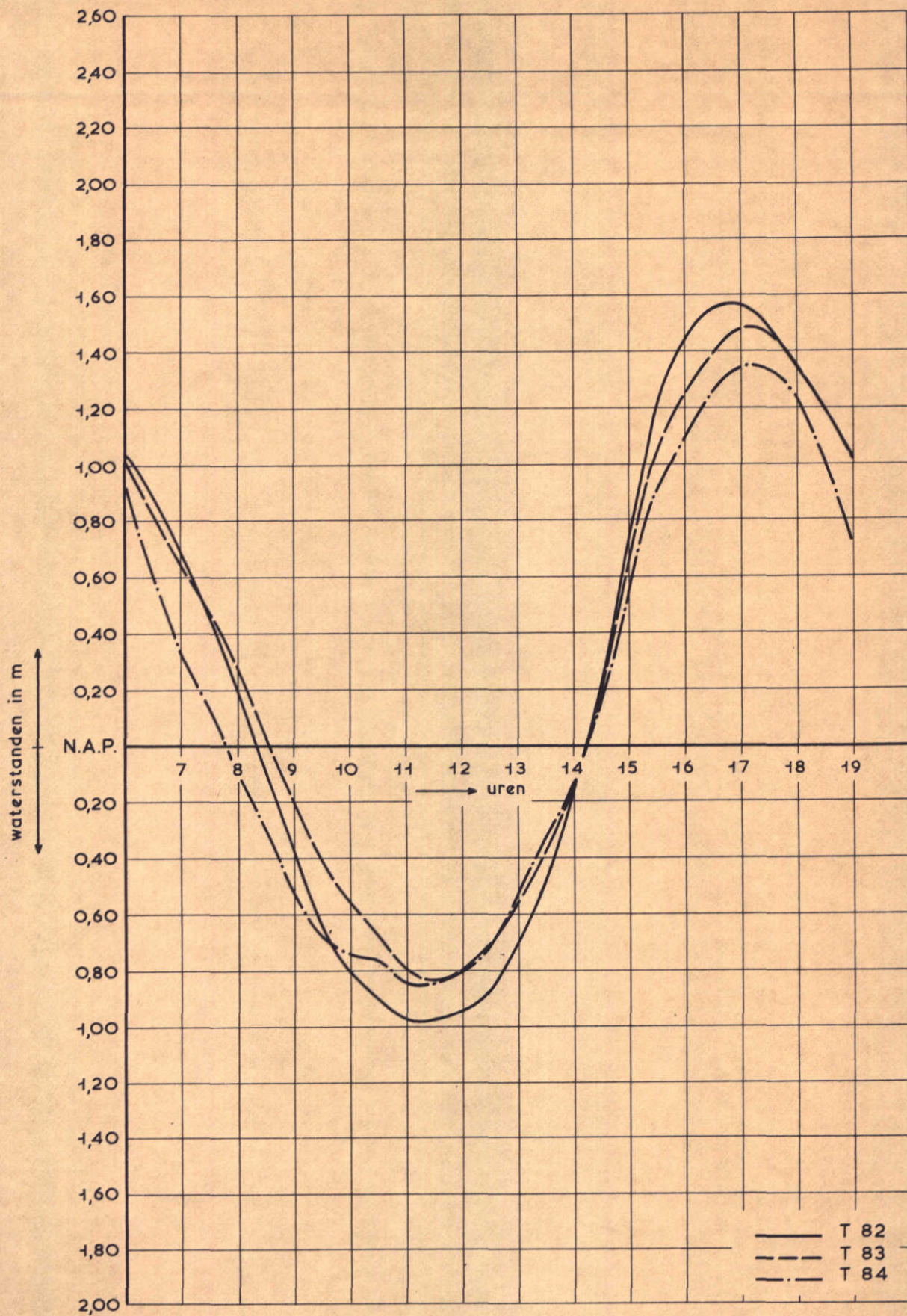
07.10.71

MEETPUNT E

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 22



WATERSTANDEN

07.10.71

MEETPUNT F

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 23

6. Snelheidsvergelijking benedenstrooms blokkendam

(Brief van 19 december 1974; kenmerk V8260/M1000/vWij/GB)

Inhoud

	blz.
6.1 <u>Inleiding</u>	1
6.2 <u>Onderzoek invloed meetmethode</u>	2
6.2.1 Opzet.....	2
6.2.2 Resultaten.....	2
6.3 <u>Onderzoek invloed bouwwijze blokkendam</u>	4
6.3.1 Opzet.....	4
6.3.2 Resultaten.....	5
6.4 <u>Reproductie snelheidsmetingen</u>	6
6.5 <u>Samenvatting</u>	7

Tabellen

1 Vervallen over het sluitgat in m.

Figuren

- 1 en 2 Snelheidsverdelingen zuidelijk sluitgat bij blokkendam met 80% vernauwing; T60
- 3 Overzicht meetraaien
- 4 ...7 Snelheidsverdelingen; T70
- 8 Snelheidsvertikalen; T70
- 9 ...15 Snelheidsverdelingen; T73A...C
- 16...21 Stroombeelden zuidelijk sluitgat; T73A
- 22 Vergelijking snelheidsverdelingen; T60, T70 en T73A

6.1 Inleiding

Het blijkt, dat bij de bouwfasen met een relatief grote vernauwing (met name de bouwfasen van 60% vernauwing en meer) de snelheidsverdelingen benedenstrooms van de blokkendam in het getijmodel (M 1000) anders zijn dan in het detailmodel van de sluitgaten (M 1001). Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in de figuren 1 en 2 voor een bouwfase van 80% vernauwing in het zuidelijk sluitgat bij respectievelijk maximum eb en maximum vloed (T60). Naast de snelheidsverdelingen zijn tevens de belangrijkste stroomlijnen aangegeven.

Kenmerkend voor het verschil in snelheidsverdeling zijn de kleinere stroomsnelheden in M 1000 in het midden van de geul en de grotere stroomsnelheden aan de oevers. Uit de stroomlijnen blijkt, dat in M 1000 de kontraktie veel groter is. Zowel bij maximum eb als maximum vloed treden aan de noordzijde van de geul in M 1001 geen neren op. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de afwezigheid van getij. De neer aan de zuidzijde van de geul is voor maximum vloed in M 1000 in horizontale richting meer uitgebreid. Oorzaak hiervan is waarschijnlijk de samentrekking van het model.

De grotere stroomsnelheden aan de oevers in M 1000 kunnen worden verklaard uit het optreden van de hiervoor genoemde neren en de daarmee samenhangende grotere kontraktie in dit model.

Voor de kleinere stroomsnelheden in het midden van de geul zijn een aantal verklaringen mogelijk:

- als gevolg van de uitgestrektheid van de bodemmeer in de diepe delen van de geul kunnen onderin de snelheidsvertikaal tegengesteld gerichte stroomsnelheden optreden, waardoor de gemiddelde stroomsnelheid over de vertikaal wordt verkleind;
- door het zwaaien van de richtingsvanen van de stroom-richtingsmeters in de sterk turbulente stroom wordt niet de juiste stroomsnelheid gemeten.

Teneinde een beter inzicht te krijgen in de oorzaak van de kleinere stroomsnelheden in het midden van de geul is het hierna beschreven onderzoek uitgevoerd.

In par. 6.2 wordt ingegaan op de invloed van de meetmethode, terwijl in par. 6.3 de invloed van de bouwwijze van de blokkendam wordt beschreven. In par 6.4 tenslotte wordt ingegaan op de reproductie van de snelheidsmetingen.

6.2 Onderzoek invloed meetmethode

6.2.1 Opzet

De invloed van de meetmethode is onderzocht voor de situatie met een vernauwing door de blokkendam van 80%. Hierbij zijn in een aantal raaien oostelijk van de blokkendam de stroomsnelheden gemeten (T70). Het betreft de volgende raaien (zie ook figuur 3):

R12 op 800 m van de as van de blokkendam

R17 op 1200 m van de as van de blokkendam

R18 op 1600 m van de as van de blokkendam

R19 op 2000 m van de as van de blokkendam.

De metingen zijn uitgevoerd met stroom-richtingsmeters. Alleen in raai R12 zijn ook metingen verricht met micromolens zonder vaan, waardoor een betere overeenkomst wordt verkregen met de meetmethode in het detailmodel.

De bodemligging komt overeen met de peilingen van 1967 met aanpassingen in het tracé-gebied volgens de peilingen van december 1971.

Het instelgetij is het getij van 7 oktober 1971. De getijrijzing en -daling te Burghsluis bij open Oosterschelde bedraagt voor dit getij respektievelijk 3,23 m en 2,96 m.

6.2.2 Resultaten

In de figuren 4 tot en met 7 worden voor de maximum vloed de in de raaien gemeten snelheidsverdelingen gegeven. Het blijkt, dat de tendens van kleine stroomsnelheden in het midden van de geul zich over grote afstand benedenstrooms voortzet.

Figuur 8 geeft voor raai R12 een aantal snelheidsvertikalen. Per meetpunt in de vertikaal is tevens de hoek φ , die de snelheidsvector maakt met de raai, gegeven. Een hoek $\varphi = 90^{\circ}$ wil zeggen, dat de snelheidsvector loodrecht staat op de raai in de vloedrichting. Een hoek $\varphi = 270^{\circ}$ betekent, dat de snelheidsvector loodrecht staat op de raai in de ebrichting. Het blijkt, dat in geen enkele vertikaal de stroomsnelheid in het onderste meetpunt qua richting aanzienlijk afwijkt van de stroomsnelheid in de overige meetpunten. Wel treden per meetpunt met name voor de vertikalen 1216 en 1220 grote afwijkingen in de richting op ten opzichte van het gemiddelde van de gehele vertikaal ($\bar{\varphi}$). Dit duidt op het zwaaien van de richtingsvanen van de stroom-richtingsmeters in

de sterk turbulente stroom. De snelheidsverdeling van raai R12 is tevens gemeten met micromolens zonder vaan, welke opgesteld stonden in de richting van de stroom. Het resultaat van deze meting wordt gegeven in figuur 4 (zie ook figuur 8). Het blijkt, dat de stroomsnelheden in de meetpunten 1216 en 1220 nu groter zijn, terwijl de stroomsnelheid in meetpunt 1212 kleiner is. Vergeleken met M 1001 blijven echter de stroomsnelheden in het midden van de geul te klein.

Uit het bovenstaande kan worden gekonkludeerd, dat de relatief kleine stroomsnelheden in het midden van de geul niet worden veroorzaakt door de uitgestrektheid van de bodemmeer achter de blokkendam. Een gedeeltelijke verklaring kan worden gevonden in het zwaaien van de richtingsvanen van de stroomrichtingsmeters in de turbulente stroom, waardoor te lage stroomsnelheden kunnen worden gemeten. De resterende verschillen tussen M 1000 en M 1001 op dit punt kunnen alleen worden verklaard uit de samentrekking van M 1000 en het verschil in waterbeweging (getij en permanentie).

6.3 Onderzoek invloed bouwwijze blokkendam

6.3.1 Opzet

De in het getijmodel toegepaste blokkendam is niet-samengetrokken. De afmetingen van de dam zijn volgens de verticale schaal en enigszins aangepast, zodat een juiste afvoer karakteristiek wordt verkregen. Er is een onderzoek verricht naar de invloed van het wel of niet samengetrokken zijn van de blokkendam op de stroomverdeling benedenstrooms van de dam.

De volgende situaties zijn onderzocht:

T73A = niet-samengetrokken blokkendam; gebruikelijke vorm

T73B = samengetrokken, ondoorlatende blokkendam

T73C = samengetrokken, doorlatende blokkendam.

Alle situaties hebben dezelfde vernauwing in het sluitgat van 80% ten opzichte van N.A.P. De samengetrokken doorlatende blokkendam is zodanig opgebouwd, dat het juiste debiet door de dam optreedt als functie van het verval over de dam. Per toestand zijn de stroomsnelheden gemeten in een zevental raaien, te weten (zie figuur 3):

R14 op 1200 m westwaarts van de as van de blokkendam

R11 op 800 m westwaarts van de as van de blokkendam

R15 op 400 m westwaarts van de as van de blokkendam

R10 in de as van de blokkendam

R16 op 400 m oostwaarts van de as van de blokkendam

R12 op 800 m oostwaarts van de as van de blokkendam

R17 op 1200 m oostwaarts van de as van de blokkendam

Alle metingen zijn uitgevoerd met stroom-richtingsmeters.

De bodemligging bij de toestanden T73A en T73B is als bij het onderzoek beschreven in paragraaf 6.2. Door een tussentijdse bodemaanpassing (volgens de peilingen van september 1972) is bij toestand T73C de zuigput oostelijk van damkop Noordland enigszins groter). Het instelgetij is het getij van 7 oktober 1971.

6.3.2 Resultaten

De figuren 9 tot en met 15 geven de snelheidsverdelingen voor elke toestand per raai zowel voor maximum eb als voor maximum vloed. Gelet op de vorm van de snelheidsverdelingen treden geen opmerkelijke verschillen op tussen de verschillende situaties. De tendens van de kleine stroomsnelheden benedenstrooms van de dam in het midden van de geul en de grote stroomsnelheden aan de oevers is bij elke situatie aanwezig. Het enige verschil is de plaats van de kleine stroomsnelheid in de raai. Het blijkt bovendien, dat de absolute waarden van de stroomsnelheid voor T73B iets kleiner zijn dan voor T73A, terwijl de stroomsnelheden bij T73C aanzienlijk groter zijn. De kleinere stroomsnelheden bij T73B kunnen worden verklaard uit een geringe afname van het totale debiet (over en door de blokkendam) als gevolg van het wegvallen van het debiet door de (ondoorlatende) dam, ondanks een toename van het debiet over de dam als gevolg van de iets grotere vervallen bij T73B (zie tabel 1). De grotere vervallen bij T73B ten opzichte van T73A komen ook tot uiting in figuur 12, waar de stroomsnelheden boven de blokkendam voor T73B groter zijn. De grotere stroomsnelheden bij T73C duiden op een groter totaal debiet. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een niet juiste opbouw (te groot poriënvolume) van de samengetrokken doorlatende dam, waardoor het debiet door de dam te groot is. De toename van het debiet door de dam is groter dan de afname van het debiet over de dam als gevolg van de kleinere vervallen bij T73C (zie tabel 1). Er moet nog worden opgemerkt, dat de in figuur 14 gegeven snelheidsverdeling voor T73C verder kon worden doorgezet vanwege de aanwezigheid van de zuigput daar ter plaatse in het model tijdens de meting (uitgevoerd na tussentijdse bodemaanpassing).

De figuren 16 tot en met 21 geven het stroombeeld voor elke toestand zowel voor maximum eb als maximum vloed. Het blijkt, dat bij T73B de grootste contractie optreedt en bij T73A de kleinste, terwijl het nerenpatroon aan de noordzijde van het sluitgat per toestand verschillend is. Grote afwijkingen in stroombeeld treden echter niet op.

Uit het bovenstaande kan worden gekonkludeerd, dat wat de snelheidsverdeling achter de blokkendam betreft, het nauwelijks uitmaakt of de blokkendam samengetrokken is of niet. Voor een juist debiet moet de dam doorlatend zijn. Modeltechnisch is een juiste doorlatendheid met een niet-samengetrokken dam gemakkelijker te realiseren.

6.4 Reproductie snelheidsmetingen

Bij het hiervoor beschreven onderzoek komen drie dezelfde situaties voor, waardoor het mogelijk is de reproduceerbaarheid van deze situaties te bestuderen. Het betreft de toestanden T60, T70 en T73A. In figuur 22 worden de snelheidsverdelingen van raai R12 voor deze toestanden met elkaar vergeleken. Het blijkt, dat de overeenkomst tussen de toestanden T70 en T73A op enkele kleine afwijkingen na goed is. De toestand T60 wijkt op enkele plaatsen in de raai sterk af van de andere toestanden. De kleine verschillen kunnen worden verklaard uit de sterke turbulentie achter de blokkendam, waardoor minder nauwkeurig kan worden gemeten. De grotere verschillen zijn mogelijk het gevolg van een verschil in bouw van de blokkendam (hoogte van de kruin). De bodemligging was bij alle toestanden exact hetzelfde, zodat deze geen aanleiding kan geven tot verschillen. Voor het grote verschil in meetpunt 1232 is geen verklaring gevonden.

Uit het bovenstaande kan worden gekonkludeerd, dat een redelijke reproduceerbaarheid van de stroomverdeling achter een blokkendam met grote vernauwing mogelijk is. Betere resultaten kunnen worden verkregen, indien de snelheidsverdeling meerdere malen wordt gemeten, zodat een gemiddelde verdeling kan worden bepaald.

6.5 Samenvatting

Samenvattend kan worden gesteld, dat het geen aanbeveling verdient in het getijmodel M 1000 een samengetrokken blokkendam toe te passen. Het stroombeeld achter de blokkendam verschilt nauwelijks van dat bij een niet-samengetrokken dam, terwijl het juiste debiet door de dam als functie van het verval minder nauwkeurig kan worden gerealiseerd.

De neer in het model M 1000 aan de zuidzijde van het sluitgat Roompot is te uitgestrekt, waardoor de aldaar gemeten stroomsnelheden te groot zijn. De hier in het model M 1001 gemeten stroomsnelheden zijn daarentegen juist.

Als gevolg van de permanentie treden in M 1001 aan de noordzijde van het sluitgat geen neren op, waardoor de daar gemeten stroomsnelheden te klein zijn. De op deze plaats in M 1000 gemeten stroomsnelheden zijn waarschijnlijk te groot vanwege een te sterke kontraktie.

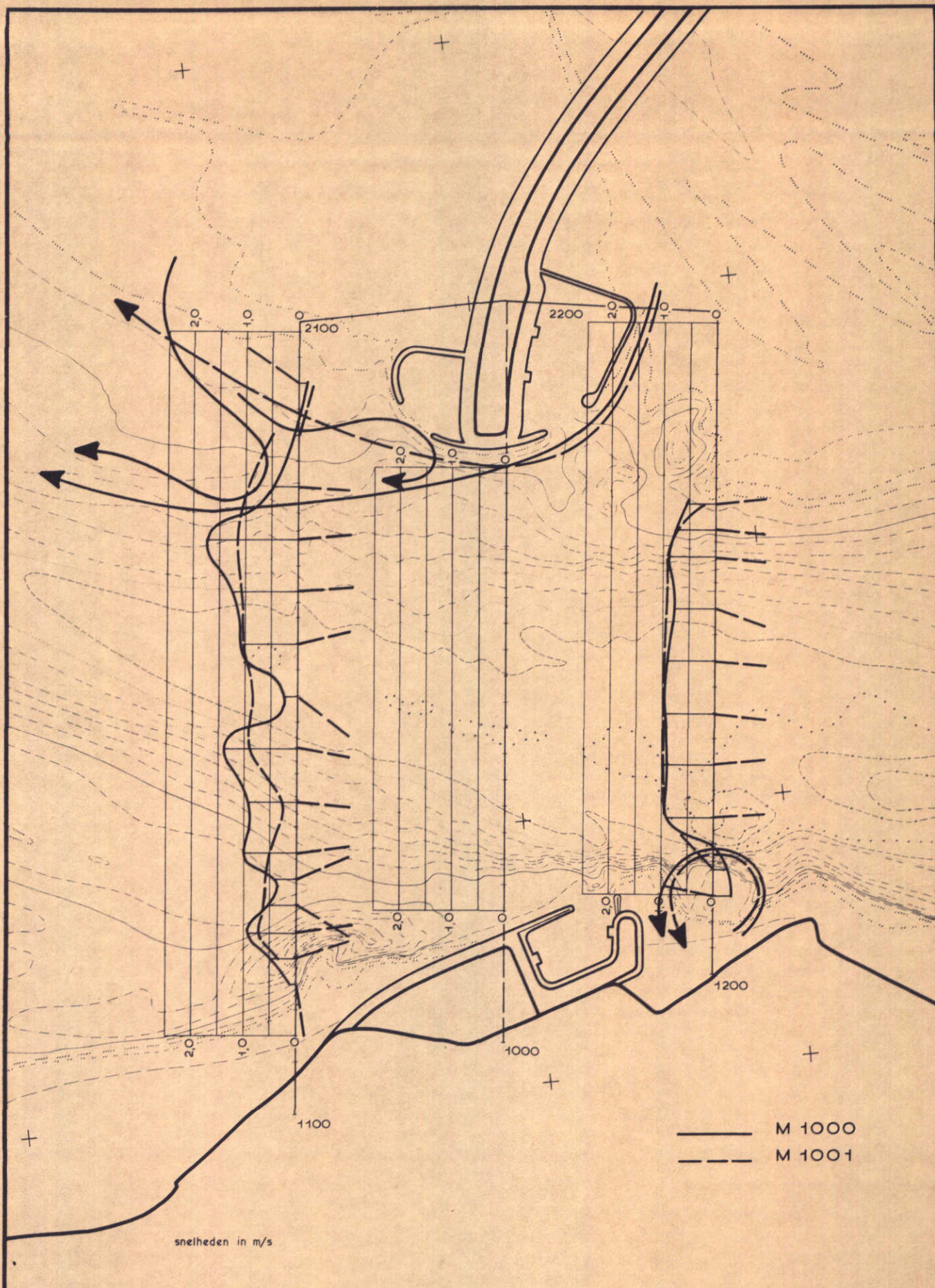
Als gevolg van de grote turbulentie en het daardoor sterk zwaaien van de richtingsvanen van de stroom-richtingsmeter worden in M 1000 in het midden van de geul te kleine stroomsnelheden gemeten. Betere resultaten kunnen worden verkregen, wanneer de meting enige malen wordt herhaald en het gemiddelde hiervan wordt genomen.

Het onderhavige onderzoek duidt erop, dat bij bouwfases met een grote vernauwing de samentrekking van invloed kan zijn op de snelheidsverdeling benedenstrooms van de blokkendam.

Uit een door het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerd onderzoek naar de afvoercoëfficiënten van sluitgaten in samengetrokken modellen (M 731 - XIV) blijkt, dat tot en met een samentrekking $n_1/n_h = 4$ (zoals bij het getijmodel van de Oosterschelde) de afvoercoëfficiënt niet wordt beïnvloed door de samentrekking. Bij samentrekkingen $n_1/n_h > 4$ is de afvoercoëfficiënt duidelijk kleiner dan die voor de niet-samengetrokken situatie. Uit bij dit onderzoek gemaakte stroombeeldfoto's en gemeten snelheidsverdelingen kan worden afgeleid, dat bij een grote verticale vernauwing de samengetrokken situatie meer kontraktie geeft dan de niet samengetrokken situatie. Dit is in overeenstemming met hetgeen bij het onderhavige onderzoek in M 1000 is gekonstateerd. Het verdient aanbeveling dit verschijnsel nader te onderzoeken.

toestand	maximum eb	maximum vloed
T60	1,16	1,15
T73A	1,23	1,20
T73B	1,33	1,25
T73C	0,98	1,12

Tabel 1 Vervallen over het sluitgat in m



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT BIJ
BLOKKENDAM MET 80 % VERNAUWING

T 60

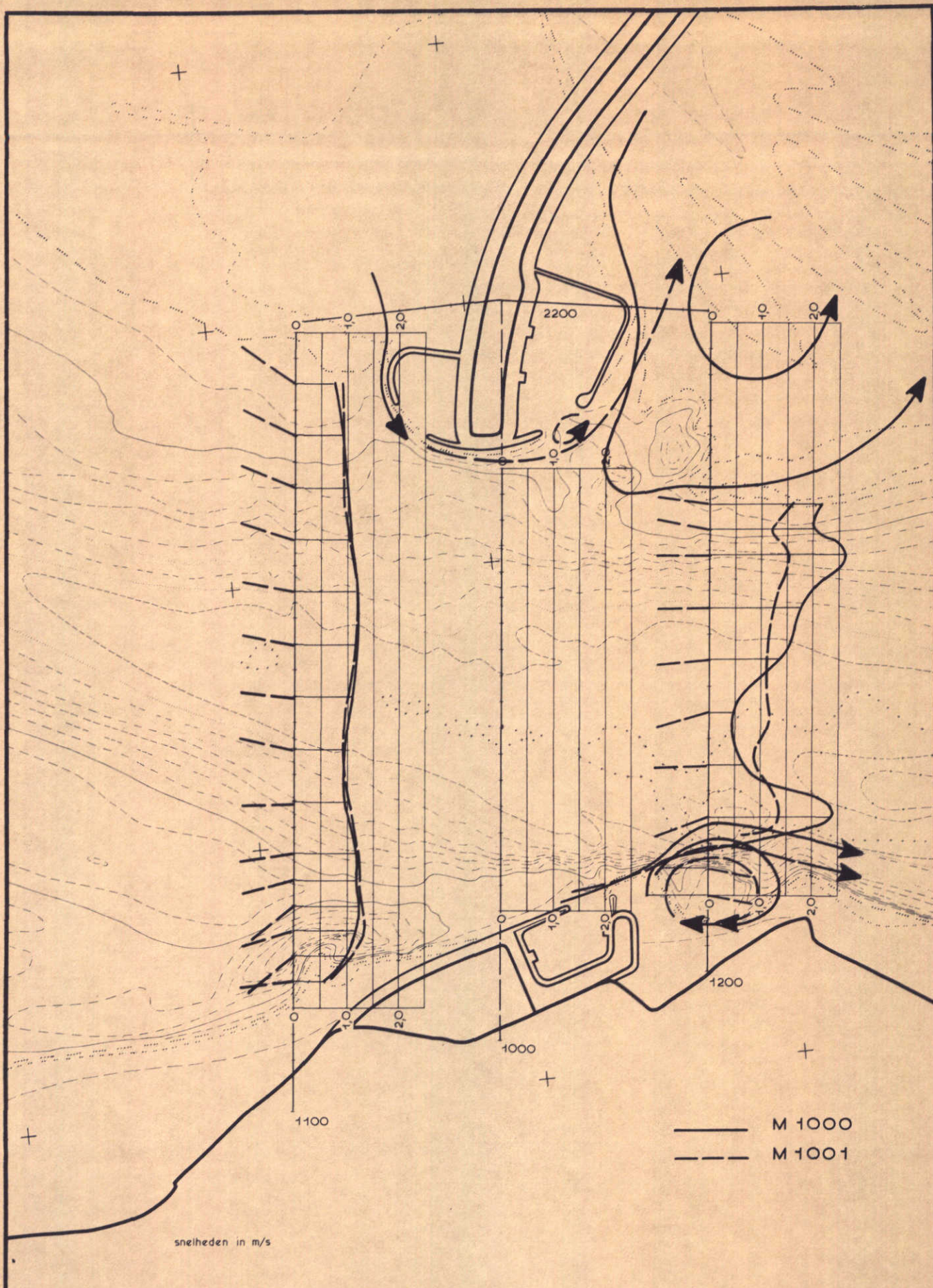
07.10.71

max. eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 1



SNELHEIDSVERDELINGEN ZUIDELIJK SLUITGAT BIJ
BLOKKENDAM MET 80 % VERNAUWING

T 60

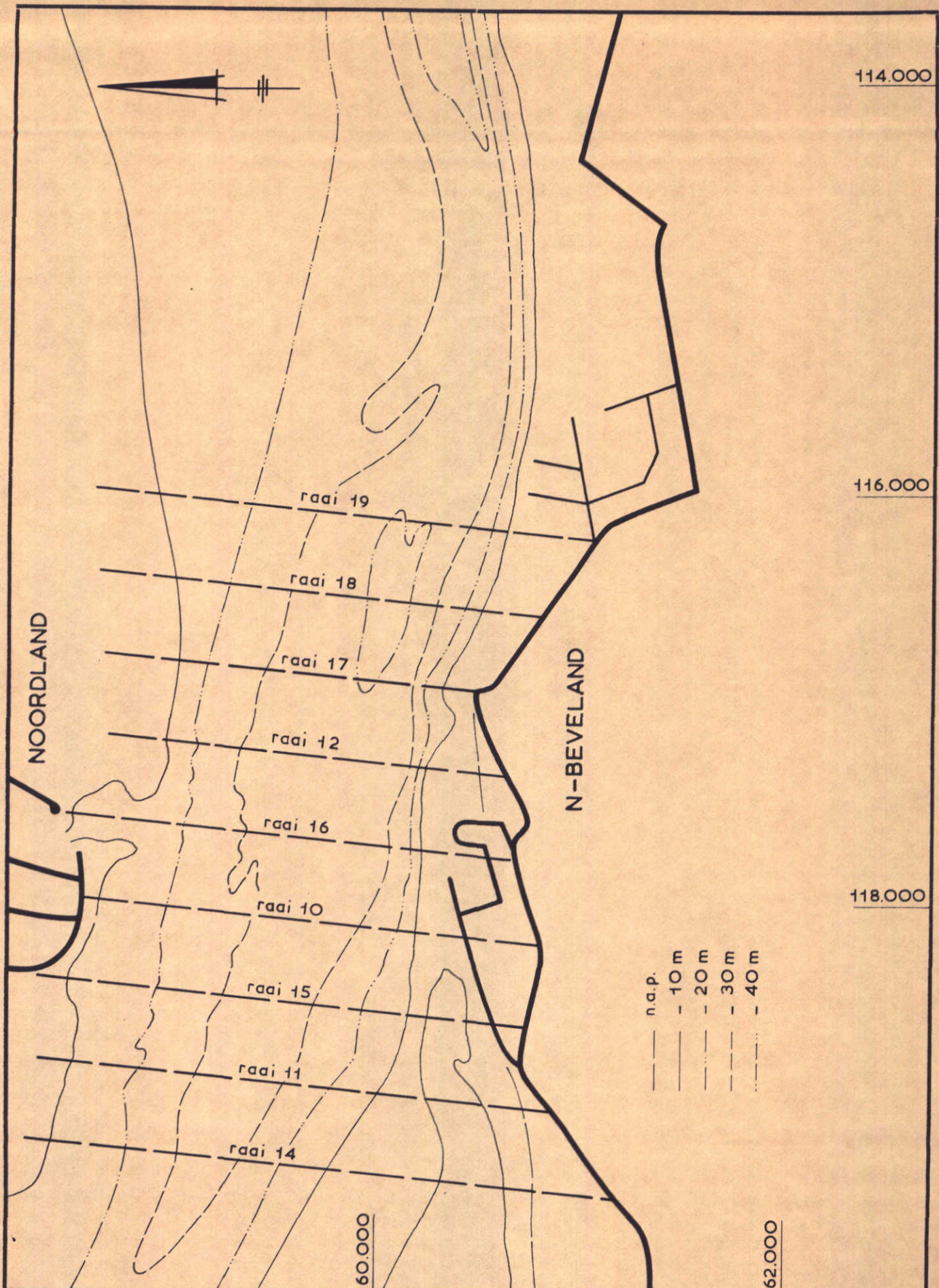
07.10.71

max. vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 2



n.a.p.	—
- 10 m	—
- 20 m	—
- 30 m	—
- 40 m	—

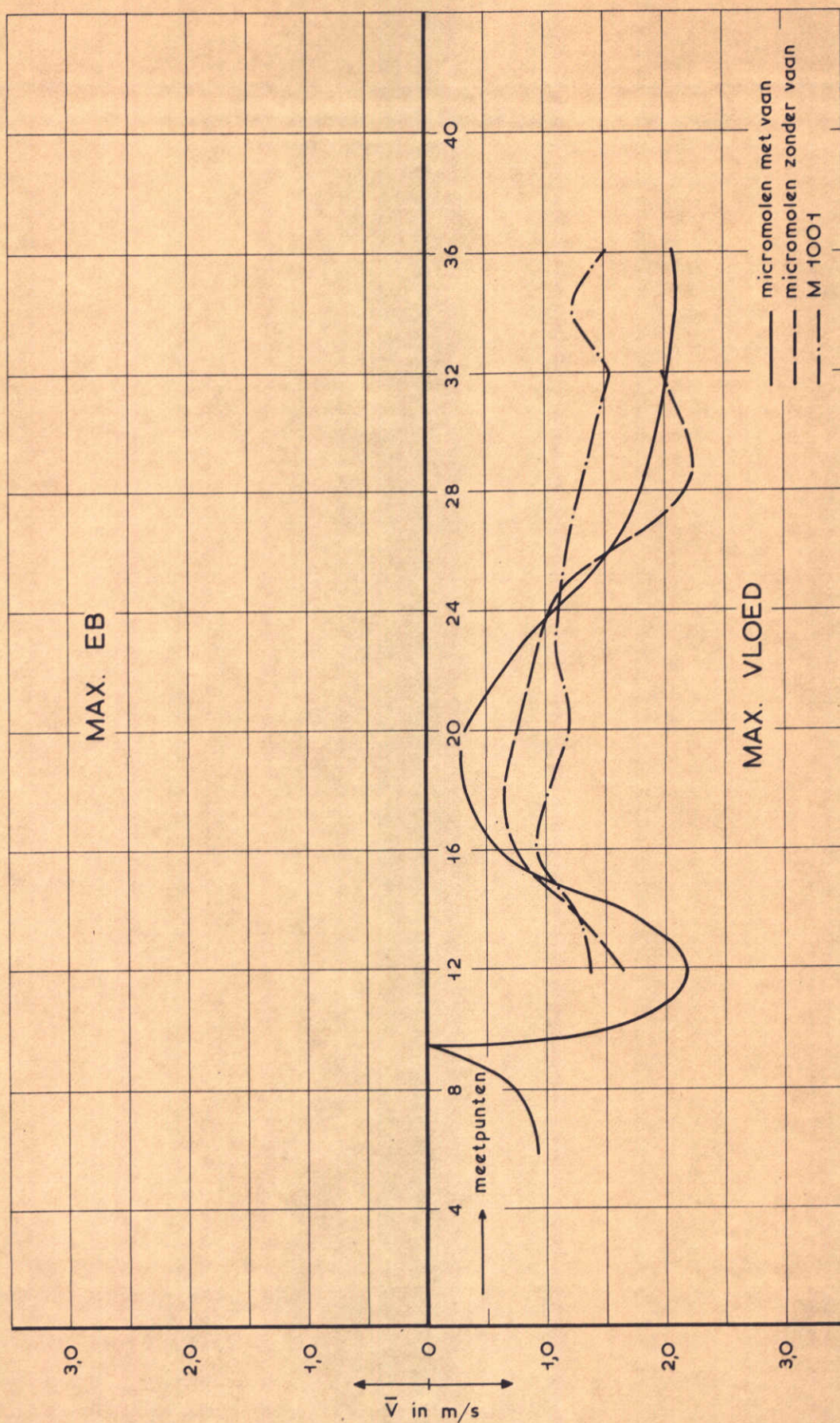
OVERZICHT MEETRAAIEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

schaal 1 : 25.000

M. 1000

FIG. 3



SNELHEIDSVERDELINGEN

T 70

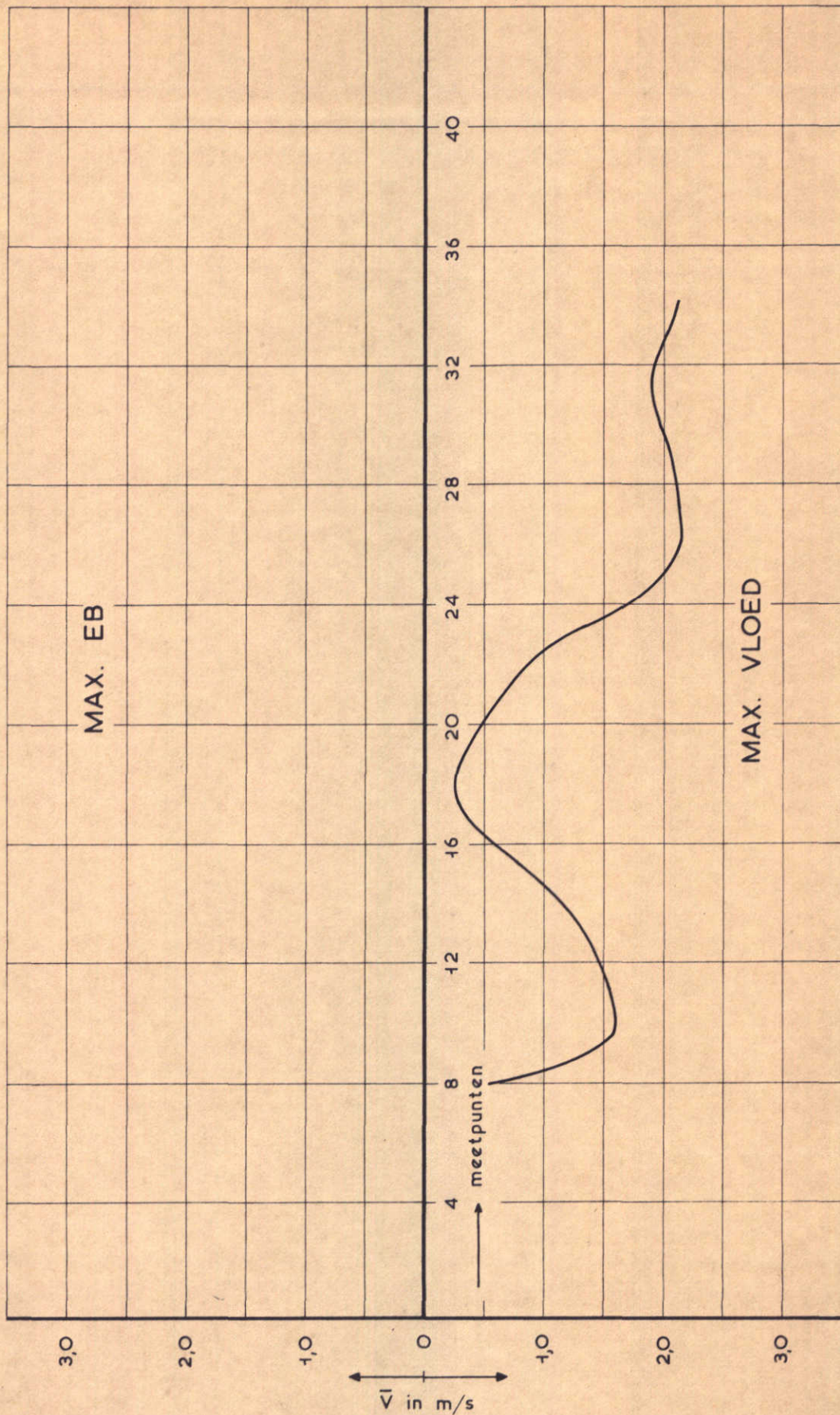
07.10.71

RAAI 12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 4



SNELHEIDSVERDELING

T 70

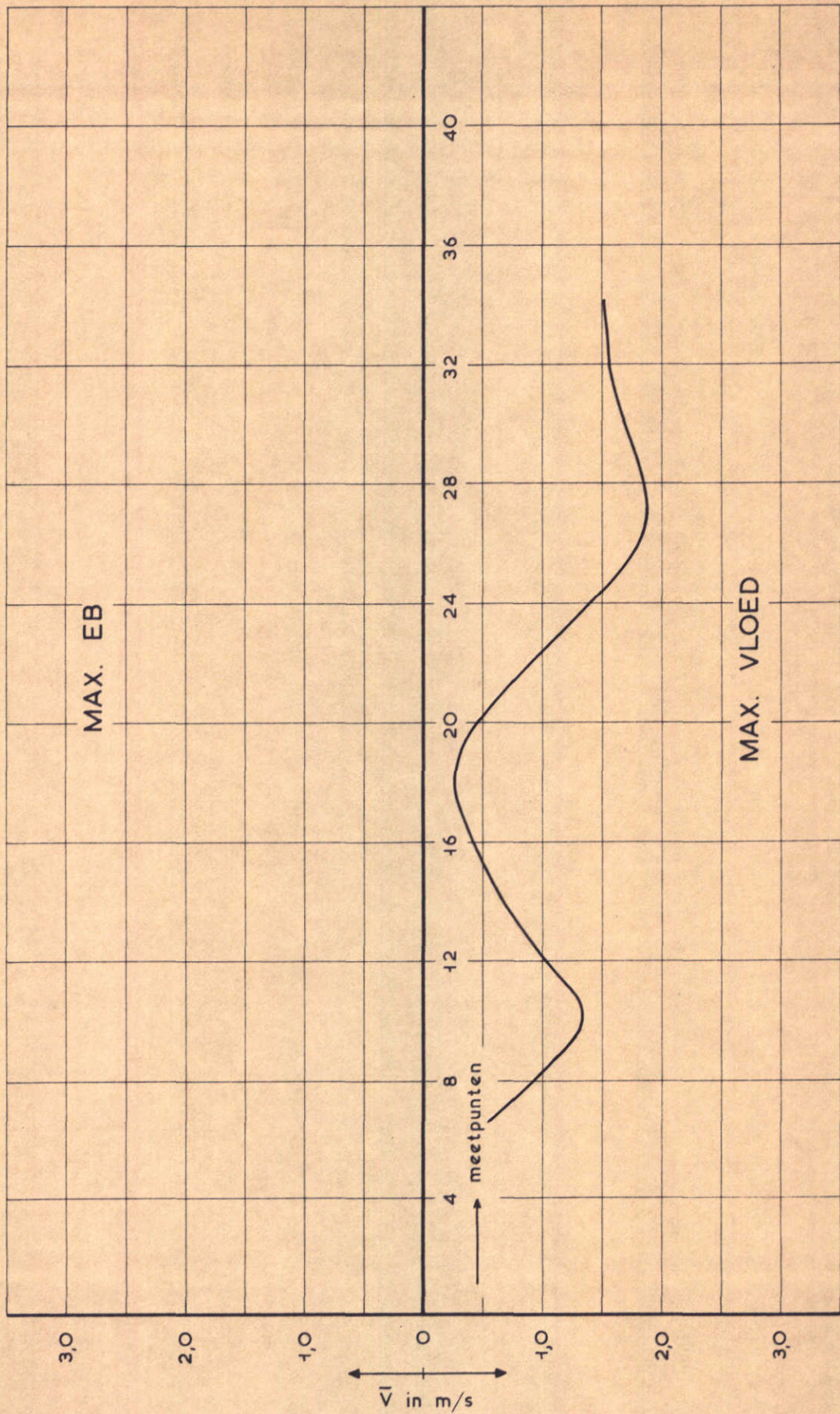
07.10.71

RAAI 17

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 5



SNELHEIDSVERDELING

T 70

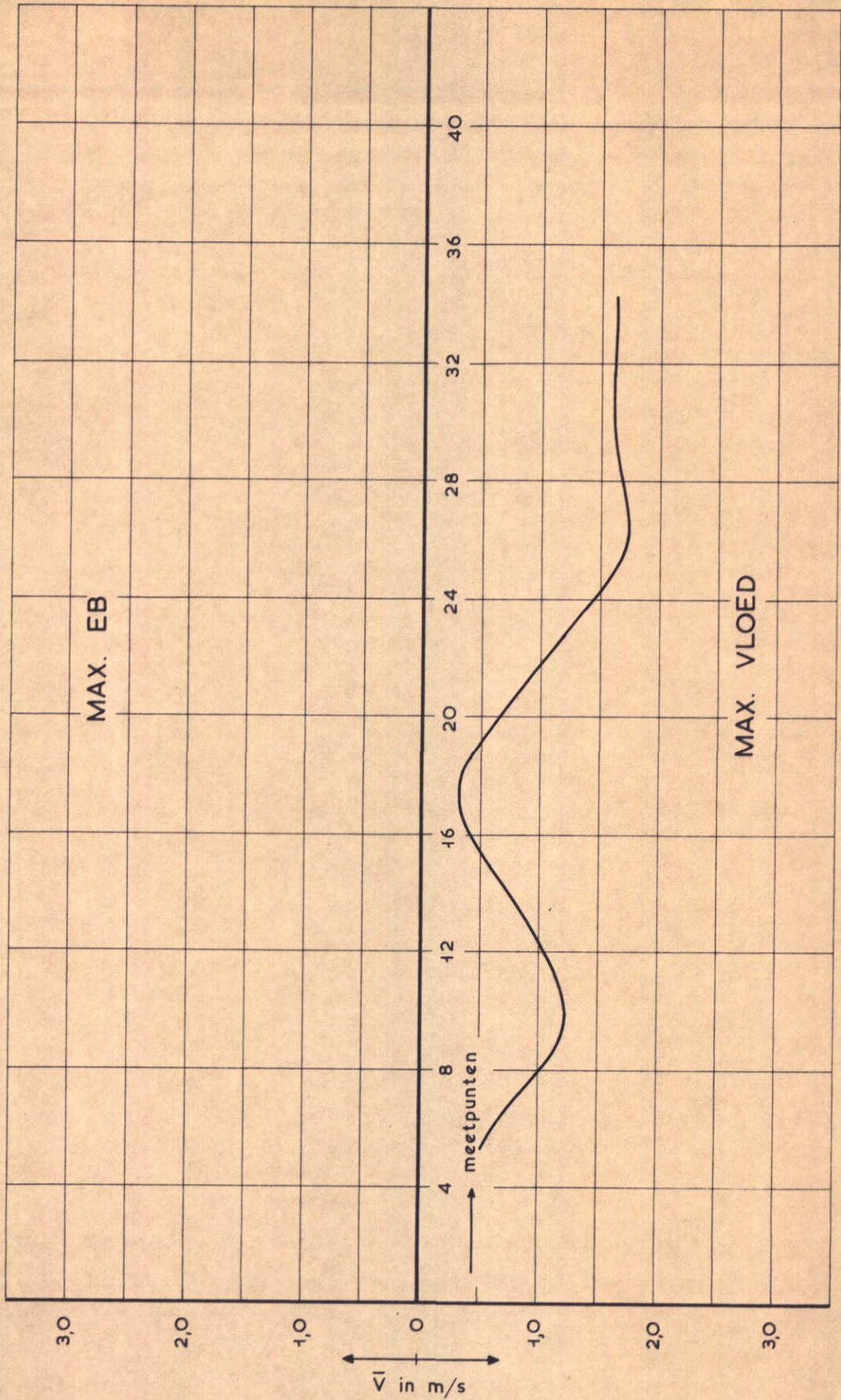
07.10.71

RAAI 18

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 6



SNELHEIDSVERDELING

T 70

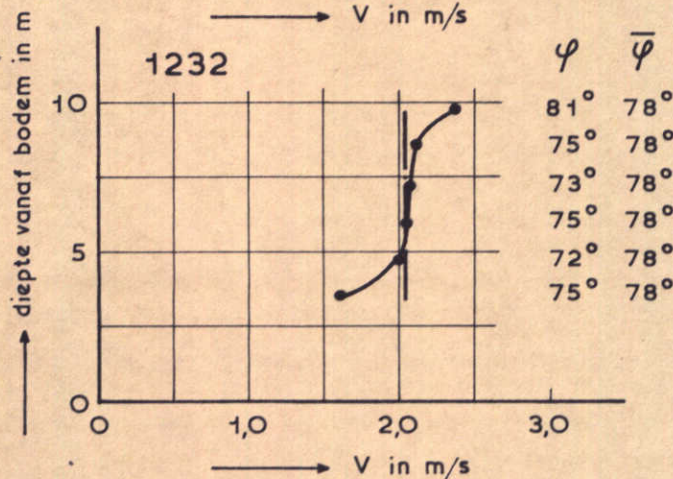
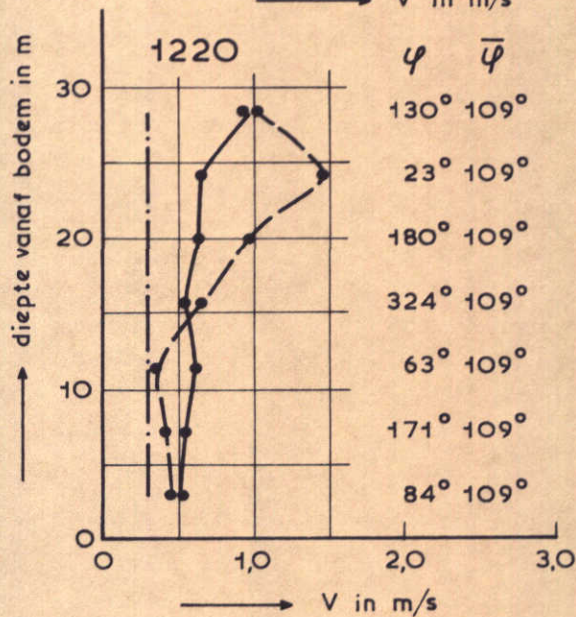
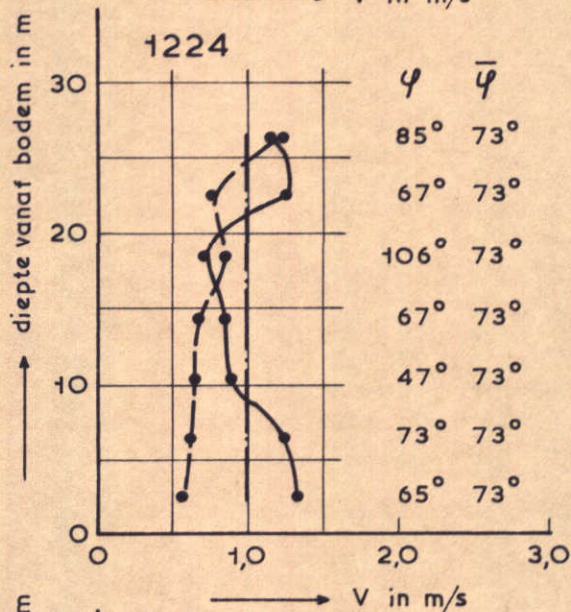
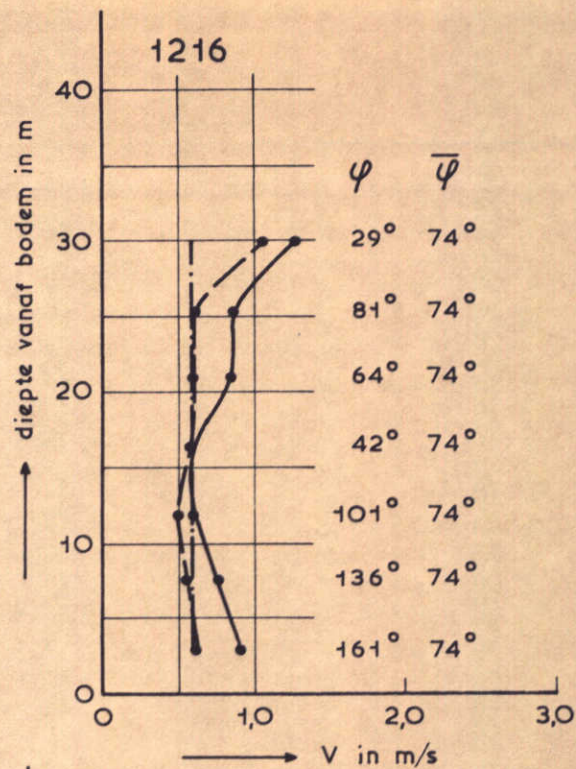
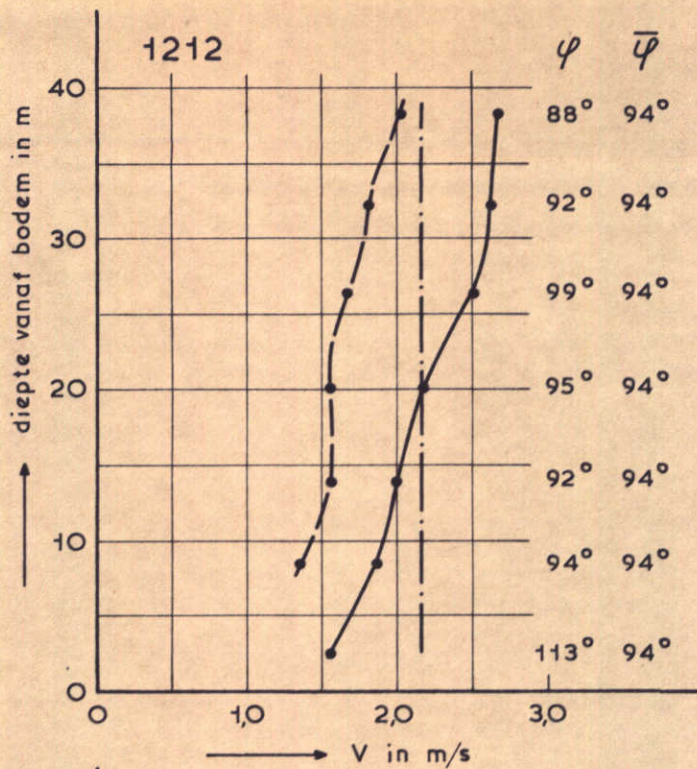
07.10.71

RAAI 19

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 7

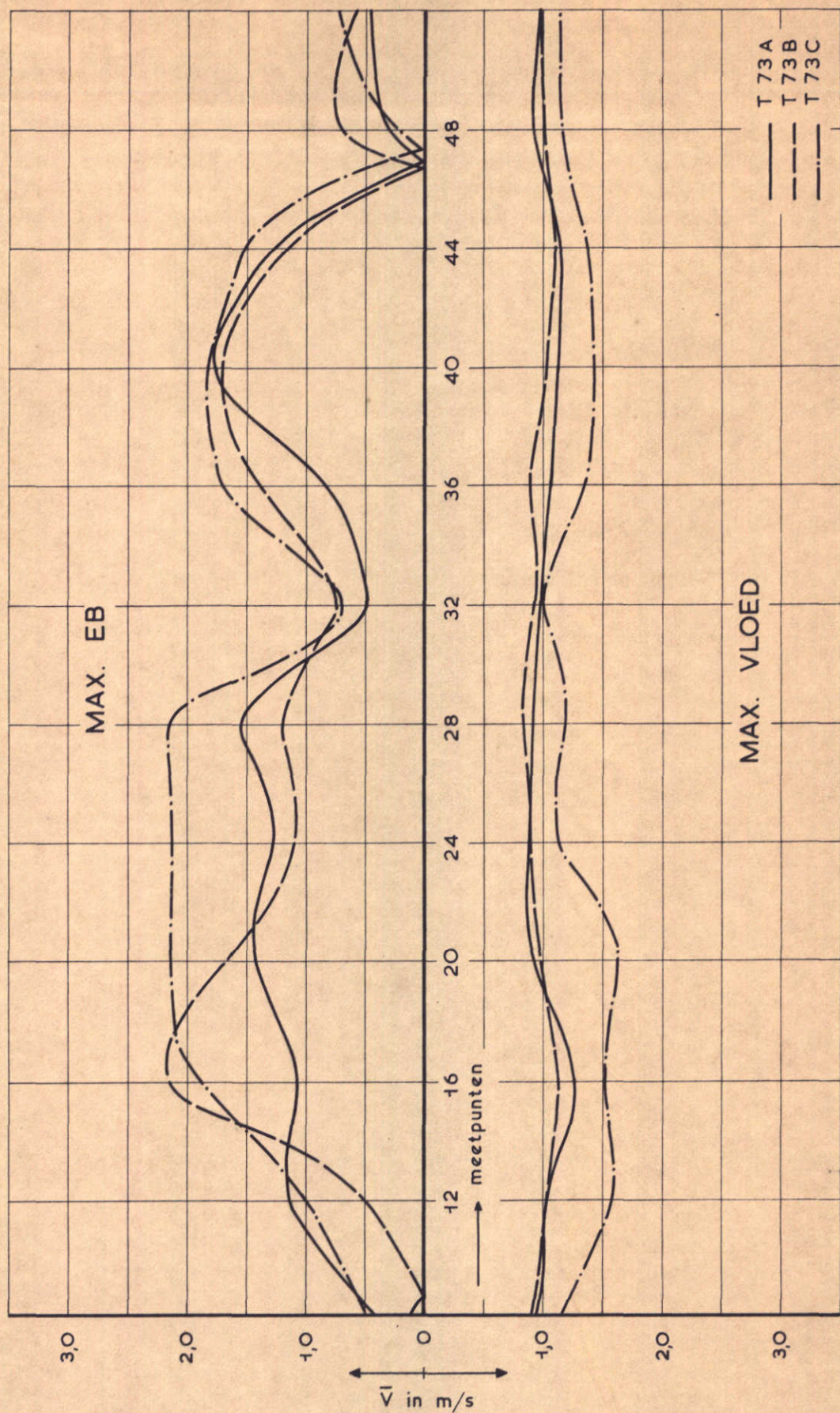


——— micromolen met vaan
 - - - micromolen zonder vaan
 - · - · gemiddelde stroomsnelheid

SNELHEIDSVERTIKALEN

T 70 | 07.10.71

max. vloed



SNELHEIDSVERDELINGEN

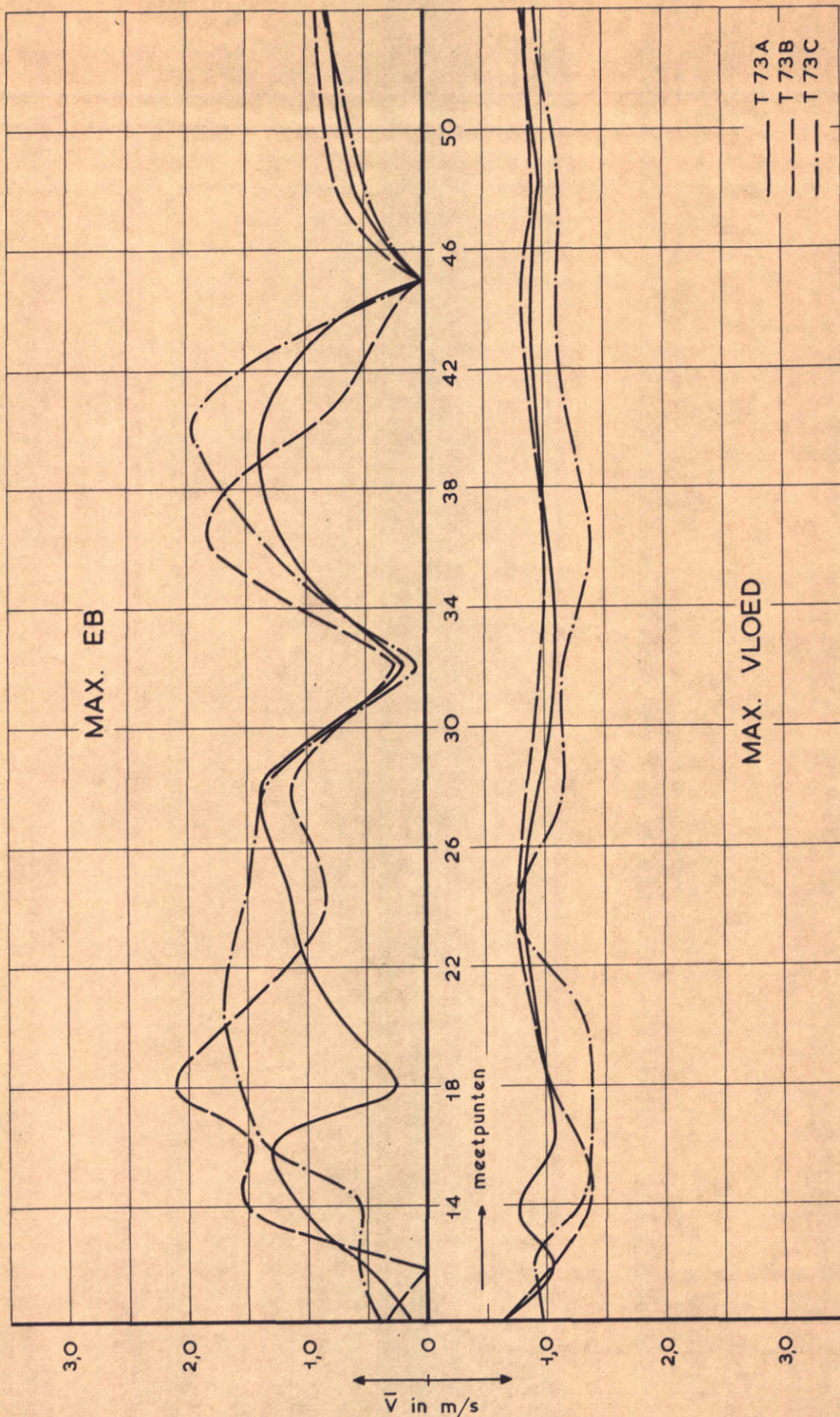
07.10.71

RAAI 14

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 9



SNELHEIDSVERDELINGEN

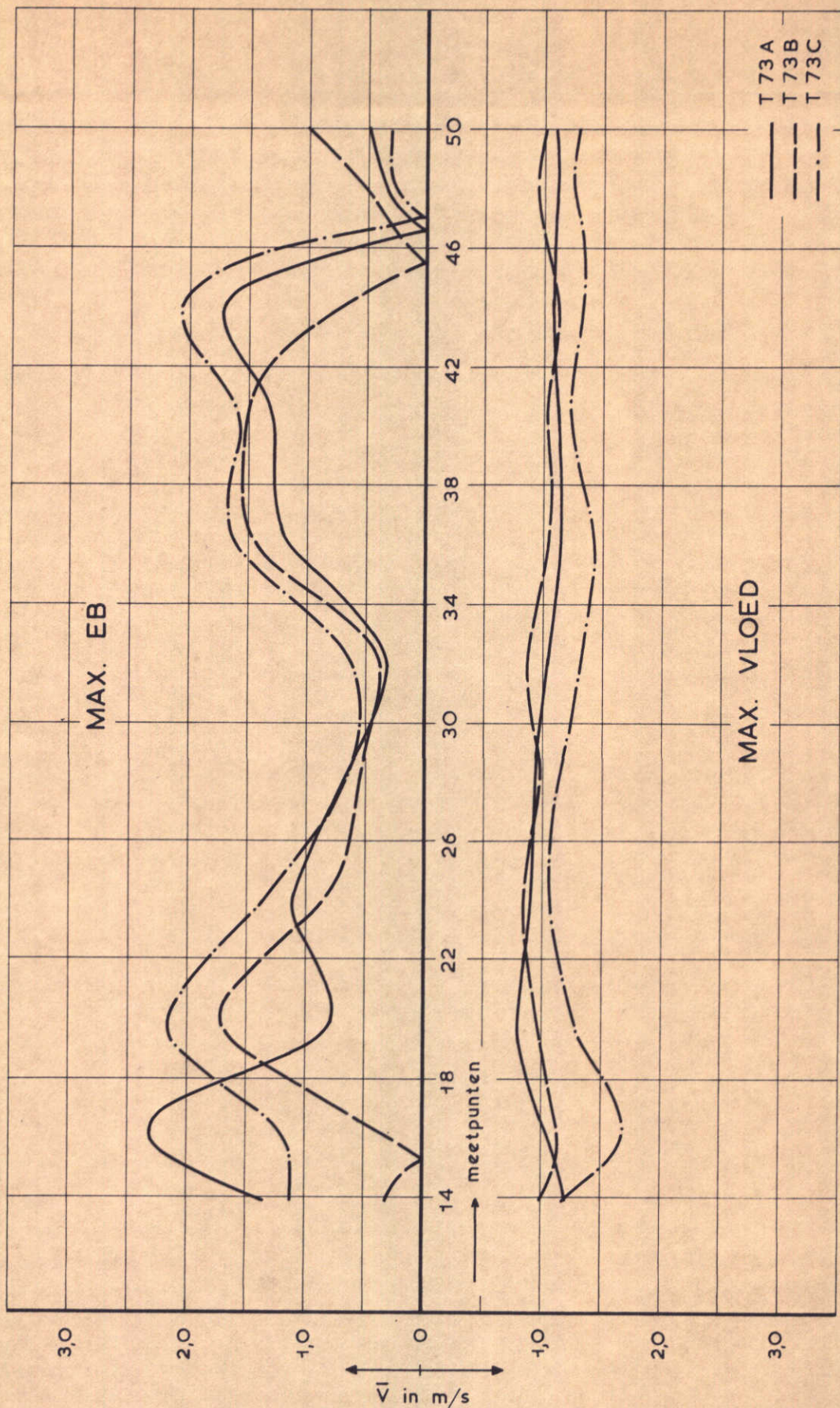
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

07.10.71

RAAI 11

M. 1000

FIG. 10



SNELHEIDSVERDELINGEN

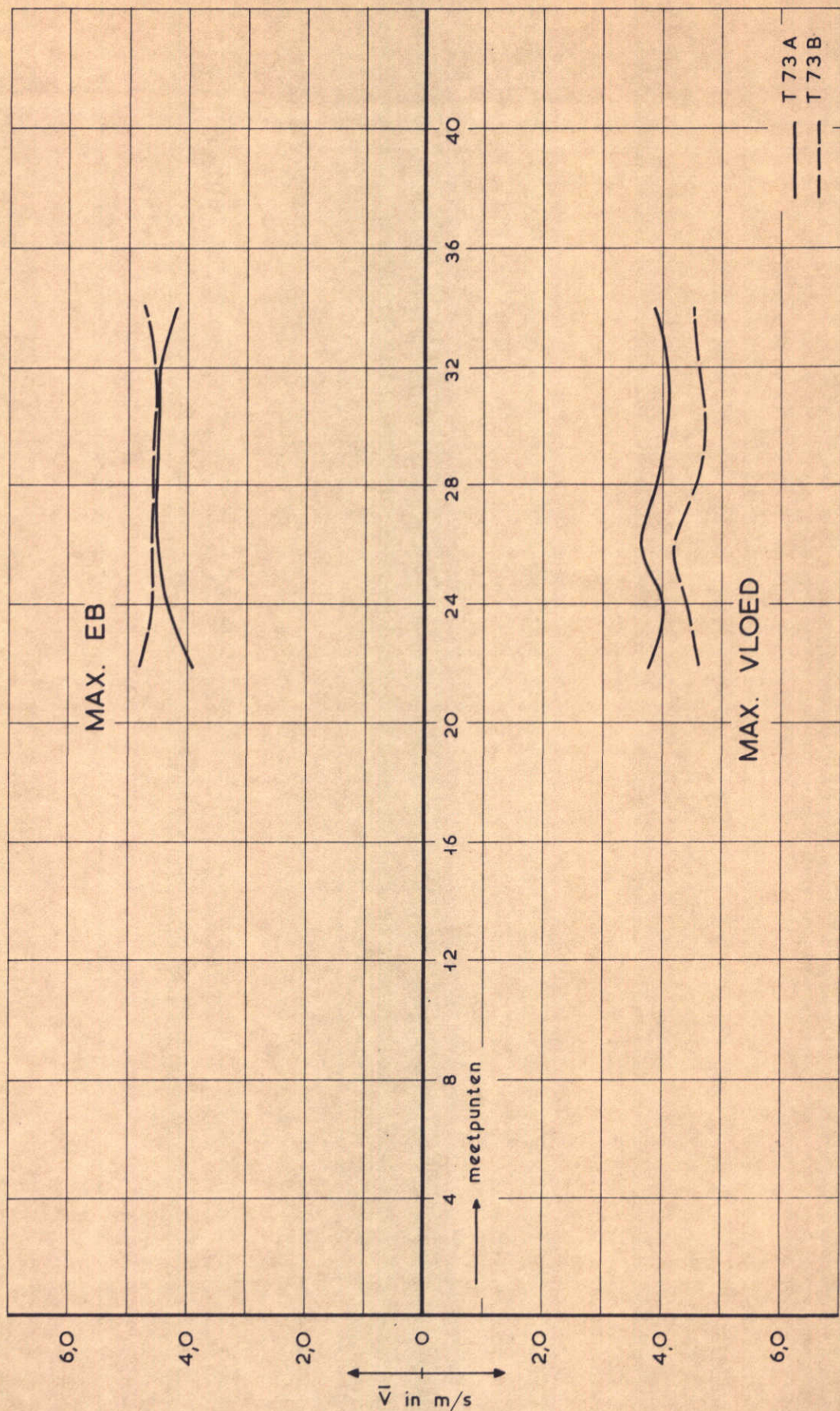
07.10.71

RAAI 15

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 11



SNELHEIDSVERDELINGEN

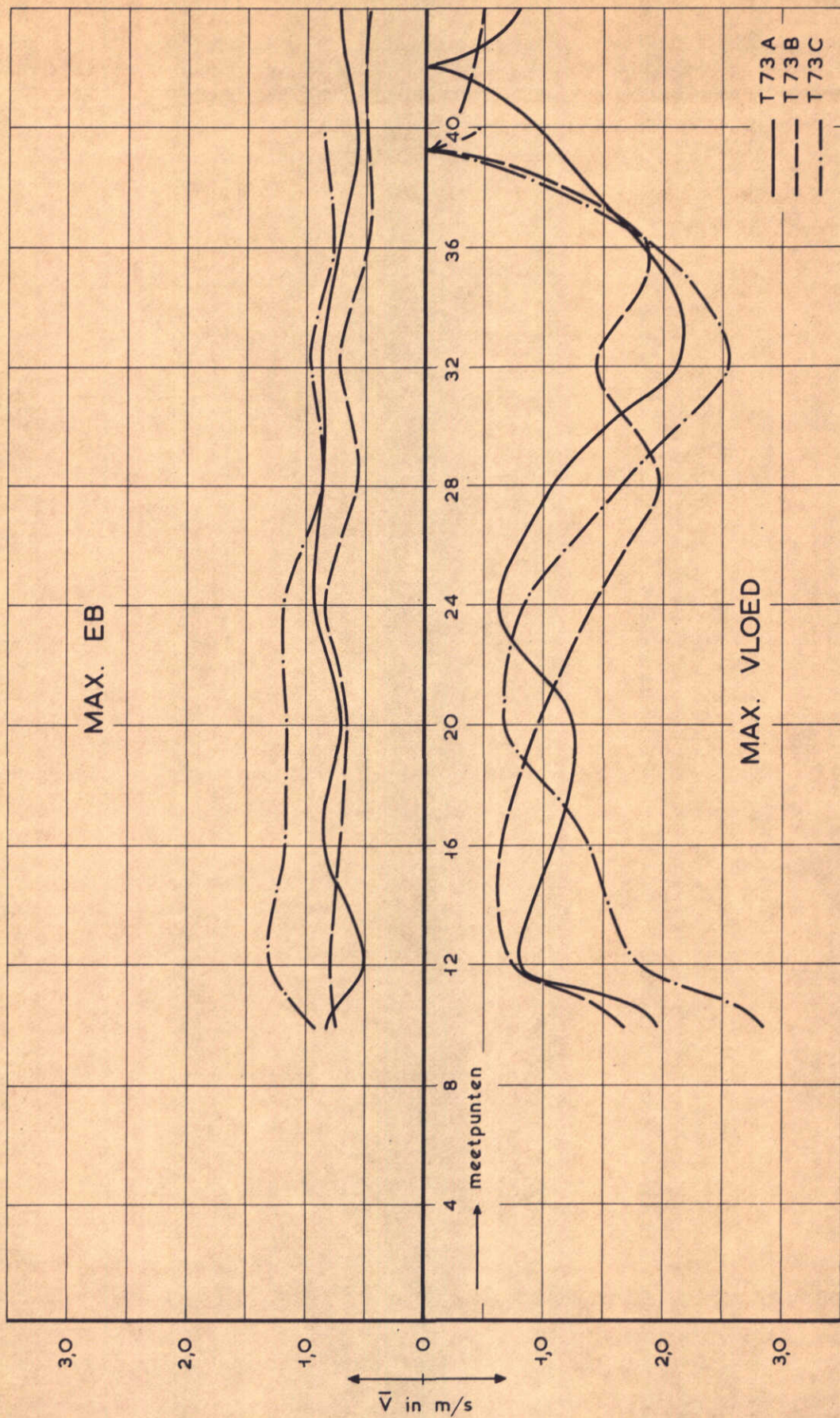
07.10.71

RAAI 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 12



SNELHEIDSVERDELINGEN

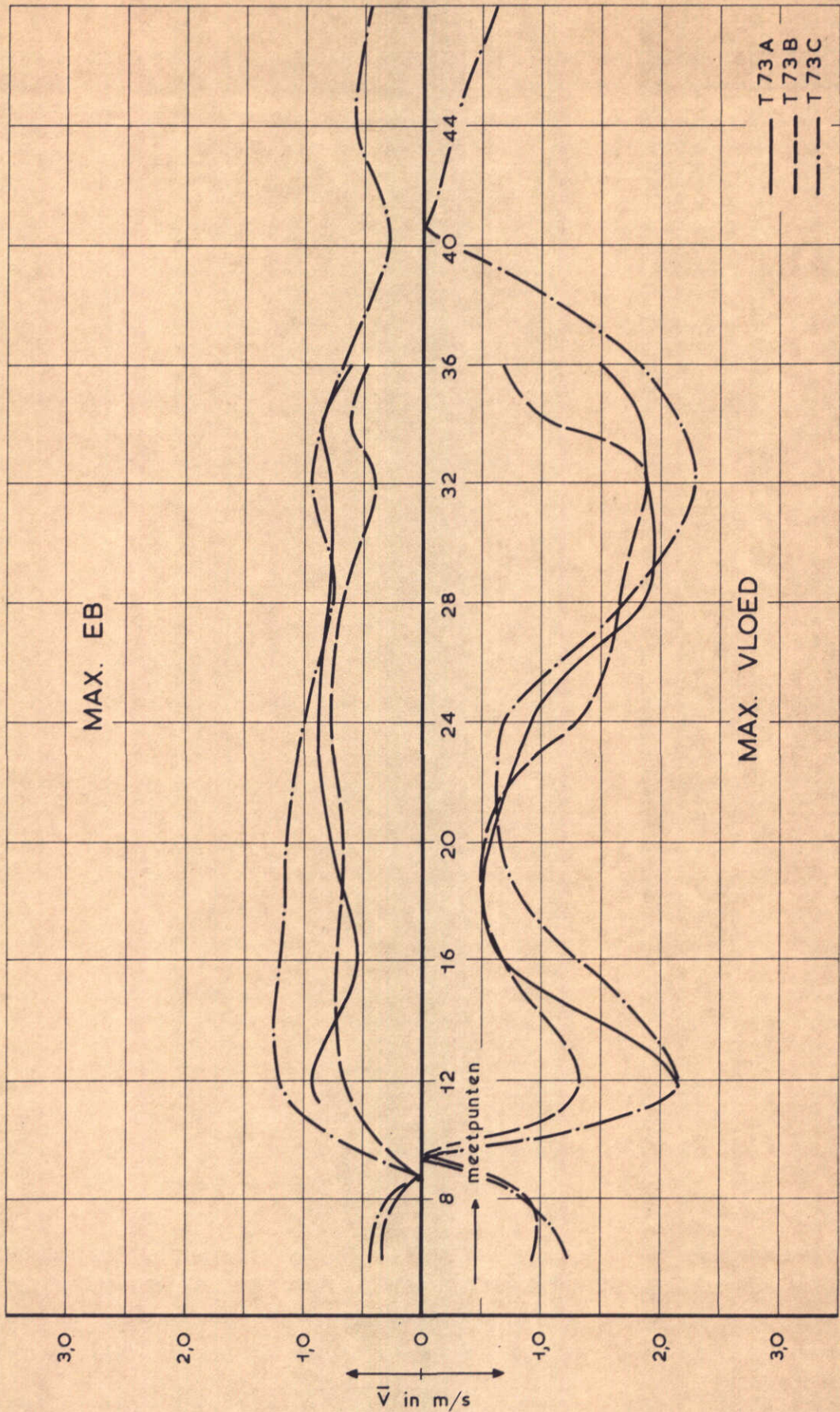
07.10.71

RAAI 16

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 13



SNELHEIDSVERDELINGEN

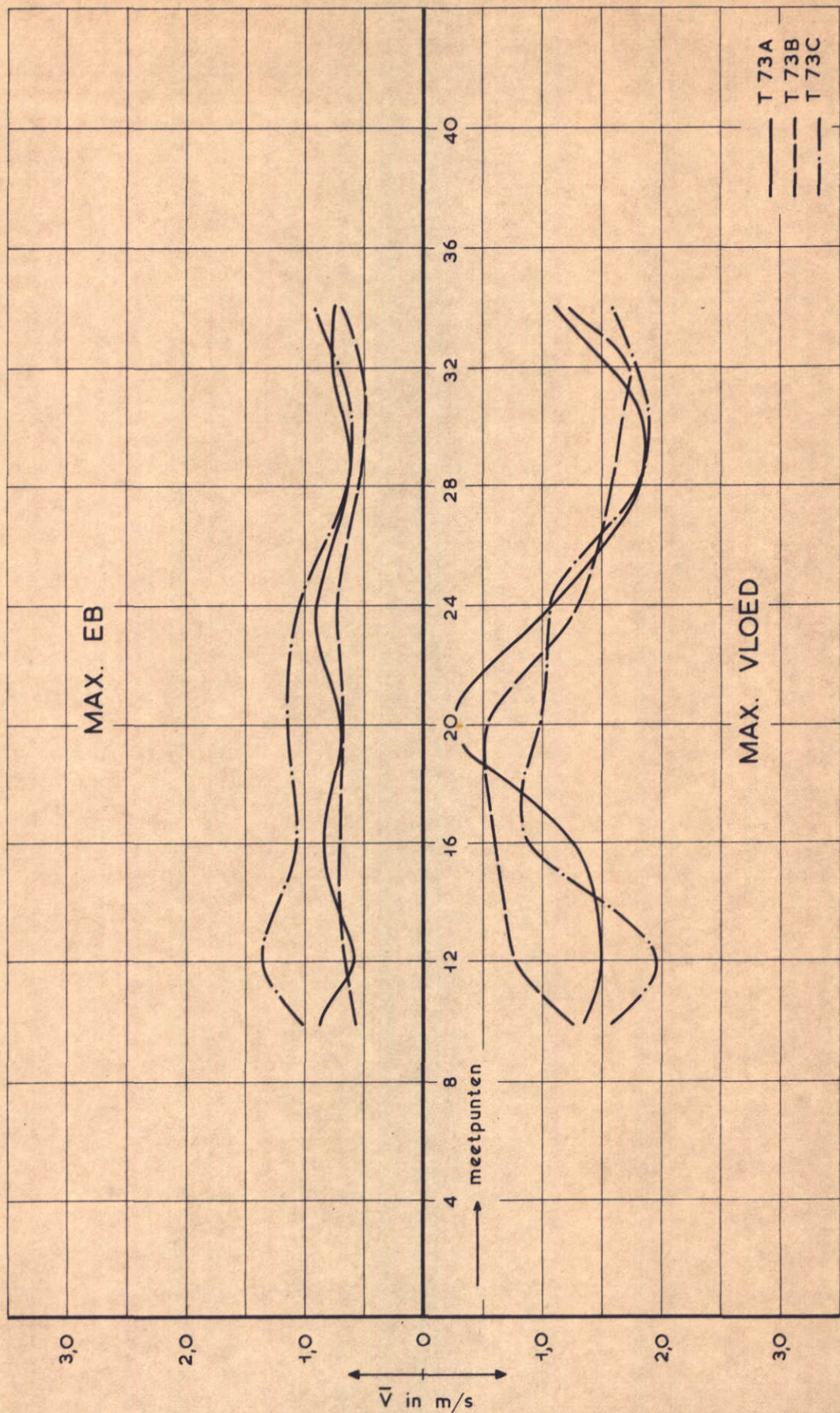
07.10.71

RAAI 12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 14



SNELHEIDSVERDELINGEN

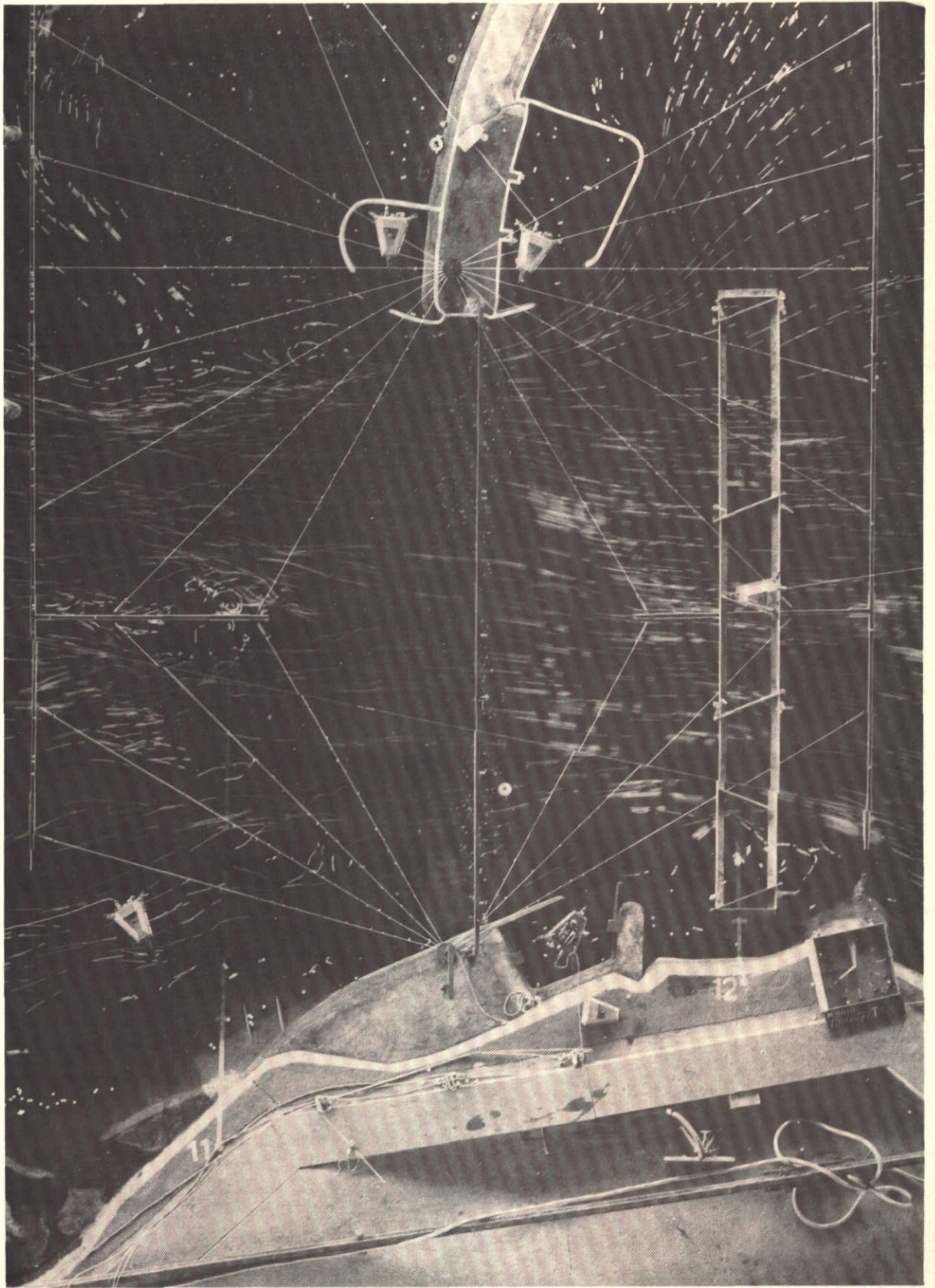
07.10.71

RAAI 17

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 15



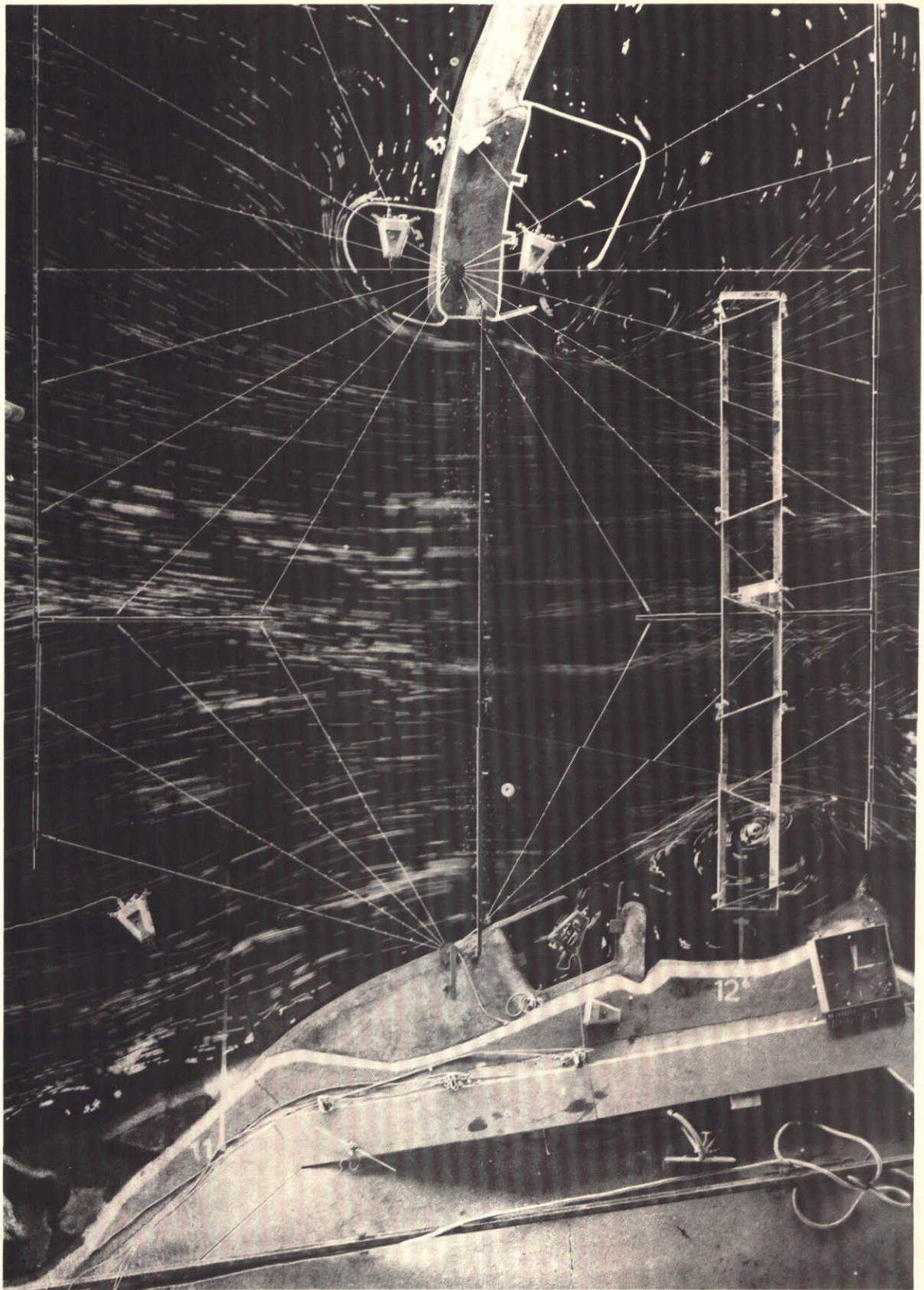
STROOMBEELD ZUIDELIJK SLUITGAT

T 73 A 07.10.71

max. eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1000 FIG. 16



STROOMBEELD ZUIDELIJK SLUITGAT

T 73 A

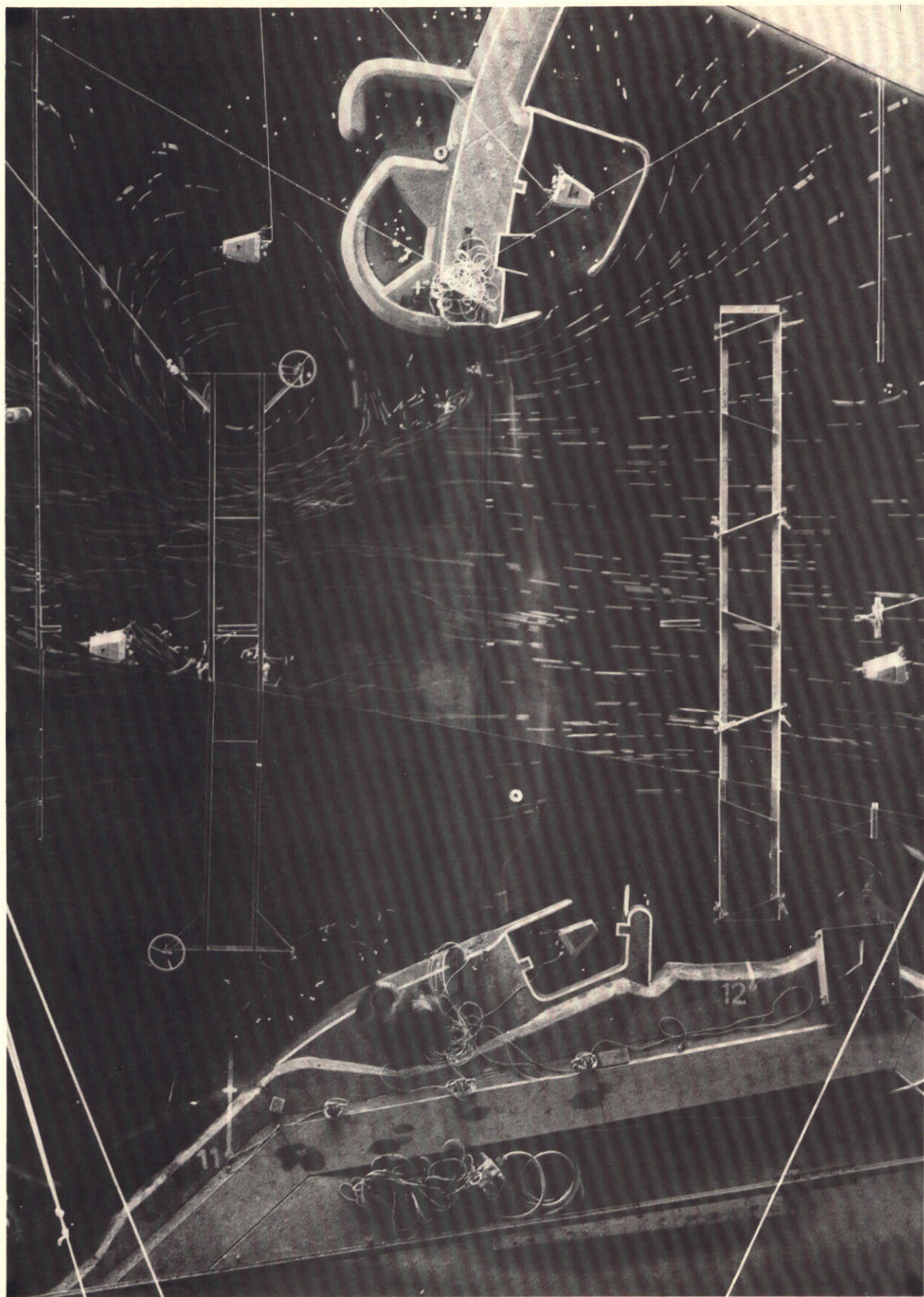
07.10.71

max. vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1000

FIG. 17



STROOMBEELD ZUIDELIJK SLUITGAT

T 73 B

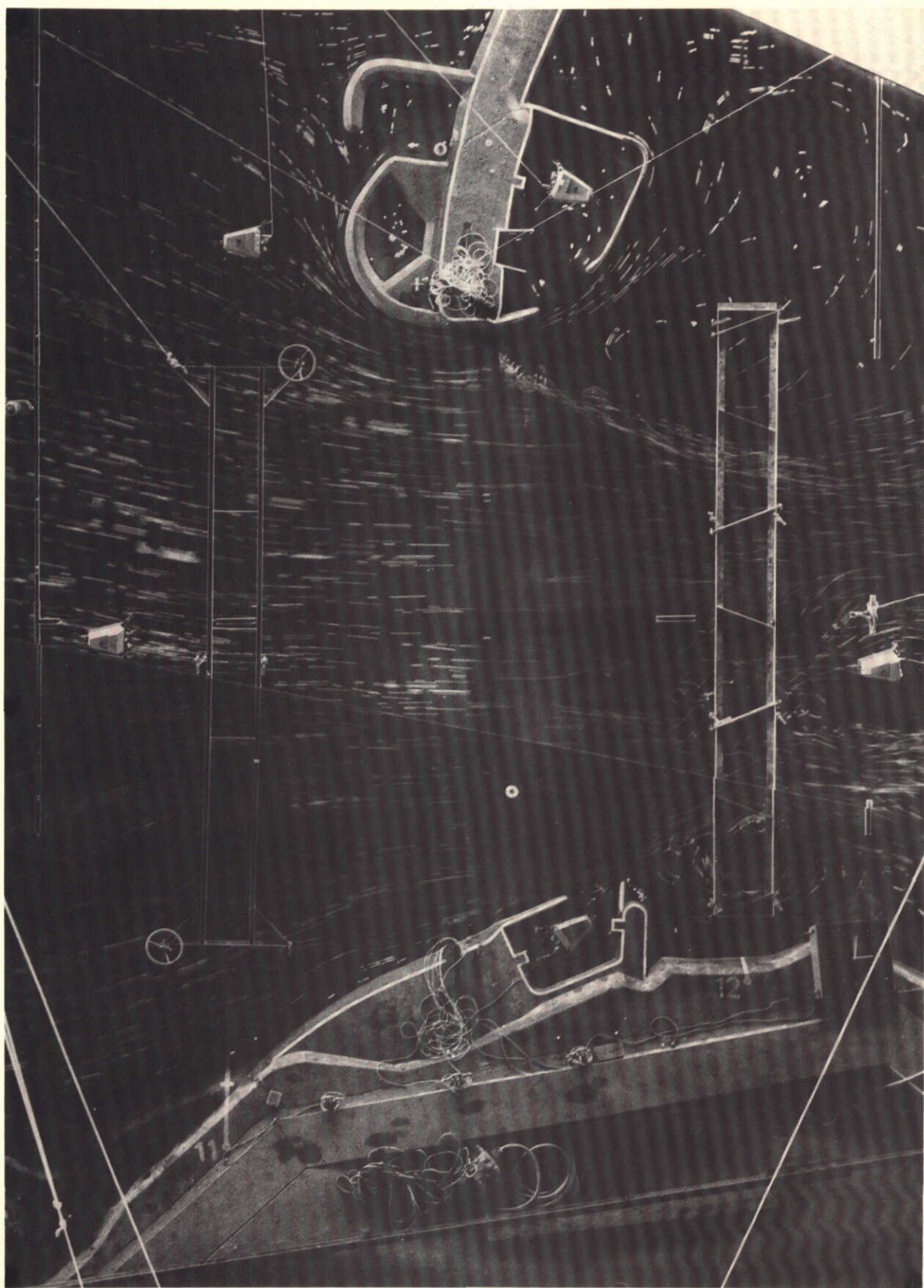
07.10.71

max. eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1000

FIG. 18



STROOMBEELD ZUIDELIJK SLUITGAT

T 73 B 07.10.71

max. vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1000 FIG. 19



STROOMBEELD ZUIDELIJK SLUITGAT

T 73 C

07.10.71

max. eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1000

FIG. 20



STROOMBEELD ZUIDELIJK SLUITGAT

T 73C

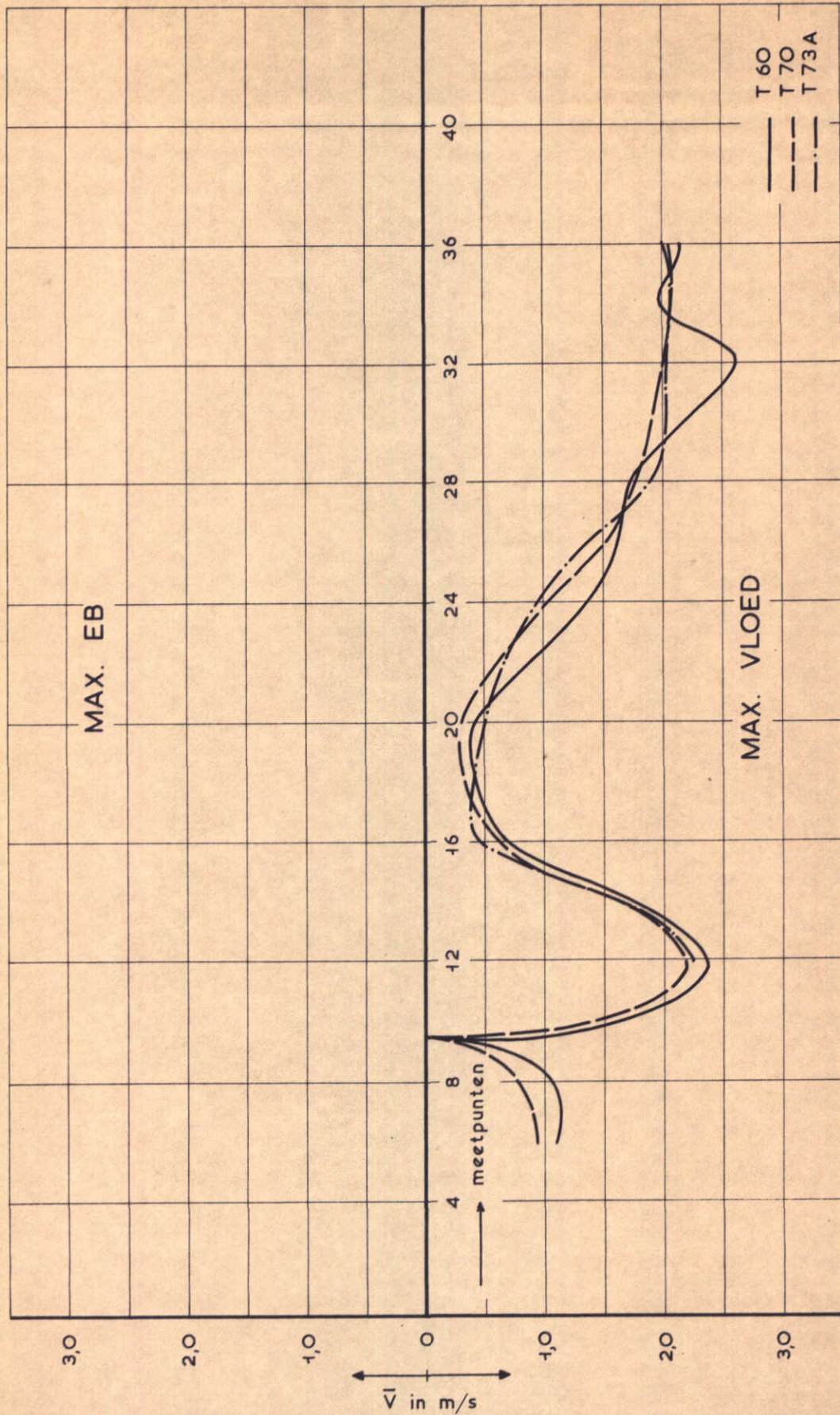
07.10.71

max. vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1000

FIG. 21



VERGELIJKING SNELHEIDSVERDELINGEN

07.10.71

RAAI 12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1000

FIG. 22

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands