

waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

berekening ontgrondingen door middel van
schatten van α met behulp van
stroomsnelheidsverdeling

notitie berekeningen

R 2041

juni 1984

INHOUD

	blz.
1 <u>Inleiding</u>	1
2 <u>Geometrie-parameter α</u>	1
3 <u>α als funktie van u</u>	2
4 <u>Bepaling van u</u>	4
5 <u>Toepassing schatting α</u>	5
5.1 Aanpak.....	5
5.2 Roompot, 15 dorpels geplaatst (T13).....	6
5.3 Roompot, 22 dorpels geplaatst (T14).....	7
5.4 Roompot, 28 dorpels geplaatst (T15).....	7
5.5 Roompot, 4 dorpels geplaatst (T11).....	7
5.6 Roompot, 8 dorpels geplaatst (T12).....	8
5.7 Hammen, 10 dorpels geplaatst (T16).....	8
5.8 Samenvatting α 's.....	8
6 <u>Samenvatting en konklusies</u>	9

FIGUREN

Stroomsnelheids- en α -verdeling

- 1 Schaar, bouwfase S2
- 2 Schaar, bouwfase U3
- 3 Schaar, eindsituatie
- 4 Hammen, bouwfase S2
- 5 Hammen, bouwfase T3
- 6 Hammen, eindsituatie

Stroomsnelheids-, α - en $\frac{\alpha}{u}$ -verdeling

- 7 Schaar, bouwfase S2
- 8 Schaar, bouwfase U3
- 9 Schaar, eindsituatie
- 10 Hammen, bouwfase S2
- 11 Hammen, bouwfase T3
- 12 Hammen, eindsituatie

Stroomsnelheids-, α - en α_{λ} -verdeling

- 13 Schaar, bouwfase S2
- 14 Schaar, bouwfase U3
- 15 Schaar, eindsituatie
- 16 Hammen, bouwfase S2
- 17 Hammen, bouwfase T3
- 18 Hammen, eindsituatie

Samenvatting α -verdeling bij beschouwde bouwfasen en kaal sluitgat

- 19 Schaar
- 20 Hammen

Samenvatting α_{λ} -verdeling bij beschouwde bouwfasen

- 21 Schaar
- 22 Hammen

Stroomsnelheidsverdelingen

- 23 Roompot, situatie 15 dorpels geplaatst
- 24 Roompot, situatie 22 dorpels geplaatst
- 25 Roompot, situatie 28 dorpels geplaatst

FIGUREN (vervolg)

Tijd-ontgrondingslijnen (ongereducerd)

- 26 Roompot, 4 dorpels geplaatst
- 27 Roompot, 8 dorpels geplaatst
- 28 Roompot, 15 dorpels geplaatst
- 29 Roompot, 22 dorpels geplaatst
- 30 Roompot, 28 dorpels geplaatst
- 31 Hammen, 10 dorpels geplaatst

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE

Berekening ontgrondingen door middel van schatten van α met behulp van stroomsnelheidsverdeling

1. Inleiding

Ten behoeve van het voorspellen van ontgrondingen benedenstrooms van de bodemverdediging aan weerszijden van de stormvloedkering is in het detailmodel van de Oosterschelde (M 1001) ontgrondingsonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek vond met de huidige pijlgeometrie plaats bij enkele bouwfases, alsmede (alleen in de Schaar van Roggenplaat en de Hammen) de eindsituatie van de stormvloedkering. Uit dit onderzoek volgde de geometrie-parameter α die per definitie voor model en prototype gelijk is.

Voor niet-onderzochte bouwfases bestaat de mogelijkheid de α te schatten door na te gaan in hoeverre deze aansluit bij oud onderzoek. Hierbij wordt vooral rechtstreeks gelet op overeenkomsten in de geometrie. In het volgende onderzoek is meer dan voorheen getracht in de schatting van α naast de geometrie de (ook van de geometrie afhankelijke) stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging te betrekken.

Vervolgens is voor een aantal dorpelplaatsingen een dergelijk schatting van α toegepast, waarna enkele tijd-ontgrondingslijnen zijn berekend.

De nieuwe schatting van α en aanvullende berekeningen zijn uitgevoerd onder leiding van ir. N.J. van Wijngaarden en J. Driegen, waarvan de laatstgenoemde deze notitie heeft samengesteld.

2. Geometrie-parameter α

Bij het berekenen van de ontgrondingstijden voor het bereiken van een ontgrondingsdiepte (h_{\max}) gelijk aan de halve waterdiepte ($\frac{1}{2}h_0$) ter plaatse van de rand van de bodemverdediging met

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{57 \cdot \Delta^{1,7} \cdot h_0(0)}{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{(\alpha \bar{u}(t) - u_{kr})^{4,3}}{h_0(t)} dt}$$

is de geometrie-parameter α een essentiële parameter. Onder de voorwaarde één geometrie - één α lijkt het in eerste instantie mogelijk deze α te schatten

door in de nieuw beschouwde bouwfase delen in het sluitgat te vinden met dezelfde geometrie als bij oud onderzoek met een bekende "gemeten" α .

In de term $\alpha \bar{u}$, waarin $\bar{u} = \frac{Q}{A}$ = gemiddelde stroomsnelheid over het sluitgat, is onmiddellijk te zien dat α afhankelijk is van de lokale stroomsnelheid u of eigenlijk van het stroomsnelheidsverschil $u - \bar{u}$ en turbulentie-intensiteit u' . Dat wil zeggen dat α zowel afhankelijk is van de totale sluitgatgeometrie als van de lokale geometrie.

Indien het nu mogelijk is per geometrie een relatie vast te leggen tussen α en de lokale stroomsnelheid, dan kan α geschat worden op basis van een gegeven stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging.

3. α als functie van u

Met behulp van de in het kader van M 1737 op ontgrondingen onderzochte bouwfasen drempel gereed (verslag M 1737 deel II, bouwfase S2 in de Schaar en Hammen), aantal dorpels geplaatst (verslag M 1737 deel III, bouwfase U3 in de Schaar en bouwfase T3 in de Hammen) en alle dorpels geplaatst (verslag M 1737 deel IV, eindsituatie in de Schaar en de Hammen) is in de figure 1..6 voor eb en vloed voor de genoemde situaties afzonderlijk de stroomsnelheids- en α -verdeling over het sluitgat weergegeven.

Over het algemeen heeft α een hogere waarde bij een hoge lokale stroomsnelheid u dan bij een relatief lage lokale stroomsnelheid. Omdat α echter niet alleen afhankelijk is van de over de stroomsnelheidsvertikaal gemiddelde lokale stroomsnelheid maar ook van de turbulentie-intensiteit is er niet altijd een éénduidig verband tussen α en u .

Dit blijkt duidelijker in de figuren 7...12 waar de verdeling van $\frac{\alpha}{u}$ is toegevoegd. Over het algemeen kan hier worden gesteld dat in het zogenaamde 2-dimensionale gebied de $\frac{\alpha}{u}$ -verdeling een redelijk horizontaal verloop heeft, maar in typisch 3-dimensionale gebieden (bij kopeffekten tengevolge van bouwfronten of landhoofden) neemt $\frac{\alpha}{u}$ toe, zie bijvoorbeeld figuur 7.

Indien wordt gesteld $\alpha \bar{u} = \alpha_{\lambda} u$, dat wil zeggen het produkt van α en de gemiddelde stroomsnelheid over het sluitgat is gelijk aan het produkt van een α_{λ} en de lokale stroomsnelheid, dan kan met

$$\alpha_{\lambda} = \frac{\bar{\alpha u}}{u}$$

een lokale geometrie-parameter α_λ worden afgescheiden. Indien deze uitgaande van de onderzochte bouwfases per geometrie bekend is, dan kan met

$$\alpha = \frac{\alpha_\lambda \bar{u}}{\bar{u}}$$

met een gegeven debiet en stroomsnelheidsverdeling voor nieuwe bouwfases de oorspronkelijke α worden berekend, die als invoerparameter voor tijd-ontgrondingsberekeningen benodigd is.

In de figuren 13...18 is naast α , u en \bar{u} de verdeling van α_λ weergegeven. Uiteraard blijkt ook uit deze figuren (ten opzichte van de figuren 7...12 allen met \bar{u} vermenigvuldigd) dat in het gebied met 3-dimensionale effecten de α_λ naar grotere waarden toeloopt.

In de delen van de sluitgaten met zogenaamde 2-dimensionale ontgrondingen, waarbij tijdens de verschillende bouwfases een identieke (lokale) geometrie aanwezig is, zou nu α_λ min of meer gelijk moeten zijn:

Bijvoorbeeld: α_λ bij bouwfase S2 = α_λ bij bouwfase U3 of T3 waar geen dorpels aanwezig zijn,

of α_λ bij de eindsituatie = α_λ bij bouwfase U3 of T3 waar wel dorpels aanwezig zijn.

Uit de figuren zijn afzonderlijk voor de Schaar (lengte bodemverdediging 550 m) en de Hammen (lengte bodemverdediging 650 m) en voor eb en vloed voor zover mogelijk de volgende waarden voor α_λ afgelezen (met tussen haakjes de naar een lengte van de bodemverdediging van 650 m omgerekende waarden voor α_λ in de Schaar):

	Schaar		Hammen	
	eb	vloed	eb	vloed
bouwfase S2, geen dorpels	2,0 (1,9)	2,3 (2,1)	2,0	1,9
bouwfase U3/T3, geen dorpels	2,2 (2,1)	2,6 (2,4)	1,8	2,0
bouwfase U3/T3, wel dorpels	-	2,0 (1,9)	-	-
eindsituatie, wel dorpels	2,1 (2,0)	2,0 (1,9)	2,4	1,9

Uitgaande van dit overzicht lijkt het mogelijk een α_λ per geometrie (wel of geen dorpels) vast te leggen, hetgeen voor de vaak grillige α -verdeling nauwelijks mogelijk is. Zie bijvoorbeeld ook in de figuren 14, 15, 17 en 18 het vlakkere verloop van α_λ ten opzichte van α .

Gezien het verschil in het verloop van de α - en α_λ -verdeling is het verder opmerkelijk dat bij de dorpelfronten (zie figuren 14 en 17) niet de grootste ontgrondingen moeten worden verwacht direkt bij het front zelf (hoge α_λ maar lage bijbehorende stroomsnelheid u) maar verder van het front verwijderd (relatief lage α_λ met hoge stroomsnelheid u geeft maximale α).

Om een indruk te krijgen van de spreiding in de modelresultaten is tenslotte in figuur 14 ook de α -verdeling weergegeven van een tweede ontgrondingsproef (uit de organieke serie van drie per geometrie). Deze spreiding blijkt maximaal 10% te kunnen zijn.

Om een indruk te krijgen van het verloop van α en α_λ tijdens de bouw van de stormvloedkering zijn verder in de figuren 19...22 de α - en α_λ -verdeling samengevat. Ter completering, maar niet interessant voor de later te bespreken schatting van α bij de dorpelplaatsingen, is tevens in de figuren 19 en 20 de α -verdeling voor het kale sluitgat weergegeven (verslag M 1690 deel I, bouwfase K1 in de Schaar en bouwfase A3 in de Hammen).

4. Bepaling van u

Indien volgens de bovenstaande procedure een α wordt geschat voor niet op ontgrondingen onderzochte bouwfases, dan zal naast α_λ een stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging bekend moeten zijn ter bepaling van u ter plaatse van elk te berekenen ontgrondingsprofiel.

Deze stroomsnelheid kan worden verkregen uit fysisch modelonderzoek, dat uitsluitend beperkt bleef tot stroombeeldonderzoek (bijvoorbeeld uitbreiding informatie betreffende ontgrondingen bij dorpelplaatsingen met behulp van het onderzoek M 1898: systematisch stroombeeldonderzoek rond bouwfronten).

Voor geheel niet onderzochte bouwfases kan de stroomsnelheidsverdeling mogelijk berekend worden met behulp van wiskundige modellen.

Tijdens het onderhavige onderzoek is getracht met behulp van de debietverdeling in de as van het sluitgat, berekend met het één-dimensionale mathematische model R 1495, een stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging te konstrueren door projectie van deze debietverdeling op de rand van de bodemverdediging. In de figuren 1...6 zijn de aldus verkregen stroomsnelheidsverdelingen weergegeven ter vergelijking met de in M 1001 werkelijk gemeten stroomsnelheidsverdeling. Uit deze vergelijking blijkt deze methode, door verwaarlozing van het stroomgedrag tussen de as van het sluitgat en de rand van de bodemverdediging, geen succes.

Aan te bevelen is om hier met een meer gedetailleerd model als het twee-dimensionale mathematische model MO-OS, de stroomsnelheden direkt ter plaatse van de rand van de bodemverdediging te berekenen.

5. Toepassing schatting α

5.1 Aanpak

Omdat met name tijdens dorpelplaatsingen mogelijk het ontgrondingsverloop te snel gaat in relatie tot de relatief lange bewakingstijd zijn voor de vloedstroom bij 6 dorpelbouwfasen ontgrondingsberkeningen uitgevoerd (gekozen voor de vloedstroom omdat hierbij in het onderzoek M 1898 stroomsnelheden waren gemeten).

Voor de volgende situaties zijn na schatting van α een aantal (ongereducerde) tijd-ontgrondingslijnen berekend:

T11 Roompot, 4 dorpels geplaatst, alleen aan de zijde van Noord-Beveland
T12 Roompot, 8 dorpels geplaatst, alleen aan de zijde van Noord-Beveland
T13 Roompot, 15 dorpels geplaatst, 12 aan de zijde van Noord-Beveland,
3 aan de zijde van Noordland
T14 Roompot, 22 dorpels geplaatst, 12 aan de zijde van Noord-Beveland,
10 aan de zijde van Noordland
T15 Roompot, 28 dorpels geplaatst, 16 aan de zijde van Noord-Beveland,
12 aan de zijde van Noordland
T16 Hammen, 10 dorpels geplaatst, 5 aan de zijde van Roggenplaat,
5 aan de zijde van Schouwen.

Voor de berekening van de tijd $t_{\frac{1}{2}}$ (met behulp van het rekenprogramma C135) waren nodig:

- 1 Het verloop van het getij: De vorm van de getijkromme werd ontleend aan uit het getijmodel M 1000 bekende getijden bij zoveel mogelijk overeenkomstige bouwfasen. Vervolgens werd het horizontale getij waar nodig aangepast aan nieuwe door R 1495 berekende maximum debieten, waarbij voor de dorpelplaatsingen in de Roompot ervan werd uitgegaan dat in de Schaar en de Hammen reeds alle dorpels waren geplaatst.

- 2 Ligging van de rand van de bodemverdediging: Door voor de gevraagde dorpelplaatsingen de meest maatgevende ontgrondingen ter hoogte van enige poortjes voor het dorpelfront uit werden verwacht, is op deze plaats de ligging van de rand van de bodemverdediging ten opzichte van N.A.P. (dus $h_0(0)$) gekozen.
- 3 De kritieke stroomsnelheid u_{kr} , welke gekozen is voor zand met $d_{50} = 200 \mu\text{m}$.
- 4 De schatting van α : Omdat van de situaties T13...T15 de stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging bekend is uit het hiervoor reeds genoemde onderzoek M 1898 is begonnen voor deze situaties de α te schatten. Daar de grootste α te verwachten is in het gebied van de relatief grote stroomsnelheden buiten het typische 3-dimensionale gebied, is een α_λ gekozen uit het overzicht van paragraaf 3, dat wil zeggen $\alpha_\lambda = \underline{2,0}$ (in de Hammen) à $\underline{2,4}$ (in de Schaar) of als gemiddelde waarde $\alpha_\lambda = 2,2$.

Overigens bleek bij een poging om α te bepalen via de grootste α_λ dichtbij het front dat dit gemakkelijk leidt tot extreme waarden voor α . Het was namelijk, vanwege de hier aanwezige stroomsnelheidsgradiënt, niet eenvoudig een juiste passende lokale stroomsnelheid u te vinden. Daarentegen is ter plaatse van de grootste stroomsnelheden (èn de grootste α) het verloop van α_λ relatief vlak.

Volledigheidshalve dient te worden vermeld dat door middel van het tijdstip $t_{\frac{1}{2}}$ één punt van de tijd-ontgrondingslijn vast ligt. Voor het verdere verloop van de tijd-ontgrondingslijn wordt aangenomen, dat geldt

$$\frac{h_{\max}(t)}{\frac{1}{2}h_0} = \left(\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}\right)^{0,4}$$

De exponent 0,4 geldt voor twee-dimensionale situaties, maar bij drie-dimensionale situaties kan de exponent variëren tussen circa 0,2 en 0,6.

In het geval van ontgrondingsonderzoek wordt uiteraard uitgegaan van de gemeten tijd-ontgrondingslijn en is bovenstaande aanname dus niet nodig.

5.2 Roompot, 15 dorpels geplaatst (T13)

Uit de stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging (zie figuur 23, ontleend aan verslag M 1898) volgt een lokale stroomsnelheid u van circa 2,35 m/s bij het front aan de zijde van Noord-Beveland en van circa

2,65 m/s bij het front aan de zijde van Noordland. Daar de gemiddelde stroomsnelheid $\bar{u} = Q/A = 58.170/42.267 = 1,38$ m/s is en α_λ gesteld wordt op 2,2, is $\alpha = \alpha_\lambda u/\bar{u} = 3,8$ voor het front aan de zijde van Noord-Beveland en is $\alpha = 4,2$ voor het front aan de zijde van Noordland.

Op grond van deze benadering is voor het onderhavige geval een tijd-ontgrondingslijn berekend met $\alpha = 4,0$, respectievelijk $\alpha = 4,5$, alsmede om de invloed van α aan te geven voor $\alpha = 3,0$, respectievelijk $\alpha = 3,5$ (zie figuur 28). Overigens geeft een spreiding in α_λ van 2,0 tot 2,4 hier een spreiding in α van 3,4 tot 4,1 respectievelijk van 3,8 tot 4,6!

5.3 Roompot, 22 dorpels geplaatst (T14)

Uit de stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging (zie figuur 24) volgt een lokale stroomsnelheid u van circa 2,65 m/s voor beide fronten. Voor het bijbehorende debiet van $52.710 \text{ m}^3/\text{s}$ volgt nu een $\bar{u} = 1,25$ m/s, zodat met $\alpha_\lambda = 2,2$ volgt dat $\alpha = 4,7$.

Op grond van deze benadering is voor het onderhavige geval een tijd-ontgrondingslijn berekend met $\alpha = 5,0$, alsmede om invloed en spreiding van α aan te geven voor $\alpha = 4,0$, $4,5$ en $\alpha = 5,5$ (zie figuur 29). Uit spreiding α_λ van 2,0 tot 2,4 volgt namelijk een spreiding voor α van 4,2 tot 5,1.

5.4 Roompot, 28 dorpels geplaatst (T15)

Uit de stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging (zie figuur 25) volgt een lokale stroomsnelheid u van circa 2,8 m/s, terwijl $\bar{u} = 1,14$ m/s zodat voor $\alpha_\lambda = 2,2$ een α volgt van 5,4.

Op grond van deze benadering is voor het onderhavige geval een tijd-ontgrondingslijn berekend met $\alpha = 5,5$, alsmede om de invloed van α aan te geven voor $\alpha = 4,5$, $5,0$ en $6,0$ (zie figuur 30). Overigens geeft een spreiding van α_λ van 2,0 tot 2,4 hier een spreiding voor α van 4,9 tot 5,9!

5.5 Roompot, 4 dorpels geplaatst (T11)

Door het ontbreken van een stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging is uitgaande van het verloop van de lokale stroomsnelheid volgens de figuren 23...25 een lokale stroomsnelheid benaderd van circa 1,6 m/s voor de situatie met 4 dorpels bij een volgens R 1495 berekend debiet

van $63.159 \text{ m}^3/\text{s}$. Daar hierbij een $\bar{u} = 1,49 \text{ m/s}$ behoort en $\alpha_\lambda = 2,2$ gesteld is, volgt nu $\alpha = 2,4$.

Gezien de benadering van u naast de schatting van α_λ is tevens direkt de α bij bouwfase T3 (met 5 dorpels geplaatst in de Hammen, zie verslag M 1737 deel III) in beschouwing genomen. Hier blijkt dat α oploopt tot maximaal 2,9. Op grond van deze benaderingen is voor het onderhavige geval een tijd-ontgrondingslijn berekend met $\alpha = 2,5$, alsmede om invloed en spreiding van α aan te geven voor $\alpha = 2,0$ en $\alpha = 3,0$ (zie figuur 26).

5.6 Roompot, 8 dorpels geplaatst (T12)

Evenals bij het voorgaande geval is een lokale stroomsnelheid geschat, nu circa $2,0 \text{ m/s}$ bij een debiet van $61.571 \text{ m}^3/\text{s}$. Daar \bar{u} nu $1,46 \text{ m/s}$ en $\alpha_\lambda = 2,2$ wordt $\alpha = 3,0$.

Gezien ook een logische aansluiting met T11 en T13 is voor het onderhavige geval een tijd-ontgrondingslijn berekend met $\alpha = 3,0$, alsmede voor $\alpha = 2,5$ en $\alpha = 3,5$ (zie figuur 27).

5.7 Hammen, 10 dorpels geplaatst (T16)

Bij het ontbreken van een stroomsnelheidsverdeling is hier uitgegaan van het min of meer zelfde vernauwingspercentage (qua aantal geplaatste dorpels) bij de situaties met 11 dorpels geplaatst in de Schaar en 22 dorpels in de Roompot, waarbij de "gemeten" α maximaal 4,3, respectievelijk de geschatte 4,7. Op grond van deze benaderingen is voor het onderhavige geval een tijd-ontgrondingslijn berekend met $\alpha = 4,5$, alsmede om de invloed van α aan te geven voor $\alpha = 3,5$, 4,0 en 5,0.

5.8 Samenvatting α 's

In onderstaand overzicht zijn de α 's weergegeven, waarvoor per bouwfase met het rekenprogramma C135, tijd-ontgrondingslijnen berekend, met onderstreept de volgens bovenstaande benaderingen meest waarschijnlijk optredende maximale α 's:

Indien de benodigde stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging niet uit fysisch modelonderzoek bekend is, dan is het gewenst om deze stroomsnelheidsverdeling te berekenen met behulp van een mathematisch model. In eerste instantie is getracht om uitgaande van de debietverdeling in de as van het sluitgat, berekend met het één-dimensionale mathematisch model R 1495, een stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging af te leiden. Uit de figuren 1...6, waarin op deze wijze berekende stroomsnelheidsverdelingen zijn vergeleken met werkelijk gemeten stroomsnelheden, blijkt echter dat deze methode met R 1495 niet bruikbaar is. Het verdient daarom aanbeveling om uit een meer gedetailleerd model als het twee-dimensionale mathematische model MO-OS de stroomsnelheden direkt ter plaatse van de rand van de bodemverdediging te berekenen.

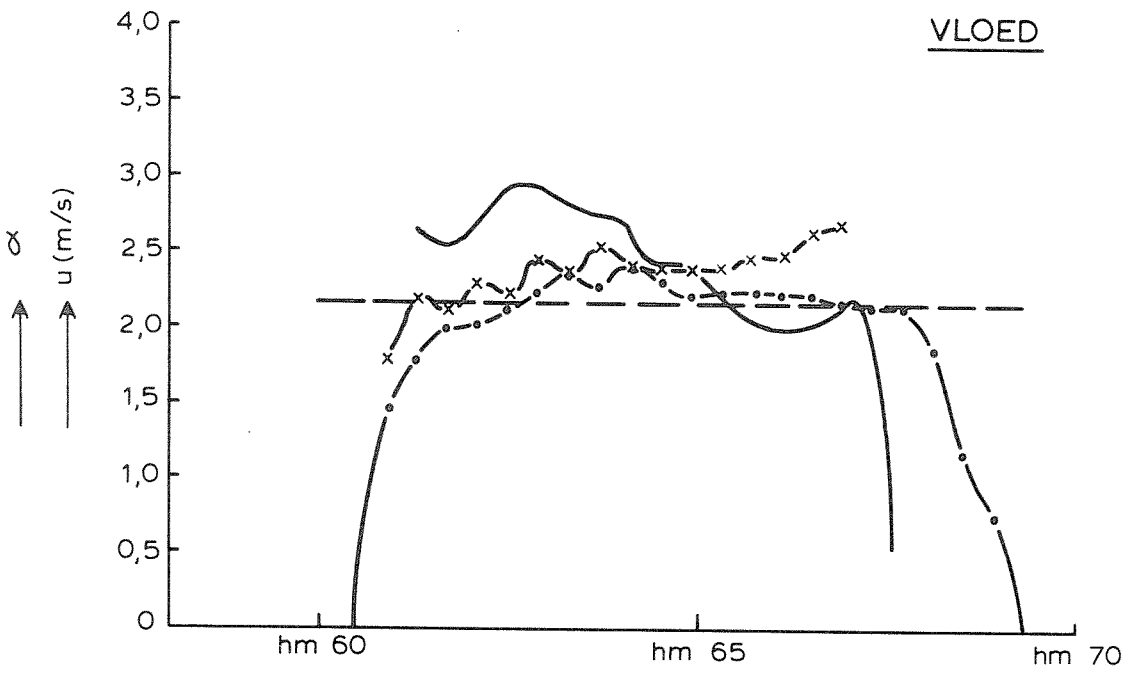
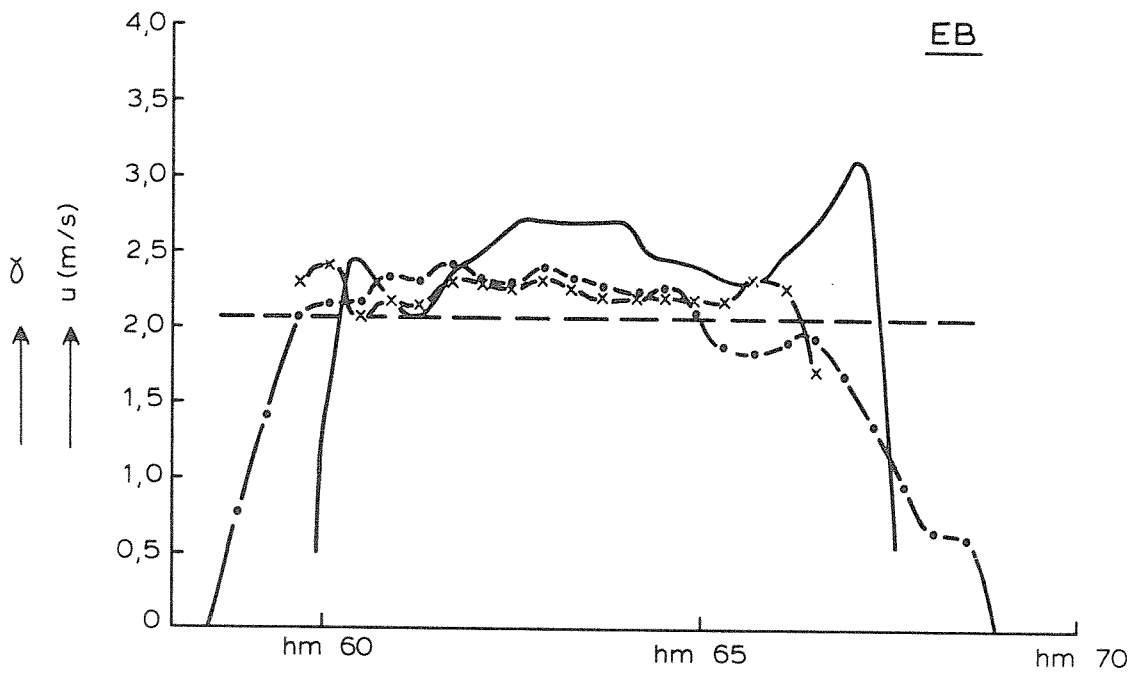
Bij een aantal dorpelplaatsingen in de Roompot en de Hammen is voor de vloedstroom de nieuwe methode van schatten van α toegepast, waarvoor een α_λ is afgelezen die hoort bij de lokale geometrie "drempel gereed", overeenkomstig de situatie voor het dorpelfront uit. Uit de beschikbare informatie kon hiervoor gekozen worden uit de meest met de gevraagde dorpelplaatsingen gelijkende "gestroomde" bouwfases U3/T3 (aantal dorpels geplaatst). Uiteraard was ook bouw-fase S2 (drempel gereed) mogelijk geweest, daar per sluitgat en per stroom-richting α_λ redelijk éénvoudig blijkt te zijn.

Van sluitgat tot sluitgat bleek in dit konkrete geval bij vloed de spreiding in α_λ van 2,0 tot 2,4 te lopen.

Bij een gegeven stroomsnelheid u kan vervolgens met $\alpha = \alpha_\lambda u/\bar{u}$ de in het reken-programma in te voeren α worden berekend. Dit betekent dat door de vermenig-vuldiging met u/\bar{u} de spreiding in α oploopt (in het geval van bijvoorbeeld 22 dorpels geplaatst in de Roompot) van 4,2 tot 5,1.

In het onderhavige geval kon bij enkele bouwfases direkt gebruik gemaakt worden van de stroomsnelheidsverdeling langs de rand van de bodemverdediging gemeten tijdens het onderzoek M 1898 (fysisch model M 1001).

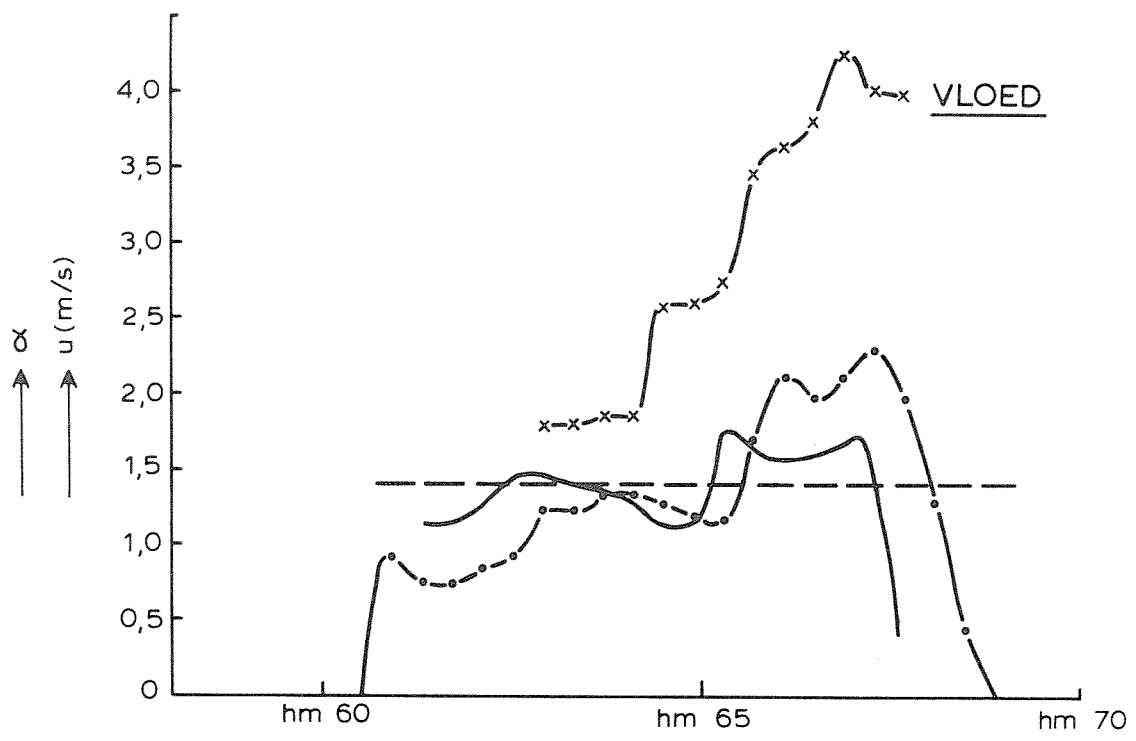
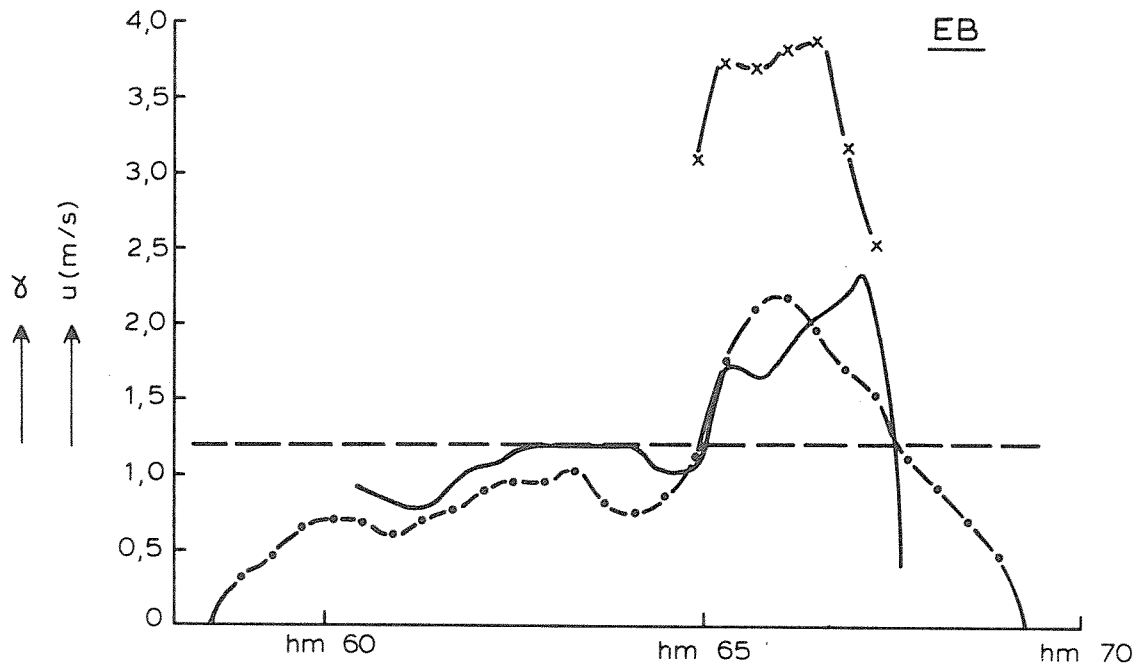
Voor de berekende dorpelplaatsingen zijn in de figuren 26...31 de tijd-ontgrondings-lijnen met spreiding in α weergegeven.



M 1001 { —x— α
 —o— u
 - - - \bar{u}

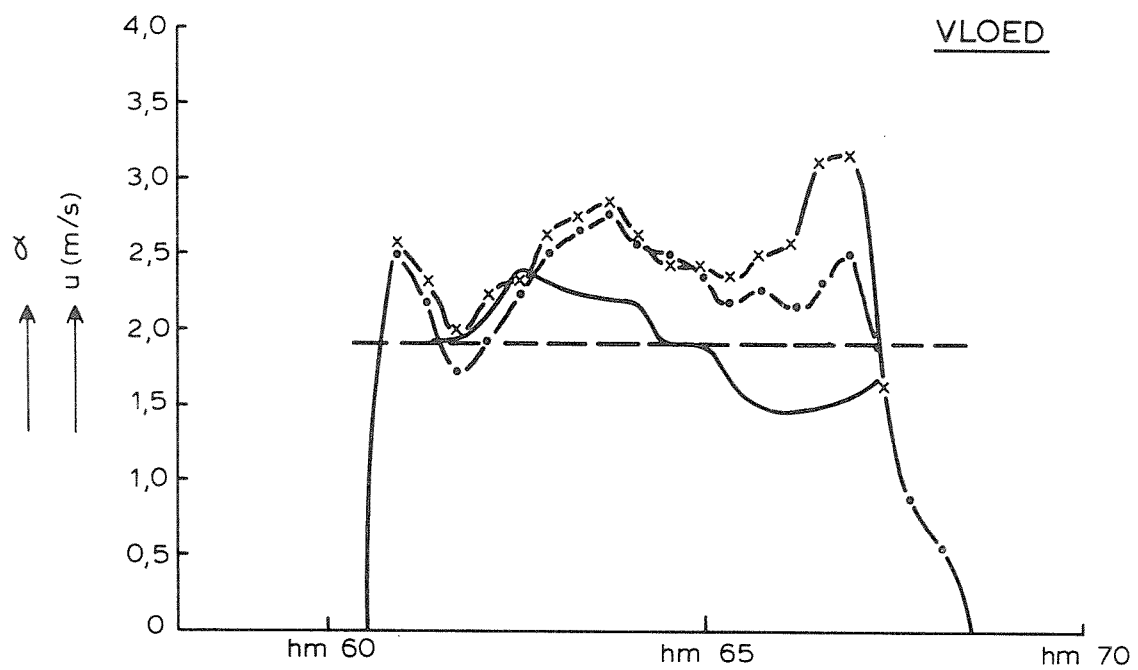
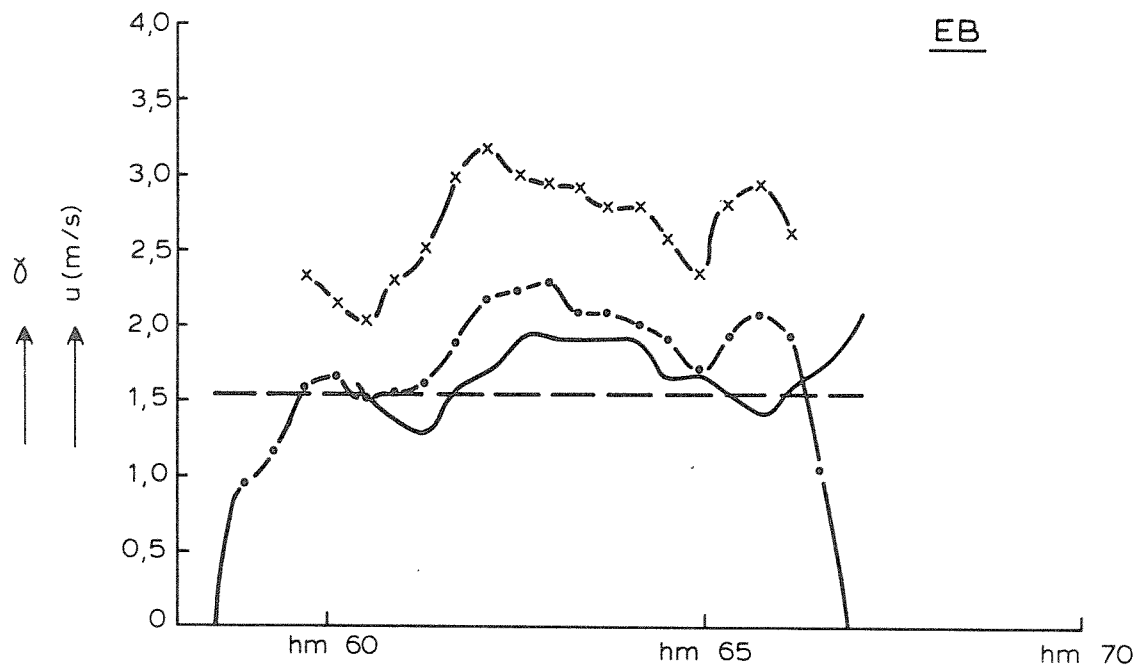
R 1495 — u

STROOMSNELHEIDS - EN α - VERDELING	EB/VLOED	SCHAAR
	BOUWFASE S 2	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 2041	FIG. 1



M 1001 { — x — alpha
 — • — u
 - - - u
 R 1495 — u

STROOMSNELHEIDS - EN α - VERDELING	EB/VLOED	SCHAAR
	BOUWFASE U 3	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 2041	FIG. 2



- M 1001 { α
- { u
- { \bar{u}
- R 1495 u

STROOMSNELHEIDS - EN α - VERDELING

EB/VLOED

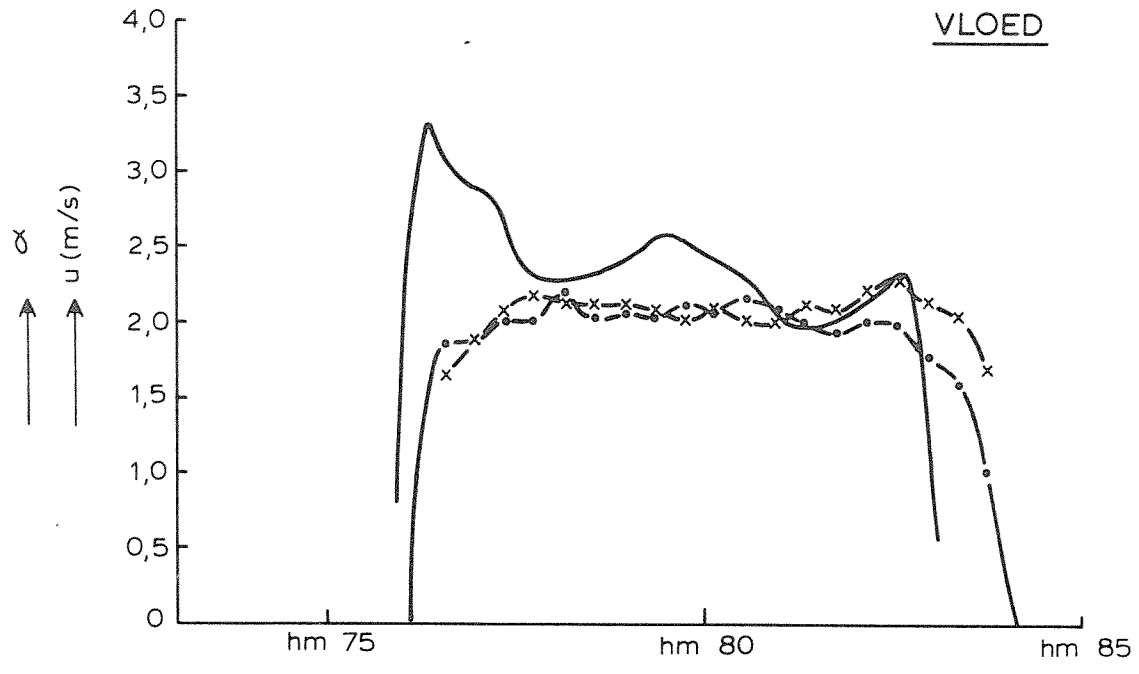
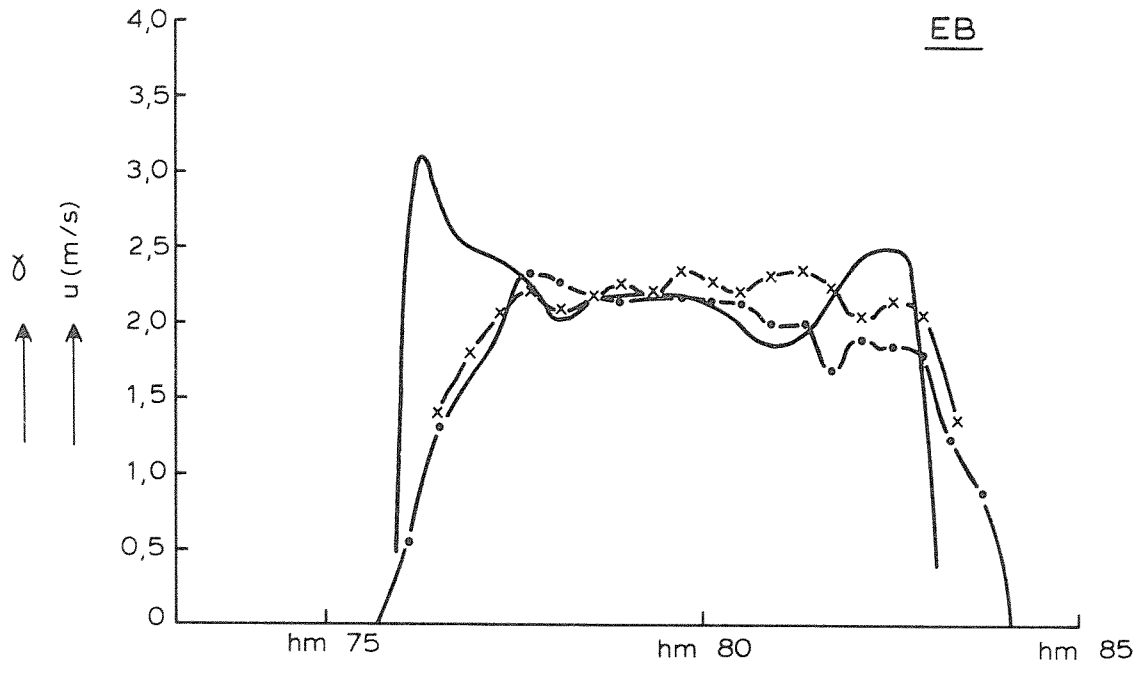
SCHAAR

EINDSITUATIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 3



M 1001 { — x — α
 — • — u
 - - - \bar{u}

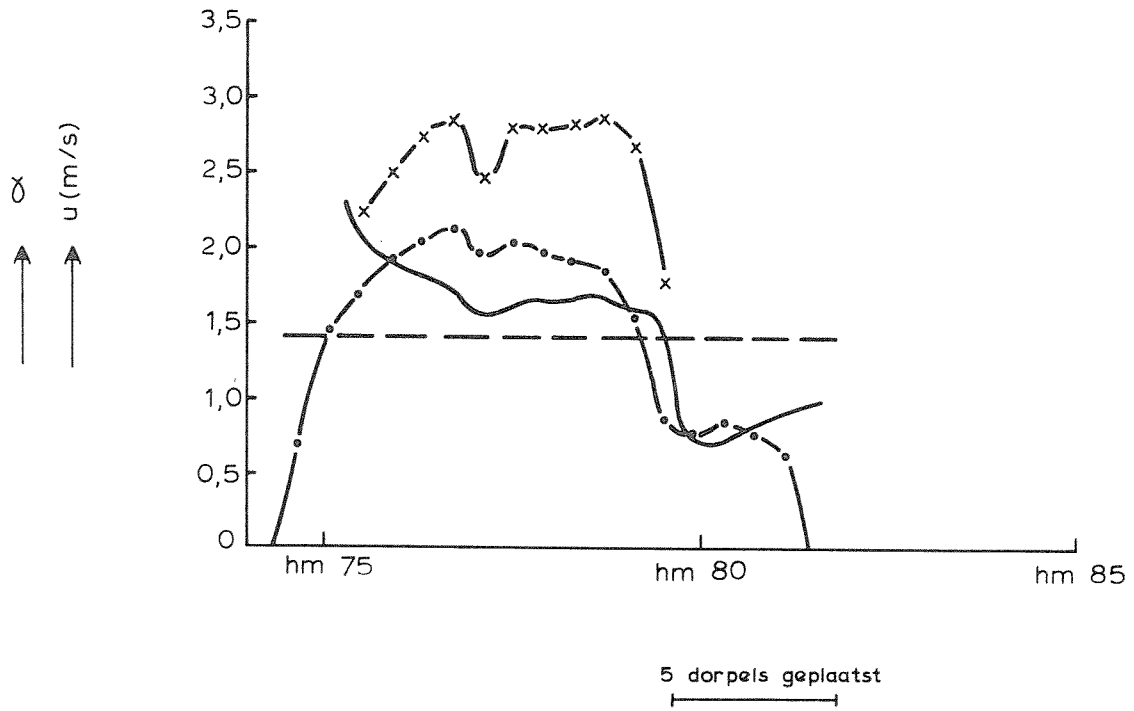
R 1495 — u

EB/VLOED	HAMMEN
BOUWFASE S 2	
R 2041	FIG. 4

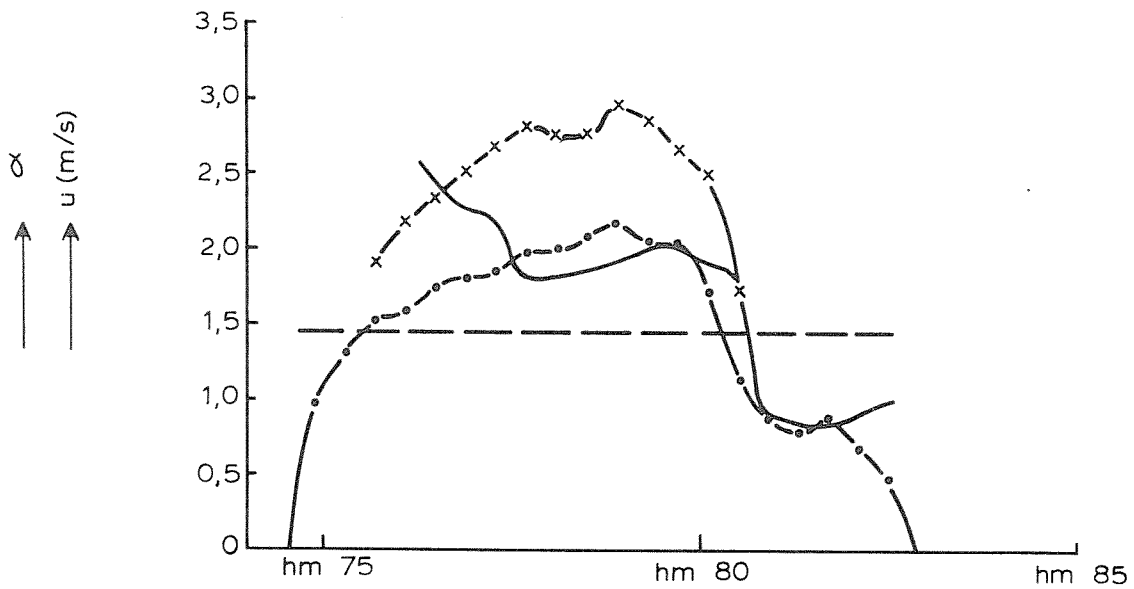
STROOMSNELHEIDS - EN α - VERDELING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

EB



VLOED



- M 1001 { α
- { u
- { \bar{u}
- R 1495 u

STROOMSNELHEIDS - EN α - VERDELING

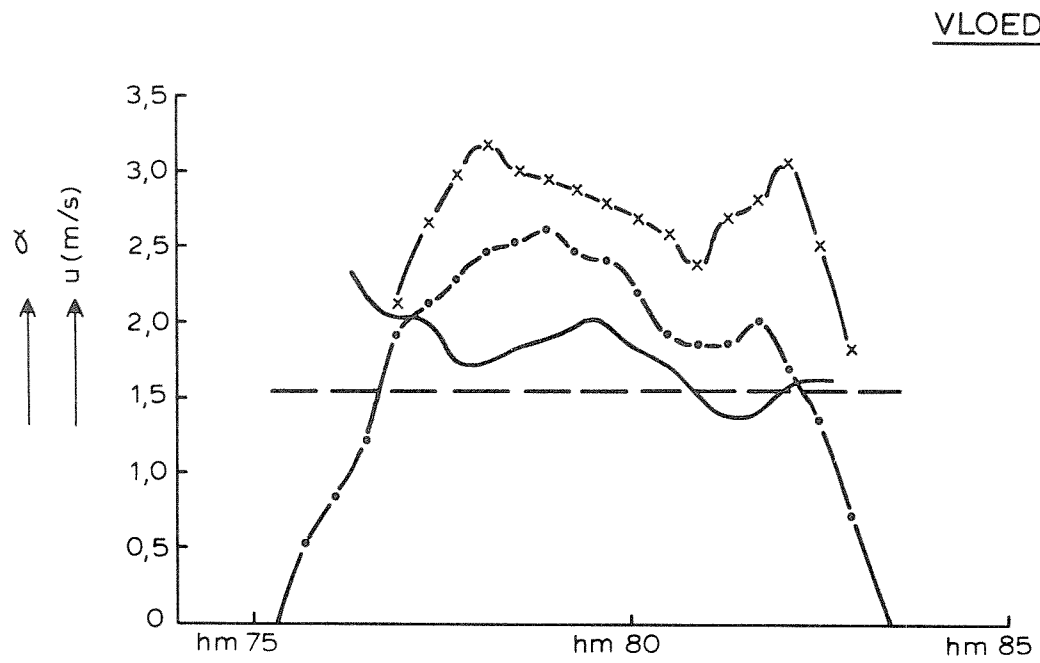
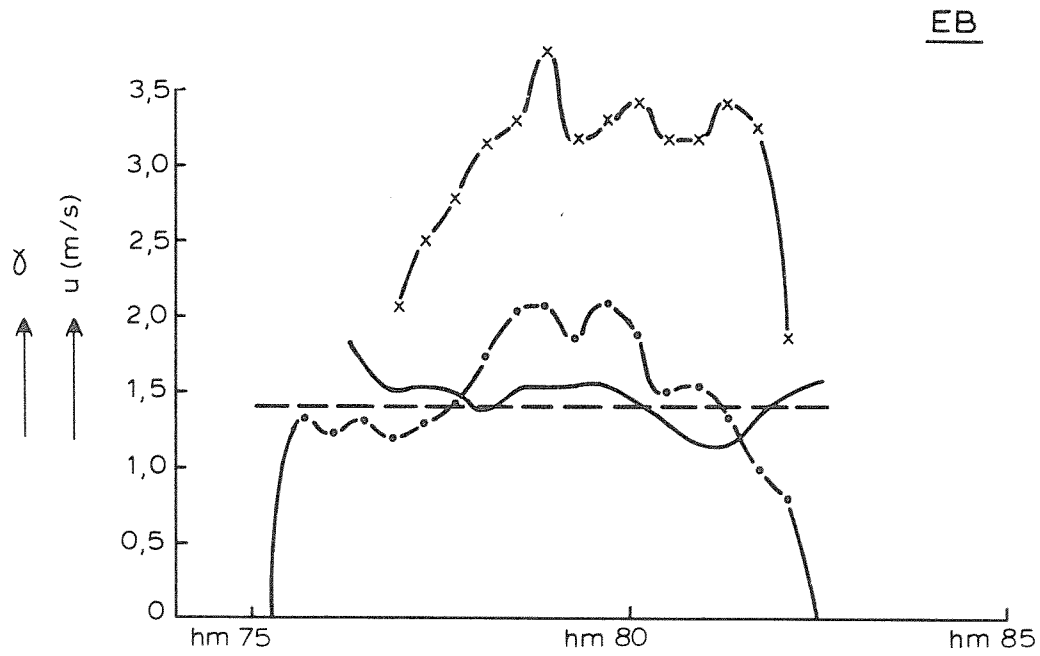
EB/VLOED HAMMEN

BOUWFASE T 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

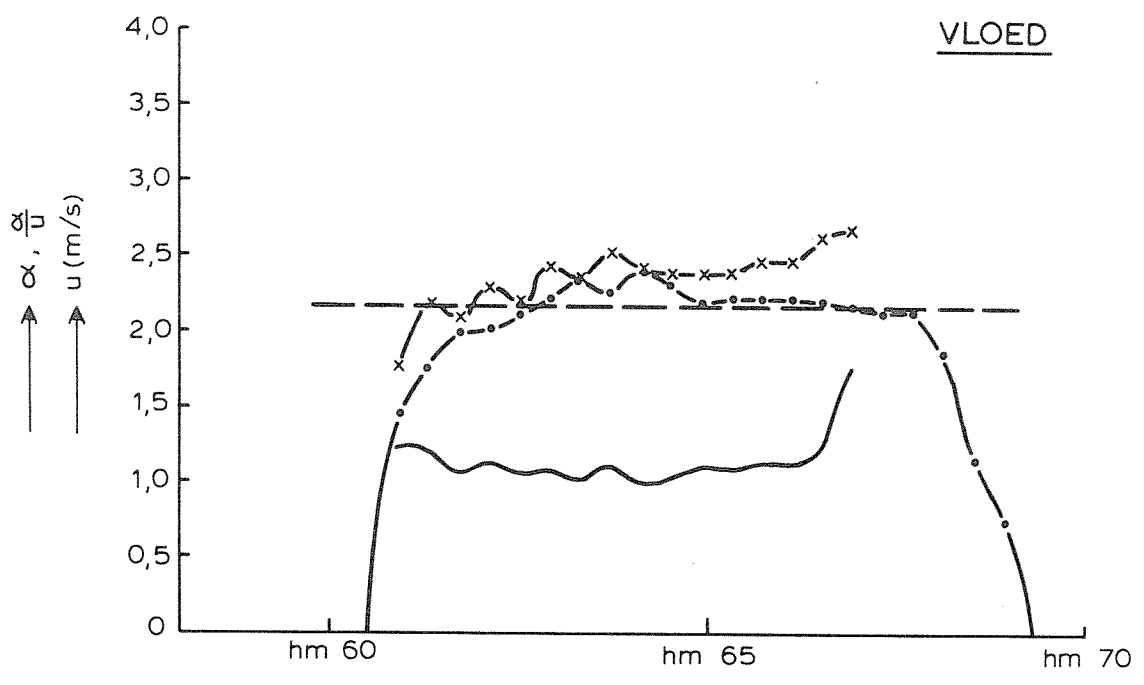
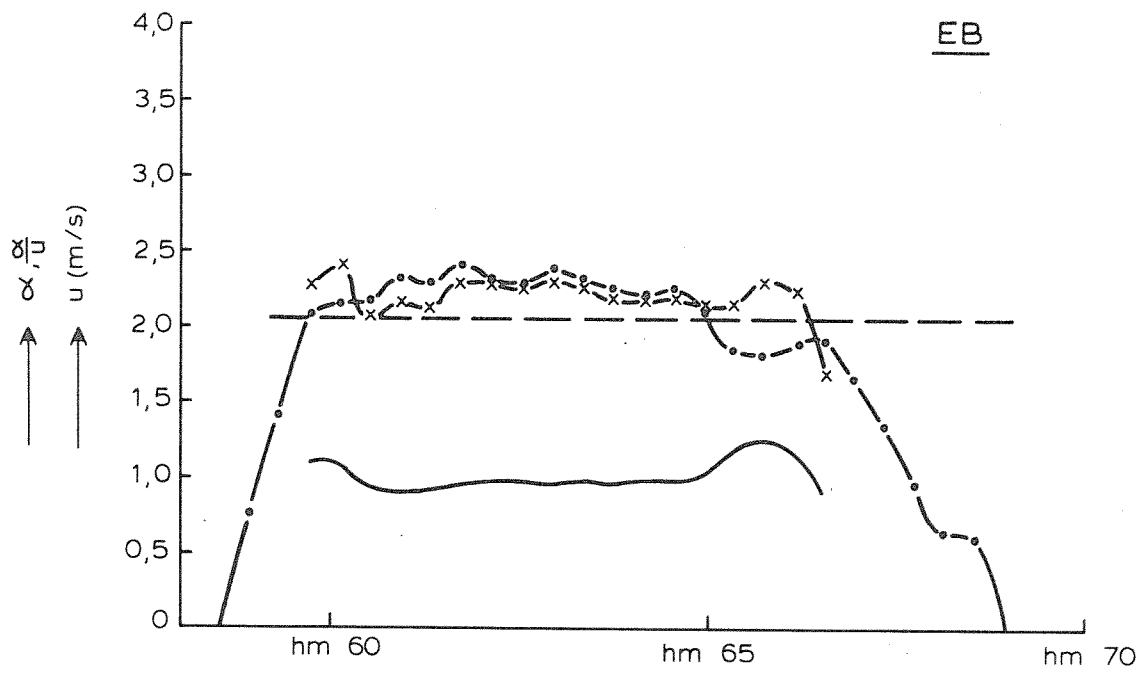
FIG. 5



M 1001 { — x — α
 — • — u
 - - - \bar{u}

R 1495 — u

STROOMSNELHEIDS - EN α - VERDELING	EB/VLOED	HAMMEN
	EINDSITUATIE	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 2041	FIG. 6



— x — α
 — • — u
 - - - \bar{u}
 — $\frac{\alpha}{|u|}$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN $\frac{\alpha}{u}$ -VERDELING

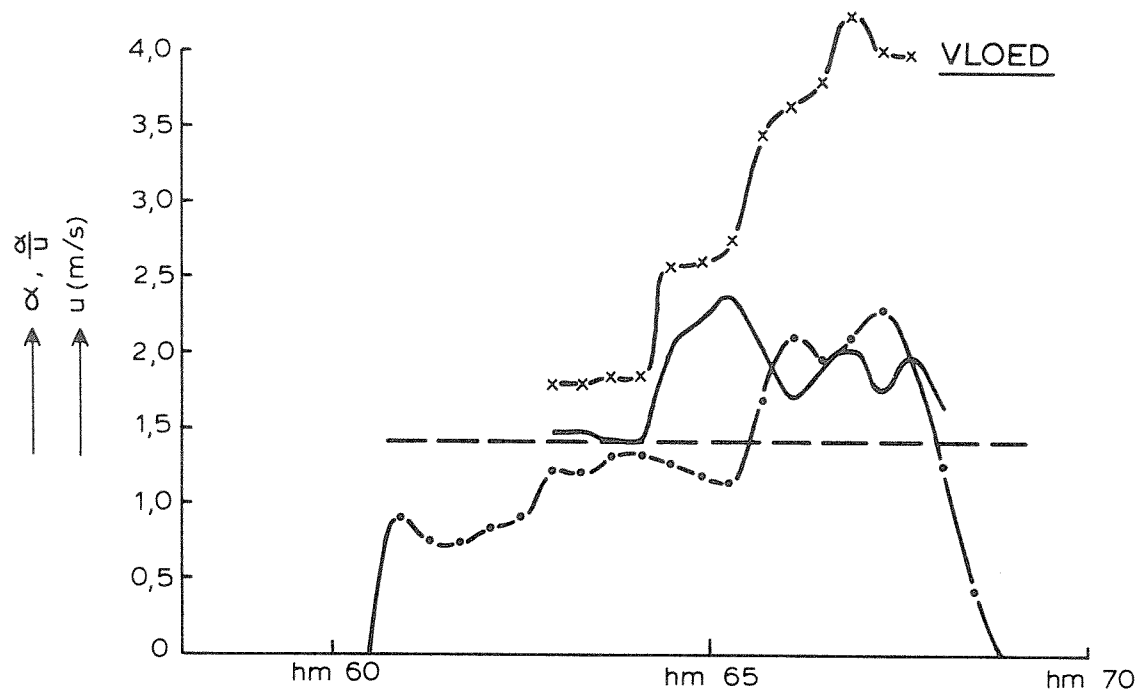
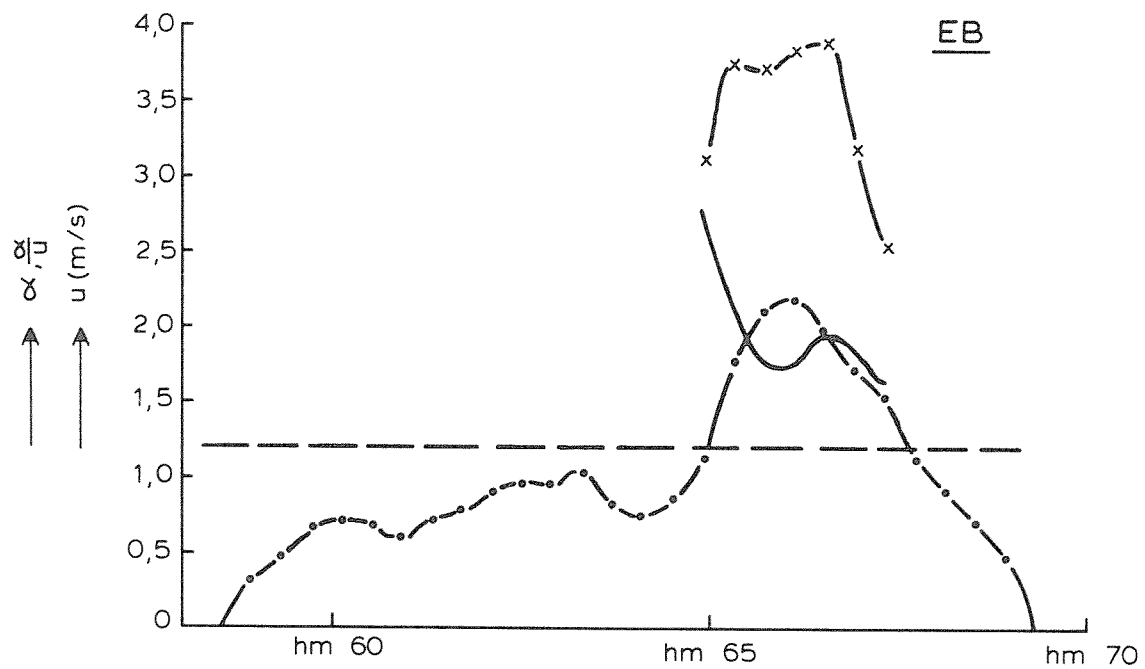
EB/VLOED SCHAAR

BOUWFASE S 2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 7



- x — α
- o — u
- - - \bar{u}
- $\frac{\alpha}{u}$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN $\frac{\alpha}{u}$ -VERDELING

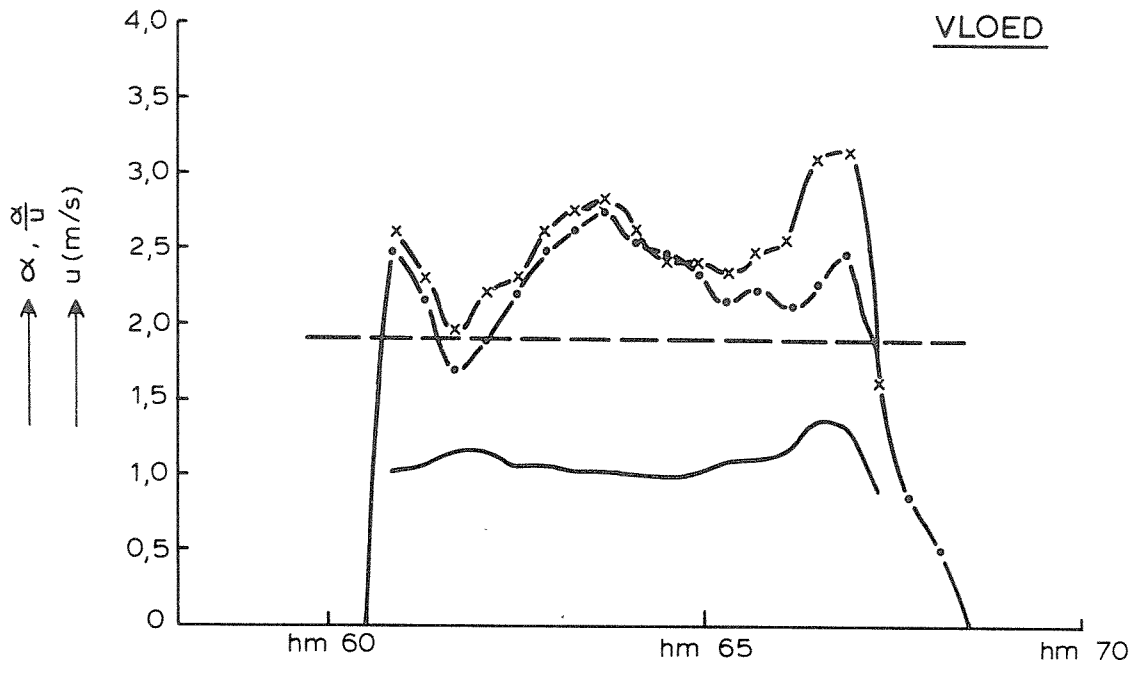
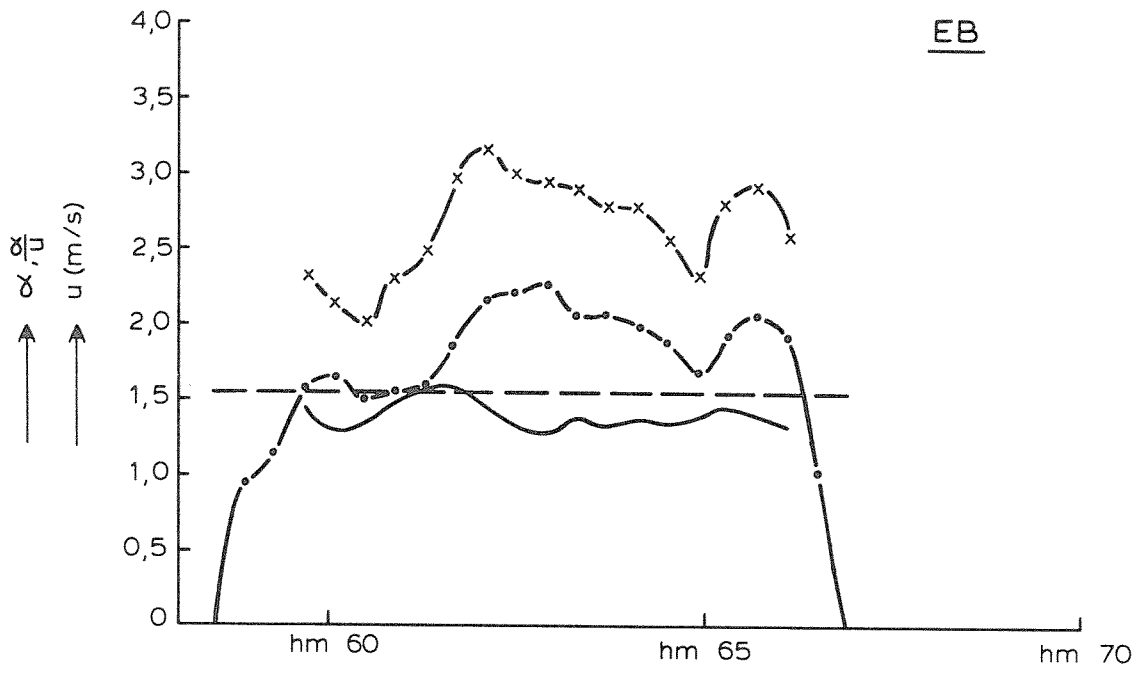
EB/VLOED SCHAAR

BOUWFASE U 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 8



— x — α
 — o — u
 - - - \bar{u}
 — — — $\frac{\alpha}{u}$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN $\frac{\alpha}{u}$ - VERDELING

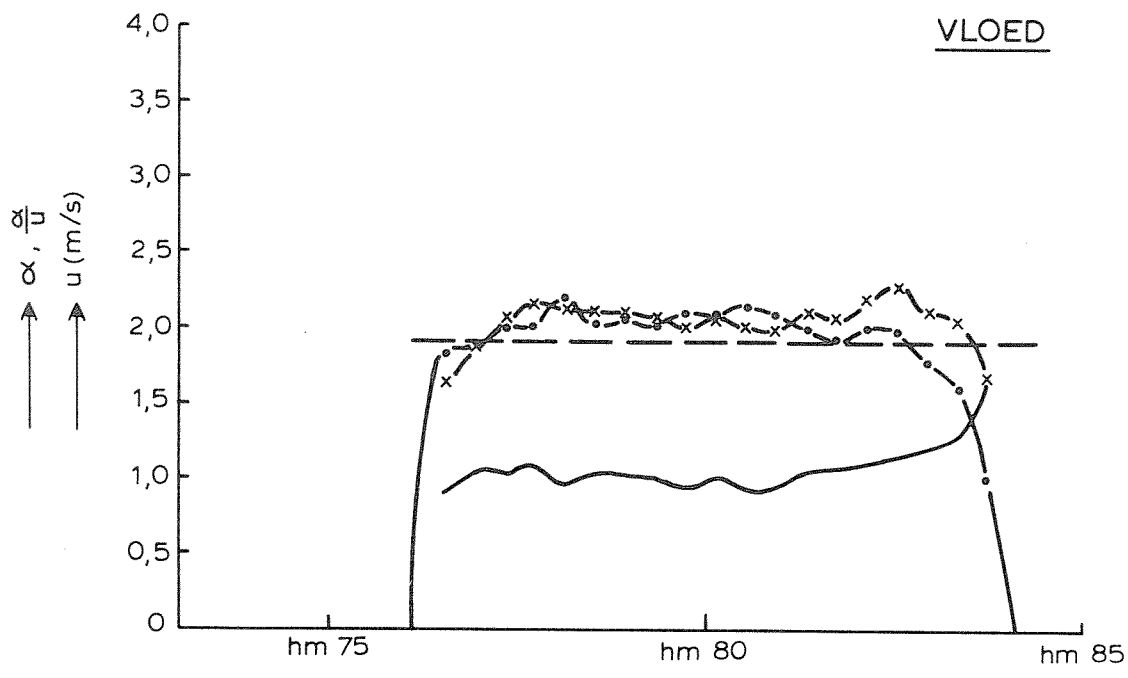
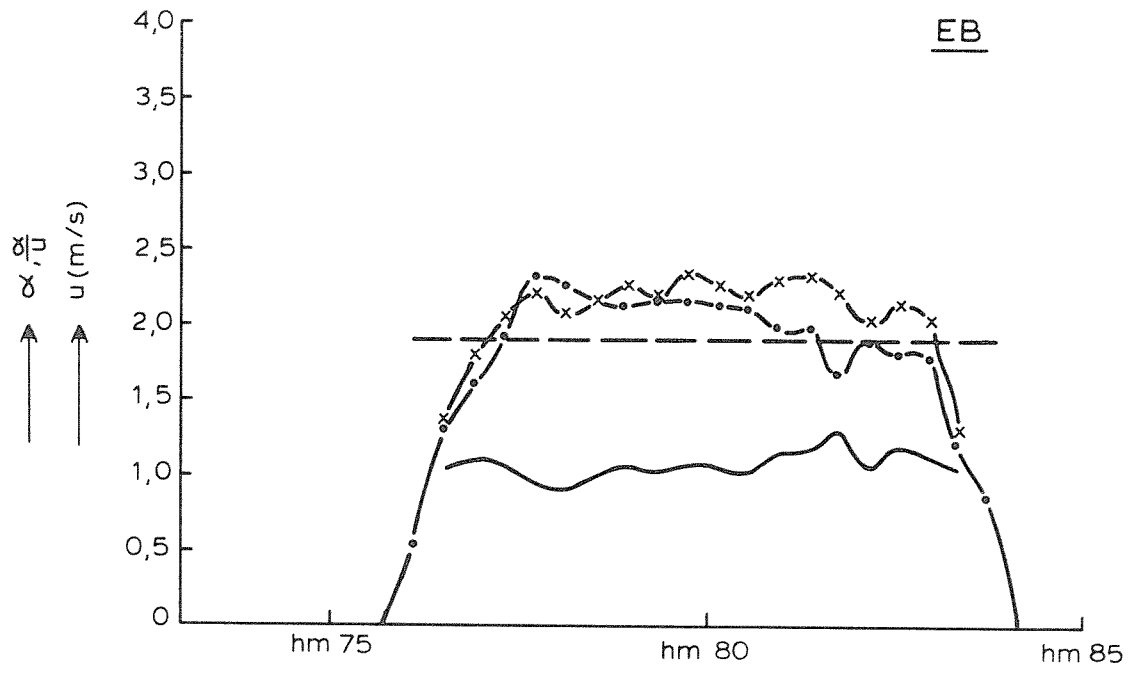
EB/VLOED SCHAAR

EINDSITUATIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 9



- x — α
- • — u
- - - \bar{u}
- $\frac{\alpha}{u}$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN $\frac{\alpha}{u}$ -VERDELING

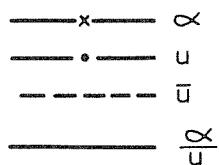
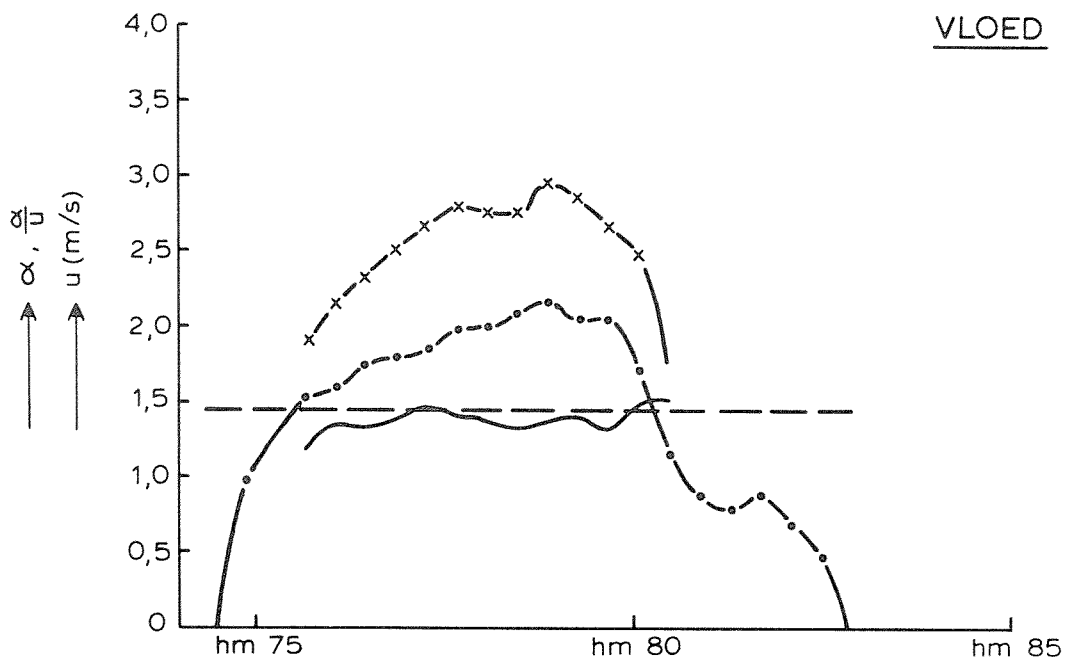
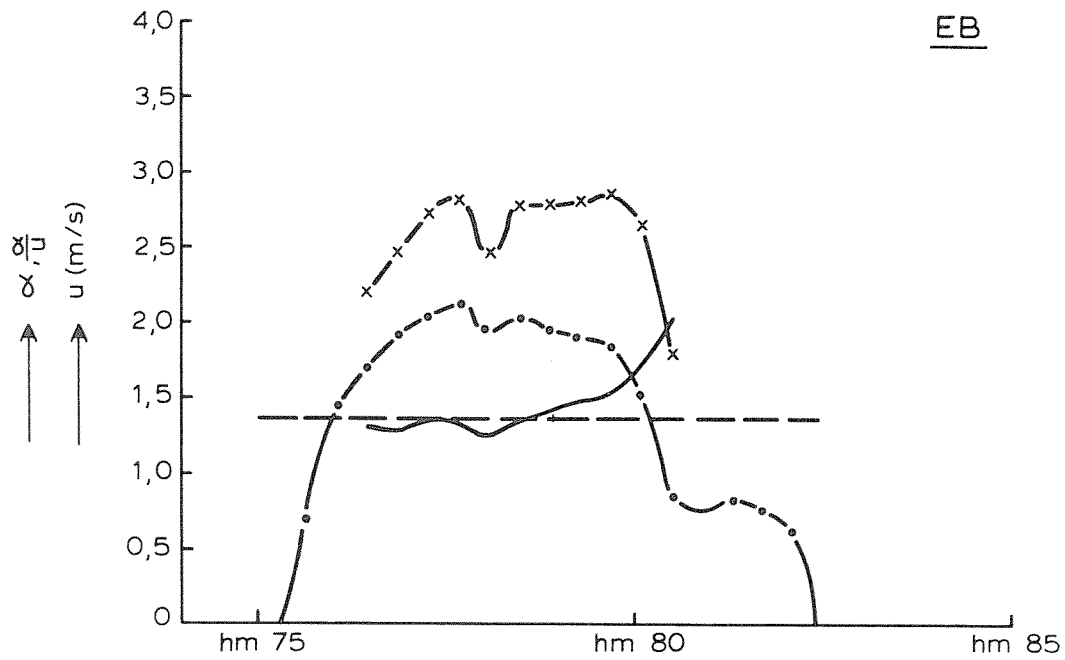
EB/VLOED HAMMEN

BOUWFASE S 2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 10



STROOMSNELHEIDS-, α - EN $\frac{\alpha}{u}$ -VERDELING

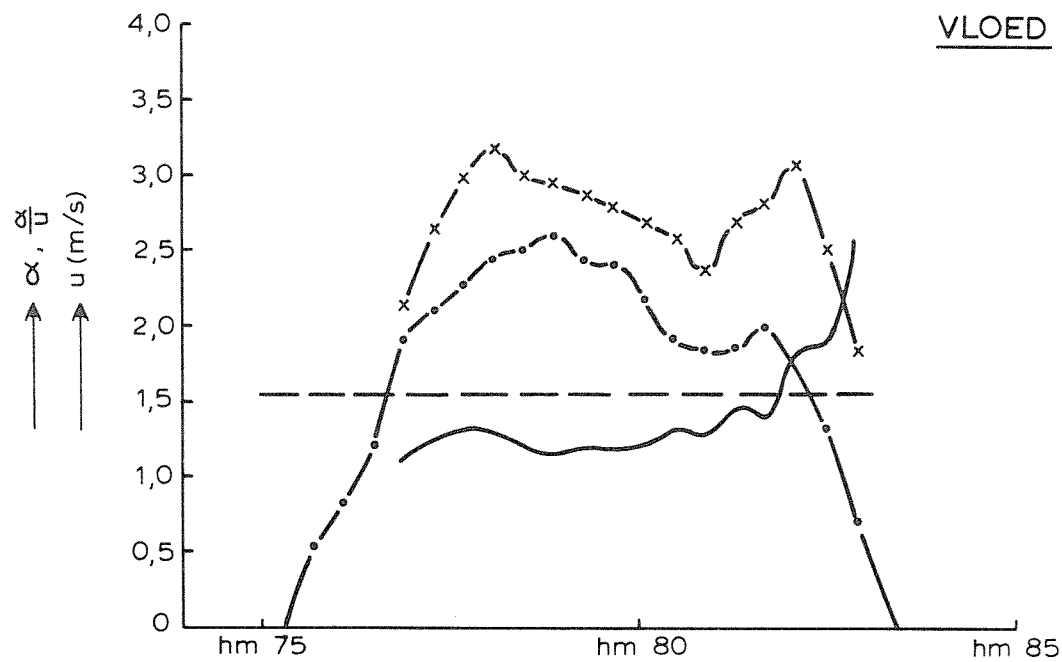
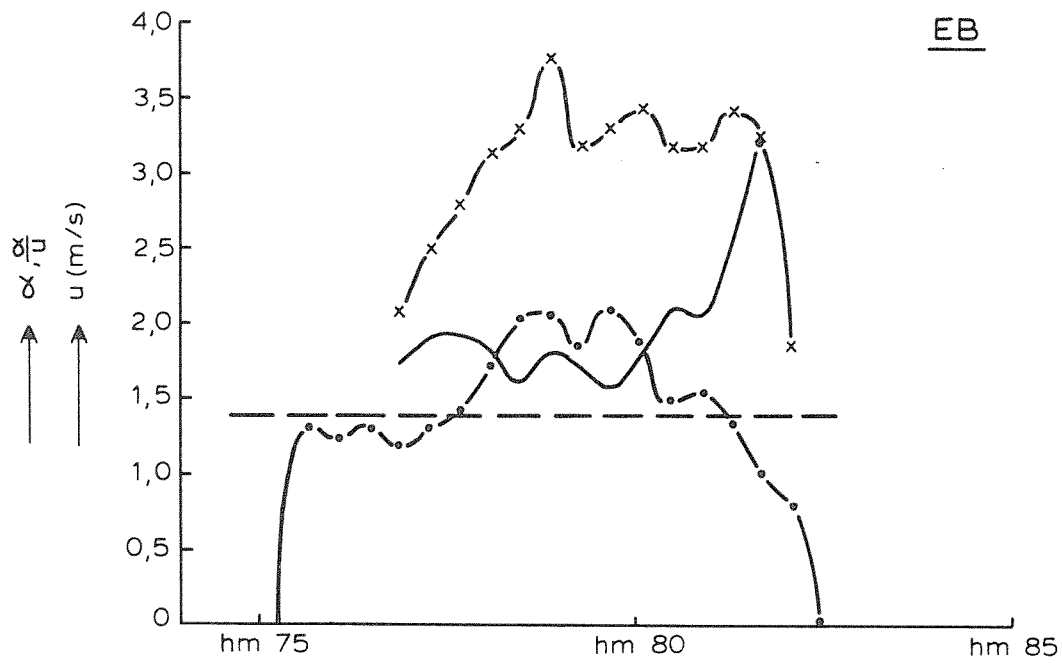
EB/VLOED HAMMEN

BOUWFASE T 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 11



— x — α
 — o — u
 - - - u
 — $\frac{\alpha}{u}$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN $\frac{\alpha}{u}$ -VERDELING

EB/VLOED

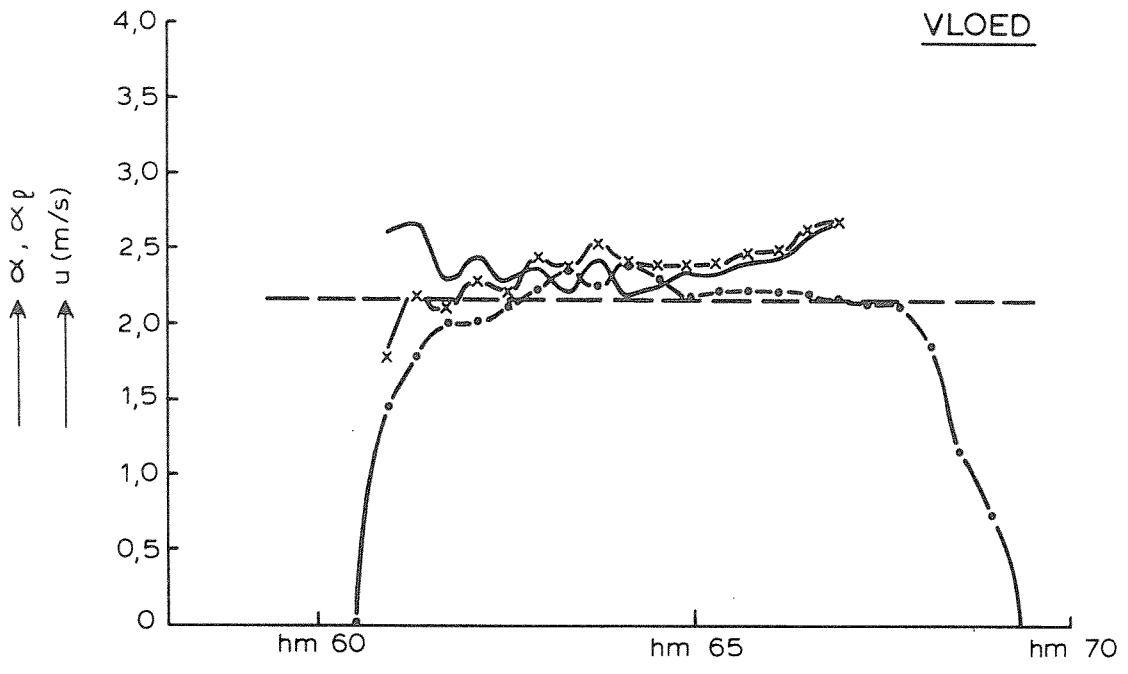
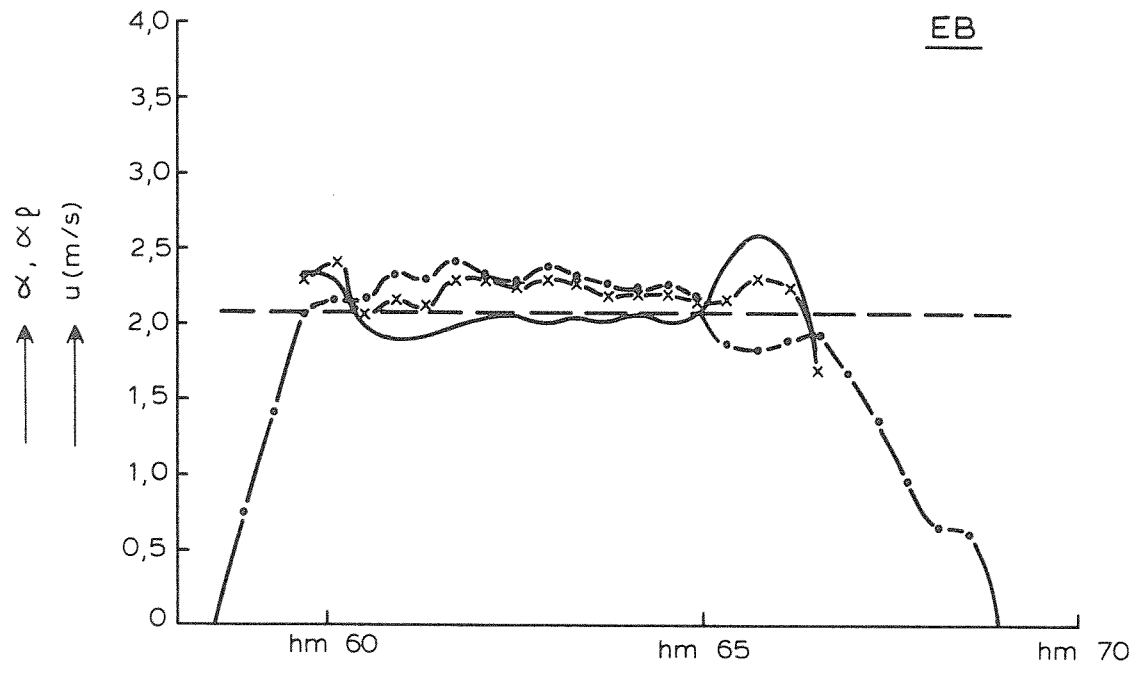
HAMMEN

EINDSITUATIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 12



- x — α
- • — u
- - - \bar{u}
- $\frac{\alpha \bar{u}}{u} = \alpha l$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN αl -VERDELING

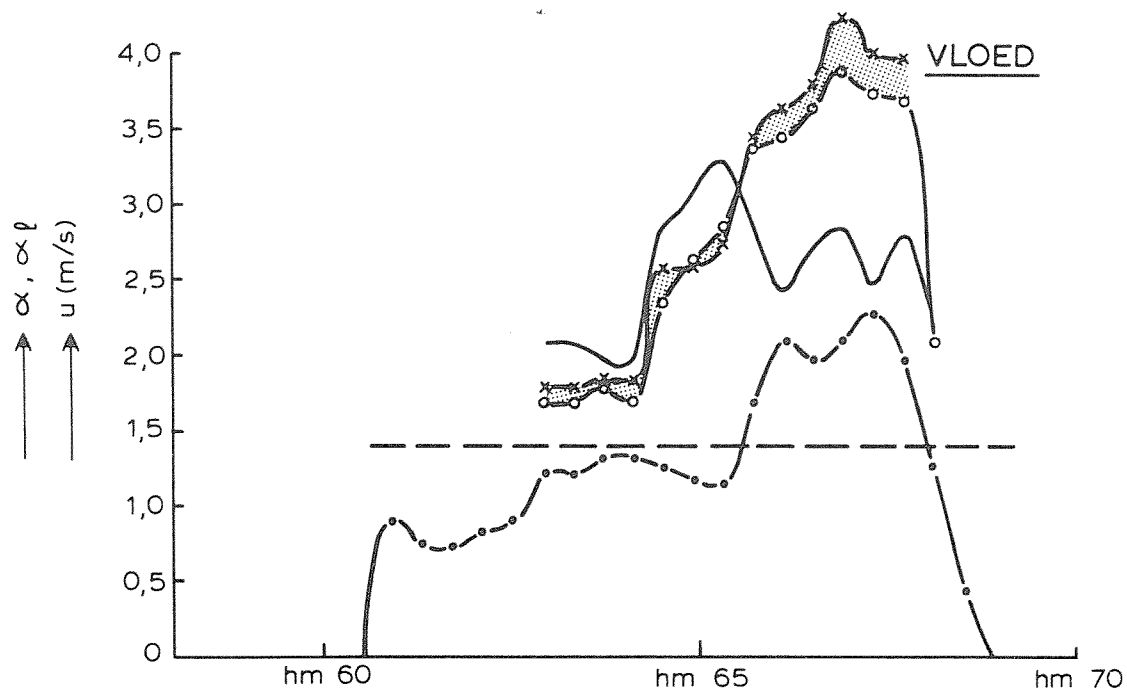
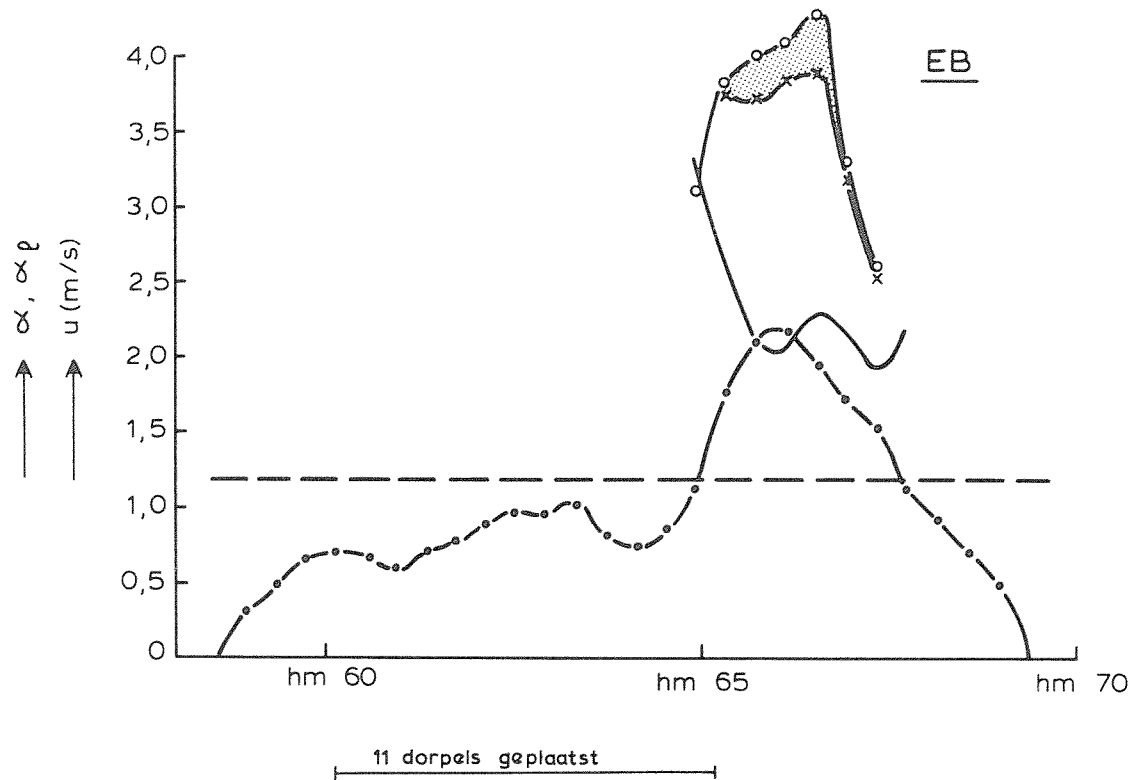
EB/VLOED	SCHAAR
----------	--------

BOUWFASE S 2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 13



- reproductie $N_V=8,5$ —○— α
 $N_V=8,5$ —x— α
 —•— u
 - - - \bar{u}
 ——— $\frac{\alpha \bar{u}}{u} = \alpha \rho$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN $\alpha \rho$ -VERDELING

EB/VLOED

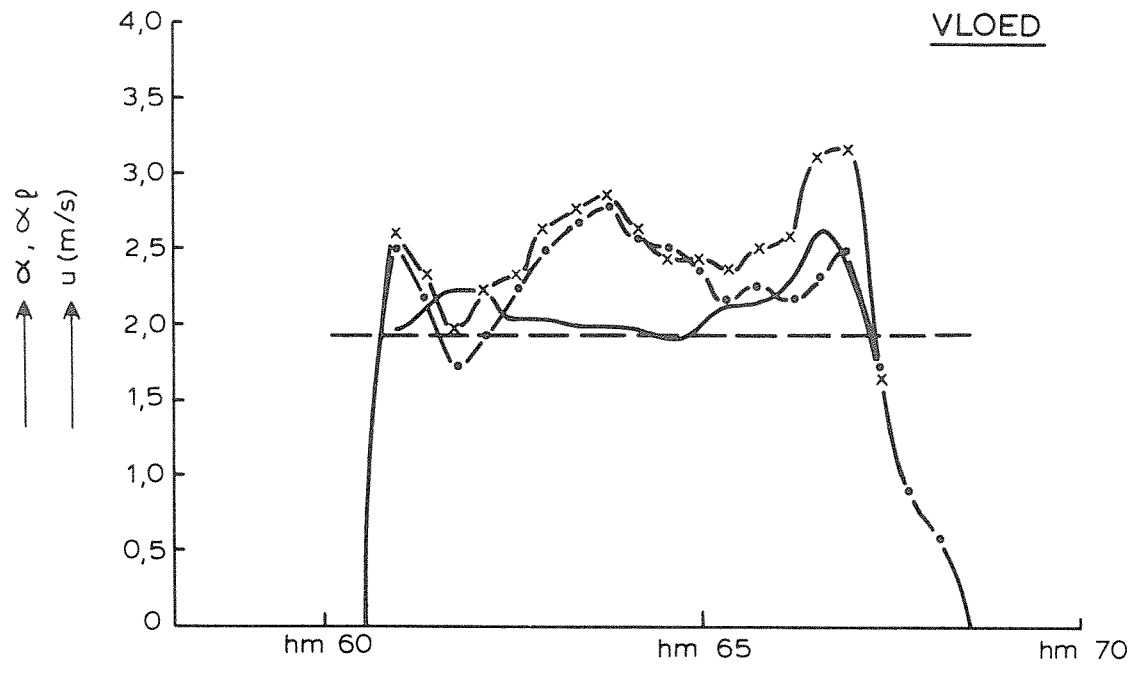
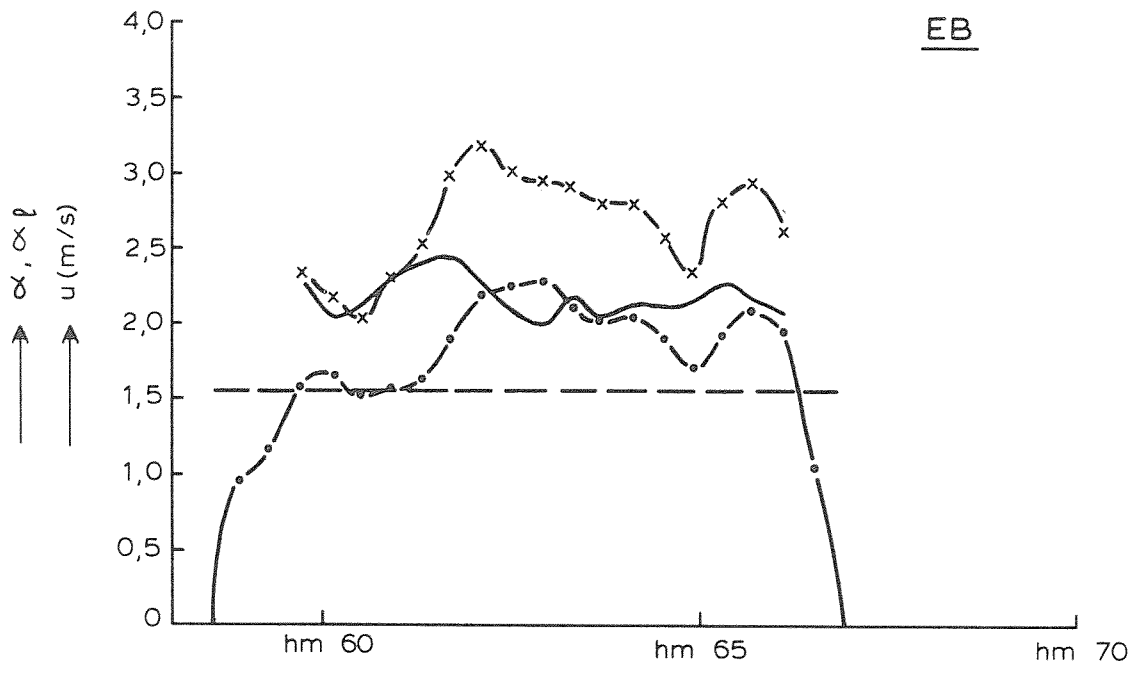
SCHAAR

BOUWFASE U 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 14



- x — α
- • — u
- - - \bar{u}
- x — $\frac{\alpha \bar{u}}{u} = \alpha_p$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN α_p -VERDELING

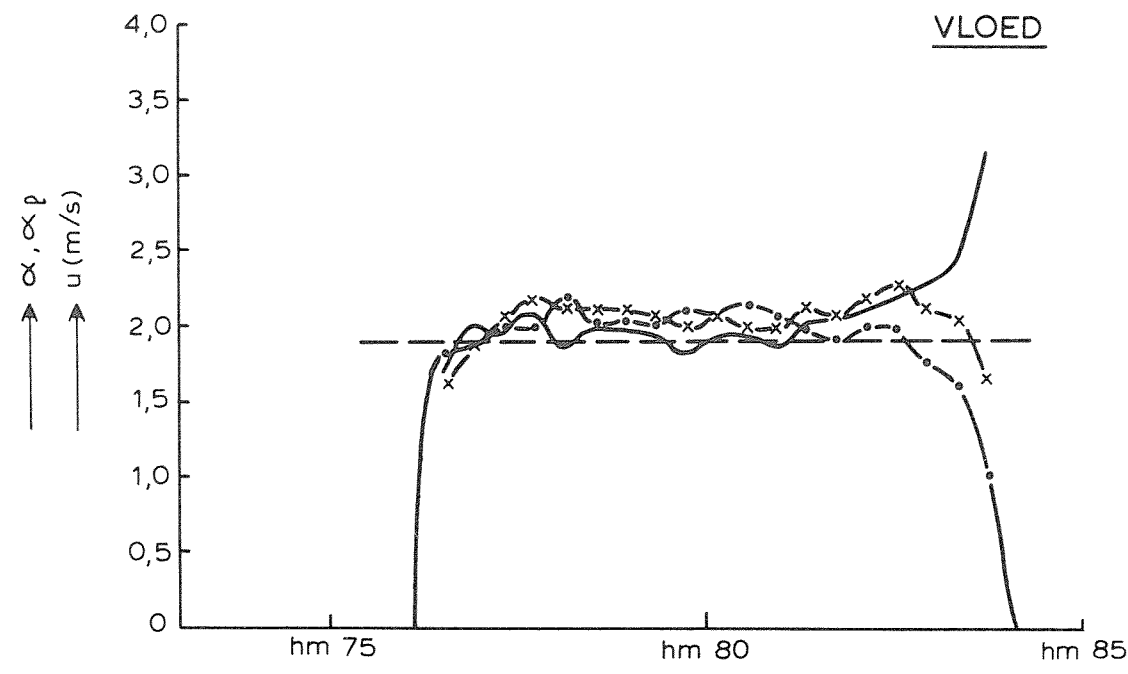
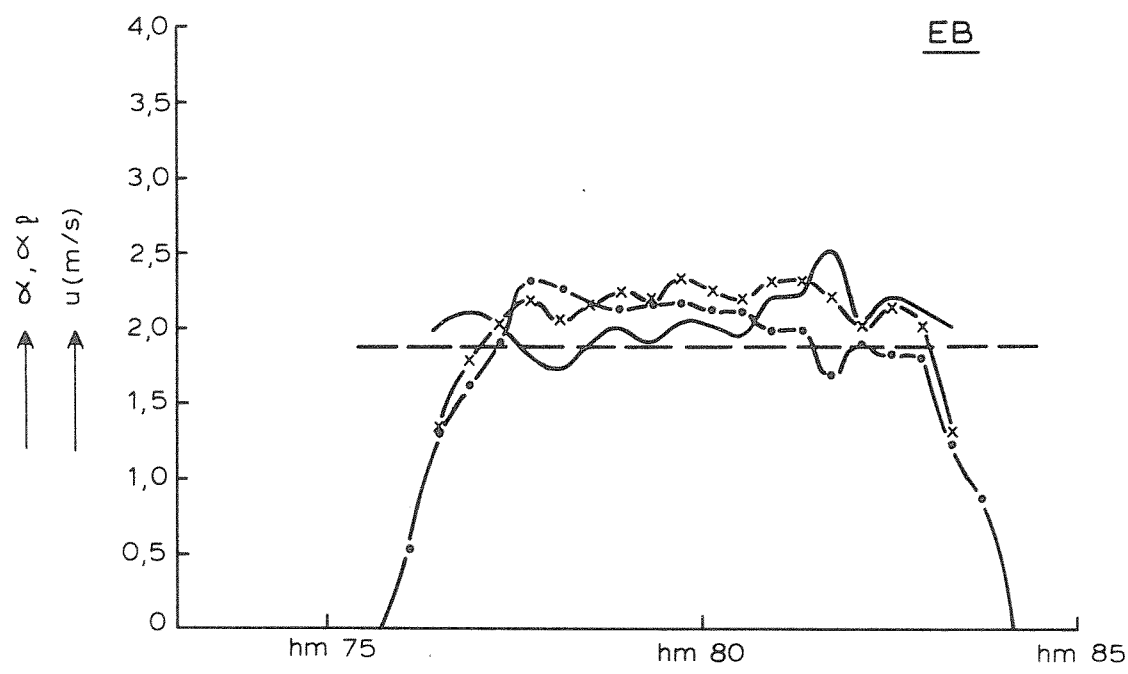
EB/VLOED SCHAAR

EINDSITUATIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

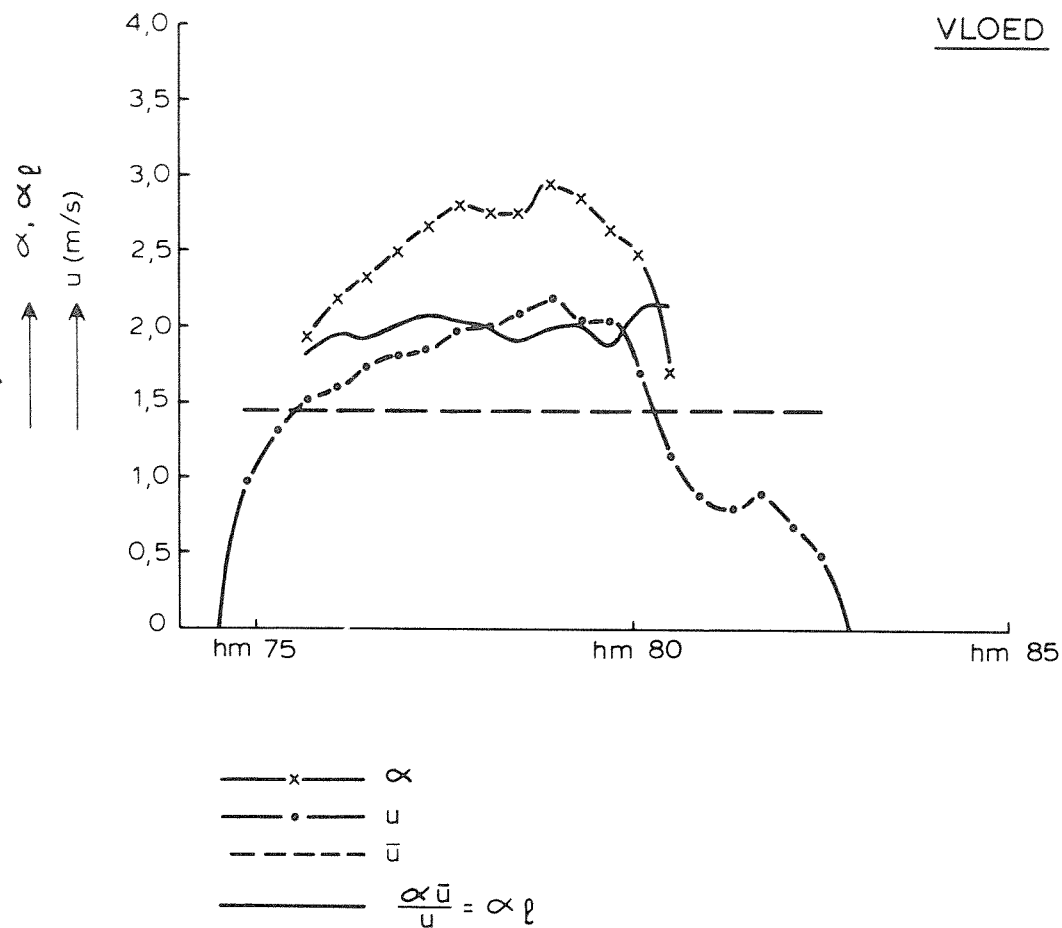
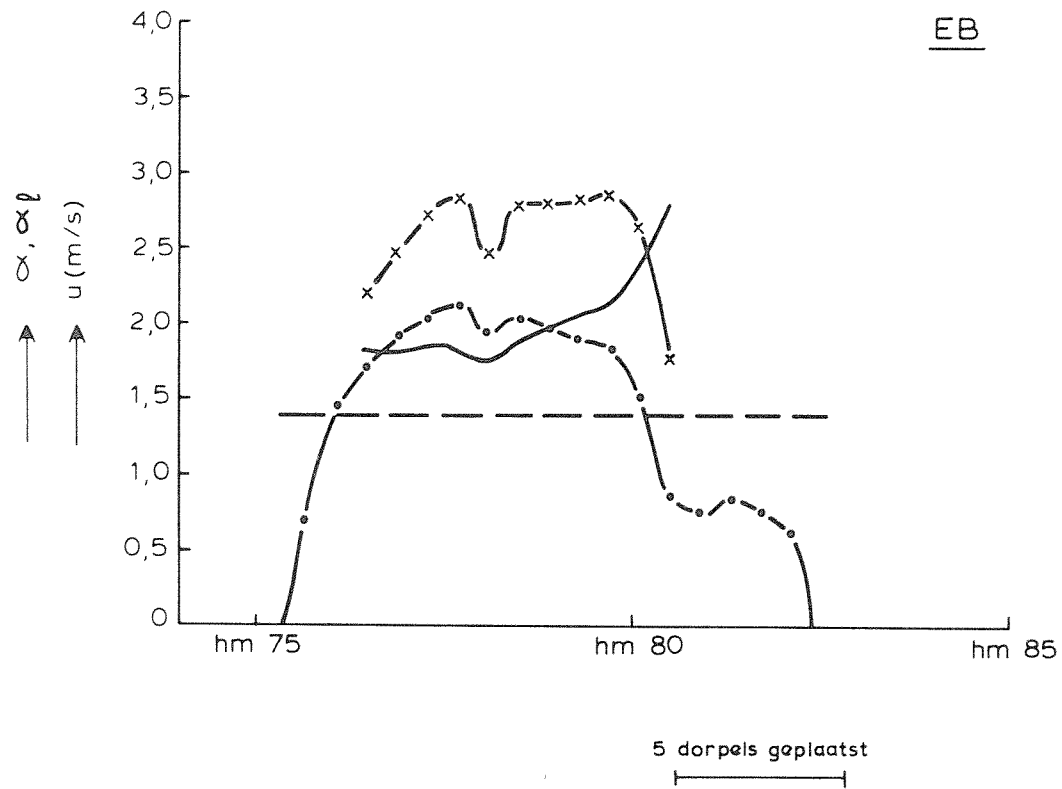
R 2041

FIG. 15



- x — α
- • — u
- - - \bar{u}
- $\frac{\alpha \bar{u}}{u} = \alpha_p$

STROOMSNELHEIDS-, α - EN α_p -VERDELING	EB/VLOED	HAMMEN
	BOUWFASE S 2	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 2041	FIG. 16



STROOMSNELHEIDS, α - EN $\alpha \ell$ - VERDELING

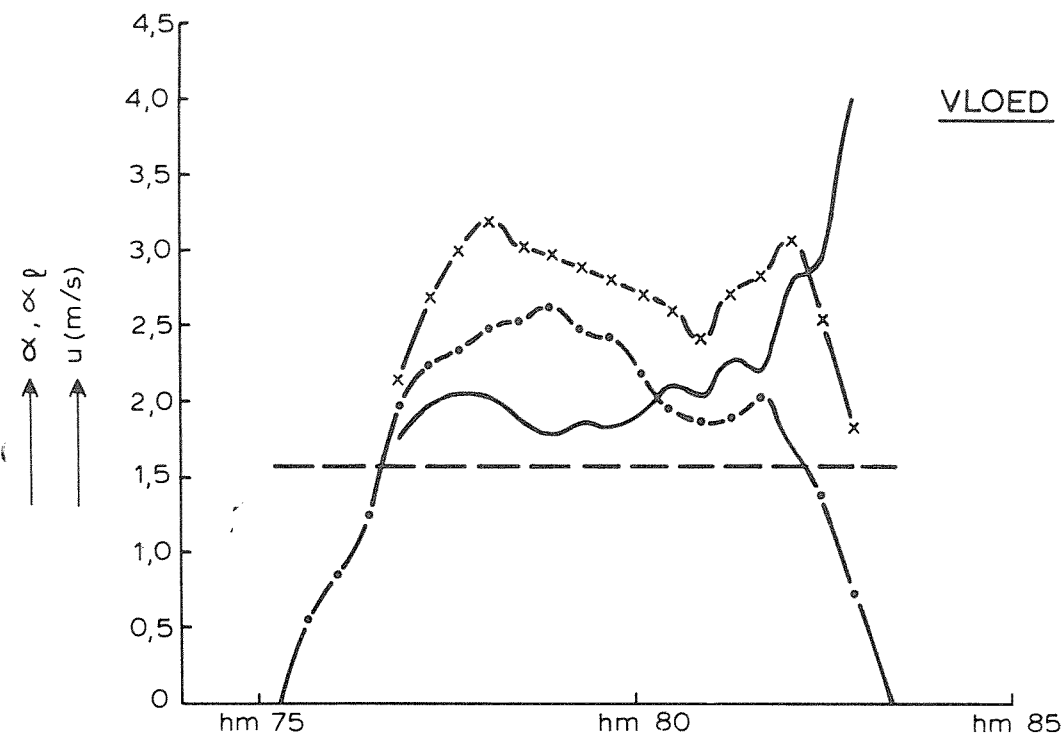
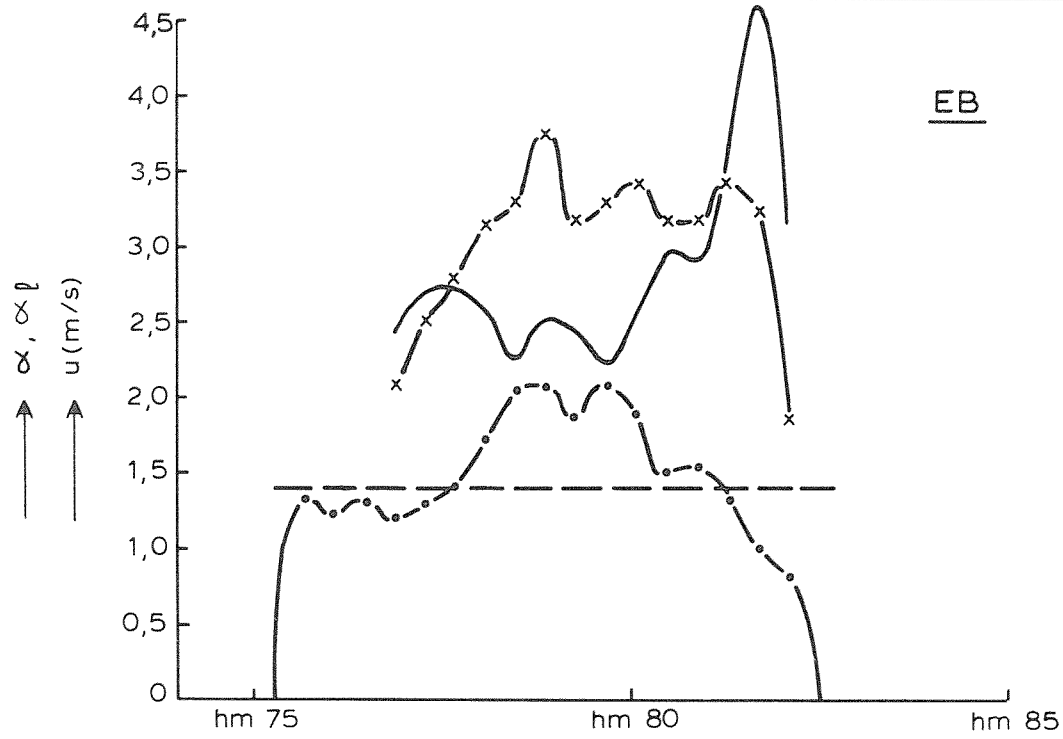
EB/VLOED HAMMEN

BOUWFASE T 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 17



- x — α
- • — u
- - - - ū
- — — $\frac{\alpha \bar{u}}{u} = \alpha p$

STROOMSNELHEIDS, α - EN αp - VERDELING

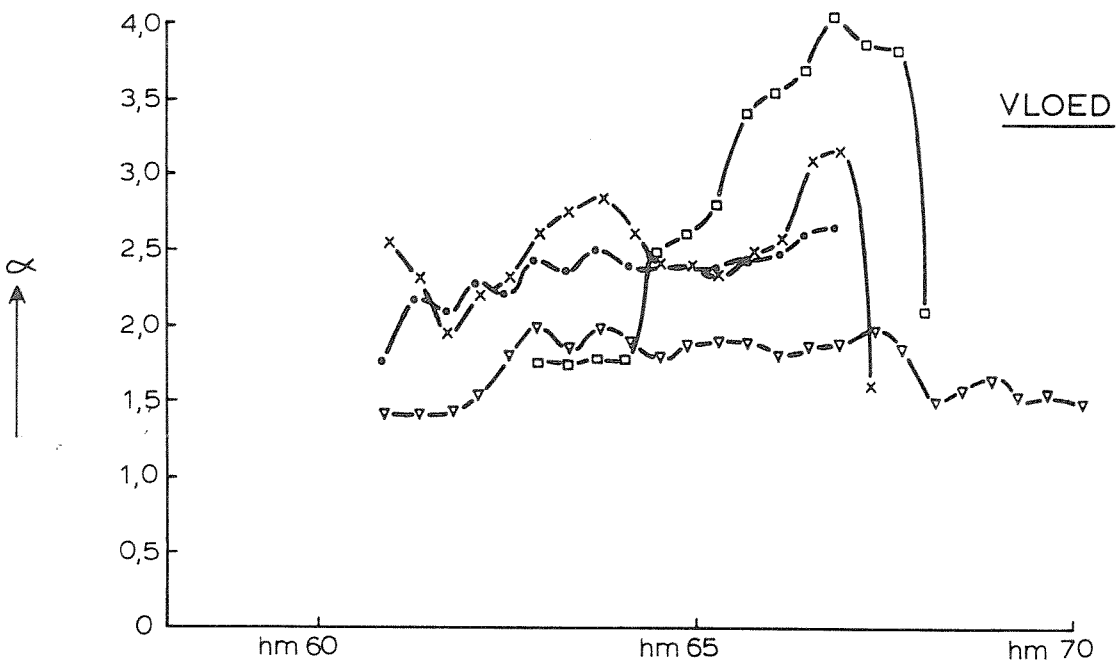
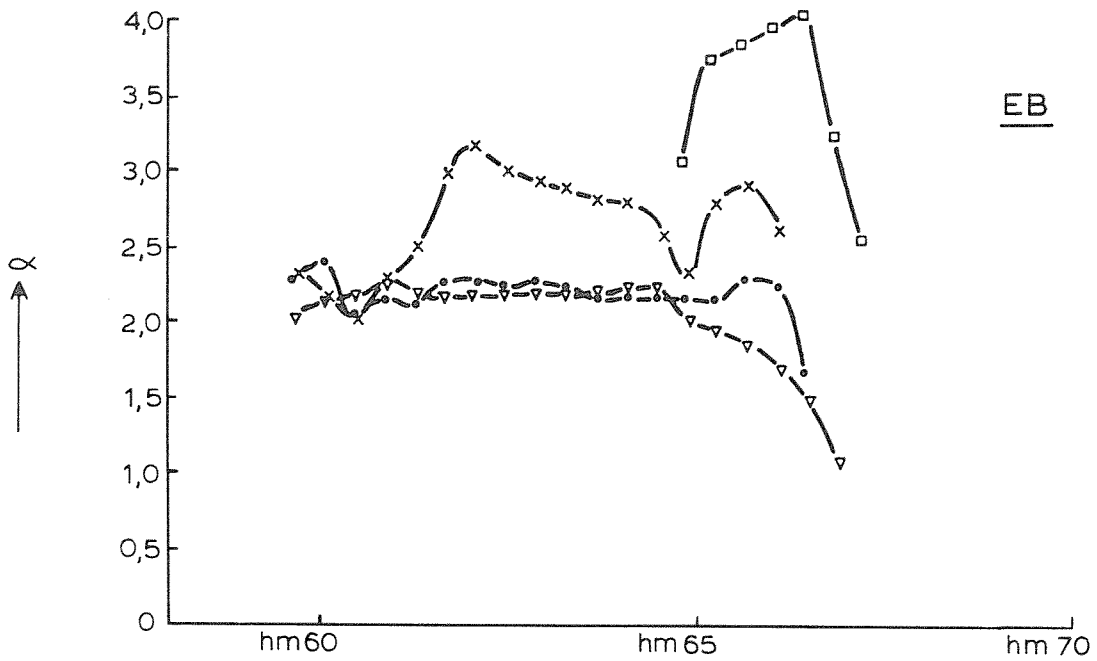
EB/VLOED HAMMEN

EINDSITUATIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 18

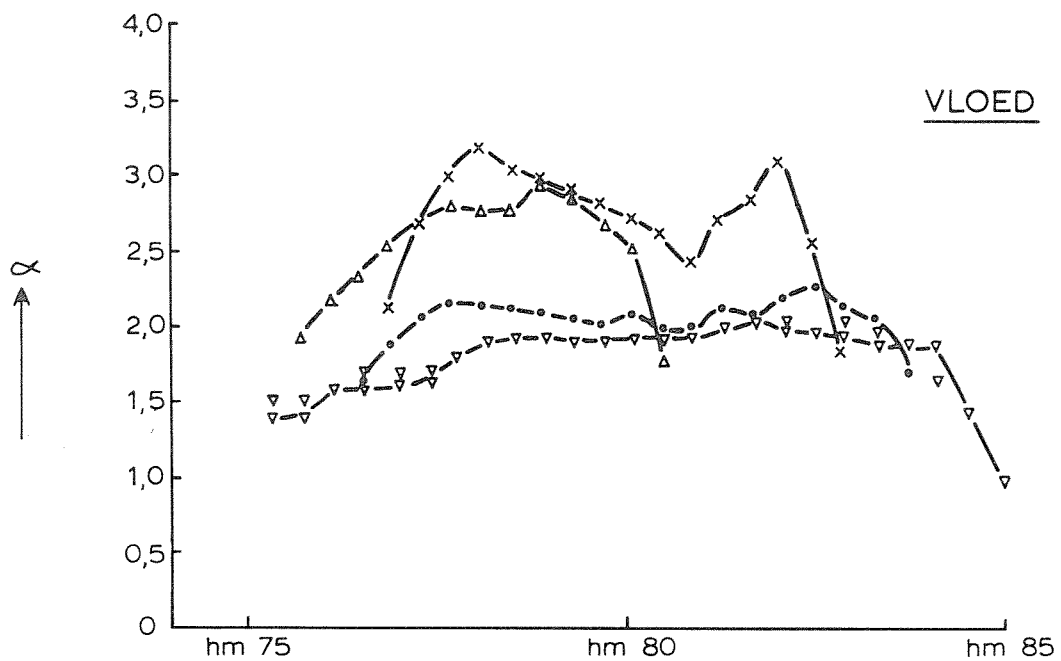
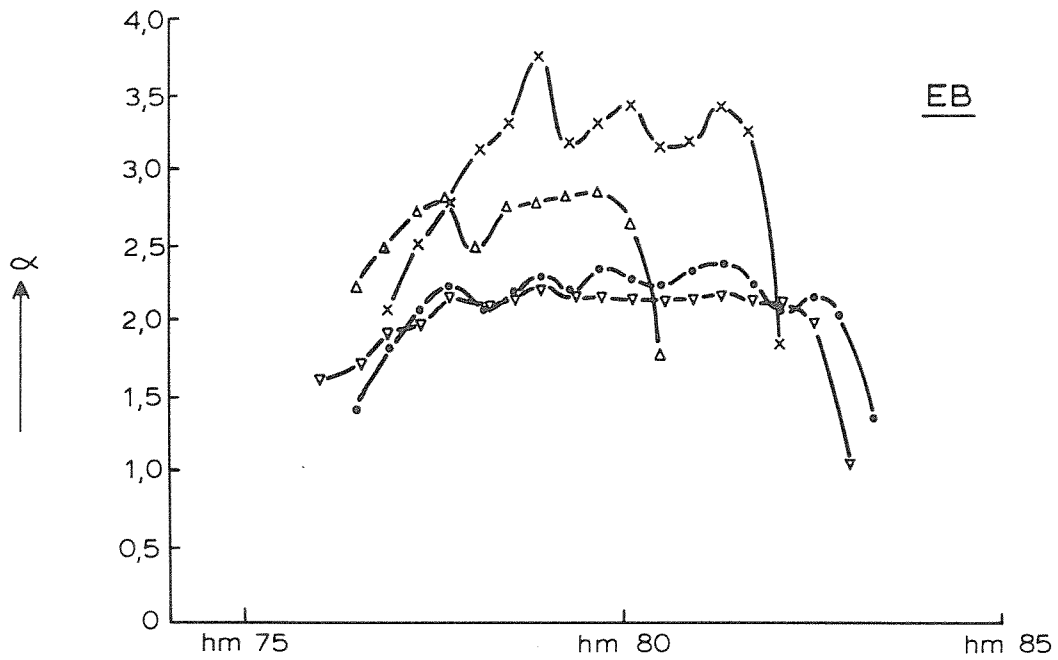


- ▽ bouwfase K1, kaal sluitgat
- bouwfase S 2, drempel gereed
- bouwfase U 3, dorpels Si - S 11
- x eindsituatie, alle dorpels

SAMENVATTING α -VERDELING BIJ BESCHOUWDE
BOUWFASEN EN KAAL SLUITGAT

EB/VLOED

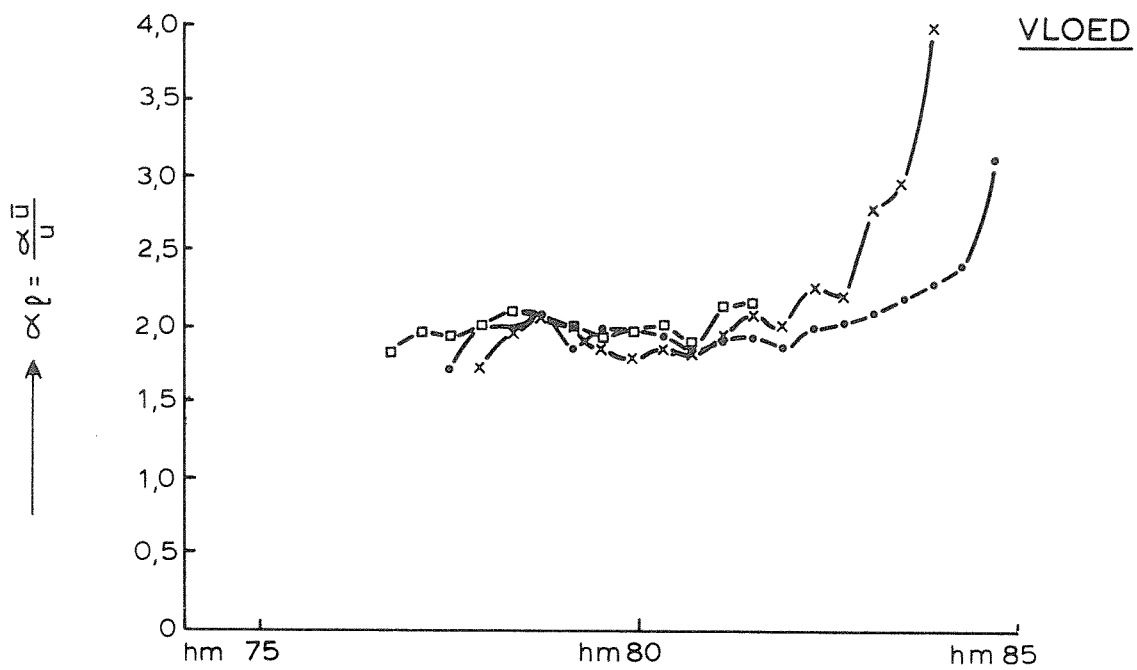
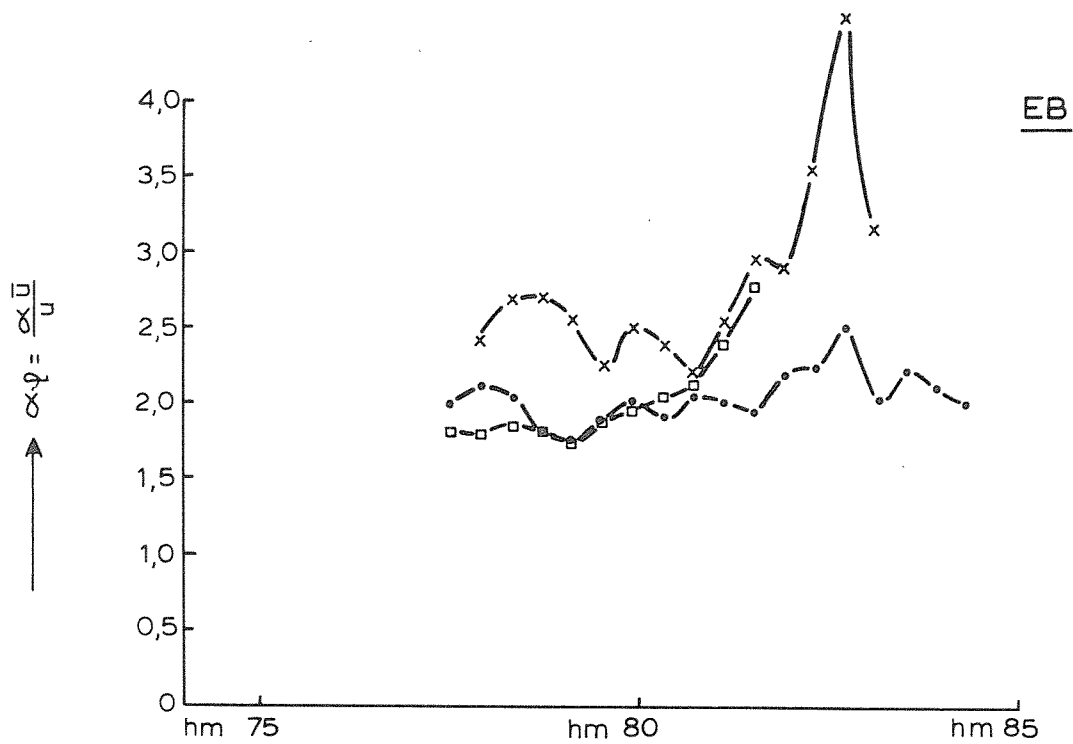
SCHAAR



- ▽ bouwfase A 3, kaal sluitgat
- bouwfase S 2, drempel gereed
- Δ bouwfase T 3, dorpel H 11... H 16
- x eindsituatie, alle dorpels

SAMENVATTING α -VERDELING BIJ BESCHOUWDE
BOUWFASEN EN KAAL SLUITGAT

EB/VLOED HAMMEN



- bouwfase S 2, drempel gereed
- ▣ bouwfase T 3, dorpel H 11 - H 16
- x eindsituatie, alle dorpels

SAMENVATTING α_p - VERDELING
BIJ BESCHOUWDE BOUWFASEN

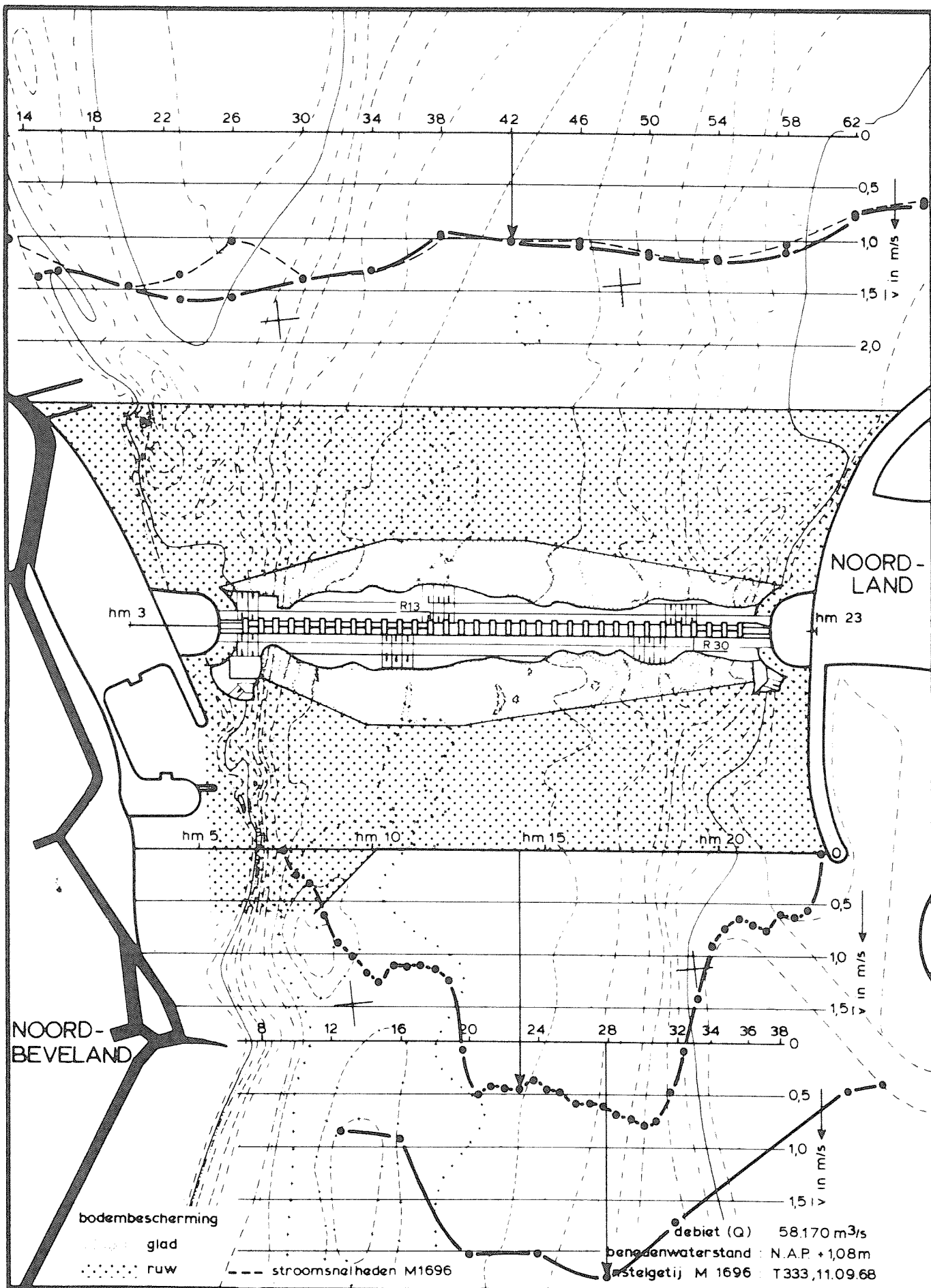
EB/VLOED

HAMMEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 22



STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN
SITUATIE 15 DORPELS GEPLAATST

ROOMPOT

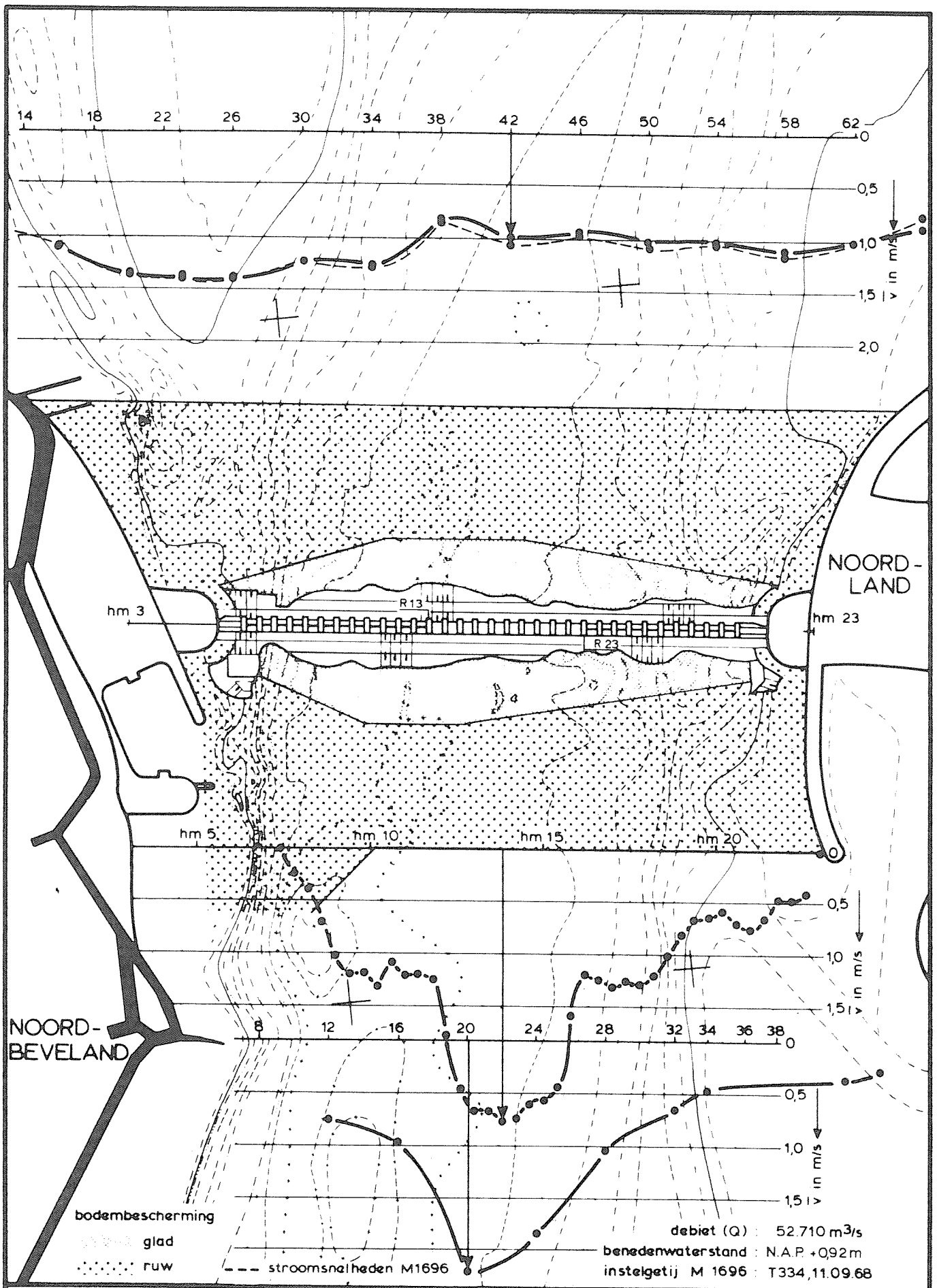
VLOED

SCHAAL 1:15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 23



STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN
 SITUATIE 22 DORPELS GEPLAATST

ROOMPOT

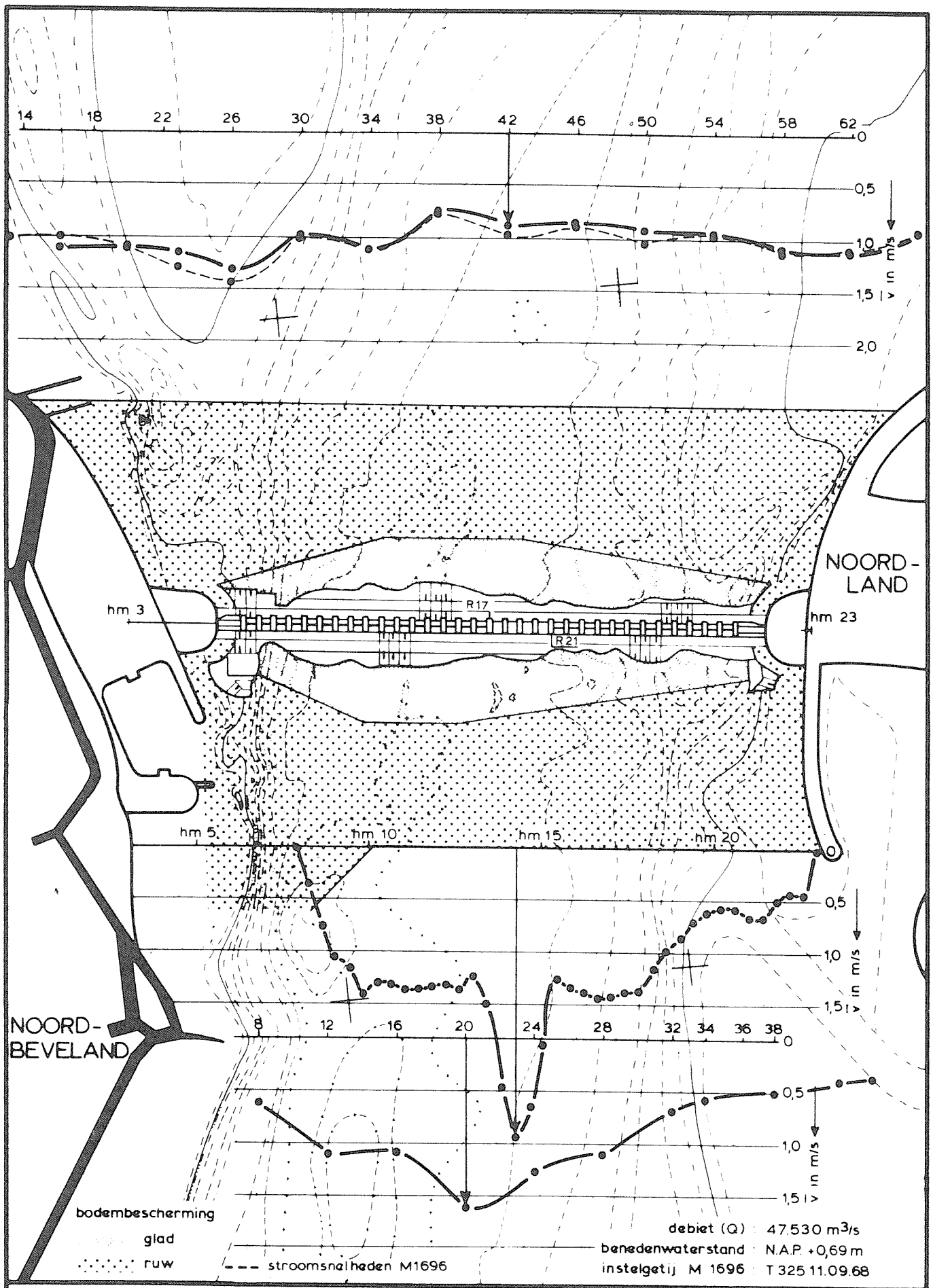
VLOED

SCHAAL 1:15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 24



STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN
 SITUATIE 28 DORPELS GEPLAATST

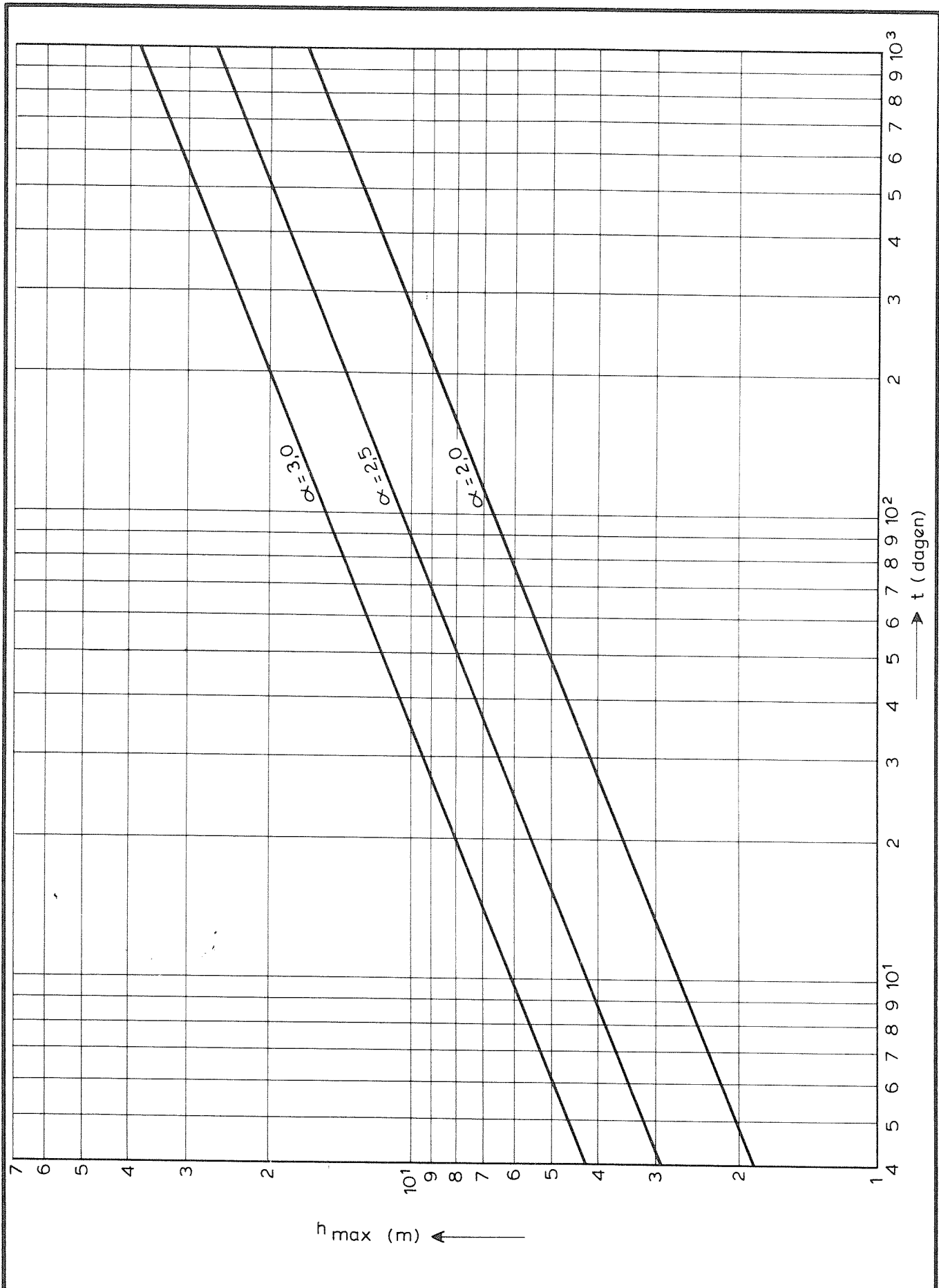
ROOMPOT VLOED

SCHAAL 1:15.000

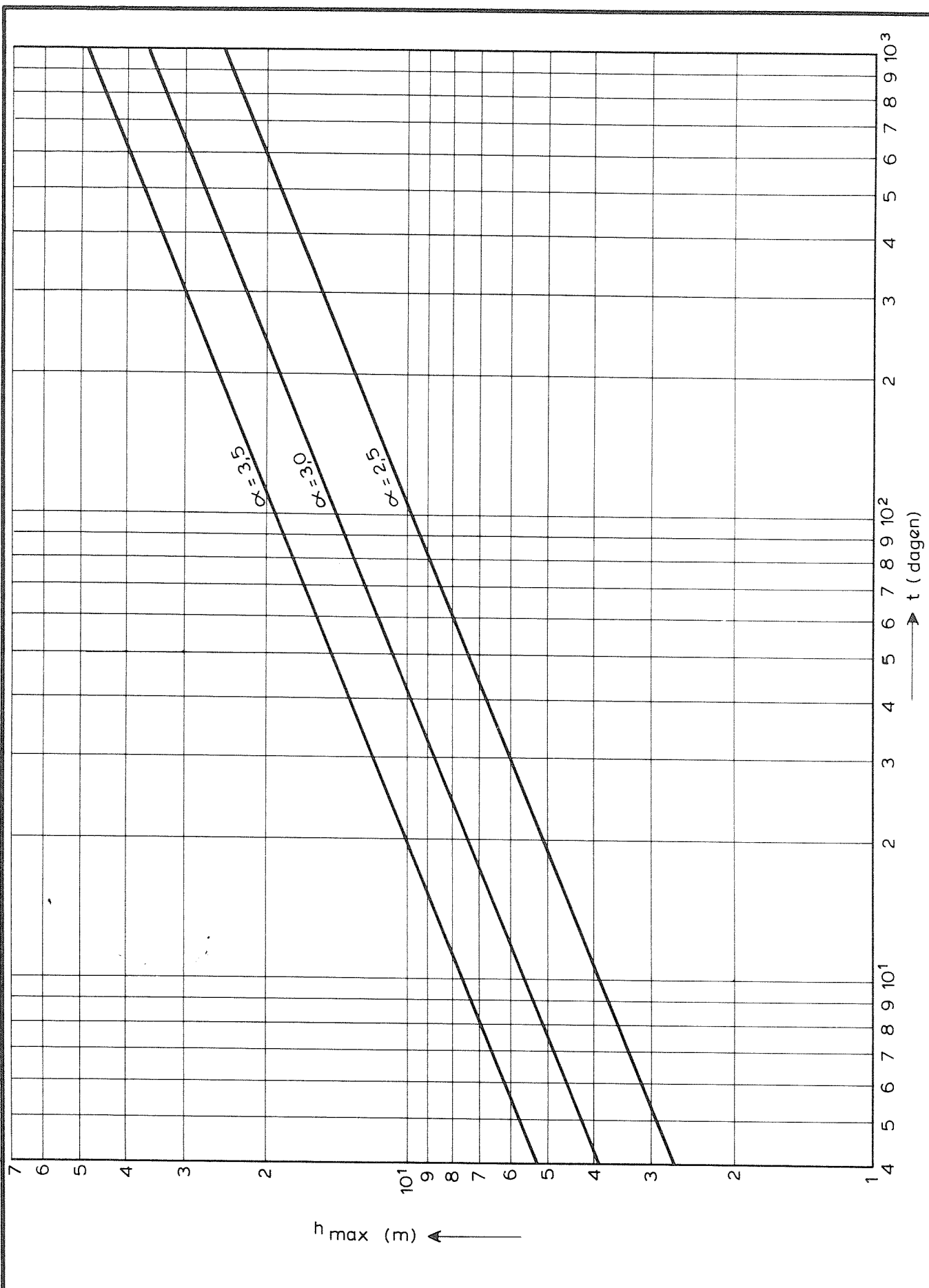
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 25



TIJD-ONTGRONDINGSLIJNEN (ONGEREDUCEERD) 4 DORPELS GEPLAATST: FRONT R-5	ROOMPOT	VLOED
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 2041	FIG. 26



TIJD-ONTGRONDINGSLIJNEN (ONGEREDUCEERD)
 8 DORPELS GEPLAATST: FRONT R-9

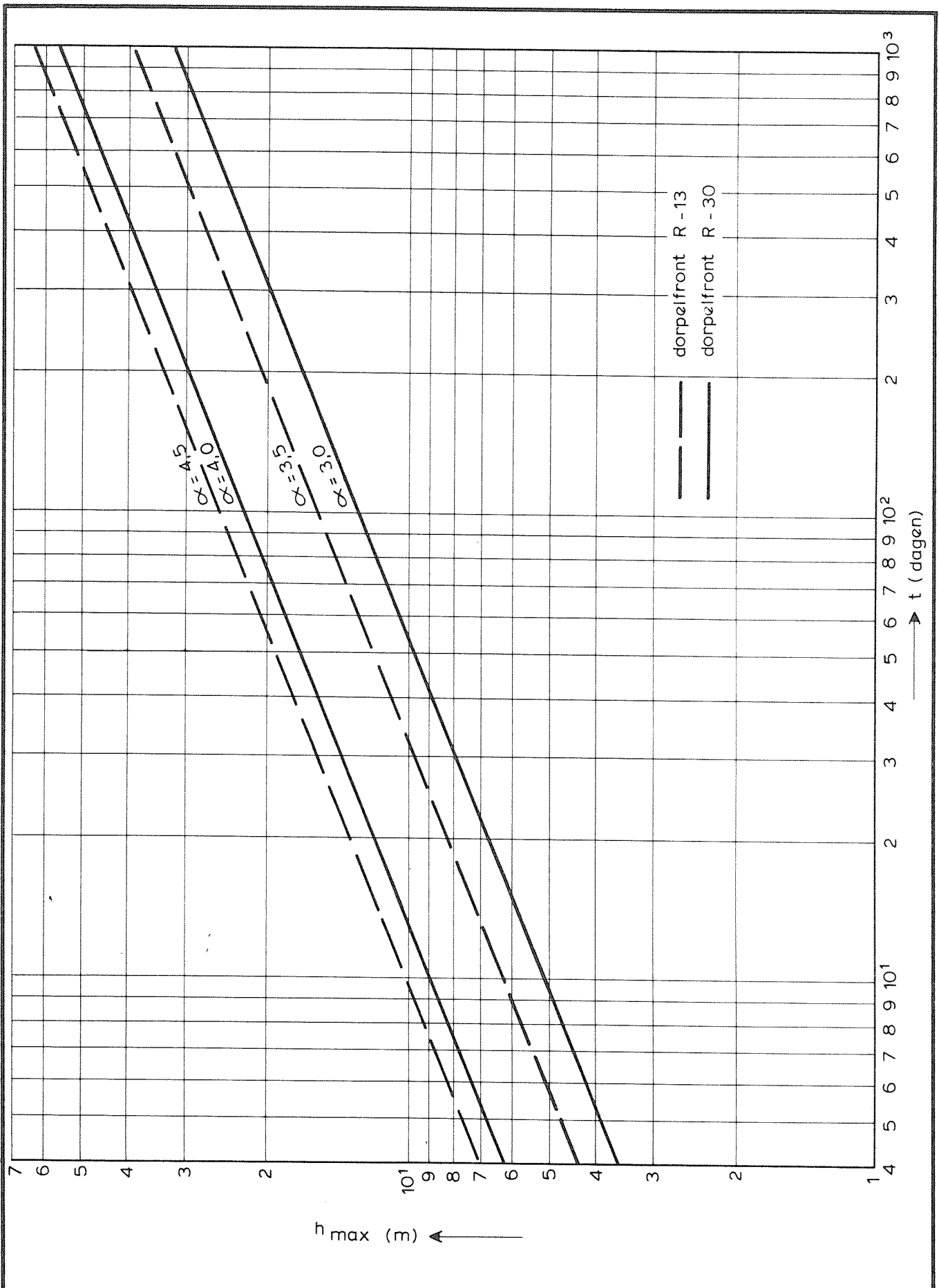
ROOMPOT

VLOED

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 27



TIJD-ONTGRONDINGSLIJNEN (ONGEREDUCEERD)
 15 DORPELS GEPLAATST: FRONT R-13, R-30

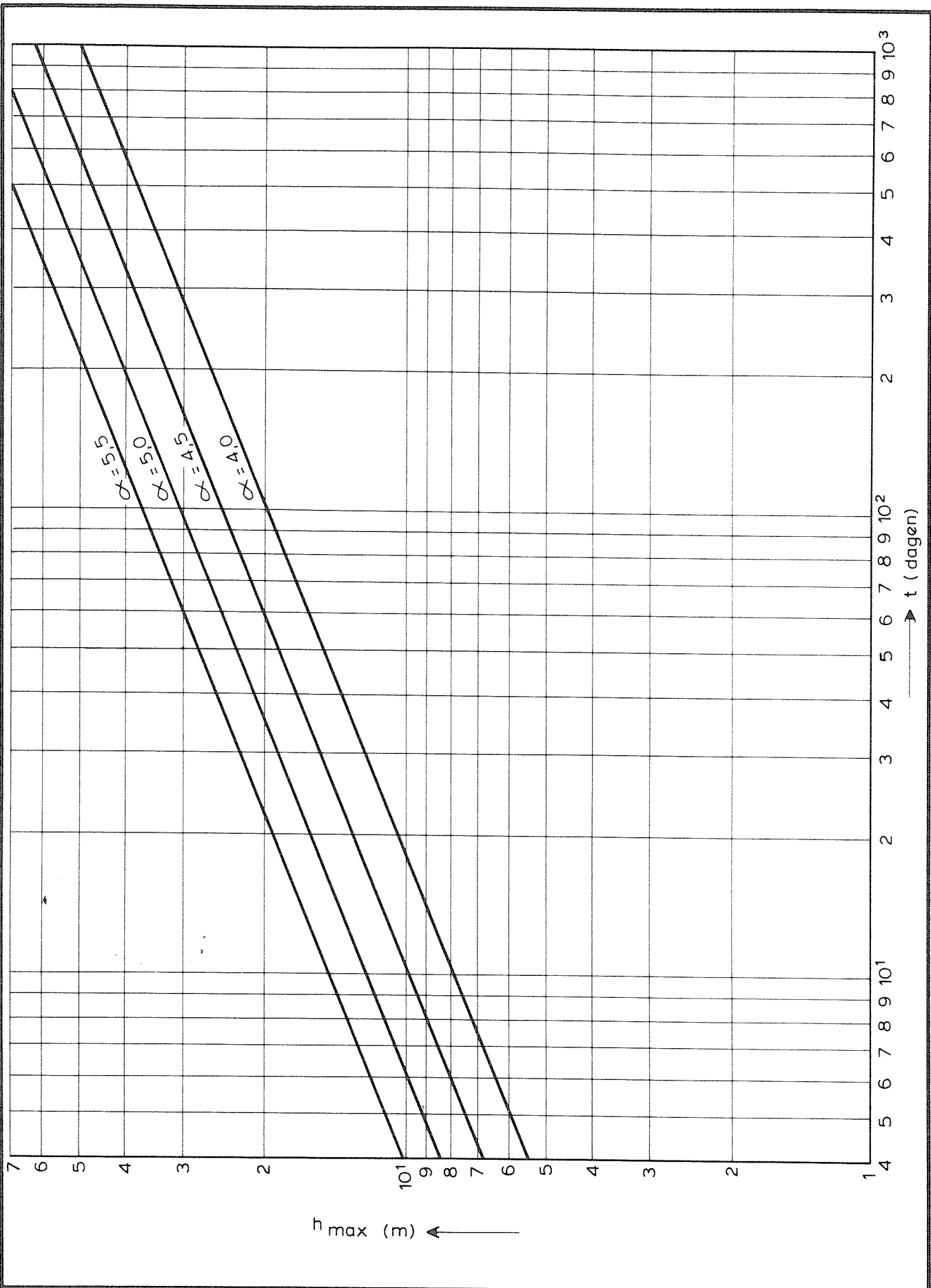
ROOMPOT

VLOED

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 28



TIJD-ONTGRONDINGSLIJNEN (ONGEREDUCEERD)
 22 DORPELS GEPLAATST: FRONT R-13

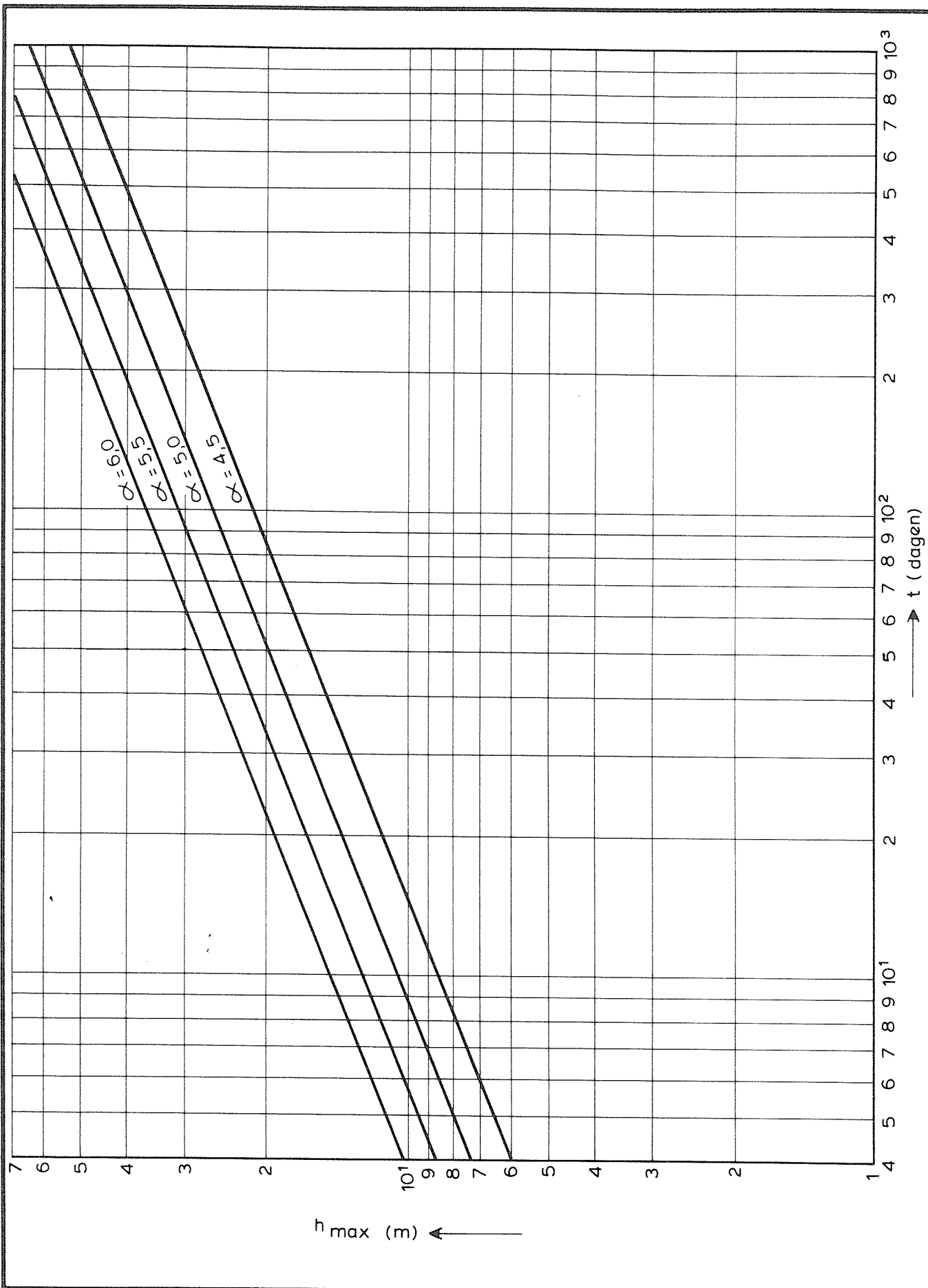
ROOMPOT

VLOED

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 29



TIJD-ONTGRONDINGSLIJNEN (ONGEREDUCEERD)
 28 DORPELS GEPLAATST: FRONT R-17, R-21

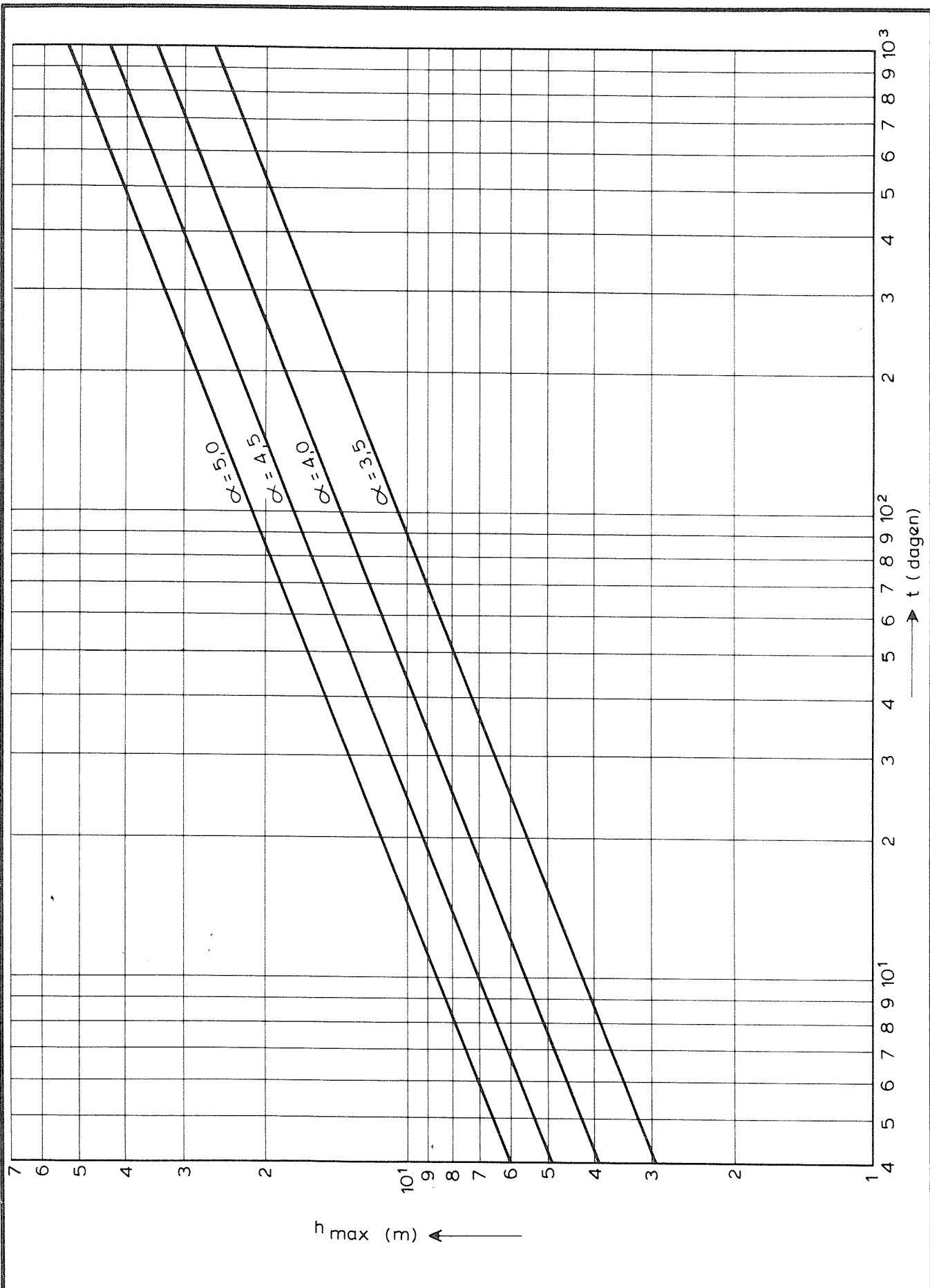
ROOMPOT

VLOED

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 2041

FIG. 30



TIJD-ONTGRONDINGSLIJNEN (ONGEREDUCEERD) 10 DORPELS GEPLAATST: FRONT H-6, H-11	HAMMEN	VLOED
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 2041	FIG. 31

