

waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

compartimentering Oosterschelde

oriënterende berekeningen van ontgrondingen
tijdens de sluiting van het Tholense Gat met
steen

verslag onderzoek

R 1995

december 1983

08 MAART 1984

BIBLIOTHEEK
Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177 - DELFT

INHOUD

blz.

1	<u>Inleiding</u>	1
2	<u>Berekeningen</u>	2
2.1	Aanpak.....	2
2.2	Gegevens.....	4
3	<u>Resultaten</u>	8
3.1	Te verwachten maximale ontgrondingsdiepte.....	8
3.2	Bepaling lengte bodemverdediging.....	9
4	<u>Konklusies</u>	12

TABELLEN

FIGUREN

BIJLAGEN

TABELLEN

- 1 Korrektiefactoren op de gemiddelde stroomsnelheden
- 2 Vergelijkingen voor helling-kriteria
- 3 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwfase N.A.P. -10 m
- 4 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwfase N.A.P. -7,5 m
- 5 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwfase N.A.P. -5 m
- 6 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwfase N.A.P. -1 m
- 7 Invoergegevens ontwerp II.2, alle bouwfasen
- 8 Ontwerp II.1, lengten bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten bij eb
- 9 Ontwerp II.1, lengten bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten bij vloed
- 10 Ontwerp II.2, lengten bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten bij eb
- 11 Ontwerp II.2, lengten bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten bij vloed
- 12 Overzicht te verwachten maximale ontgrondingsdiepten bij geschatte $\alpha_{\max}$ en gemiddeld getij

FIGUREN

- 1 Situatie
- 2 Lengteprofiel sluitgat
- 3 Debieten sluitgat
- 4 Waterstanden
- 5 Relatie tussen α en de verticale vernauwing
- 6 Relatie tussen α en L

Tijd-ontgrondingslijnen, midden sluitgat, maximale α

7...18 Zanddrempel 1:20

19...20 Zanddrempel 1:40

31...42 Mijnssteendrempel

Relatie lengte bodemverdediging en ontgrondingsdiepte

43...46 Ontwerp II.1, oever noord

47...50 Ontwerp II.1, midden sluitgat

51...54 Ontwerp II.1, oever zuid

55, 56 Ontwerp II.2, oever noord

57, 58 Ontwerp II.2, midden sluitgat

59, 60 Ontwerp II.2, oever zuid

BIJLAGEN

- 1 Zanddrempel N.A.P. -7,5 m met helling 1:20
- 2 Aandeel van de bouwfasen in de ontgrondingen
- 3 Invloed waterdiepte op ontgrondingen bij een kleine damaanzet
- 4 Ontwerp II.1 en II.2 zonder damaanzetten
- 5 Stroombeeld benedenstrooms bij damaanzetten
- 6 Dimensionering van de bodemverdediging met en zonder damaanzetten
- 7 Ontgrondingen bij een nieuw tijdschema

ORIËNTERENDE BEREKENINGEN VAN ONTGRONDINGEN TIJDENS DE SLUITING VAN HET THOLENSE GAT MET STEEN

1. Inleiding

Een onderdeel van de bouw van de Oesterdam is de afsluiting van het Tholense Gat (figuur 1). Daarom worden verschillende alternatieven onderzocht. Eén van deze alternatieven is een sluiting met steen vóór het gereedkomen van de stormvloedkering in de Oosterschelde (alternatief II).

Voor alternatief II bestaan twee ontwerpen. Het ontwerp II.1 gaat uit van een zanddrempel met de kruin op N.A.P. -10 m, waarop de sluitkade van steen wordt gebouwd. Het ontwerp II.2 gaat uit van een mijnsteendrempel tot N.A.P.-10 m, waarboven de sluitkade verder wordt afgebouwd met slakken en steen.

Voor beide ontwerpen zijn oriënterende berekeningen naar de ontgrondingen uitgevoerd. Invoering van een stabiliteitskriterium door middel van een toelaatbaar geachte helling, tussen het diepste punt in de ontgrondingskuil en de teen van de drempel, maakt het dan mogelijk de lengte van de benodigde bodemverdediging te bepalen.

De ontgrondingen zijn berekend voor een aantal karakteristieke raaien in het sluitgat. De reducerende invloed van het in het prototype aanwezige zandtransport op de ontgrondingen is buiten beschouwing gebleven. De resultaten zijn daardoor aan de veilige kant.

Ten aanzien van de te verwachten ontgrondingen bij het afsluiten van het Tholense Gat volgens ontwerp II.1 zijn reeds eerder oriënterende berekeningen uitgevoerd (zie interim verslag modelonderzoek, M 1437-28, september 1980). Hierbij werd steeds uitgegaan van een gemiddelde waterdiepte van 10 m ter plaatse van de rand van de bodemverdediging. Bij het onderhavige onderzoek is daarentegen rekening gehouden met hellingen van de zanddrempel van 1:20 en 1:40 en dientengevolge voor iedere beschouwde lengte van de bodemverdediging ter plaatse van de rand een variërende waterdiepte en doorstroombrofiel. Na uitvoering van de genoemde berekeningen zijn door de opdrachtgever (Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst van Rijkswaterstaat) enkele aanvullende vragen gesteld, welke in een aantal bijlagen van dit verslag worden beantwoord.

Het onderzoek stond onder leiding van ir. N.J. van Wijngaarden en werd uitgevoerd door J. Driegen, die tevens dit verslag samenstelde.

2. Berekeningen

2.1 Aanpak

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het bij het Waterloopkundig Laboratorium bestaande programma C135. Hieruit volgen de ontgrondingstijden voor het bereiken van een ontgrondingsdiepte gelijk aan de halve waterdiepte ter plaatse van de rand van de bodemverdediging:

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

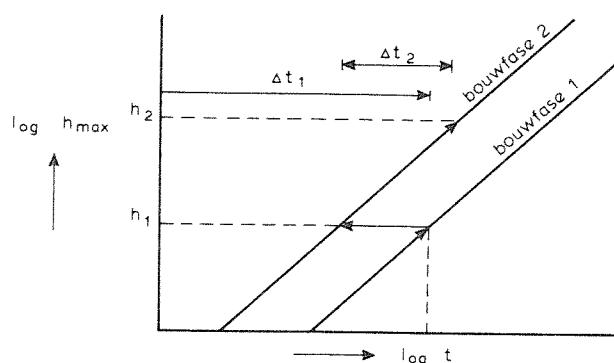
waarin de geometrieparameter (of dimensieloze ontgrondingsfaktor) α een essentiële parameter is bij ontgrondingsberekeningen.

Voor het verloop van de tijd-ontgrondingslijnen werd aangenomen dat geldt:

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

waarin $h_{\max}$ de maximale ontgrondingsdiepte is.

Met behulp van de bovenstaande relatie kon het verloop van de ontgrondingen voor iedere te berekenen bouwphase worden bepaald. Om de uiteindelijke ontgrondingsdiepte te vinden werden de tijd-ontgrondingslijnen van de diverse bouwfasen doorlopen:



Als bouwphase 1 een tijdsduur Δt_1 , en bouwphase 2 een tijdsduur van Δt_2 heeft, dan wordt eerst de tijd-ontgrondingslijn van bouwphase 1 gedurende Δt_1 gevolgd. Dan is de ontgrondingsdiepte h_1 bereikt. Deze ontgrondingsdiepte geldt als aanvangsdiepte voor bouwphase 2 die vervolgens gedurende Δt_2 wordt gevolgd. De

uiteindelijke ontgrondingsdiepte na een tijdsinterval $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2$ is dan h_2 . De opbouw van de sluitkade (zie figuur 2) is geschematiseerd in de volgende te berekenen bouwfasen (met bijbehorend tijdschema):

Ontwerp II.1:

- zanddrempel gereed: N.A.P. -10 m (3 weken)
- kruin steenkade op N.A.P. -7,5 m (11 weken)
- kruin steenkade op N.A.P. -5 m (4 weken)
- kruin steenkade op N.A.P. -1 m (4 weken)

Er is aangenomen dat er pas sprake zal zijn van ontgrondingen nadat de zanddrempel met kruin op N.A.P. -10 m is afgedekt met een bodemverdediging (aanvangsdiepte bouwfase N.A.P. -10 m is 0 m).

Ontwerp II.2:

- kruin mijnsteendrempel op N.A.P. -15 m (8 weken)
- mijnsteendrempel gereed: N.A.P. -10 m (3 weken)
- kruin slakkenkade op N.A.P. -7,5 m (6 weken)
- kruin steenkade op N.A.P. -5 m (4 weken)
- kruin steenkade op N.A.P. -1 m (4 weken)

Aangezien hierbij in een eerder stadium sprake zal zijn van ontgrondingen, namelijk na het leggen van de bodemverdediging en de eerste mijnstenen, is een vijfde bouwfase (N.A.P. -15 m) toegevoegd. Voor deze bouwfase is een aanvangsdiepte van 0 m aangenomen.

De in het verslag gegeven waarden voor $h_{\max}$ betreffen aldus de uiteindelijke ontgrondingsdiepten na totaal 22 weken opbouwen van de sluitkade volgens ontwerp II.1, respectievelijk 25 weken opbouwen van de sluitkade volgens ontwerp II.2.

De berekeningen zijn bij elke bouwfase uitgevoerd voor drie plaatsen in het sluitgat: aan de beide oevers en in het midden van het sluitgat. Aan de beide oevers (inklusief damaanzetten) is sprake van 3-dimensionale ontgrondingen, in het midden van 2-dimensionale ontgrondingen.

Tevens zijn de berekeningen voor steeds drie lengten van de bodemverdediging uitgevoerd: $L = 50$ m, 100 m en 150 m; en om de gevoeligheid voor het debiet te onderzoeken voor twee getijden: gemiddeld getij en gemiddeld getij + 20%.

2.2 Gegevens

De volgende gegevens zijn voor de berekeningen gebruikt (zie ook tabellen 3...7):

a Sluitgatkonfiguratie

Er is uitgegaan van een sluitgatbreedte (S) in het tracé van de dam (tussen de damaanzetten) gelijk aan 300 m. Over deze breedte is ter plaatse van de benedenstroomse rand van de bodemverdediging het doorstroomprofiel berekend. De grootte van het doorstroomprofiel was daardoor afhankelijk van de stroomrichting (ebstroom of vloedstroom).

De berekeningen ten behoeve van ontwerp II.1 zijn uitgevoerd voor een zanddrempel met een helling 1:20 en voor een zanddrempel met een helling van 1:40. Dientengevolge was de grootte van het doorstroomprofiel en van de gemiddelde waterdiepte $h_0(0)$ ter plaatse van de rand van de bodemverdediging ook afhankelijk van de lengte van de bodemverdediging en van de helling van de zanddrempel. Hierbij is er steeds van uitgegaan dat de gekozen lokatie op de rand van de bodemverdediging ook inderdaad op de helling van de zanddrempel lag en dus niet bijvoorbeeld nabij de oever naast de helling op de oorspronkelijke bodem.

Bij ontwerp II.2 lag de rand van de bodemverdediging uiteraard wel (buiten het profiel van de minste drempel) op de oorspronkelijke bodem. Onafhankelijk van de lengte van de bodemverdediging werden voor het doorstroomprofiel en de gemiddelde waterdiepte ter plaatse van de rand van de bodemverdediging per stroomrichting konstante waarden aangehouden. Afgesproken werd in het midden van het sluitgat een waterdiepte aan te houden van $h_0(0) = 20$ m, aan de beide oevers (zijde Tholen en zijde werkeiland) in het geval van een grote damaanzet eveneens $h_0(0) = 20$ m en alleen voor de Tholense oever tevens $h_0(0) = 10$ m in het geval van een kleine damaanzet.

b Debieten en waterstanden

De debieten en de (beneden)waterstanden bij de beschouwde bouwfasen werden geleverd door het wiskundige één-dimensionale getijmodel Implic voor de situatie met omkading van het Markiezaat. Bij de bouwfase N.A.P. -10 m zijn de gegevens gebruikt bij een half open Marolle Gat. Voor en na deze fase is gerekend met het Marolle Gat geheel open, respectievelijk geheel gesloten. De gebruikte debieten door het sluitgat en de waterstanden aan weerszijden behoren bij gemiddelde getijomstandigheden en zijn weergegeven in de figuren 3 en 4.

Bij de variant met grotere debieten (zie het slot van paragraaf 2.1) is gerekend met $Q(t) = 1,2 Q(t)_{\text{Implic}}$, waarbij overigens dezelfde waterstanden zijn aangehouden.

Zoals blijkt in de voorgaande paragraaf rekent het programma Cl35 met een gemiddelde stroomsnelheid $\bar{u}$ (het quotiënt van het debiet Q en het doorstroomprofiel A). Lokale stroomsnelheidsverschillen ten opzichte van de gemiddelde doorstroomsnelheid worden doorgaans verdisconteerd in de faktor α welke met $\bar{u}$ één term $\alpha \bar{u}$ vormt. Gezien het asymmetrische stroombeeld in het sluitgat (zie interim verslag modelonderzoek M 1437-27, juli 1980) is daarenboven onderscheid gemaakt tussen de Tholense oever (oever noord) en de oever van het werkeiland (oever zuid). Dientengevolge zijn de volgende korrektiefactoren op de gemiddelde stroomsnelheden toegepast:

	Tholense oever	midden sluitgat	oever werkeiland
fase N.A.P. -15 m	1,3	1,0	0,7
fase N.A.P. -10 m	1,2	1,0	0,8
fase N.A.P. -7,5 m	1,1	1,0	0,9
fase N.A.P. -5 m	1,0	1,0	1,0
fase N.A.P. -1 m	1,0	1,0	1,0

Tabel 1 Korrektiefactoren op de gemiddelde stroomsnelheden

c Dimensieloze ontgrondingsfaktor α

Veelal wordt deze faktor bepaald door middel van modelonderzoek. Gezien de beschikbare tijd kon nu van modelonderzoek geen sprake zijn. De waarde van α moest daarom worden geschat aan de hand van eerder uitgevoerd systematisch ontgrondingsonderzoek en onderzoek in het detailmodel van de sluitgaten van de Oosterschelde (zie figuur 5, waarin de waarde van α is weergegeven als functie van de verticale vernauwing). Uit figuur 5 blijkt dat de waarde van α uit het onderzoek ten behoeve van de Oosterschelde over het algemeen groter is dan zou volgen uit het 2-dimensionale systematische onderzoek, doch veel kleiner dan bij het 3-dimensionale onderzoek.

Over het algemeen is α nabij de oevers groter dan in het midden van het sluitgat, tengevolge van horizontale stroomsnelheidsgradiënten. In het verlengde van landhoofden ontstaan wervelstralen, waardoor α sterk toeneemt en tot de 3-dimensionale waarde nadert.

De waarden van α voor het onderhavige onderzoek zijn zodanig gekozen dat voor de Tholense oever en het midden van het sluitgat met een maximum en een minimum waarde van α is gerekend, waarmee een spreiding in de te verwachten ontgrondingen is aan te geven.

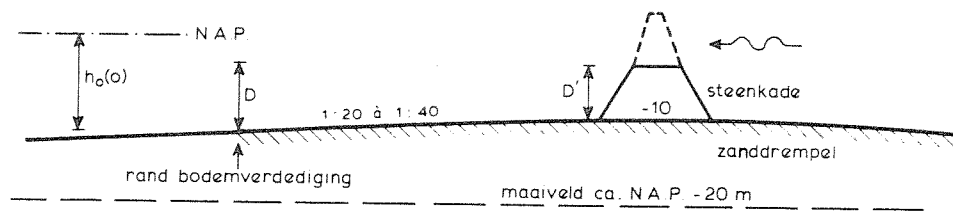
Voor de Tholense oever vertegenwoordigt de $\alpha_{\max}$ de 3-dimensionale ontgrondingen bij een grote damaanzet met $\ell = \frac{1}{10} B$ en evenzo de $\alpha_{\min}$ de 3-dimensionale ontgrondingen bij een kleine damaanzet met $\ell = \frac{1}{25} B$ (ℓ = lengte van de damaanzet, B = breedte van het sluitgat, zie figuur 5).

Voor het midden van het sluitgat vertegenwoordigen de $\alpha_{\max}$ en de $\alpha_{\min}$ respectievelijk de boven- en ondergrens van normale 2-dimensionale situaties in de praktijk (zie figuur 5).

Om de berekeningen te beperken is voor de oever van het werkeiland uitsluitend gerekend met een maximale waarde van α , dus $\alpha_{\max}$ volgens 3-dimensionale ontgrondingen bij een grote damaanzet met $\ell = \frac{1}{10} B$.

De bovengenoemde schatting van α , ook weergegeven in de tabellen 3...7, geldt voor een lengte van de bodemverdediging (L) gelijk aan 10 maal de waterdiepte (h_0). Voor het berekenen van de ontgrondingen bij andere lengten van de bodemverdediging moet een correctie op deze α_{10} worden uitgevoerd. Dit kon geschieden met behulp van de in figuur 6 weergegeven relatie tussen α en L/h_0 , afgeleid uit systematisch ontgrondingsonderzoek en uit onderzoek van een aantal praktijkgevallen. Ook deze gecorrigeerde α is weergegeven in de tabellen 3...7. Hierbij dient wel te worden vermeld dat voor de bouwfasen N.A.P. -15 m, -10 m en -7,5 m ook de correctie op de gemiddelde stroomsnelheid om praktische redenen hierin is verdisconteerd.

Tenslotte kan worden opgemerkt dat bij het schatten van α als verticale vernauwing in de zin van figuur 5 per definitie is aangehouden $D/h_0(0)$, waarin D = hoogte van de dam ten opzichte van de bodem ter plaatse van de rand van de bodemverdediging met waterdiepte $h_0(0)$. De vraag werpt zich op of bij de flauwe hellingen 1:20 en 1:40 van ontwerp II.1 figuur 5 beter wordt toegepast indien als (lokale) verticale vernauwing een $D'/h_0(0)$ wordt aangehouden waarin D' = hoogte van de dam ten opzichte van de voet van de drempel:



Toepassing van $D/h_0(0)$, zoals gebruikelijk bij horizontale bodemverdedigingen, leidt in dit geval tot iets grotere vernauwingspercentages, dus iets grotere α 's. De aldus verkregen ontgrondingsresultaten zijn daarmee aan de veilige kant.

3. Resultaten

3.1 Te verwachten maximale ontgrondingsdiepte

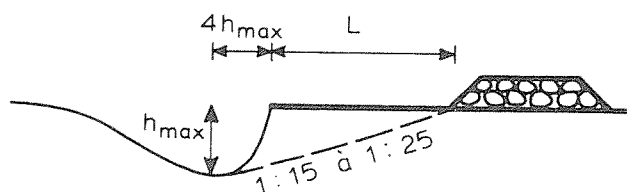
$h_{\max}$ als functie van de tijd: om het (grote) aantal figuren te beperken zijn in dit verslag uitsluitend tijd-ontgrondingslijnen gepresenteerd voor 1 raai, namelijk midden sluitgat met $\alpha_{\max}$. De volgende varianten zijn echter wel in de figuren opgenomen, te weten

- 3 lengten van de bodemverdediging (50 m, 100 m en 150 m)
- 2 debieten (gemiddeld getij en gemiddeld getij + 20%)
- eb en vloed
- drempelhellingen (1:20 en 1:40, alleen bij ontwerp II.1)

De tijd-ontgrondingslijnen zijn voor ontwerp II.1 weergegeven in de figuren 7...30 en voor ontwerp II.2 in de figuren 31...42.

Presentatie van de tijd-ontgrondingslijnen biedt de gebruiker de mogelijkheid om bij verandering van het opbouwschema van de sluitkade opnieuw fase voor fase de nieuwe ontgrondingsdiepte af te lezen (zie voorbeeld paragraaf 2.1). Op basis van het gegeven vigerende tijdschema zijn echter met behulp van de tijd-ontgrondingsrelaties voor alle raaien en alle varianten rekenkundig de te verwachten maximale ontgrondingsdiepten ($h_{\max}$) na afloop van de laatste bouw-fase bepaald.

$h_{\max}$ als functie van de lengte van de bodemverdediging: in de figuren 43...54 (ontwerp II.1) en 55...60 (ontwerp II.2) is de relatie gegeven tussen de lengte van de bodemverdediging en de maximale ontgrondingsdiepte na de afsluiting voor alle 3 raaien en eb en vloed. Per figuur is de variatie in α weergegeven (behalve bij oever zuid). Ter beperking van het aantal figuren is voorts bij ontwerp II.1 de variatie in debiet alleen gegeven bij een drempelhelling 1:20 en de variatie in drempelhelling alleen bij het gemiddelde getij. In de figuren 43...60 zijn tevens de hellingen 1:15, 1:20 en 1:25 tussen het diepste punt van de ontgrondingskuil en de teen van de steenkade (ontwerp II.1), respectievelijk de teen van de mijnsteendrempel (ontwerp II.2) aangegeven, alsof (ook bij ontwerp II.1, zie paragraaf 3.2) de bodemverdediging in stroomrichting een horizontaal verloop heeft.

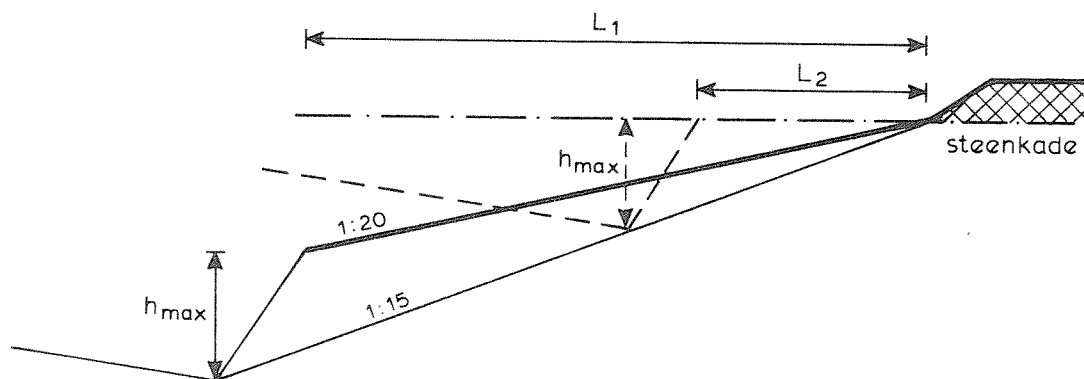


De vergelijking van deze hellingen is respectievelijk $L = 11 h_{\max}$, $L = 16 h_{\max}$ en $L = 21 h_{\max}$.

3.2 Bepaling lengte bodemverdediging

Indien een helling 1:15 of 1:25 tussen de teen van de (mijnsteen)drempel en het diepste punt van de ontgrondingskuil als stabiliteitskriterium zou worden gekozen, dan zouden bij ontwerp II.2 lengten van de bodemverdediging (vanuit de teen van de drempel) aan te bevelen zijn, zoals deze zijn weergegeven in de tabellen 10 (eb, westzijde) en 11 (vloed, oostzijde) voor de beschouwde variaties in α en debiet.

Indien bij ontwerp II.1 (met zanddrempel) zonder meer volgens bovenstaand criterium een helling 1:15 of 1:25 wordt toegepast tussen de teen van de steenkade en het diepste punt van de ontgrondingskuil met inachtneming van de onder een helling van 1:20 of 1:40 verlopende bodemverdediging, dan zouden de benodigde lengten van de bodemverdediging (L_1), bij dit ontwerp veel groter worden dan de benodigde lengten van de bodemverdediging (L_2) bij ontwerp II.2:



Met inbegrip van een berm van 10 m breedte tussen de teen van de steenkade en het begin van de helling van de zanddrempel (1:20, respectievelijk 1:40) zouden dan de vergelijkingen voor de hellingen, die bij ontwerp II.1 het criterium aangeven, volgens onderstaande tabel zijn:

helling zanddrempel	lengte bodemverdediging	vergelijking helling volgens:	
		kriterium 1:15	kriterium 1:25
helling 1:20	$L < 210 \text{ m}$	$L = 44 h_{\max} - 30$	$L = -84 h_{\max} + 50$ voldoet nooit
	$L > 210 \text{ m}$	$L = 11 h_{\max} + 150$	
	$L < 50 \text{ m}$		
	$L > 50 \text{ m}$		
helling 1:40	$L < 410 \text{ m}$	$L = 17,6 h_{\max} - 6$	$L = 56 h_{\max} - 16,7$
	$L > 410 \text{ m}$	$L = 11 h_{\max} + 150$	$L = 21 h_{\max} + 250$

Tabel 2 Vergelijkingen voor helling-kriteria

In deze tabel is onderscheid gemaakt tussen de rand van de bodemverdediging die nog op de helling van de zanddrempel ligt ($L < 210 \text{ m}$, respectievelijk $L < 410 \text{ m}$) en die op een diepte van N.A.P. -20 m buiten de zanddrempel valt. Het is echter in dit specifieke geval met een onder een helling verlopende bodemverdediging zeer de vraag of dezelfde criteria 1:15 en 1:25 mogen worden toegepast, zoals bij een horizontale bodemverdediging. Omdat deze vraag nog niet is beantwoord, zijn ook in de figuren 43...54 voor ontwerp II.1 hellingen 1:15, 1:20 en 1:25 ingetekend behorend bij de vergelijkingen $L = 11 h_{\max}$, $L = 16 h_{\max}$ en $L = 21 h_{\max}$, dus alsof ook bij ontwerp II.1 de bodemverdediging horizontaal verloopt. Daarmede worden ook voor ontwerp II.1 bij gebruik van genoemde figuren benodigde lengten van de bodemverdediging afgelezen gelijk aan L_2 in voorgaande schets, welke lengte waarschijnlijk reëler is dan de lengte L_1 .

De benodigde lengten van de bodemverdediging voor ontwerp II.1 (met zanddrempel) die aldus zijn verkregen, zijn weergegeven in de tabellen 8 (eb, westzijde) en 9 (vloed, oostzijde), voor alle beschouwde variaties in helling zanddrempel, α en debiet. Zoals reeds in tabel 2 blijkt zal hoe dan ook een combinatie van helling zanddrempel 1:20 met criterium 1:25 voor een lengte van de bodemverdediging $> 50 \text{ m}$ niet mogelijk zijn (op 50 m van de teen van de steenkade snijden de hellingen 1:20 en 1:25 elkaar). Daarom zijn in de tabellen 8 en 9 in de hiermee korrektsponderende kolommen de lengten van de bodemverdediging $> 50 \text{ m}$ achterwege gelaten.

In het algemeen dienen de bij de oevers vermelde waarden voor de lengte van de bodemverdediging te worden gehanteerd in het deel van het sluitgat waar (de

uitwerping van) de wervelstraat tengevolge van uitstekende landhoofden merkbaar is (het 3-dimensionale gebied). Buiten de invloed van de wervelstraat dienen de waarden voor de lengte van de bodemverdediging te worden gehanteerd die bij midden sluitgat staan vermeld (het 2-dimensionale gebied).

In bijlage 6 wordt nader ingegaan op de dimensionering van de bodemverdediging loodrecht op de stroomrichting.

4. Konklusies

Uit de uitgevoerde oriënterende berekeningen van de ontgrondingen ten behoeve van de afsluiting van het Tholense Gat met steen kunnen de volgende konklusies worden getrokken (punten a...c op basis van tabel 12):

- a De ontgrondingen zijn bij eb groter dan bij vloed. Achtereenvolgens bij een lengte van de bodemverdediging van 50 m, 100 m en 150 m zijn bij ontwerp II.1 (zanddrempel) de ontgrondingen bij eb circa 20% (midden sluitgat 13%), 30% en 40% groter dan bij vloed.
Bij ontwerp II.2 (mijnsteendrempel) zijn de ontgrondingen bij eb globaal 20%, 40%, en 30% groter dan bij vloed.
- b De ontgrondingen bij ontwerp II.1 zijn bij een helling van de zanddrempel 1:20 over het algemeen groter dan bij een helling 1:40. Bij een lengte van de bodemverdediging van 50 m zijn in het midden van het sluitgat de ontgrondingen vrijwel gelijk en aan de oevers circa 5% groter bij helling 1:20 dan bij helling 1:40. Bij grotere lengten van de bodemverdediging neemt het verschil toe. Bij 100 m zijn de ontgrondingen bij helling 1:20 in vergelijking met helling 1:40 in het midden van het sluitgat circa 30% en bij de oevers circa 10% groter. Bij een lengte van de bodemverdediging van 150 m zijn deze waarden respektievelijk 40% (midden sluitgat), 20% (oever noord) en 10% (oever zuid).
- c Bij de gegeven tijdschema's voor ontwerp II.1 en ontwerp II.2 zijn de ontgrondingen bij ontwerp II.2 bij oever noord iets kleiner dan bij ontwerp II.1 met helling 1:20 en iets groter dan bij ontwerp II.1 met helling 1:40. In het midden van het sluitgat zijn de ontgrondingen bij ontwerp II.2 steeds iets groter dan bij ontwerp II.1, behalve bij een helling 1:20 met een lengte van de bodemverdediging van 150 m.
Bij oever zuid zijn de ontgrondingen bij ontwerp II.2 steeds kleiner dan bij ontwerp II.1.
- d Uit de gepresenteerd tijd-ontgrondingslijnen blijkt dat bouwfase N.A.P. -5 m de grootste ontgrondingscapaciteit heeft. Dit wil echter niet zegen dat deze fase ook de grootste bijdrage levert aan de totale ontgroning, omdat dit afhankelijk is van het tijdschema.

- e Indien ter bepaling van de lengte van de bodemverdediging bijvoorbeeld een helling 1:15 tussen de teen van de steenkade (ontwerp II.1) of teen van de mijnsteenkade (ontwerp II.2) en het diepste punt van de ontgrondingskuil als criterium zou worden gekozen, dan zouden bij het gegeven gemiddelde getij maximaal de volgende lengten van de bodemverdediging aan te bevelen zijn:

ontwerp II.1, zanddrempel helling 1:20,	oever noord	120 m
	midden sluitgat	40 m
	oever zuid	100 m
ontwerp II.1, zanddrempel helling 1:40,	oever noord	105 m
	midden sluitgat	45 m
	oever zuid	95 m
ontwerp II.2, mijnsteendrempel	oever noord	115 m
	midden sluitgat	60 m
	oever zuid	90 m

Hierbij dient te worden vermeld dat voor ontwerp II.1 het criterium is toegepast alsof de bodemverdediging een horizontaal verloop heeft.

- f In de figuren 43...60 en tabellen 8...11 is duidelijk te zien dat de spreiding in α (geschatte maximale en minimale waarden voor α) en het opvoeren van het gemiddelde getij met 20% een grote invloed heeft op het eindresultaat (benodigde lengte van de bodemverdediging). Bij het ontbreken van modelonderzoek verdient het aanbeveling de resultaten aan te houden die uitgaan van $\alpha_{\max}$, dus eigenlijk van een niet voor ontgrondingen geoptimaliseerde geometrie van het sluitgat.

Indien de stroomsnelheden in het sluitgat met 20% worden vergroot dan resulteert dit in een gemiddeld circa 50% grotere lengte van de bodemverdediging. Indien onnauwkeurigheden in het opgegeven getij en onzekerheden omtrent het exakte stroombeeld in het sluitgat tezamen een fout van 20% introduceren dan betekent dit een ontwerp met benodigde lengten van de bodemverdediging welke 50% groter zijn dan de lengten die in het onderhavige onderzoek zijn berekend met een gemiddeld getij.

- g Bij het onderzoek is rekening gehouden met aan beide oevers uitgebouwde damaanzetten. In de tabellen 8 en 9 (ontwerp II.1) is bij oever noord door middel van invoering van een $\alpha_{\max}$ en een $\alpha_{\min}$ de invloed op de lengte van de bodemverdediging weergegeven van een grote en een kleine damaanzet (zie

paragraaf 2.2 punt c) bij eenzelfde gemiddelde waterdiepte boven de helling van de zanddrempel. In de tabellen 10 en 11 (ontwerp II.2) blijkt het verschil in benodigde lengte van de bodemverdediging bij een grote en kleine damaanzet veel groter dan bij ontwerp II.1. Dit is in de hand gewerkt doordat in dit geval bij een grote damaanzet een grote waterdiepte (20 m) en bij een kleine damaanzet een relatief kleine waterdiepte (10 m) is aangehouden.

Dientengevolge is het interessant om na te gaan wat het effect op de ontgrondingen zal zijn indien in het geheel geen damaanzet wordt gebouwd.

lokatie	fase	helling	L (m)	A (m ²)		S (m)	D (m)	h _o (0) (m)	D/h _o (0) (%)	u _{kr} (m/s)	α_{10} (3-dim)		α_{10} (2-dim)		α (*)
				eb	vloed						$\lambda = \frac{1}{10} B$	$\lambda = \frac{1}{25} B$	max	min	
oever noord	-10	1:20	50	3190	3304	300	2,0	12,0	17	0,47	2,70				3,7
midden sluitgat								12,0		0,47		2,40			3,3
								12,0		0,47			2,0		2,2
oever zuid								12,0		0,47				1,6	1,6
								12,0		0,47	2,70				2,4
oever noord			100	3522	3897	300	4,5	14,5	31	0,47	3,30				4,4
midden sluitgat								14,5		0,47		2,80			3,7
								14,5		0,47			2,1		2,2
oever zuid								14,5		0,47				1,6	1,6
								14,5		0,47	3,30				2,8
oever noord			150	4052	4490	300	7,0	17,0	41	0,48	3,85				4,8
midden sluitgat								17,0		0,48		3,20			3,9
								17,0		0,48			2,3		2,4
oever zuid								17,0		0,48				1,8	1,8
								17,0		0,48	3,85				3,2
oever noord	-10	1:40	50	2967	3072	300	1,0	11,0	9	0,46	2,50				3,4
midden sluitgat								11,0		0,46		2,30			3,2
								11,0		0,46			2,0		2,1
oever zuid								11,0		0,46				1,6	1,6
								11,0		0,46	2,50				2,1
oever noord			100	3220	3409	300	2,2	12,2	18	0,47	2,75				3,5
midden sluitgat								12,2		0,47		2,45			3,0
								12,2		0,47			2,0		2,0
oever zuid								12,2		0,47				1,6	1,6
								12,2		0,47	2,75				2,3
oever noord			150	3487	3796	300	3,5	13,5	26	0,47	3,05				3,6
midden sluitgat								13,5		0,47		2,65			3,1
								13,5		0,47			2,1		2,1
oever zuid								13,5		0,47				1,6	1,6
								13,5		0,47	3,05				2,4

(*) zie opmerking paragraaf 2.2, bladzijde 6

Tabel 3 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwphase N.A.P. -10 m

lokatie	fase	helling	L (m)	A (m ²)		S (m)	D (m)	h _o (0) (m)	D/h _o (0) %	u _{kr} (m/s)	α_{10} (3-dim)		α_{10} (2-dim)		α (*)
				eb	vloed						$\lambda = \frac{1}{10} B$	$\lambda = \frac{1}{25} B$	max	min	
oever noord	-7,5	1:20	50	3190	3304	300	4,5	12,0	38	0,47	3,65				4,8
midden sluitgat								12,0		0,47		3,05			4,0
								12,0		0,47			2,2		2,4
								12,0		0,47				1,7	1,8
oever zuid								12,0		0,47	3,65				3,8
oever noord			100	3522	3897	300	7,0	14,5	48	0,47	4,30				5,2
midden sluitgat								14,5		0,47		3,50			4,3
								14,5		0,47			2,5		2,6
								14,5		0,47				1,9	2,0
oever zuid								14,5		0,47	4,30				4,3
oever noord			150	4052	4490	300	9,5	17,0	56	0,48	5,00				5,7
midden sluitgat								17,0		0,48		4,10			4,7
								17,0		0,48			3,0		3,1
								17,0		0,48				2,2	2,2
oever zuid								17,0		0,48	5,00				4,7
oever noord	-7,5	1:40	50	2967	3072	300	3,5	11,0	32	0,46	3,30				4,2
midden sluitgat								11,0		0,46		2,85			3,6
								11,0		0,46			2,1		2,3
								11,0		0,46				1,6	1,6
oever zuid								11,0		0,46	3,30				3,4
oever noord			100	3220	3409	300	4,7	12,2	39	0,47	3,70				4,3
midden sluitgat								12,2		0,47		3,10			3,6
								12,2		0,47			2,3		2,4
								12,2		0,47				1,7	1,7
oever zuid								12,2		0,47	3,70				3,5
oever noord			150	3487	3796	300	6,0	13,5	44	0,47	4,00				4,3
midden sluitgat								13,5		0,47		3,30			3,5
								13,5		0,47			2,4		2,4
								13,5		0,47				1,8	1,8
oever zuid								13,5		0,47	4,00				3,5

(*) zie opmerking paragraaf 2.2, bladzijde 6

Tabel 4 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwfase N.A.P. -7,5 m

lokatie	fase	helling	L (m)	A (m ²)		S (m)	D (m)	h _o (0) (m)	D/h _o (0) %	u _{kr} (m/s)	α ₁₀ (3-dim)		α ₁₀ (2-dim)		α (*)			
				eb	vloed						λ=1/10 B	λ=1/25 B	max	min				
oever noord	-5	1:20	50	3190	3304	300	7,0	12,0	58	0,47	5,2	4,3	3,2	2,3	6,3			
midden sluitgat								12,0		0,47								5,2
								12,0		0,47								3,7
oever zuid								12,0		0,47								2,6
								12,0		0,47	5,2				6,3			
oever noord			100	3522	3897	300	9,5	14,5	66	0,47	5,7	5,2	4,1	2,7	6,3			
midden sluitgat								14,5		0,47								5,8
								14,5		0,47								4,5
oever zuid								14,5		0,47								2,9
								14,5		0,47	5,7				6,3			
oever noord			150	4052	4490	300	12,0	17,0	71	0,48	5,8	5,4	4,8	3,0	6,0			
midden sluitgat								17,0		0,48								5,6
								17,0		0,48								5,0
oever zuid								17,0		0,48								3,1
								17,0		0,48	5,8				6,0			
oever noord	-5	1:40	50	2967	3072	300	6,0	11,0	55	0,46	4,9	4,0	3,0	2,2	5,8			
midden sluitgat								11,0		0,46								4,7
								11,0		0,46								3,4
oever zuid								11,0		0,46								2,4
								11,0		0,46	4,9				5,8			
oever noord			100	3220	3409	300	7,2	12,2	59	0,47	5,3	4,4	3,3	2,4	5,6			
midden sluitgat								12,2		0,47								4,6
								12,2		0,47								3,5
oever zuid								12,2		0,47								2,5
								12,2		0,47	5,3				5,6			
oever noord			150	3487	3796	300	8,5	13,5	63	0,47	5,6	4,9	3,8	2,6	5,4			
midden sluitgat								13,5		0,47								4,7
								13,5		0,47								3,7
oever zuid								13,5		0,47								2,6
								13,5		0,47	5,6				5,4			

(*) zie opmerking paragraaf 2.2, bladzijde 6

Tabel 5 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwfase N.A.P. -5 m

lokatie	fase	helling	L (m)	A (m ²)			S (m)	D (m)	h _o (0) (m)	D/h _o (0) %	u _{kr} (m/s)	α ₁₀ (3-dim)		α ₁₀ (2-dim)		α (*)	
				eb	vloed	(m)						ℓ= 10	B	ℓ= 25	B		max
oever noord	-1	1:20	50	3190	3304	300	11,0	12,0	92	0,47	6,0	5,5	5,0	3,0	7,4		
midden sluitgat								12,0		0,47							6,7
								12,0		0,47							6,1
oever zuid								12,0		0,47							3,5
								12,0		0,47	6,0				7,4		
oever noord			100	3522	3897	300	13,5	14,5	93	0,47	6,0	5,5	5,0	3,0	6,7		
midden sluitgat								14,5		0,47							6,1
								14,5		0,47							5,5
oever zuid								14,5		0,47							3,2
								14,5		0,47	6,0				6,7		
oever noord			150	4052	4490	300	16,0	17,0	94	0,48	6,0	5,5	5,0	3,0	6,2		
midden sluitgat								17,0		0,48							5,7
								17,0		0,48							5,2
oever zuid								17,0		0,48							3,1
								17,0		0,48	6,0				6,2		
oever noord	-1	1:40	50	2967	3072	300	10,0	11,0	91	0,46	6,0	5,5	5,0	3,0	7,3		
midden sluitgat								11,0		0,46							6,6
								11,0		0,46							6,0
oever zuid								11,0		0,46							3,4
								11,0		0,46	6,0				7,3		
oever noord			100	3220	3409	300	11,2	12,2	92	0,47	6,0	5,5	5,0	3,0	6,4		
midden sluitgat								12,2		0,47							5,8
								12,2		0,47							5,3
oever zuid								12,2		0,47							3,1
								12,2		0,47	6,0				6,4		
oever noord			150	3487	3796	300	12,5	13,5	93	0,47	6,0	5,5	5,0	3,0	5,8		
midden sluitgat								13,5		0,47							5,3
								13,5		0,47							4,8
oever zuid								13,5		0,47							2,9
								13,5		0,47	6,0				5,8		

(*) zie opmerking paragraaf 2.2, bladzijde 6

Tabel 6 Invoergegevens ontwerp II.1, bouwfase N.A.P. -1 m

lokatie	fase	helling	L (m)	A (m ²)		S (m)	D (m)	h ₀ (0) (m)	D/h ₀ (0) %	u _{kr} (m/s)	α_{10} (3-dim)		α_{10} (2-dim)		α (*)		
				eb	vloed						$\ell=\frac{1}{10}$ B	$\ell=\frac{1}{25}$ B	max	min	L (m)		
															50	100	150
oever noord midden sluitgat oever zuid	-15	-	50	4720	4905	300	5	20	25	0,48	3,0				4,9	4,5	4,2
			100	4550	4995		0	10	0	0,46		2,2			3,3	2,9	2,6
			150	4730	5070		5	20	25	0,48			2,0		2,2	2,1	2,1
							5	20	25	0,48				1,6	1,6	1,6	1,6
oever noord midden sluitgat oever zuid	-10	-	50	4720	4905	300	10	20	50	0,48	4,5				7,0	6,4	5,9
			100	4550	4995		0	10	0	0,46		2,2			2,9	2,6	2,4
			150	4730	5070		10	20	50	0,48			2,6		3,0	2,9	2,7
							10	20	50	0,48				2,0	2,2	2,1	2,1
oever noord midden sluitgat oever zuid	-7,5	-	50	4720	4905	300	12,5	20	62	0,48	5,6				8,1	7,4	6,8
			100	4550	4995		2,5	10	25	0,46		2,6			3,3	2,9	2,6
			150	4730	5070		12,5	20	62	0,48			3,6		4,4	4,1	3,9
							12,5	20	62	0,48				2,5	2,9	2,8	2,6
oever noord midden sluitgat oever zuid	-5	-	50	4720	4905	300	15	20	75	0,48	5,8				7,5	6,9	6,3
			100	4550	4995		5	10	50	0,46		3,6			4,1	3,6	3,2
			150	4730	5070		15	20	75	0,48			5,0		6,4	5,9	5,4
							15	20	75	0,48				3,0	3,6	3,4	3,2
oever noord midden sluitgat oever zuid	-1	-	50	4720	4905	300	19	20	95	0,48	6,0				7,8	7,2	6,5
			100	4550	4995		9	10	90	0,46		5,5			6,5	5,5	4,7
			150	4730	5070		19	20	95	0,48			5,0		6,4	5,9	5,4
							19	20	95	0,48				3,0	3,6	3,4	3,2
oever noord midden sluitgat oever zuid	-1	-	50	4720	4905	300	19	20	95	0,48	6,0				7,8	7,2	6,5
			100	4550	4995		9	10	90	0,46		5,5			6,5	5,5	4,7
			150	4730	5070		19	20	95	0,48			5,0		6,4	5,9	5,4
							19	20	95	0,48				3,0	3,6	3,4	3,2

N.B. Per lengte van de bodemverdediging (L) is voor iedere lokatie het doorstroomprofiel (A) gelijk
 (*) zie opmerking paragraaf 2.2, bladzijde 6

Tabel 7 Invoergegevens ontwerp II.2, alle bouwfasen

helling 1:20, gemiddeld getij

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	119	10,8	30	1,5
	$\alpha_{\min}$	92	8,3		
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	40	3,7		
	$\alpha_{\min}$	15	1,3		
oever zuid	$\alpha_{\max}$	102	9,2		

helling 1:20, gemiddeld getij + 20%

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	159	14,4		
	$\alpha_{\min}$	125	11,3		
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	67	6,1		
	$\alpha_{\min}$	30	2,7		
oever zuid	$\alpha_{\max}$	132	12,0		

helling 1:40, gemiddeld getij

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	106	9,6	165	7,8
	$\alpha_{\min}$	80	7,3	130	6,2
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	43	3,9	75	3,5
	$\alpha_{\min}$	20	1,8	35	1,7
oever zuid	$\alpha_{\max}$	95	8,5	147	7,0

Tabel 8 Ontwerp II.1 (zanddrempel)

lengte bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten
bij eb

helling 1:20, gemiddeld getij

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	95	8,6	30	1,4
	$\alpha_{\min}$	73	6,7		
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	39	3,5		
	$\alpha_{\min}$	15	1,4		
oever zuid	$\alpha_{\max}$	83	7,5		

helling 1:20, gemiddeld getij + 20%

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	127	11,5	46	2,2
	$\alpha_{\min}$	100	9,1		
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	56	5,1		
	$\alpha_{\min}$	26	2,4		
oever zuid	$\alpha_{\max}$	108	9,8		

helling 1:40, gemiddeld getij

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	90	8,1	136	6,5
	$\alpha_{\min}$	67	6,1	108	5,1
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	41	3,7	65	3,1
	$\alpha_{\min}$	16	1,5	30	1,4
oever zuid	$\alpha_{\max}$	80	7,3	123	5,8

Tabel 9 Ontwerp II.1 (zanddrempel)

lengten bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten
bij vloed

gemiddeld getij

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	115	10,4	164	7,8
	$\alpha_{\min}$	23	2,1	46	2,2
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	61	5,5	104	4,9
	$\alpha_{\min}$	18	1,7	34	1,7
oever zuid	$\alpha_{\max}$	92	8,3	141	6,7

gemiddeld getij + 20%

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	144	13,0	185	8,8
	$\alpha_{\min}$	40	3,6	68	3,2
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	87	7,9	135	6,4
	$\alpha_{\min}$	30	2,7	59	2,8
oever zuid	$\alpha_{\max}$	122	11,0	168	8,0

Tabel 10 Ontwerp II.2 (mijnsteendrempel)

lengten bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten
bij eb

gemiddeld getij

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	93	8,4	144	6,8
	$\alpha_{\min}$	25	2,3	41	2,0
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	50	4,5	81	3,9
	$\alpha_{\min}$	17	1,6	30	1,4
oever zuid	$\alpha_{\max}$	74	6,7	117	5,5

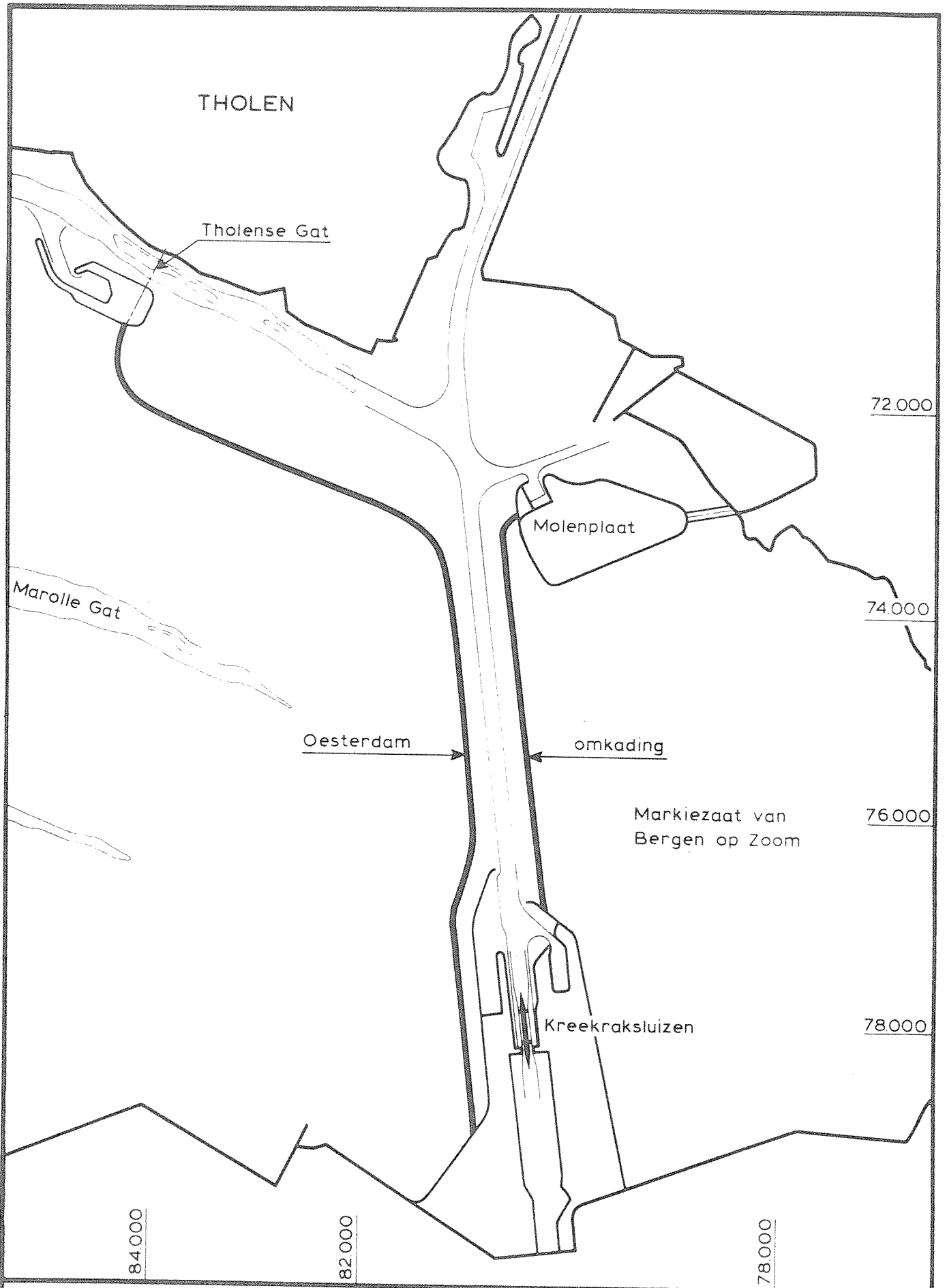
gemiddeld getij + 20%

lokatie		kriterium 1:15		kriterium 1:25	
		L	$h_{\max}$	L	$h_{\max}$
oever noord	$\alpha_{\max}$	122	11,0	182	8,6
	$\alpha_{\min}$	37	3,3	58	2,8
midden sluitgat	$\alpha_{\max}$	69	6,3	111	5,3
	$\alpha_{\min}$	26	2,4	46	2,2
oever zuid	$\alpha_{\max}$	100	9,0	152	7,2

Tabel 11 Ontwerp II.2 (mijnsteendrempel)
 lengten bodemverdediging met maximale ontgrondingsdiepten
 bij vloed

ontwerp	helling	lokaties	eb			vloed		
			lengte bodemverdediging			lengte bodemverdediging		
			50 m	100 m	150 m	50 m	100 m	150 m
ontwerp II.1	1:20	oever	12,5	11,2	10,1	10,3	8,5	7,2
	1:40	noord	11,7	9,9	8,2	9,7	7,8	6,0
	1:20	midden	3,9	4,4	4,4	3,4	3,2	3,0
	1:40	sluitgat	3,9	3,3	3,0	3,5	2,6	2,2
	1:20	oever	10,7	9,3	7,7	8,9	7,0	5,5
	1:40	zuid	10,4	8,4	6,9	8,6	6,6	5,1
ontwerp II.2	-	oever	12,4	11,1	8,6	10,3	8,2	6,7
	-	midden	5,6	5,0	3,9	4,5	3,6	2,9
	-	oever	9,1	8,2	6,3	7,5	6,0	4,8
		zuid						

Tabel 12 Overzicht te verwachten maximale ontgrondingsdiepten (m) bij geschatte $\alpha_{\max}$ en gemiddeld getij



SITUATIE

Tholense Gat

schaal 1 : 50.000

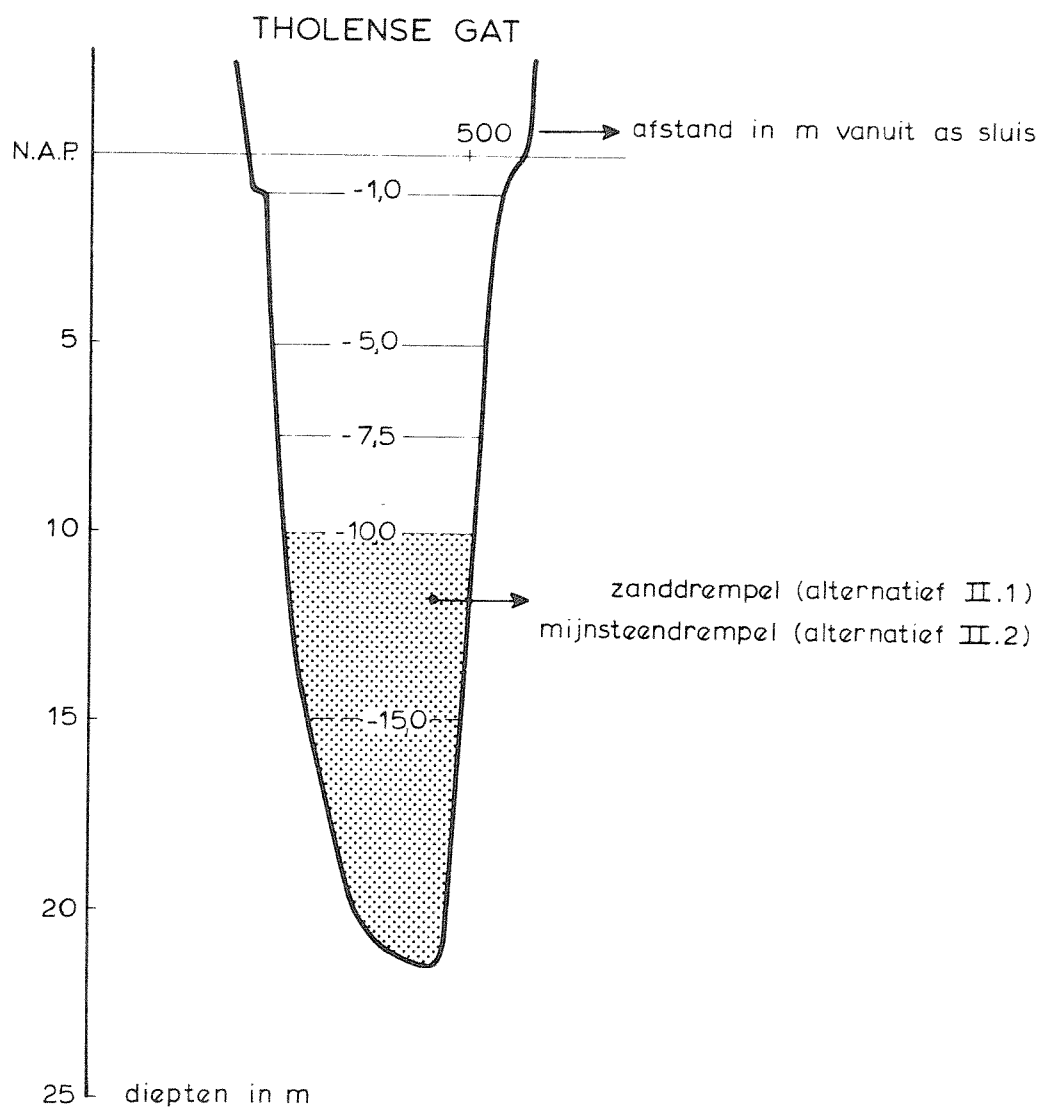
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 1

WERKEILAND

THOLEN



alternatief II.1	alternatief II.2
—	-15,0
-10,0	-10,0
-7,5	-7,5
-5,0	-5,0
-1,0	-1,0

schematisatie bouwfasen t.o.v. N.A.P. (hoogte sluitkade in m)

LENGTEPROFIEL SLUITGAT

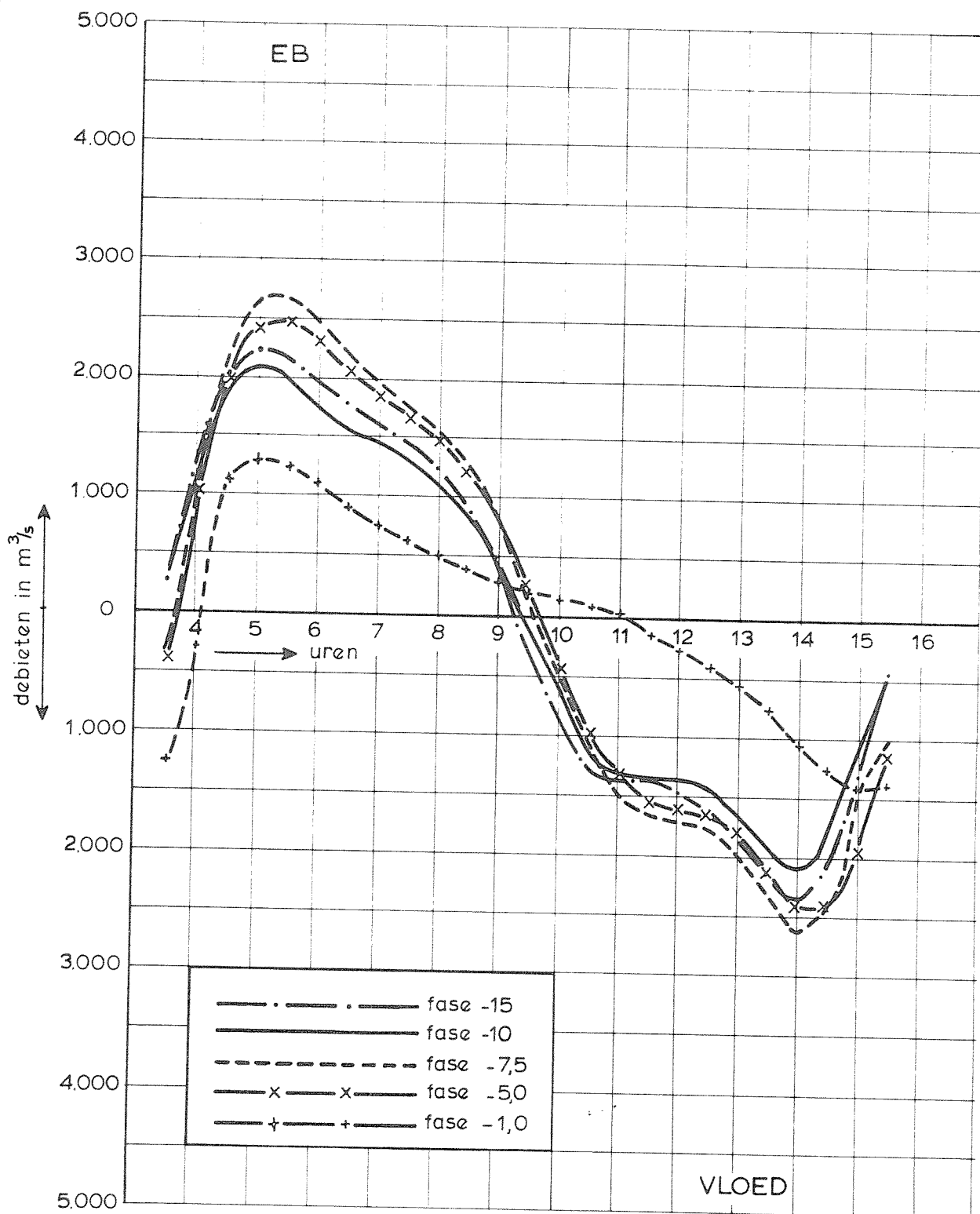
Tholense Gat

tracé

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 2



DEBIETEN SLUITGAT

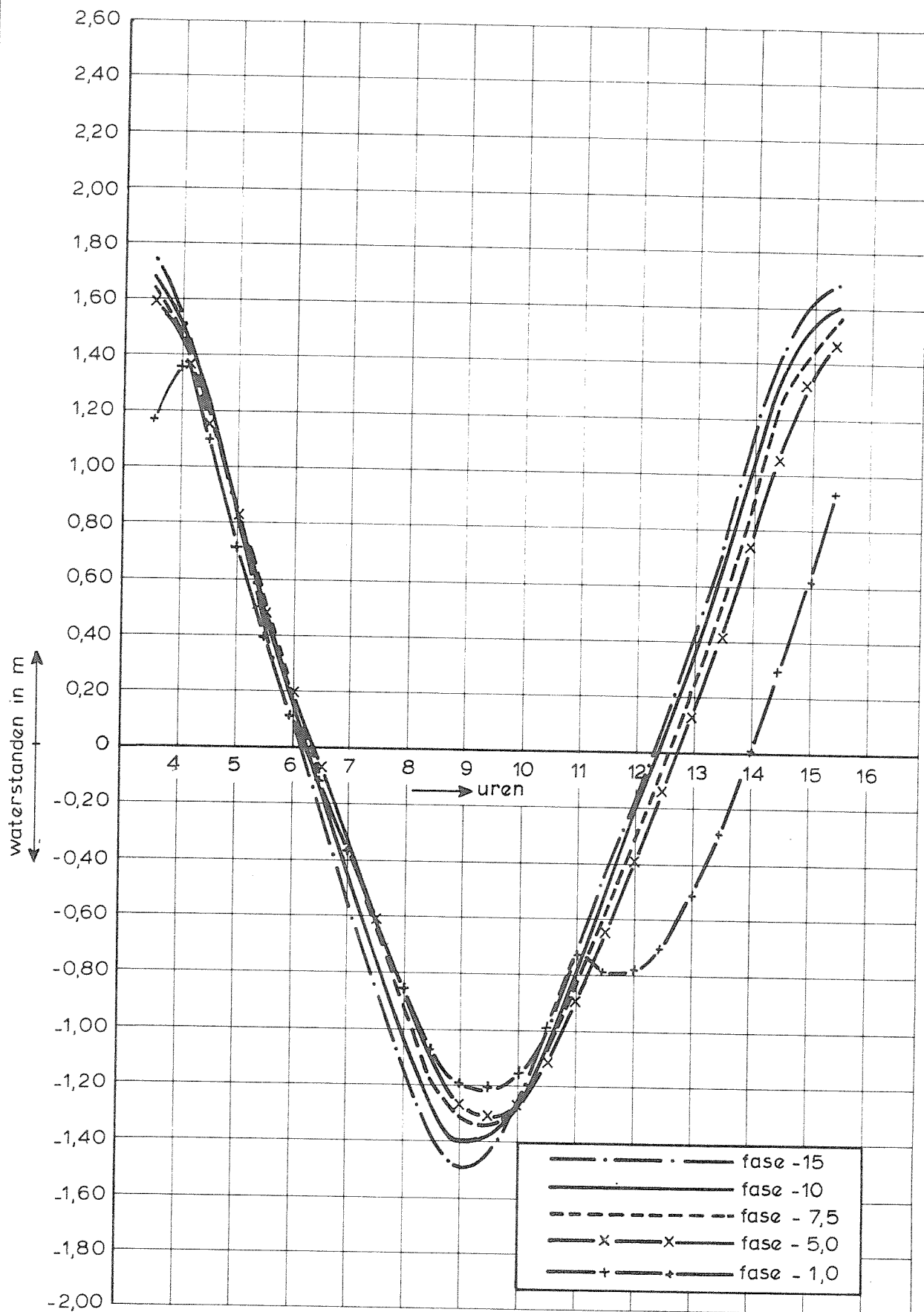
THOLENSE GAT

GEMIDDELD GET'J IMPLIC

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 3



WATERSTANDEN

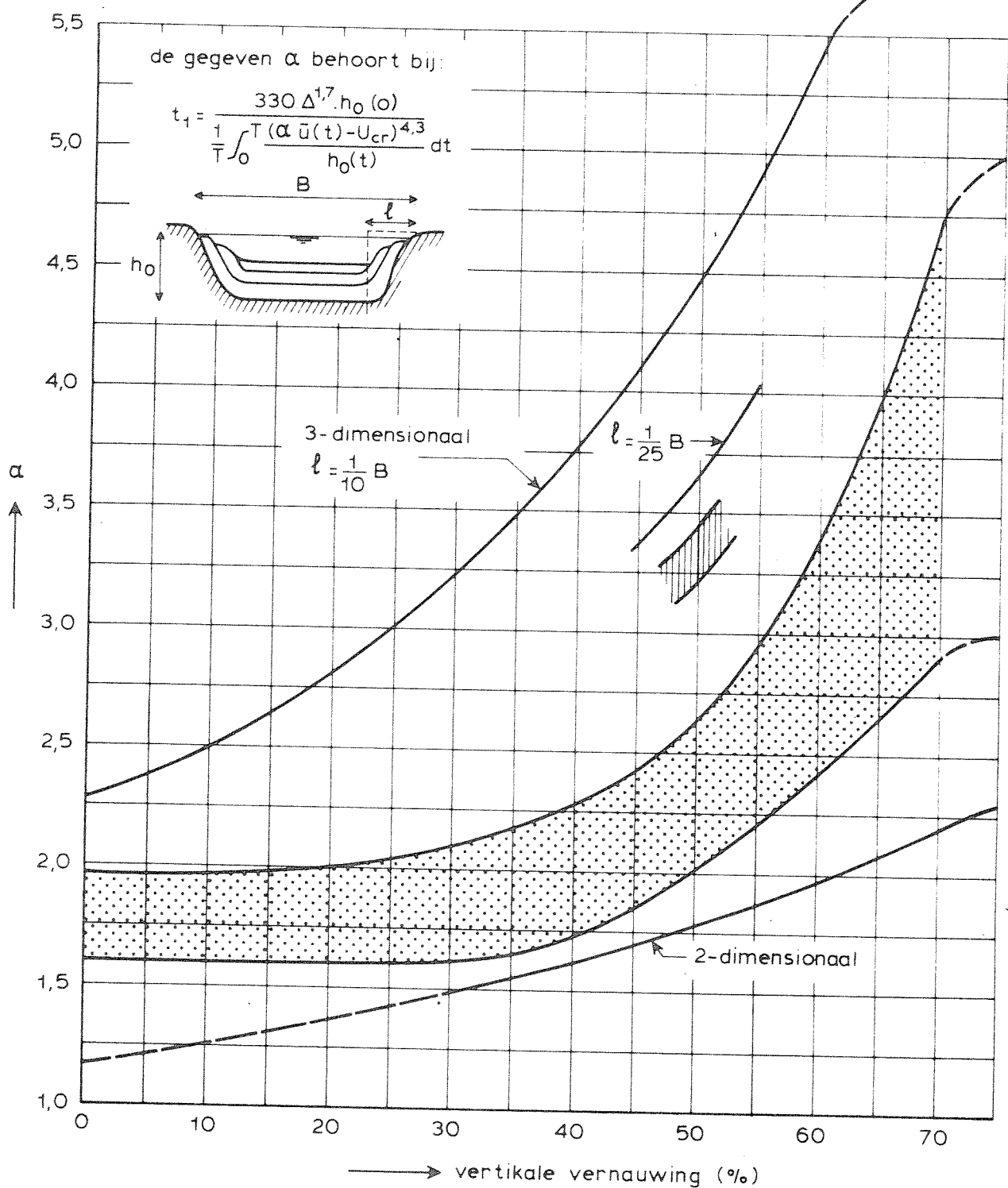
THOLENSE GAT

GEMIDDELD GET'J IMPLIC

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 4



samenvallende wervelstraten



normale tweedimensionale situaties in de praktijk (onderzoek Oosterschelde)

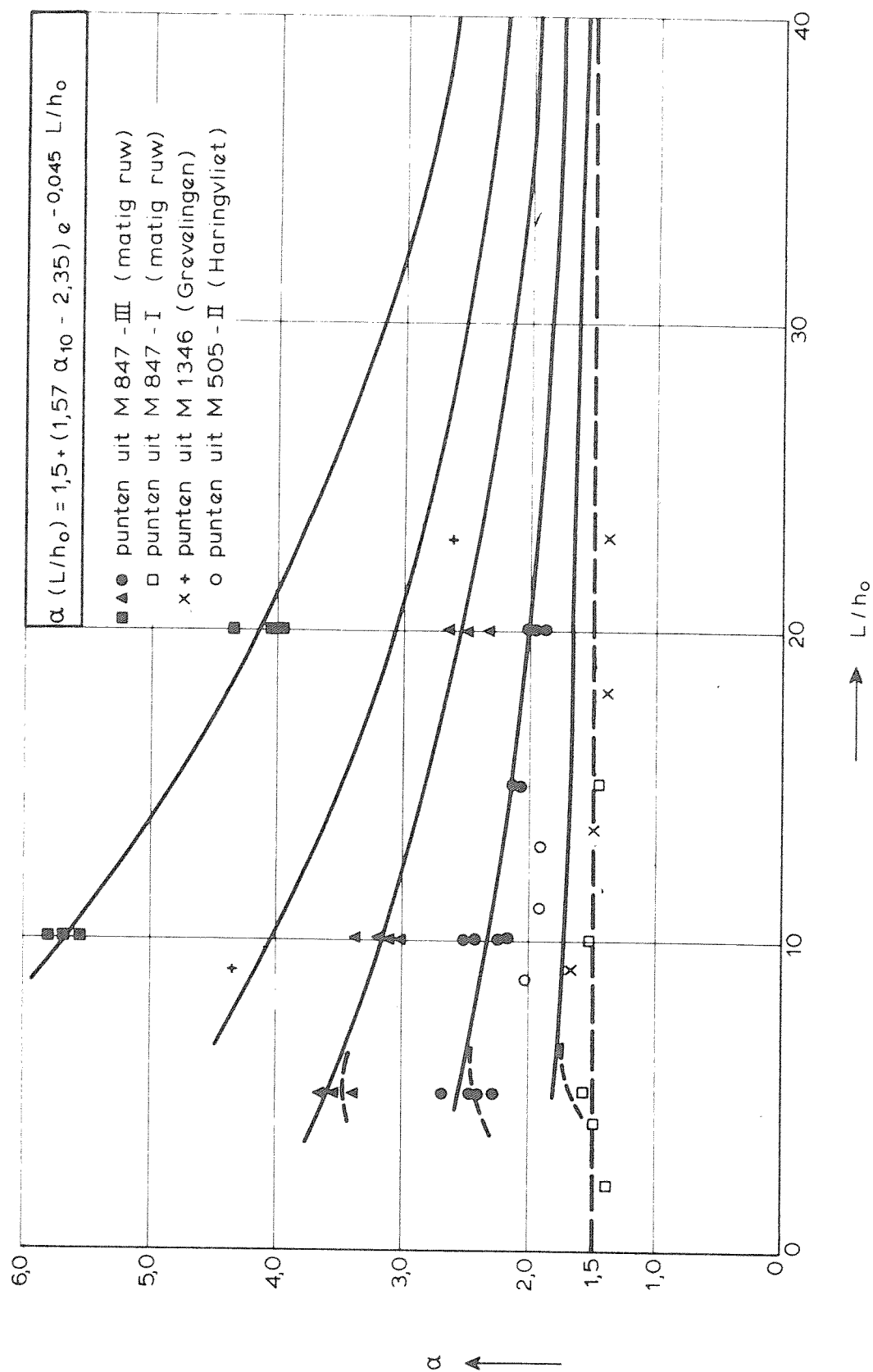
lengte bodembescherming: $L = 10 h_0$ uit drempelsteen

RELATIE TUSSEN α EN DE VERTIKALE VERNAUWING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 5

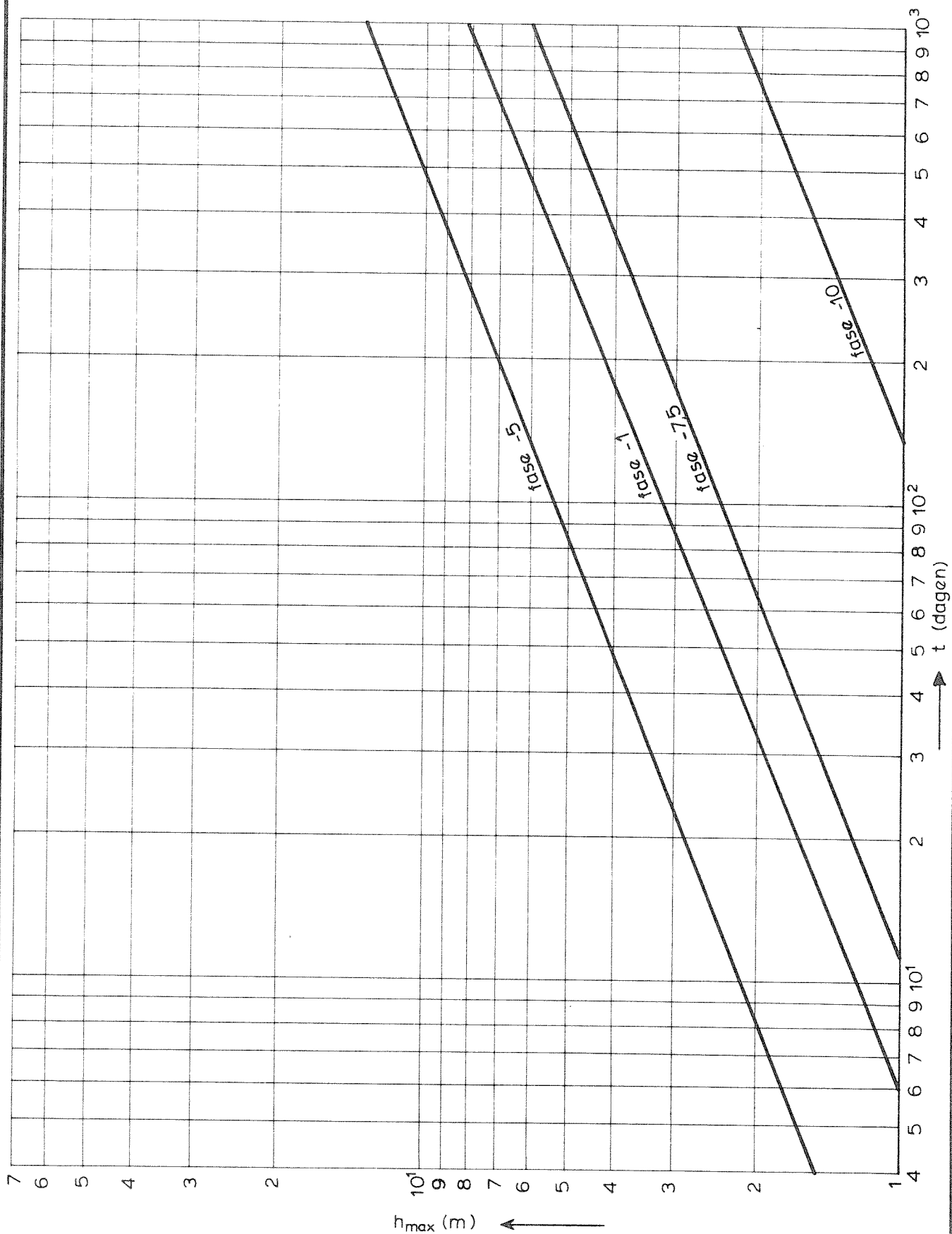


RELATIE TUSSEN α EN L

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 6



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ

Tholense Gat

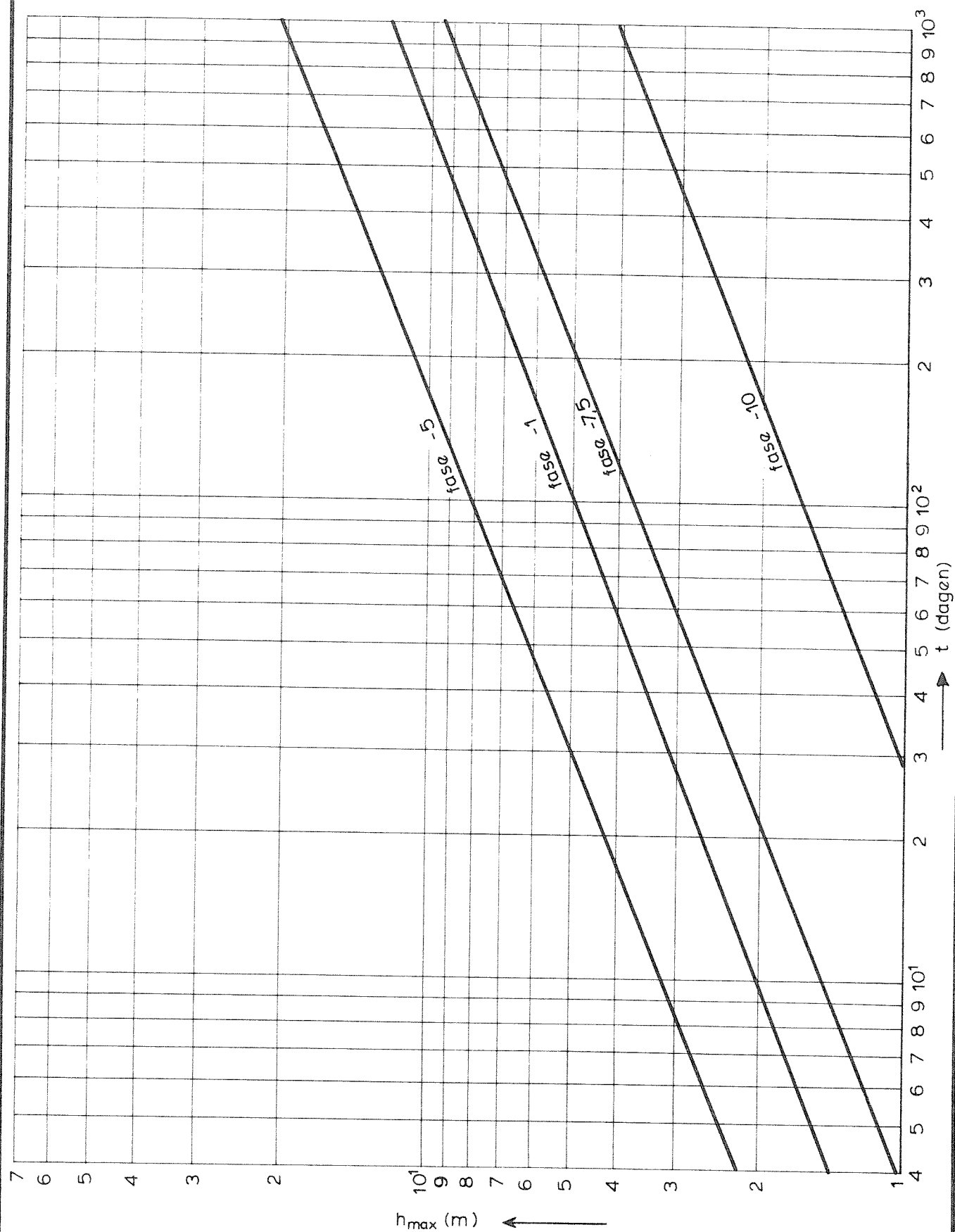
EB

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 7



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50$ m, GEMIDDELD GETUJ + 20%

Tholense Gat

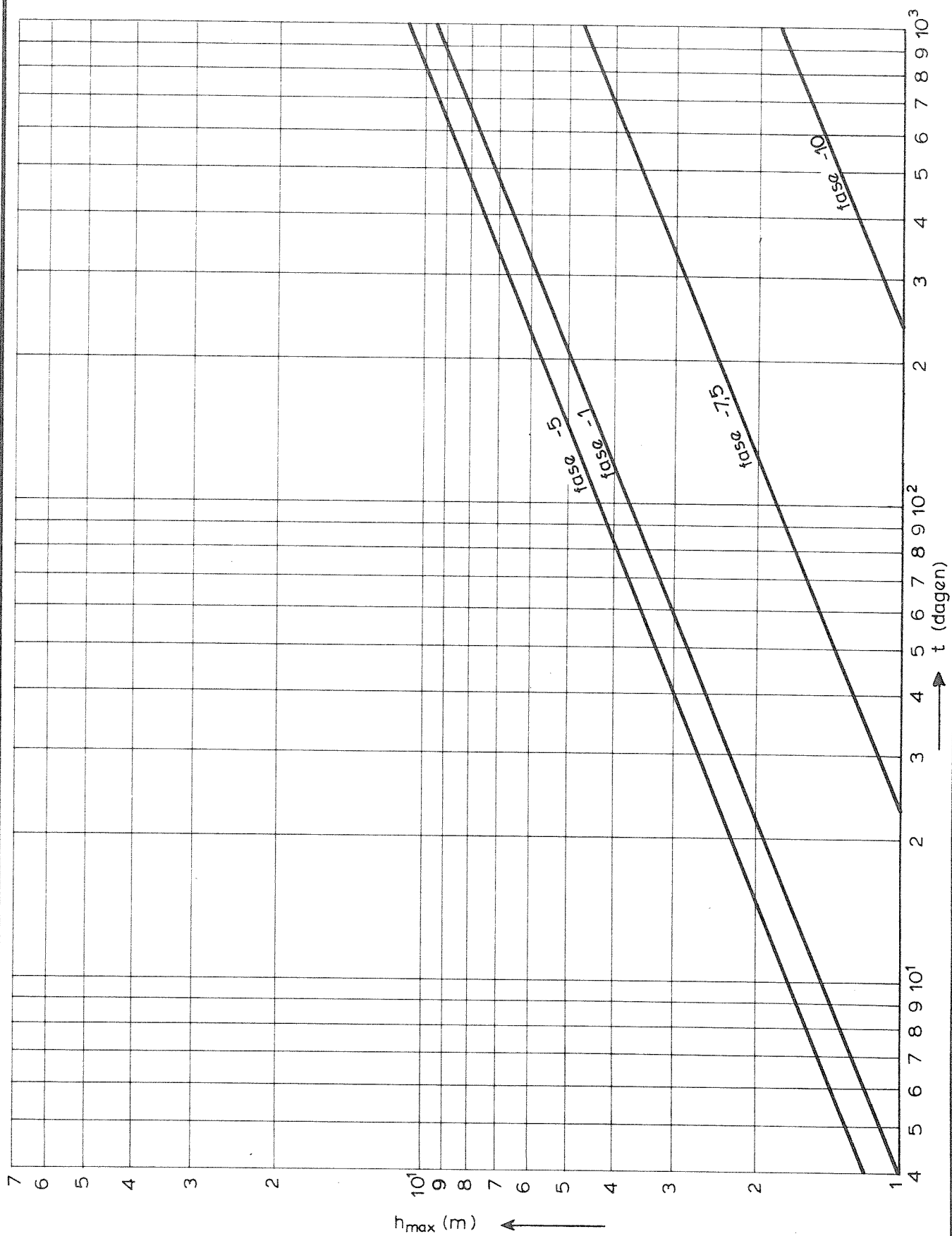
EB

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 8



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ

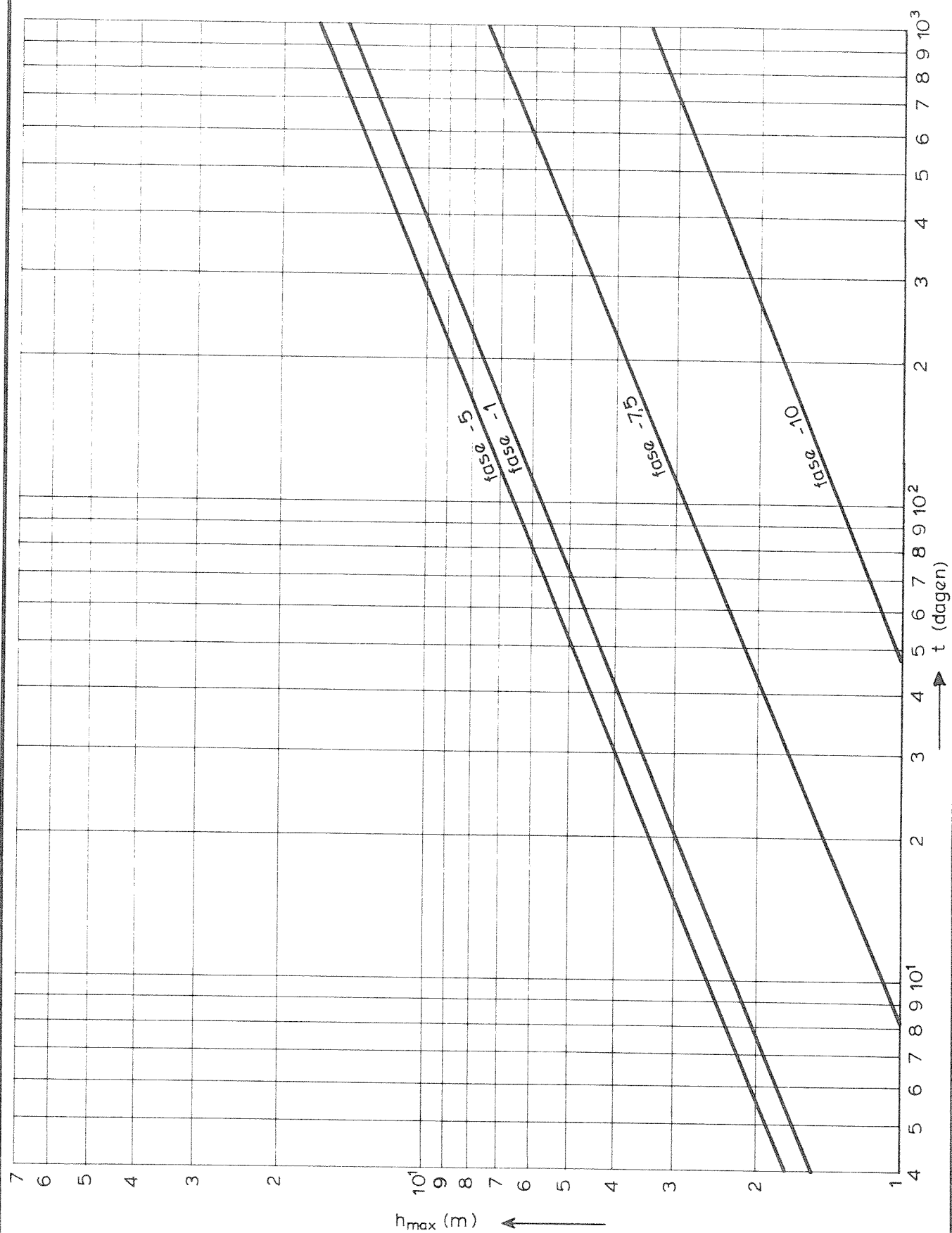
Tholense Gat VLOED

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 9



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50$ m, GEMIDDELD GETUJ + 20%

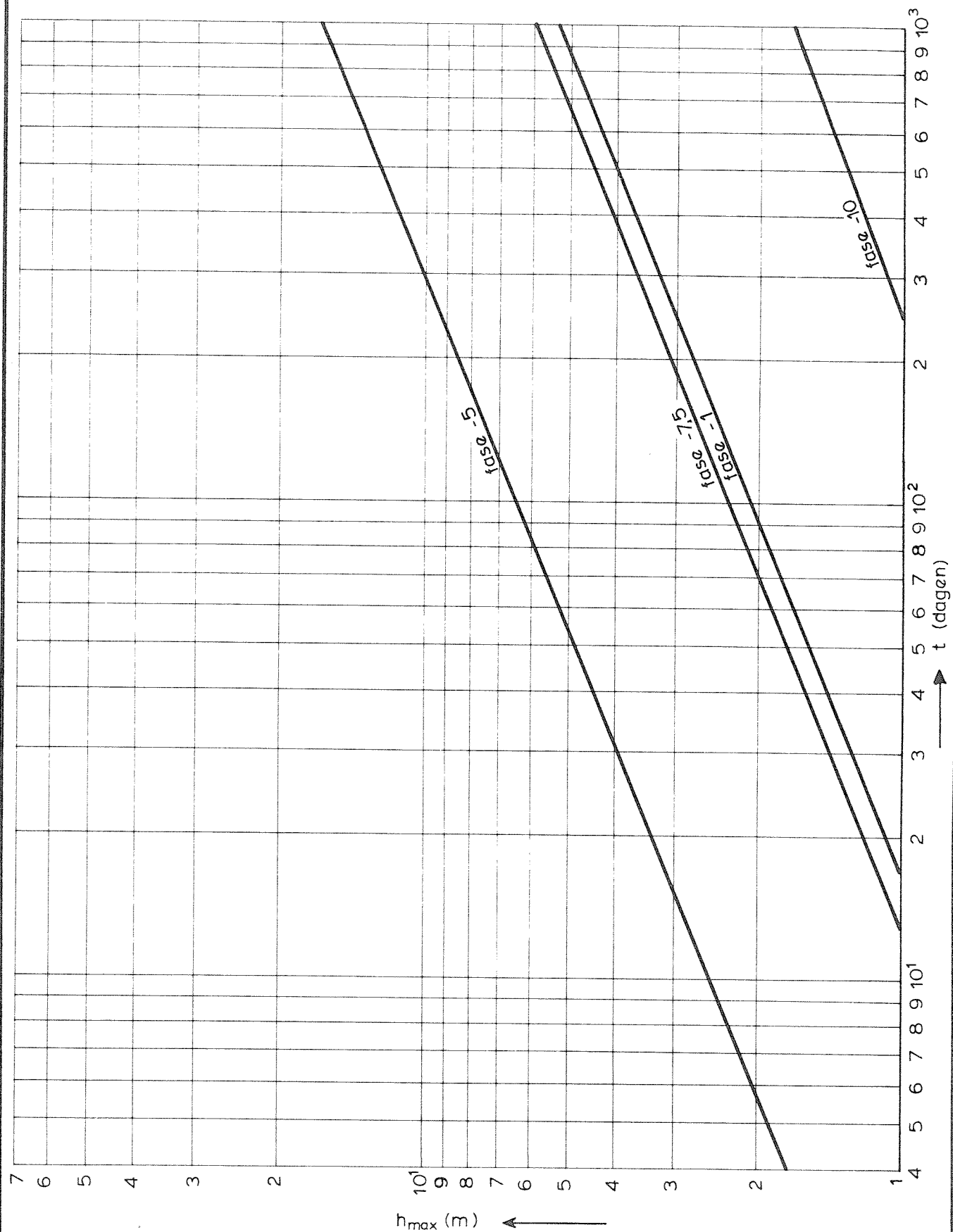
Tholense Gat VLOED

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 10



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
L = 100m, GEMIDDELD GET'J

Tholense Gat

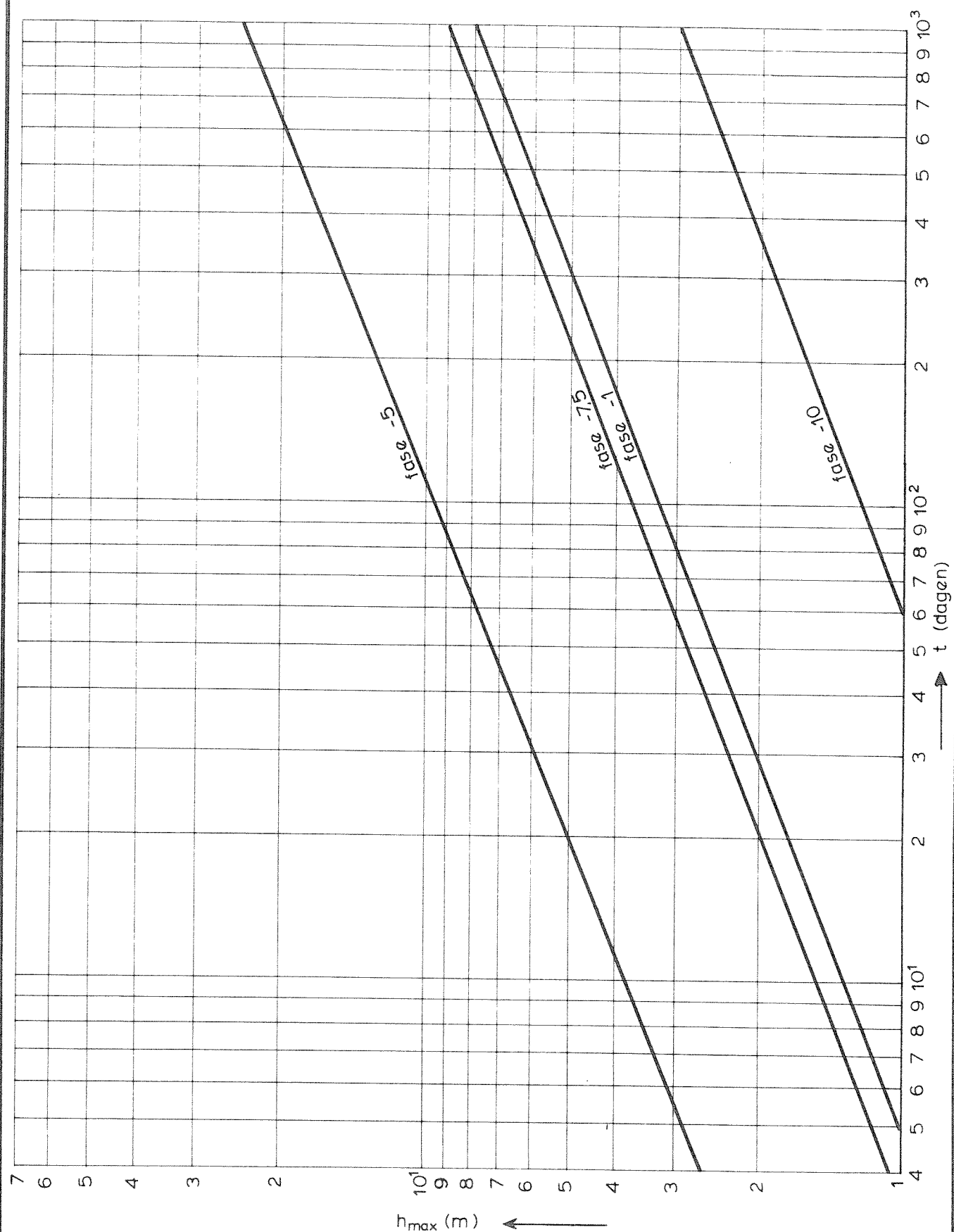
EB

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 11



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
L = 100m, GEMIDDELD GETIJ + 20%

Tholense Gat

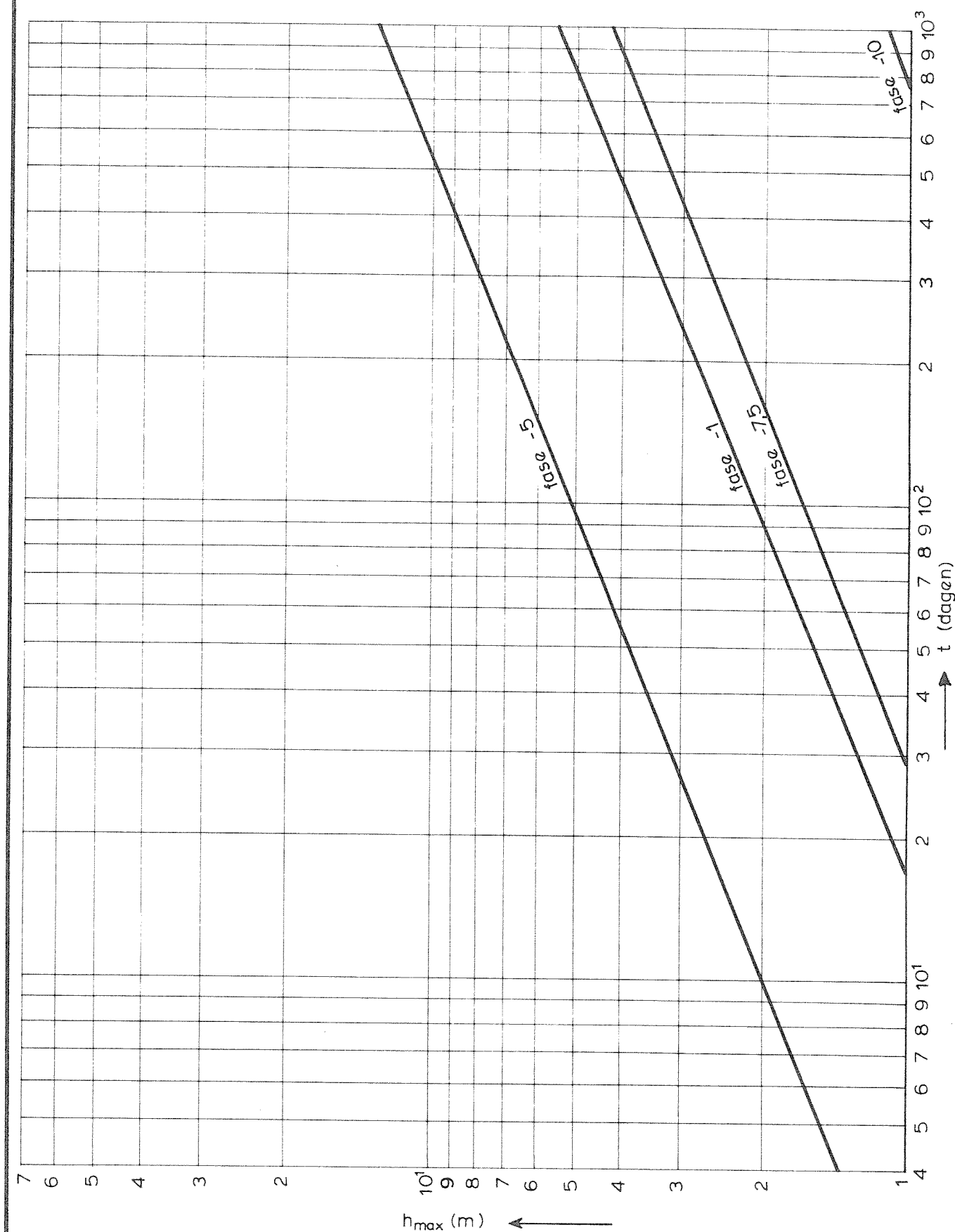
EB

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 12



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
L = 100m, GEMIDDELD GETIJ

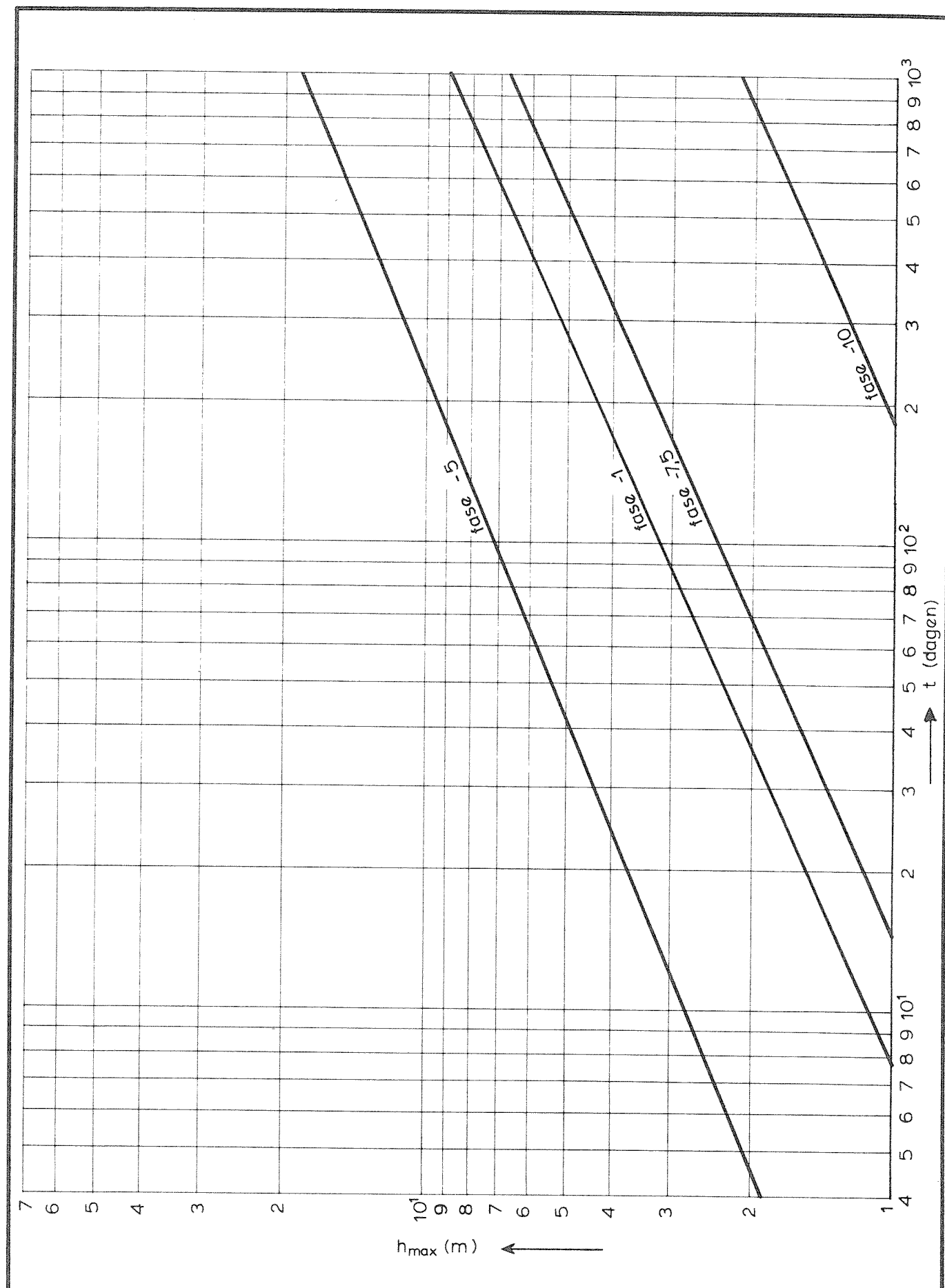
Tholense Gat VLOED

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 13



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100\text{m}$, GEMIDDELD GET'J + 20%

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

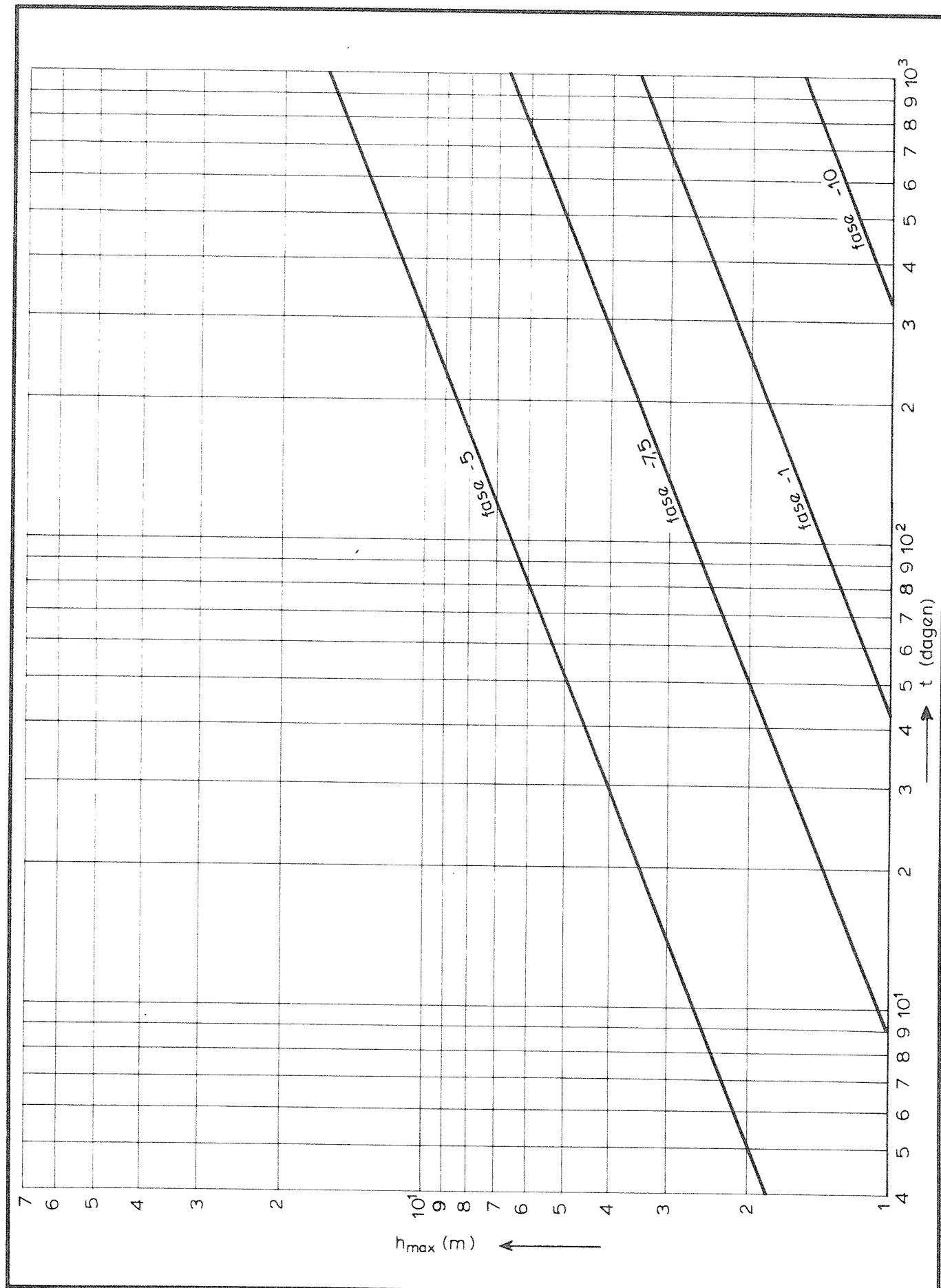
Tholense Gat

VLOED

ZANDDREMPEL 1:20

R 1995

FIG. 14



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GET'J

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

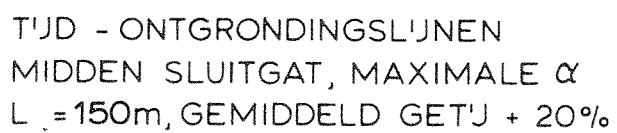
Tholense Gat

EB

ZANDDREMPEL 1:20

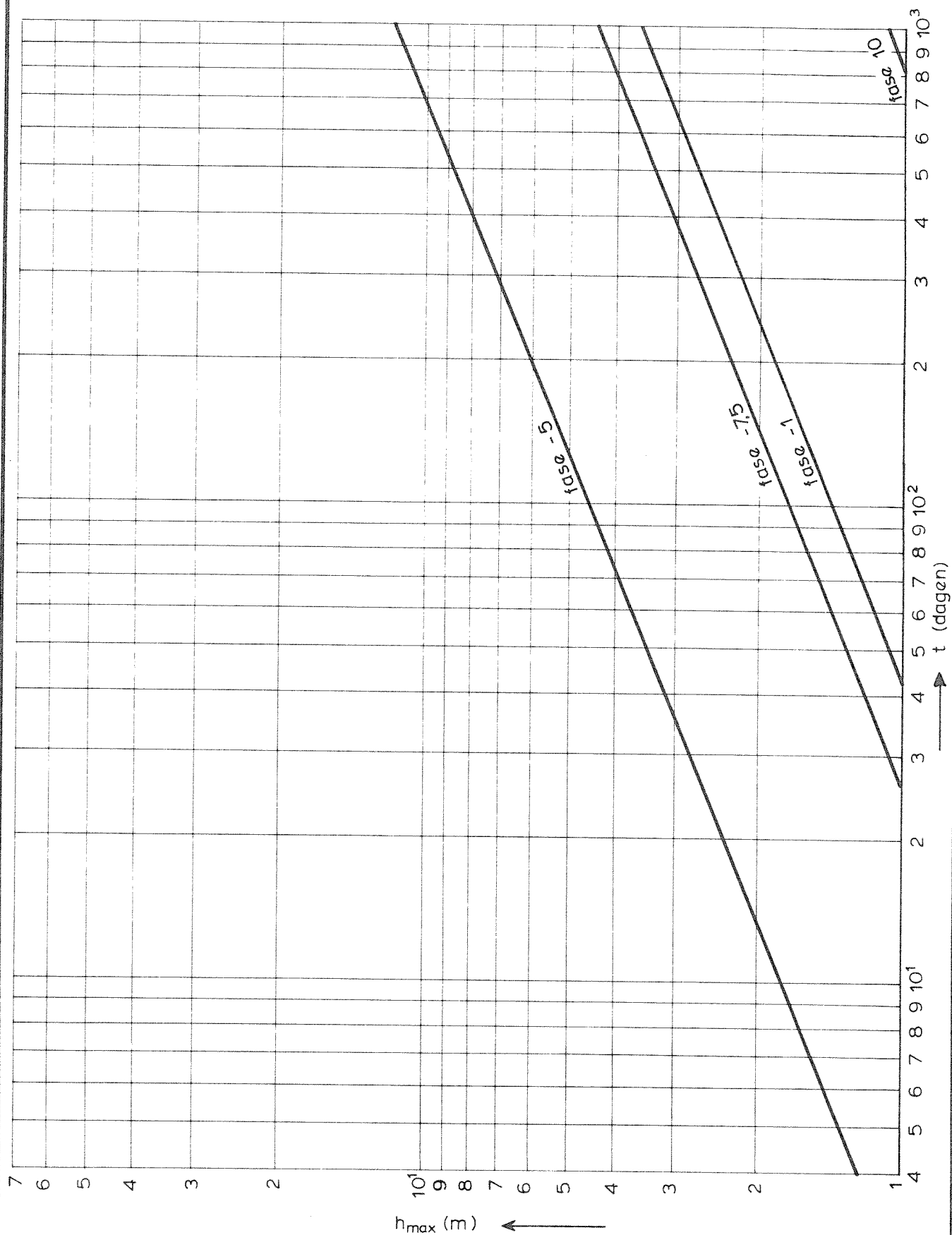
R 1995

FIG. 15



EB

FIG. 16



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GETJ

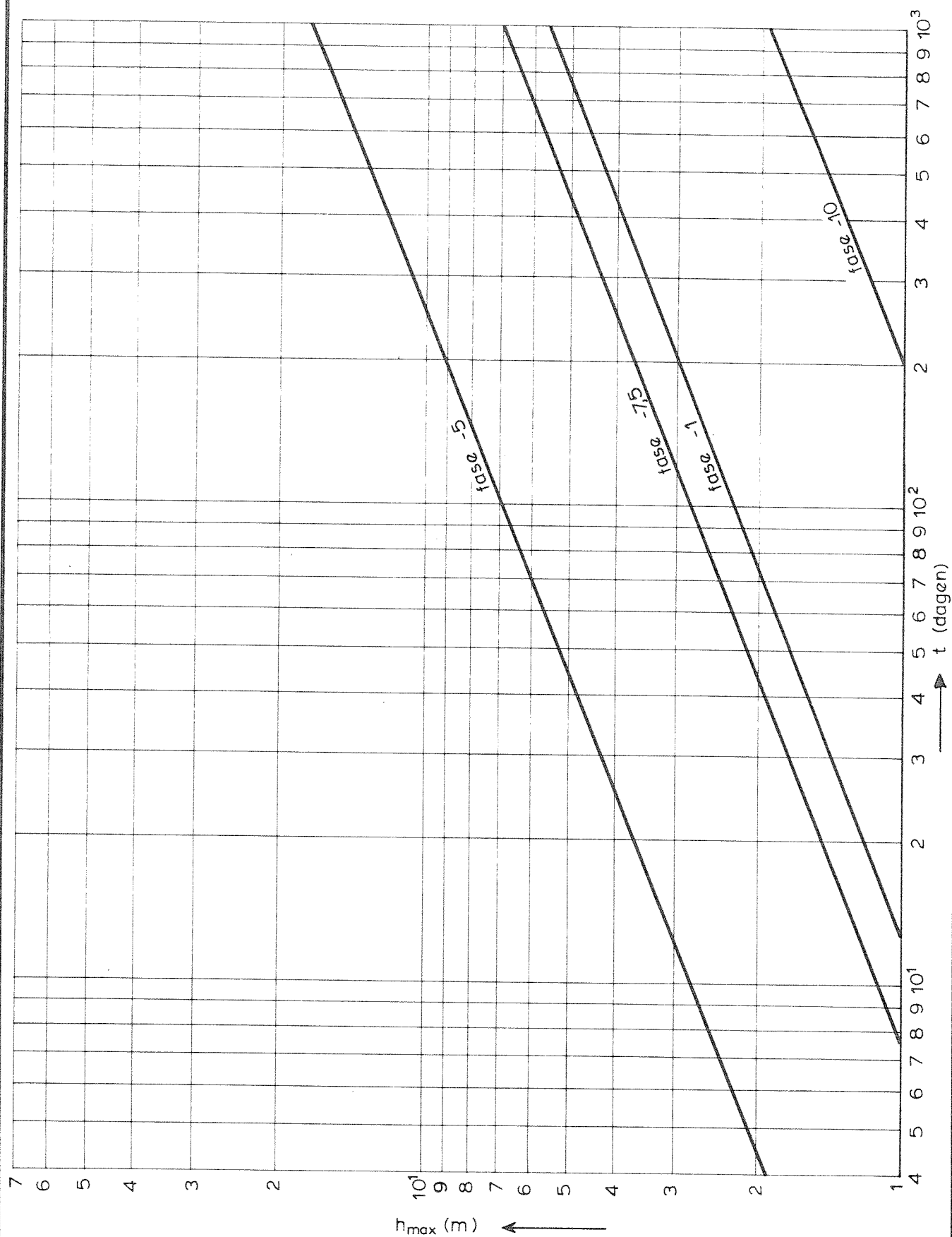
Tholense Gat VLOED

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 17



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GETUJ + 20%

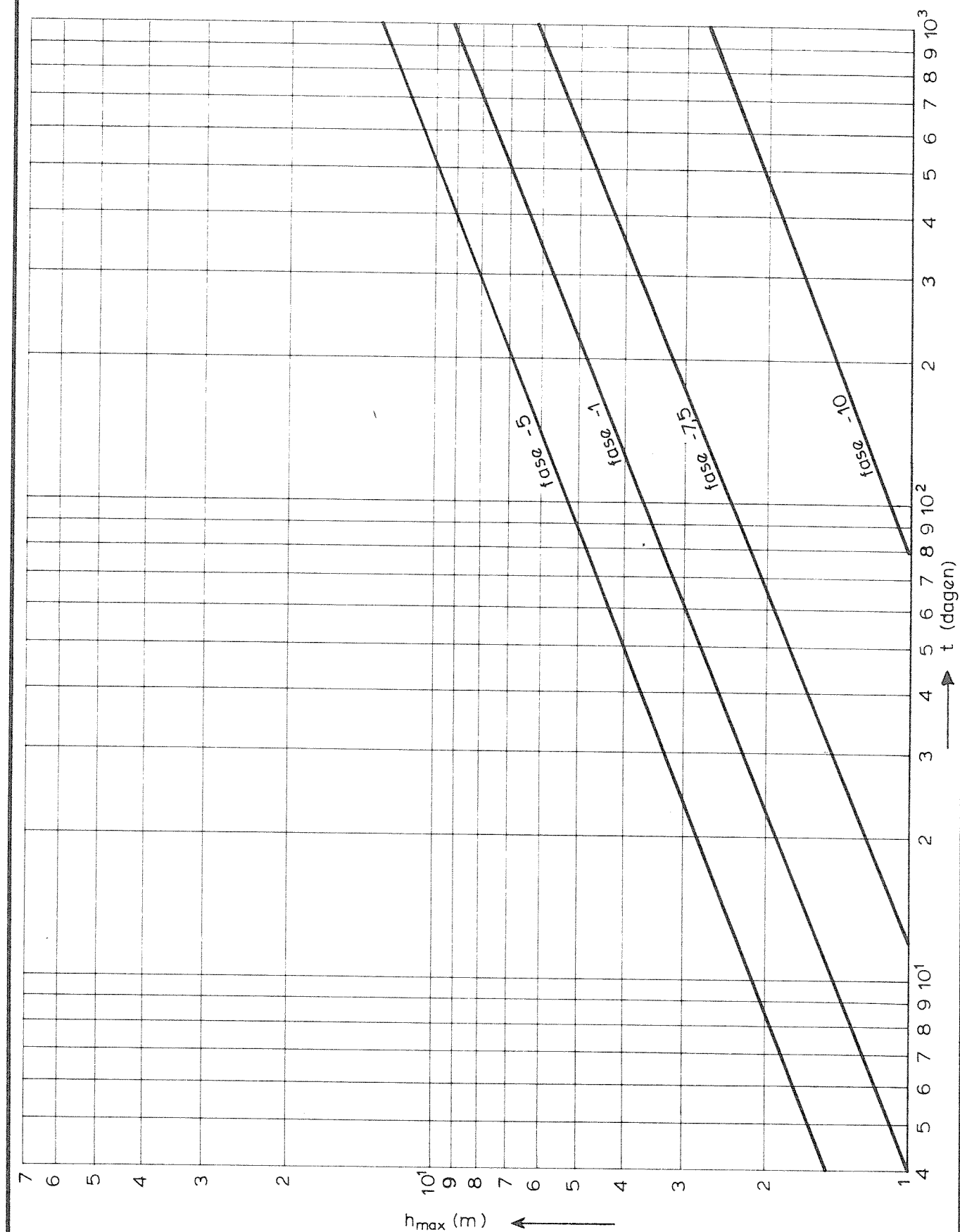
Tholense Gat VLOED

ZANDDREMPEL 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 18



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50\text{m}$, GEMIDDELD GETU

Tholense Gat

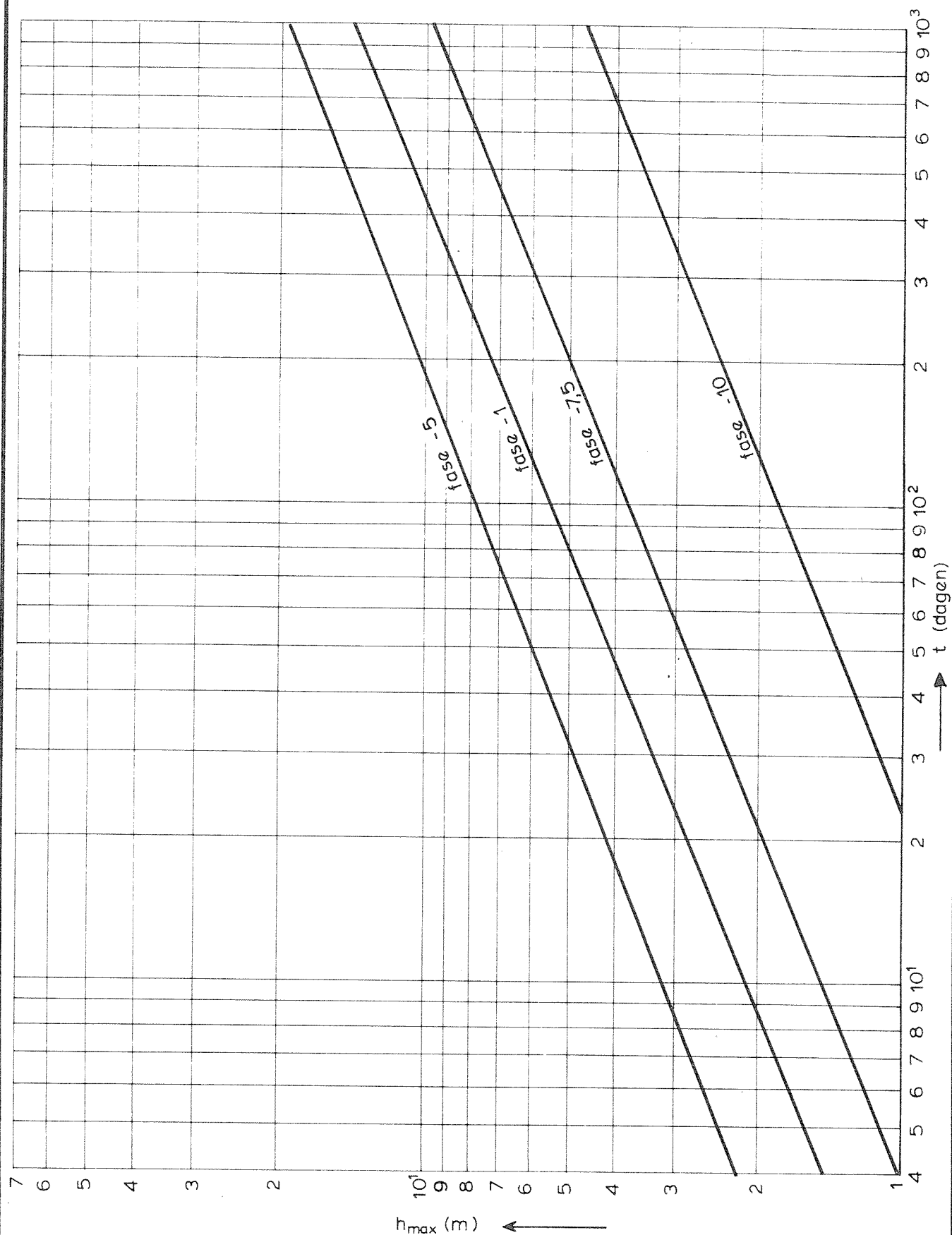
EB

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 19



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50\text{m}$, GEMIDDELD GETUJ + 20%

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

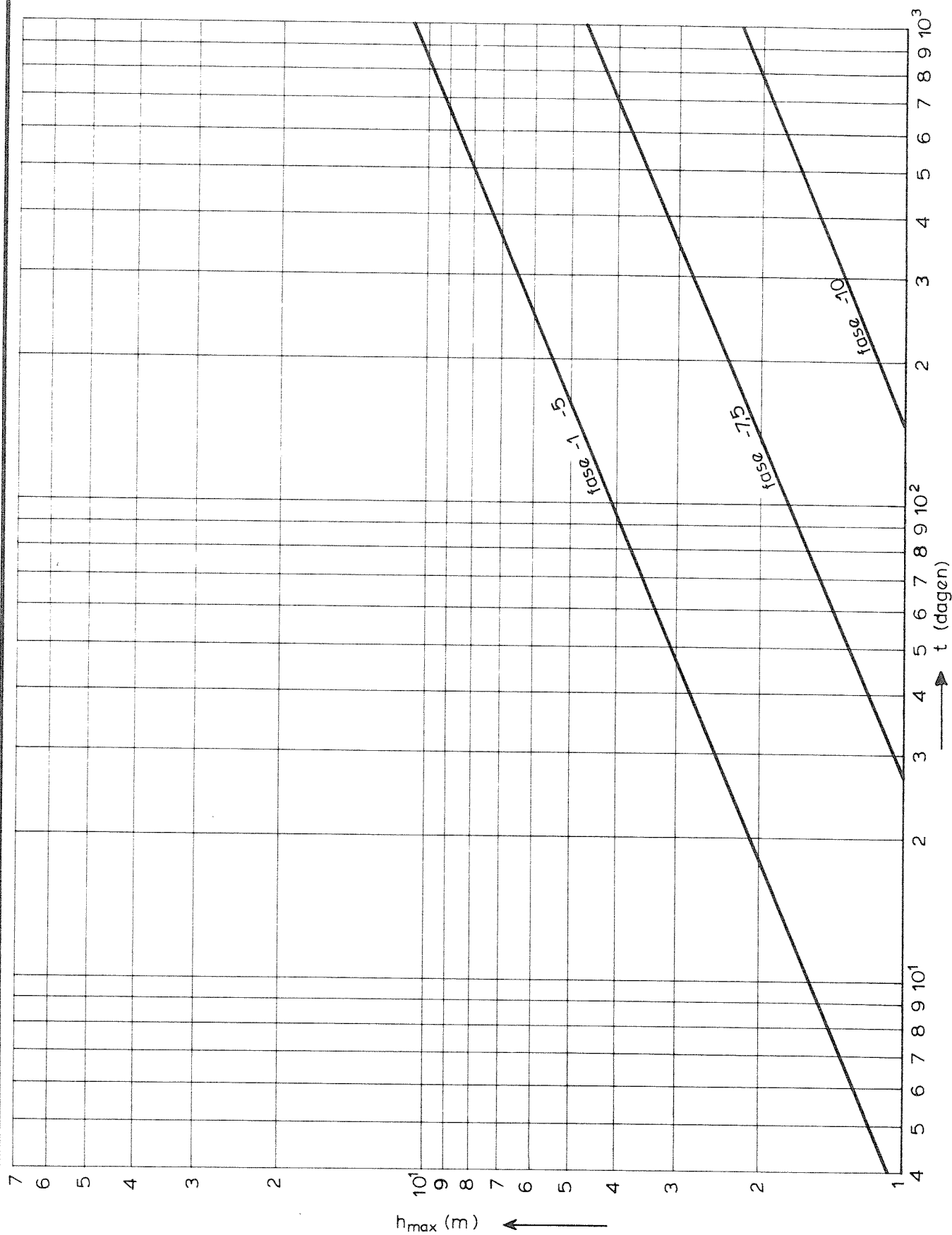
Tholense Gat

EB

ZANDDREMPEL 1:40

R 1995

FIG. 20



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

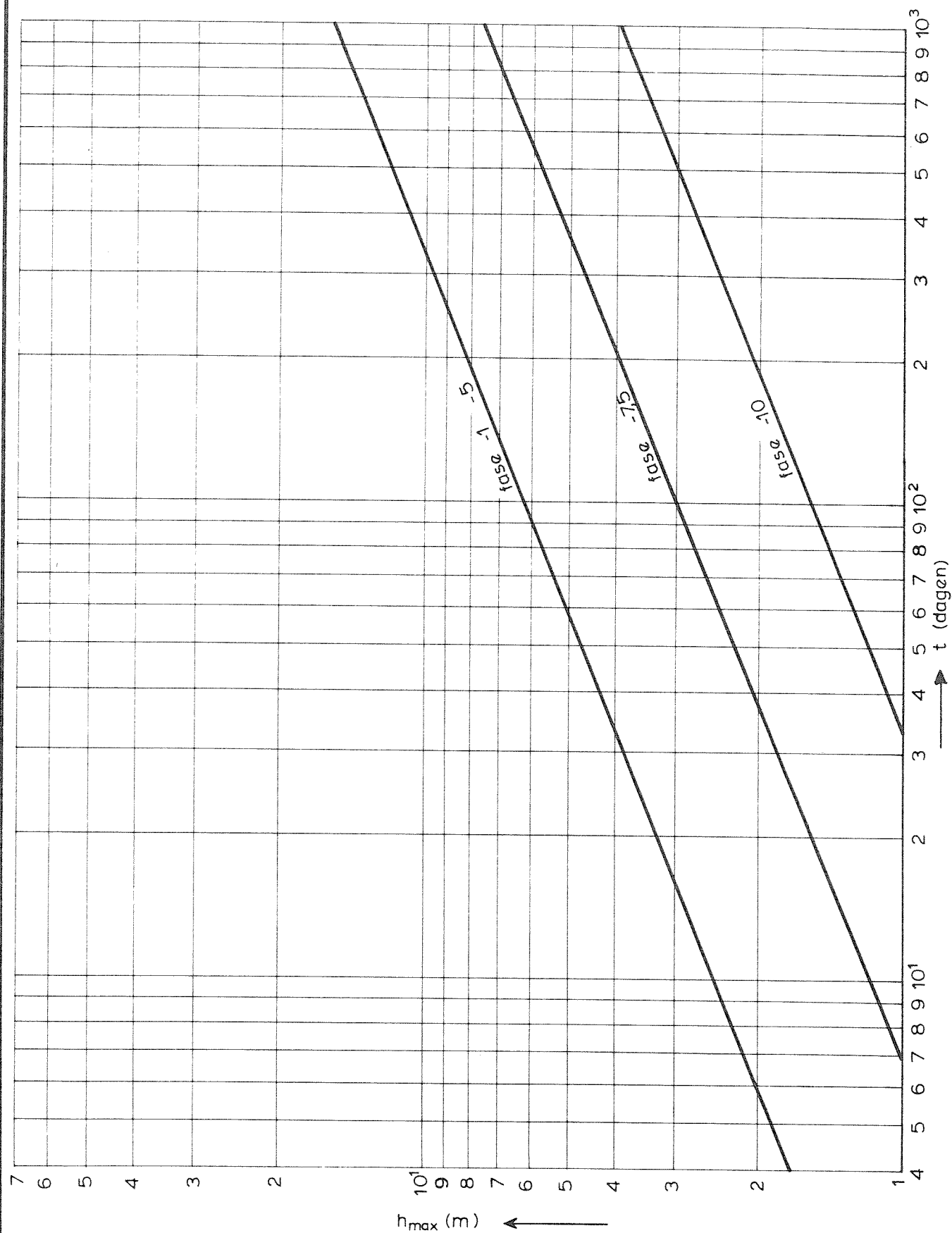
Tholense Gat

VLOED

ZANDDREMPEL 1:40

R 1995

FIG. 21



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50$ m, GEMIDDELD GETUJ + 20%

Tholense Gat

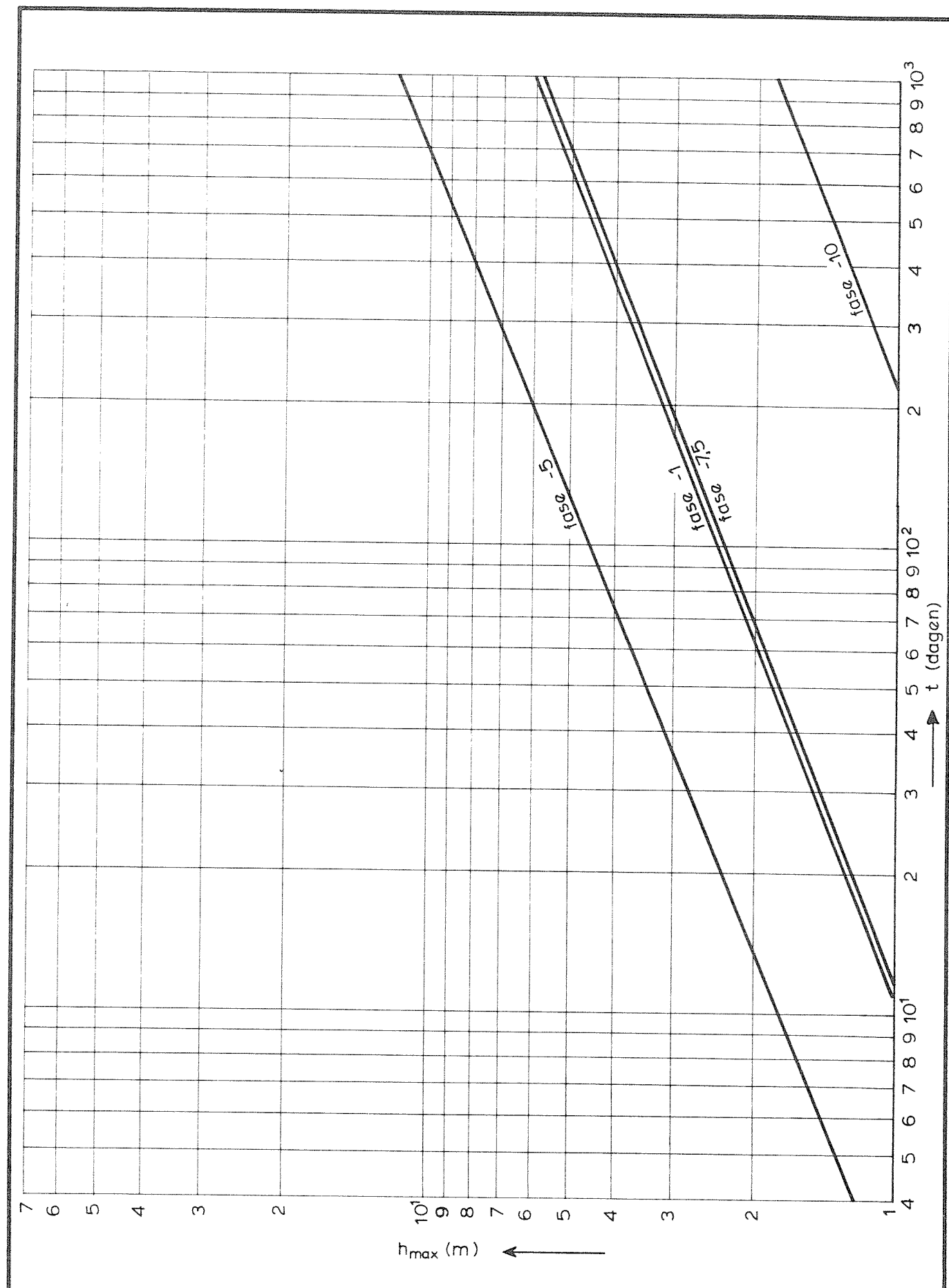
VLOED

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 22



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100\text{m}$, GEMIDDELD GET'J

Tholense Gat

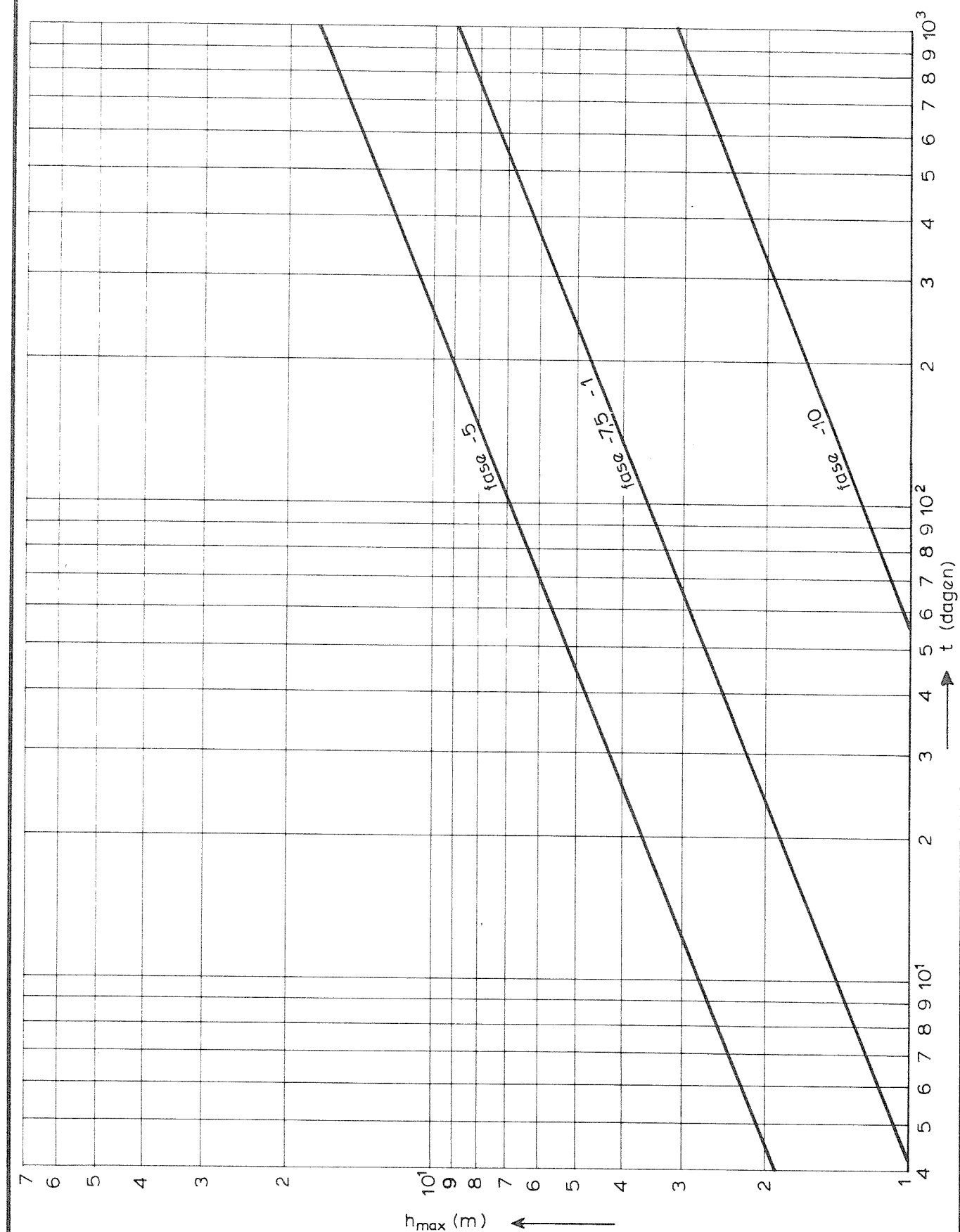
EB

ZANDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 23



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100\text{m}$, GEMIDDELD GET'J + 20%

Tholense Gat

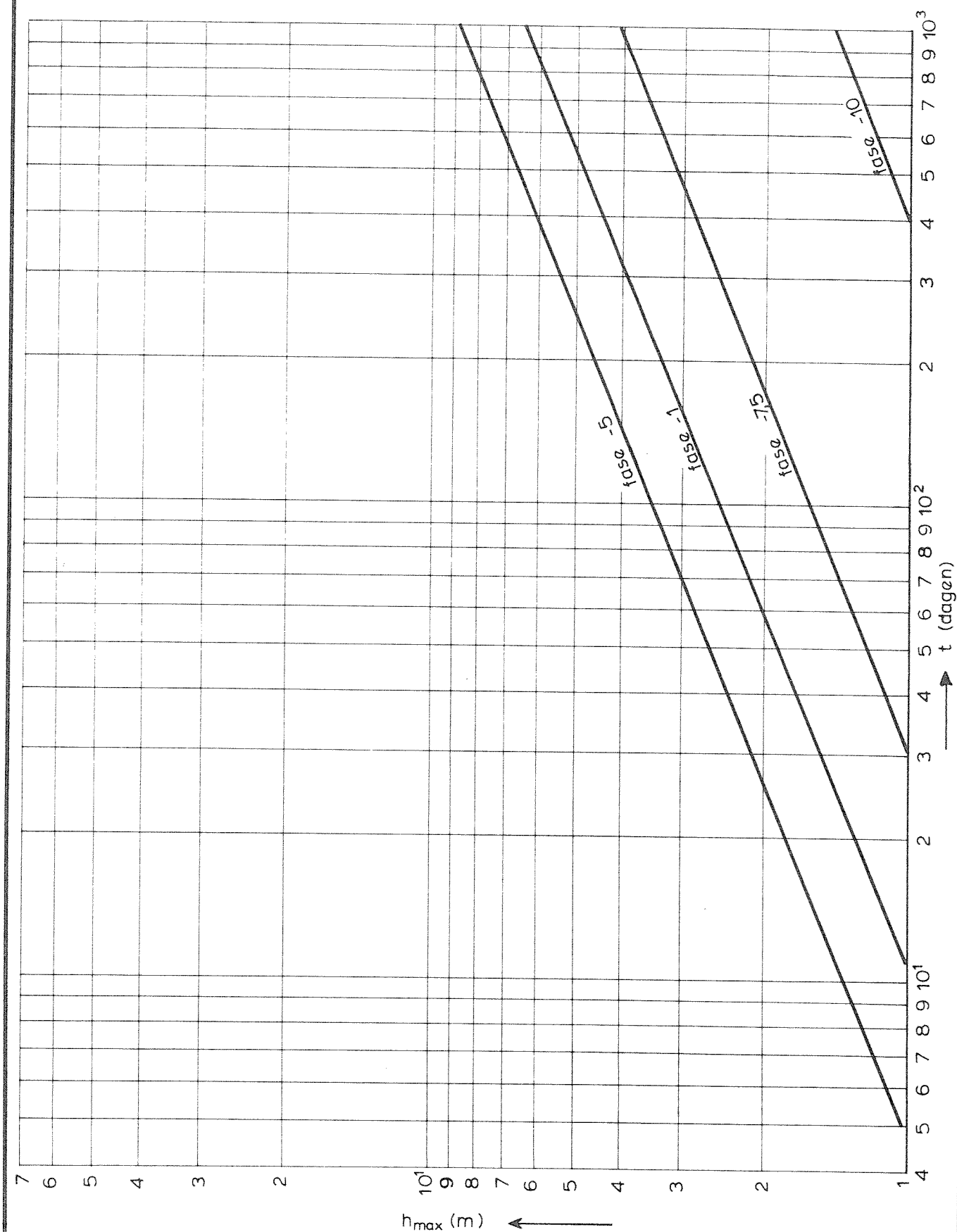
EB

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 24



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100\text{m}$, GEMIDDELD GET'J

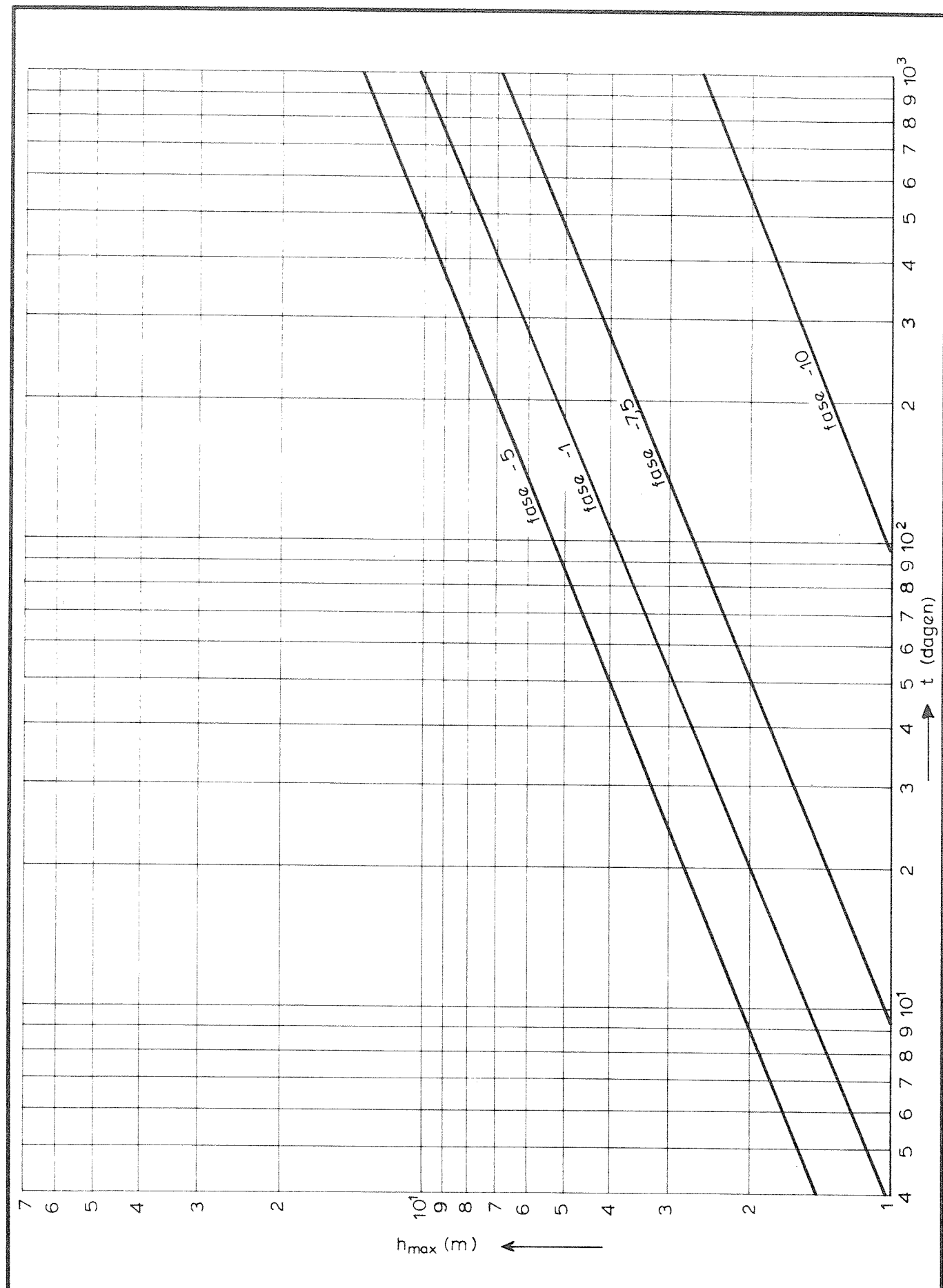
Tholense Gat VLOED

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 25



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
L = 100m, GEMIDDELD GET'J + 20%

Tholense Gat

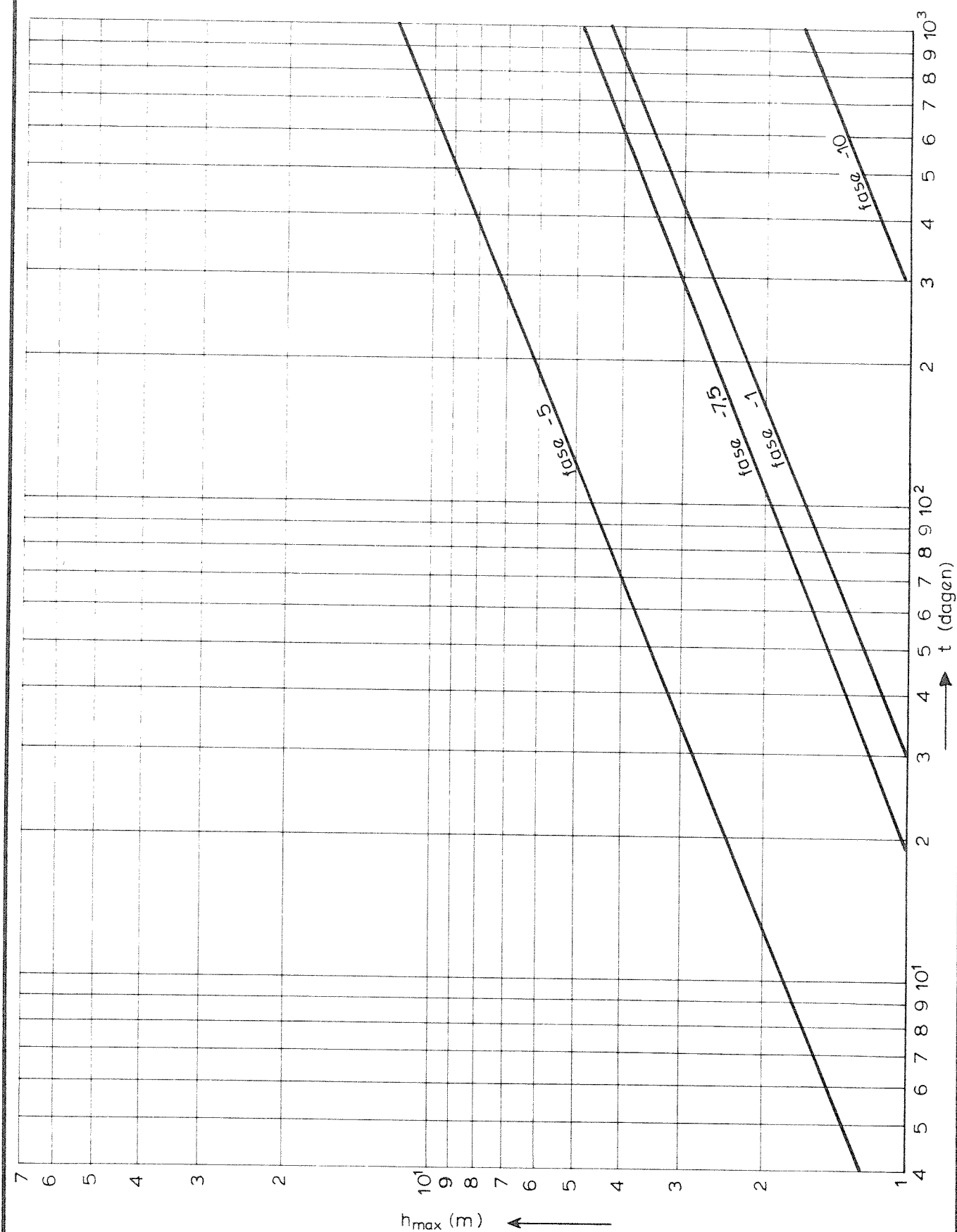
VLOED

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 26



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ

Tholense Gat

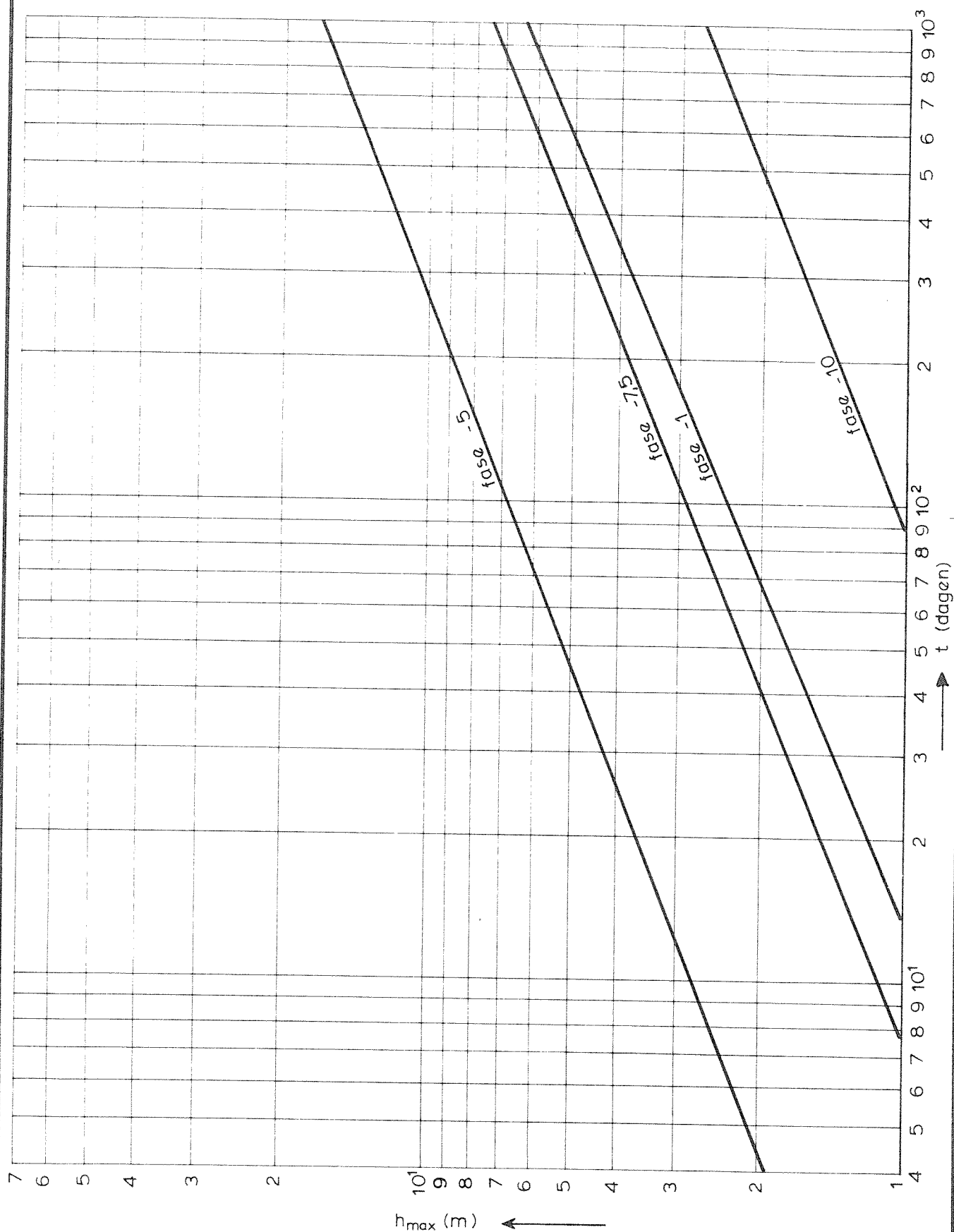
EB

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 27



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GETUJ + 20%

Tholense Gat

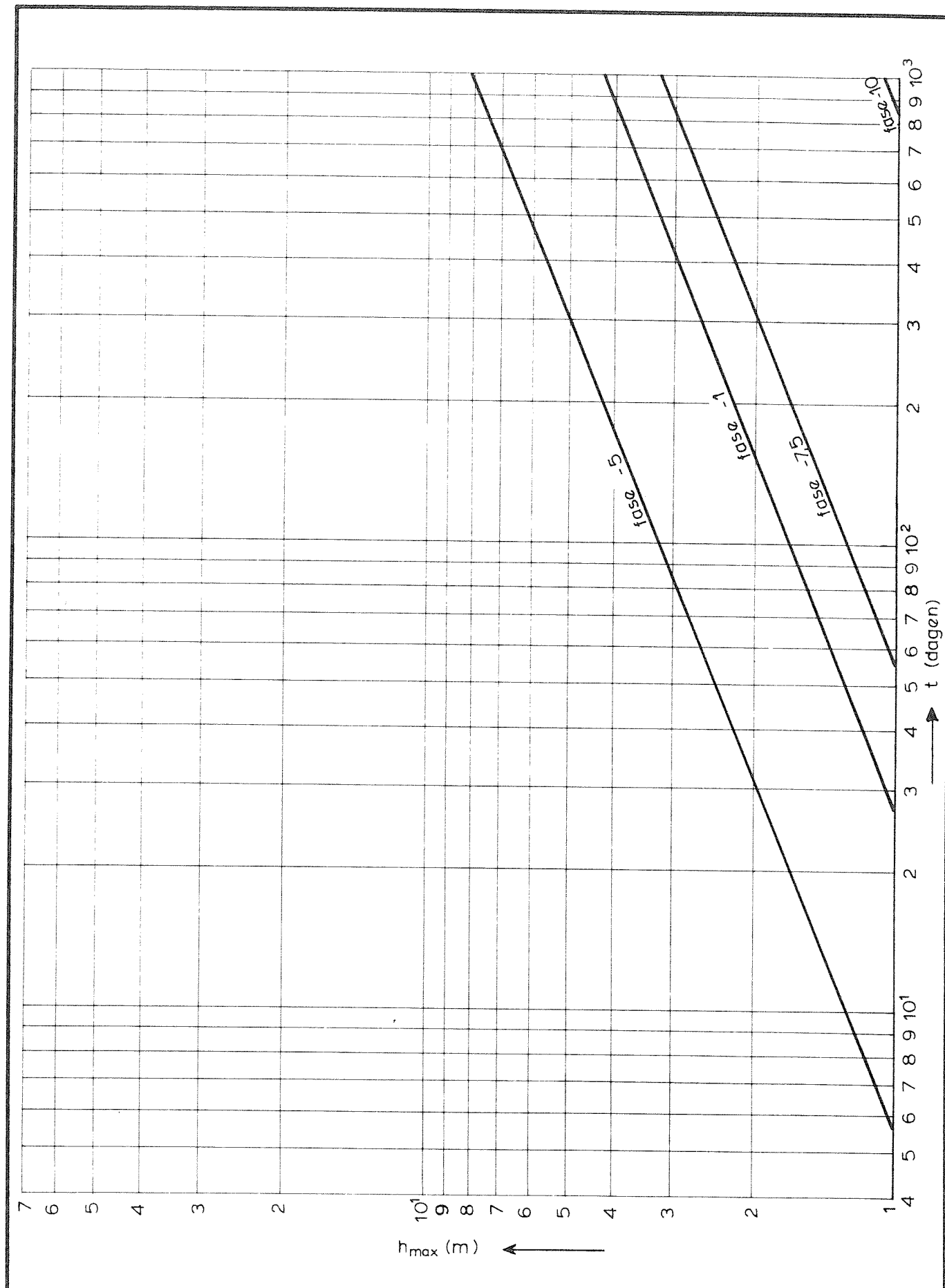
EB

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 28



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
L = 150m, GEMIDDELD GET'J

Tholense Gat

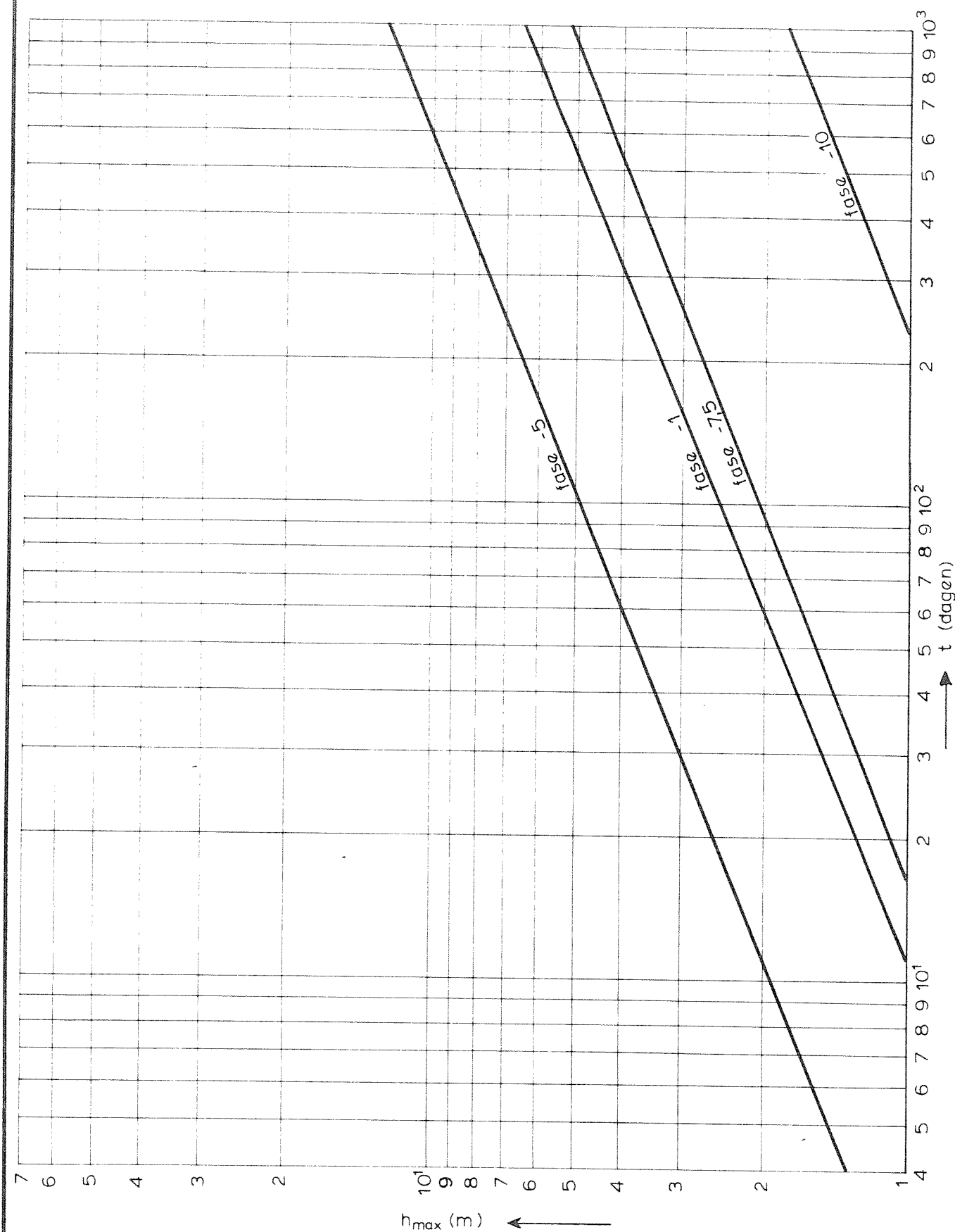
VLOED

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 29



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ + 20%

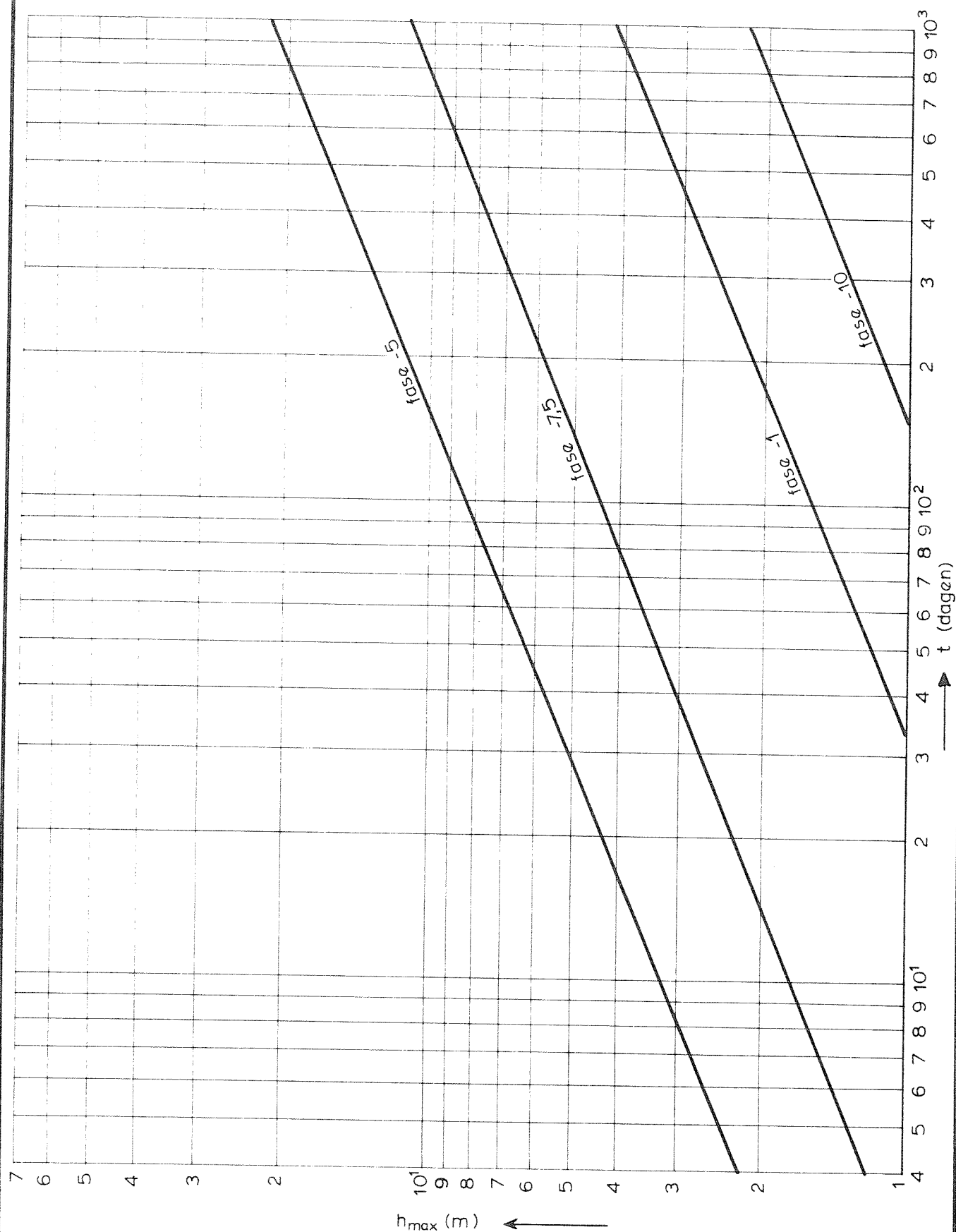
Tholense Gat VLOED

ZANDDREMPEL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG 30



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50$ m, GEMIDDELD GETU

Tholense Gat

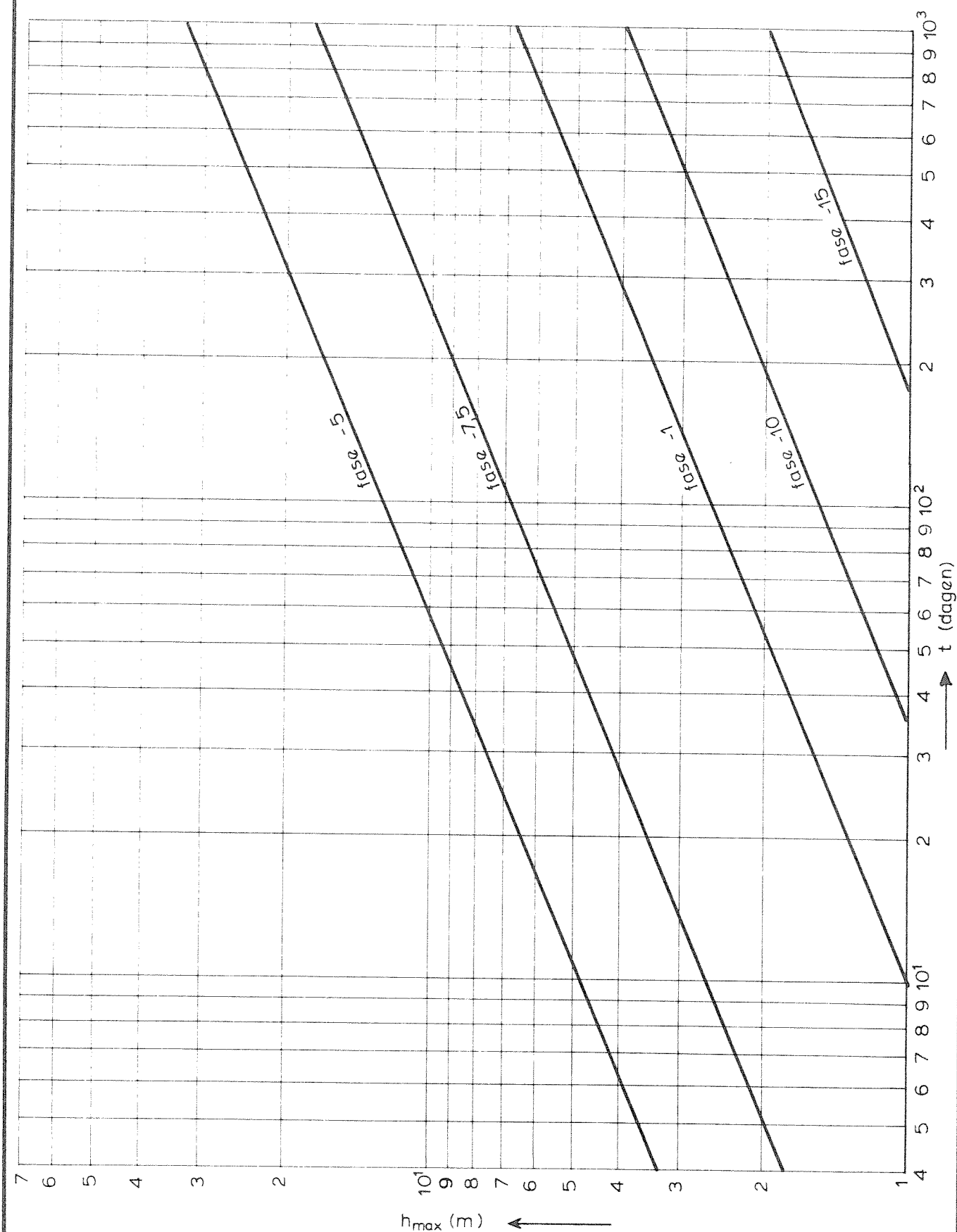
EB

MUNSTEENDREMPEL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 31



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ + 20%

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

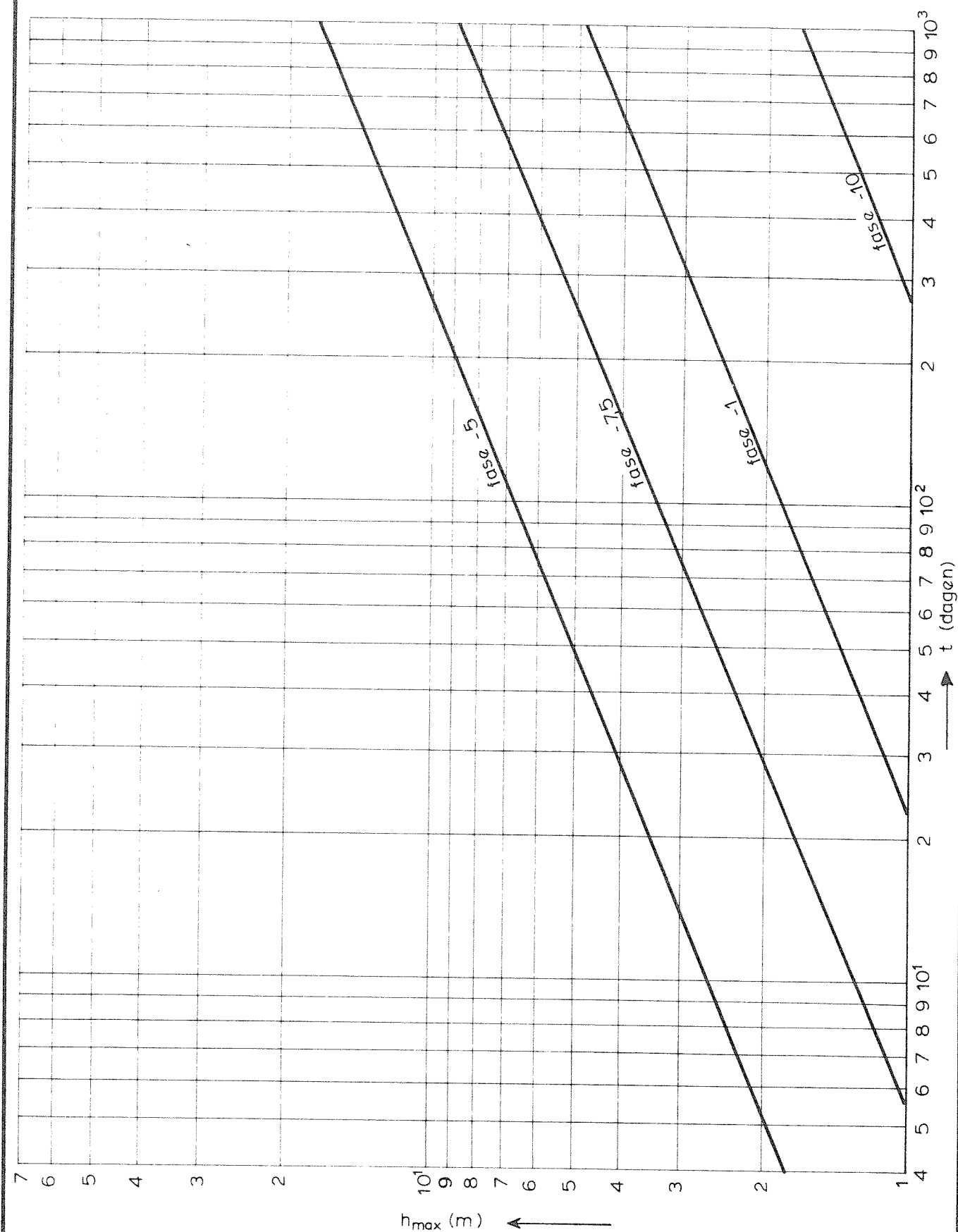
Tholense Gat

EB

MUNSTEENDREMPEL

R 1995

FIG. 32



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50\text{m}$, GEMIDDELD GETU

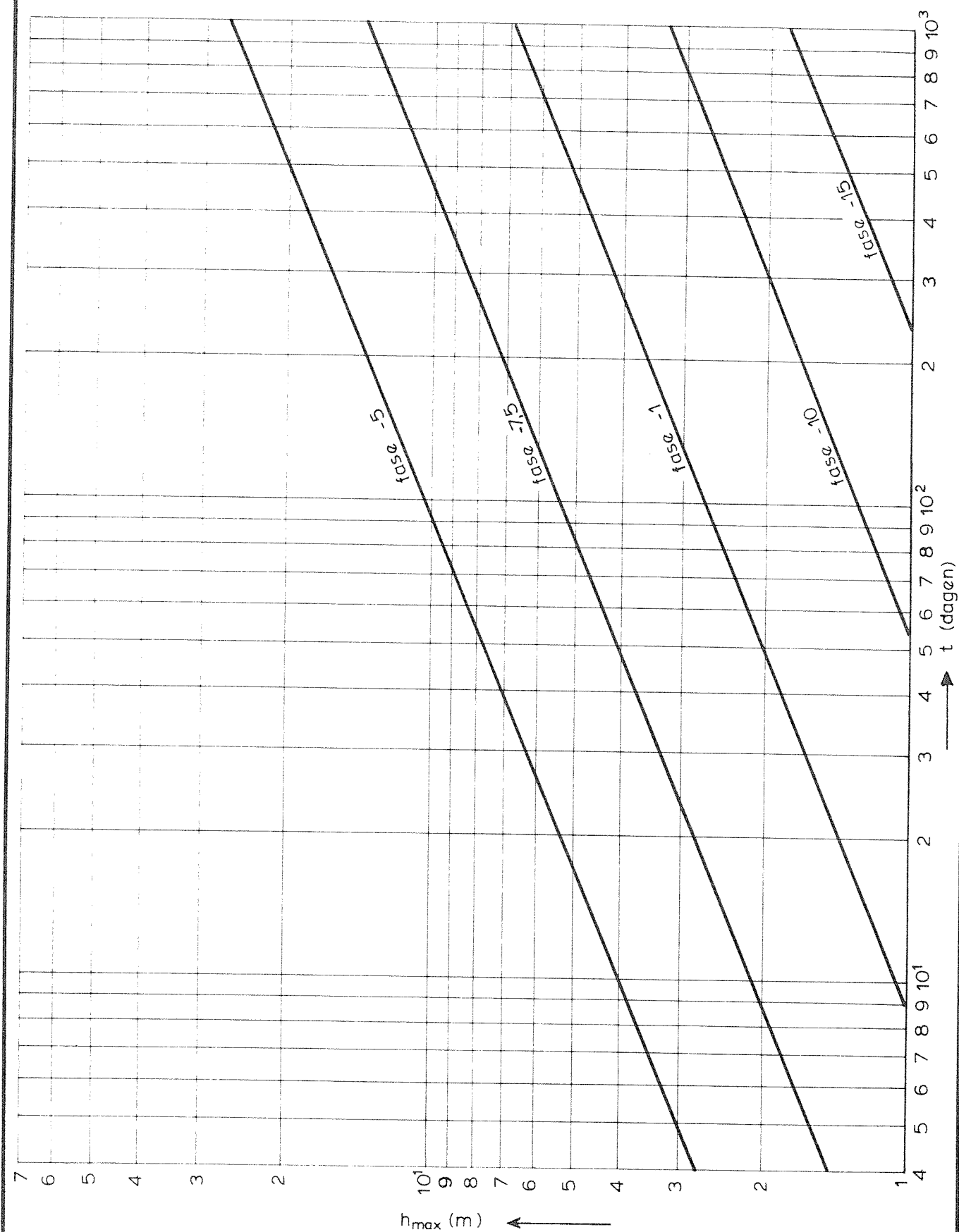
Tholense Gat VLOED

MUNSTEENDREMPEL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 33



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 50$ m, GEMIDDELD GETUJ + 20%

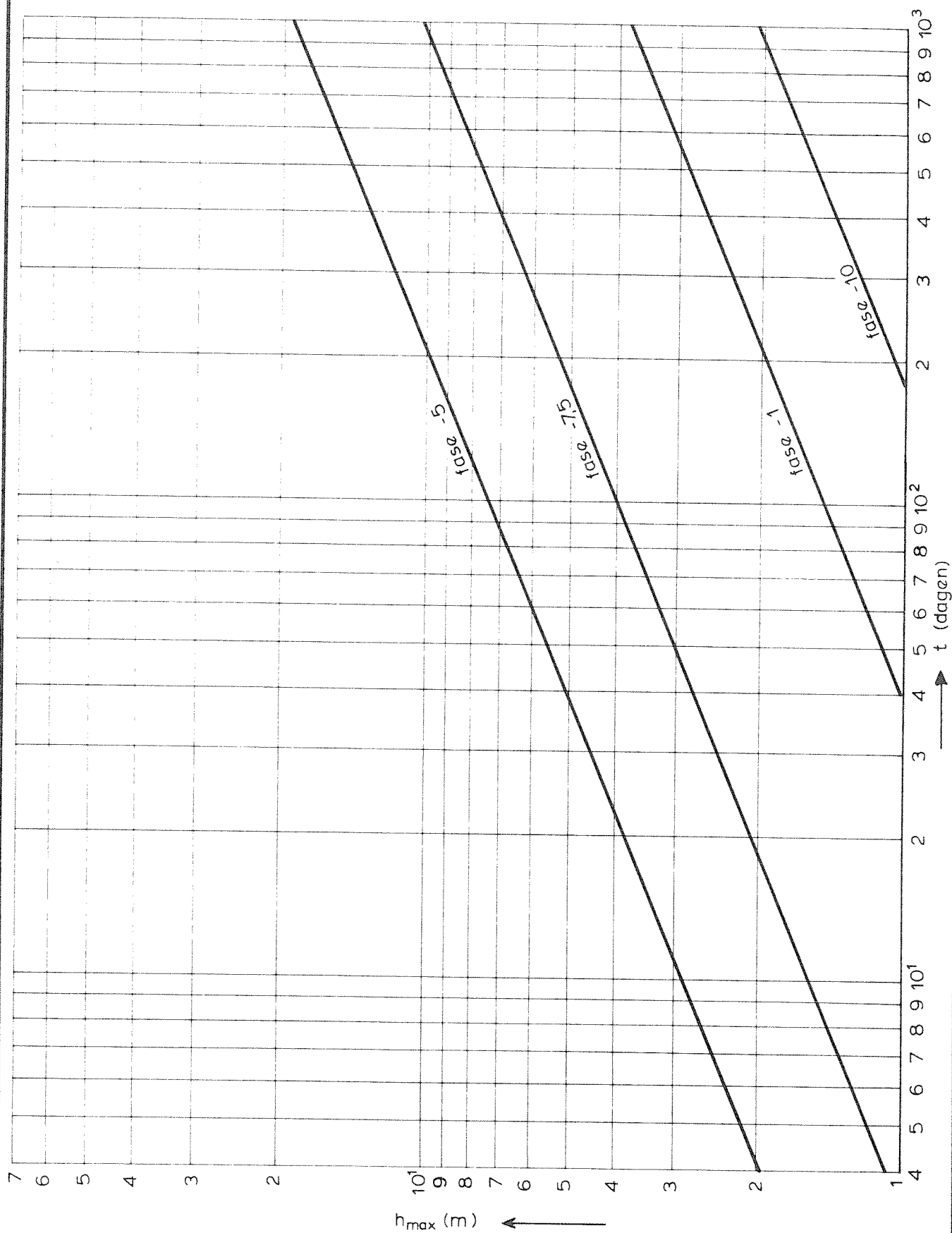
Tholense Gat VLOED

MUNSTEENDREMPEL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 34



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100$ m, GEMIDDELD GET'J

Tholense Gat

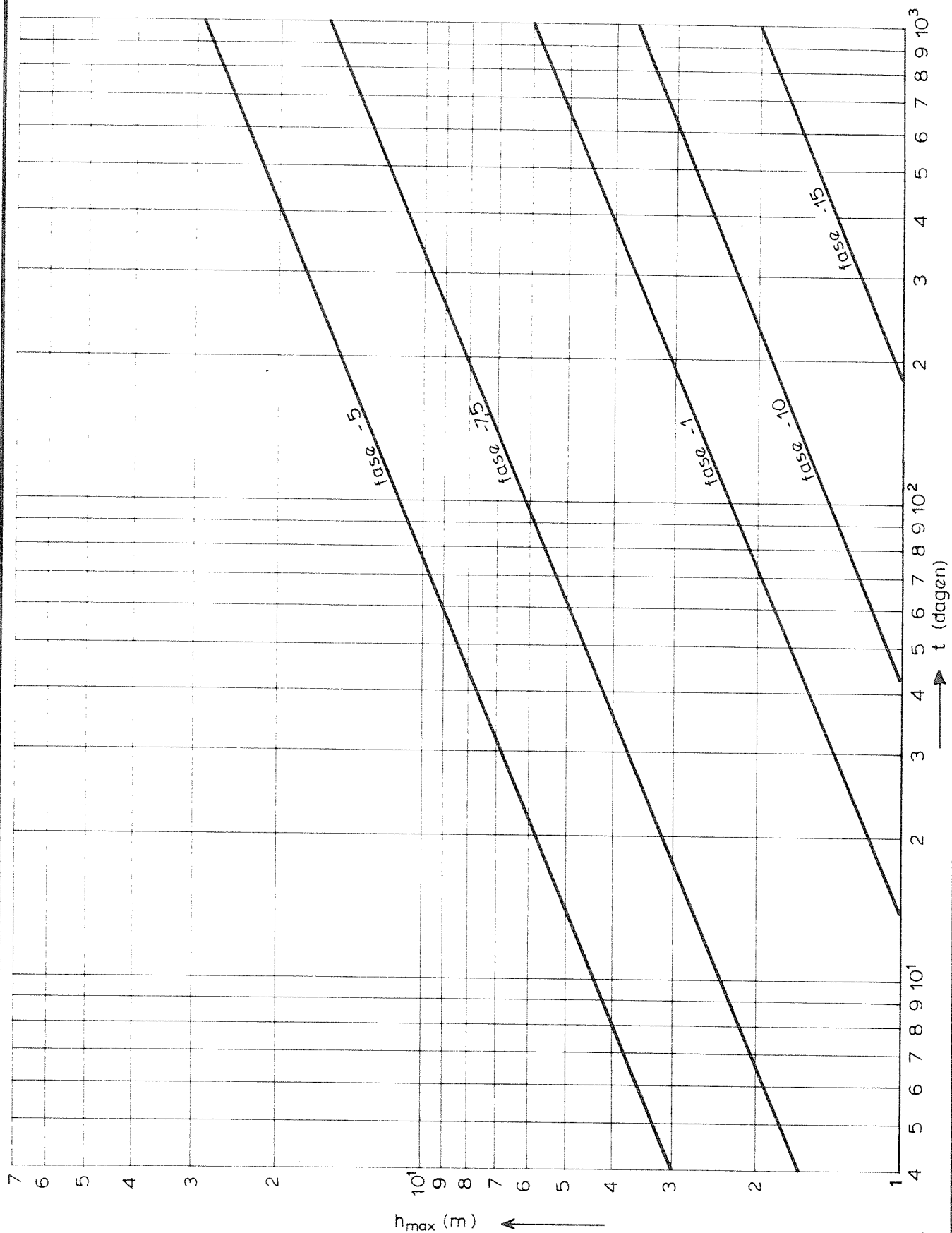
EB

MUNSTEE NDREMPEL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 35



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100$ m, GEMIDDELD GETU + 20%

Tholense Gat

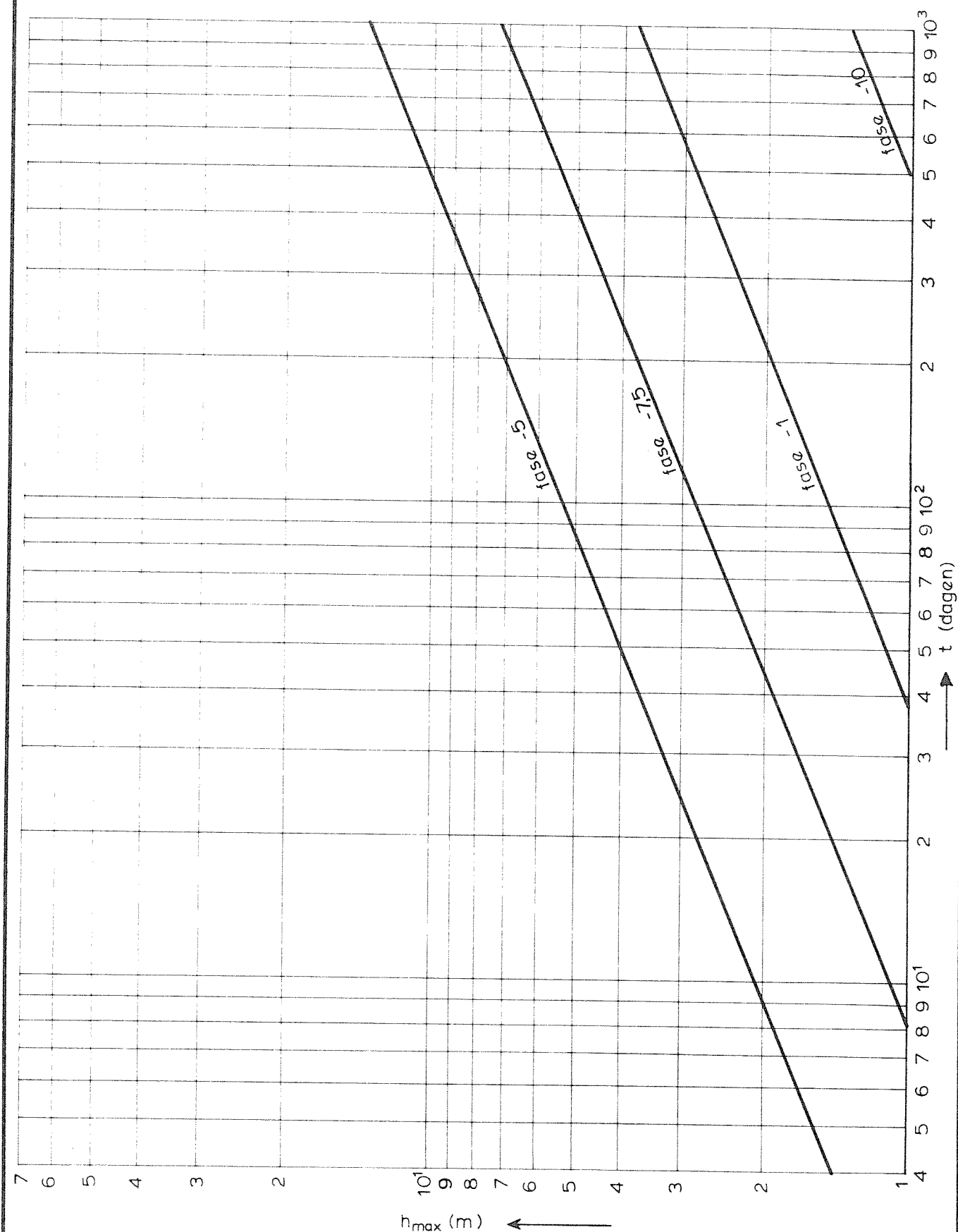
EB

MUNSTEENDREMPEL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 36



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ

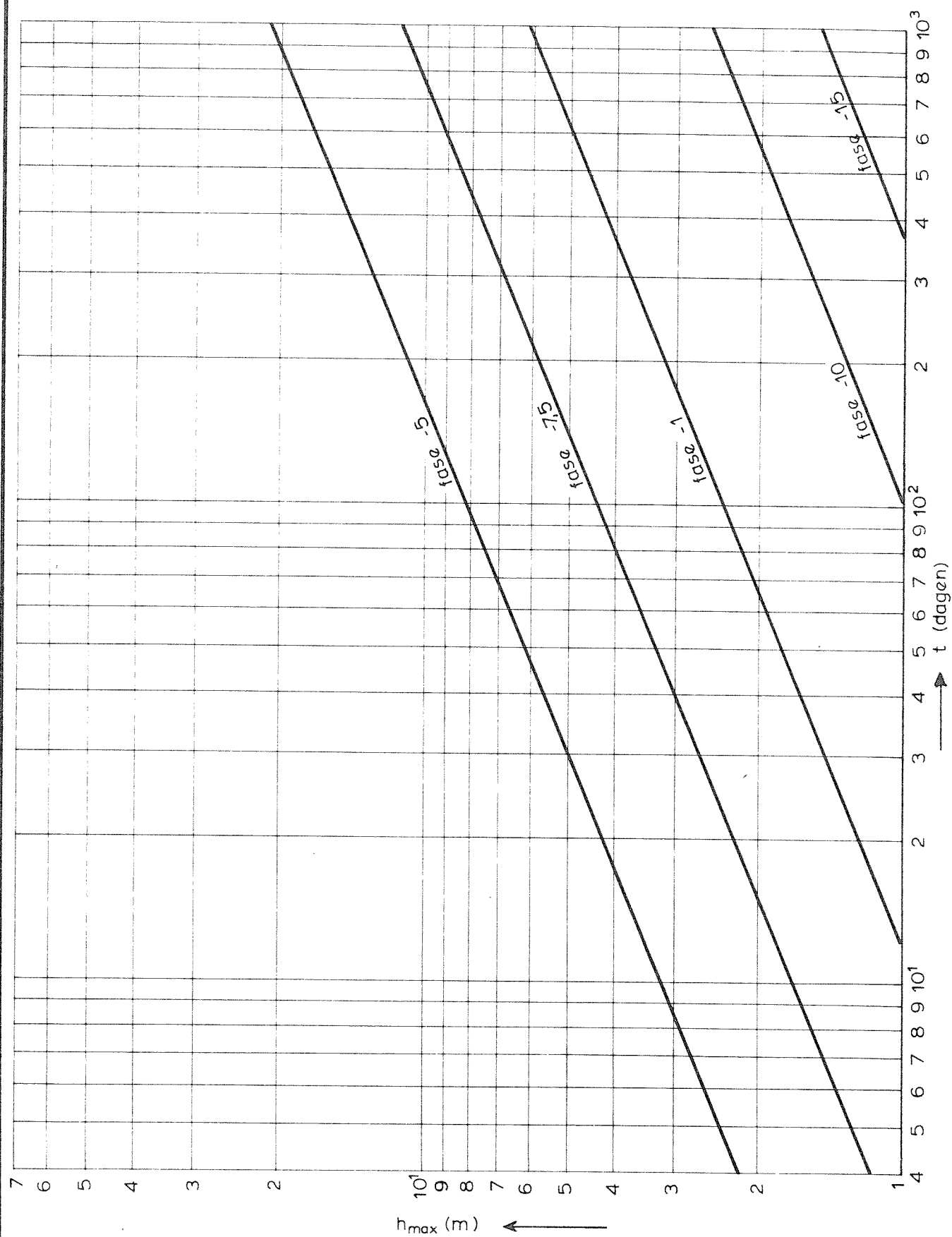
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Tholense Gat VLOED

MUNSTEENDREMPEL

R 1995

FIG. 37



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 100\text{m}$, GEMIDDELD GETIJ + 20%

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

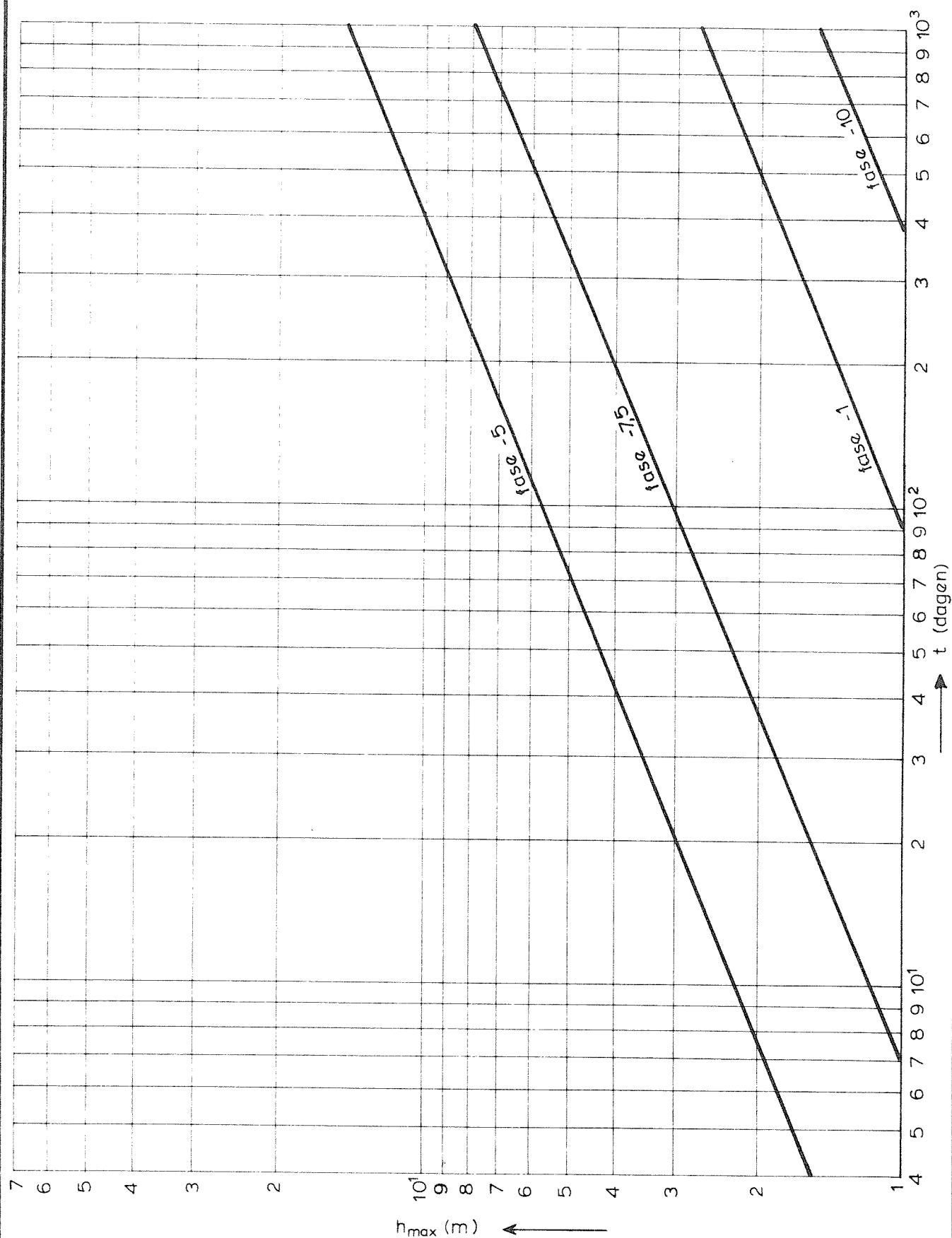
Tholense Gat

VLOED

MUNSTEENDREMPEL

R 1995

FIG. 38



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150$ m, GEMIDDELD GETUJ

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

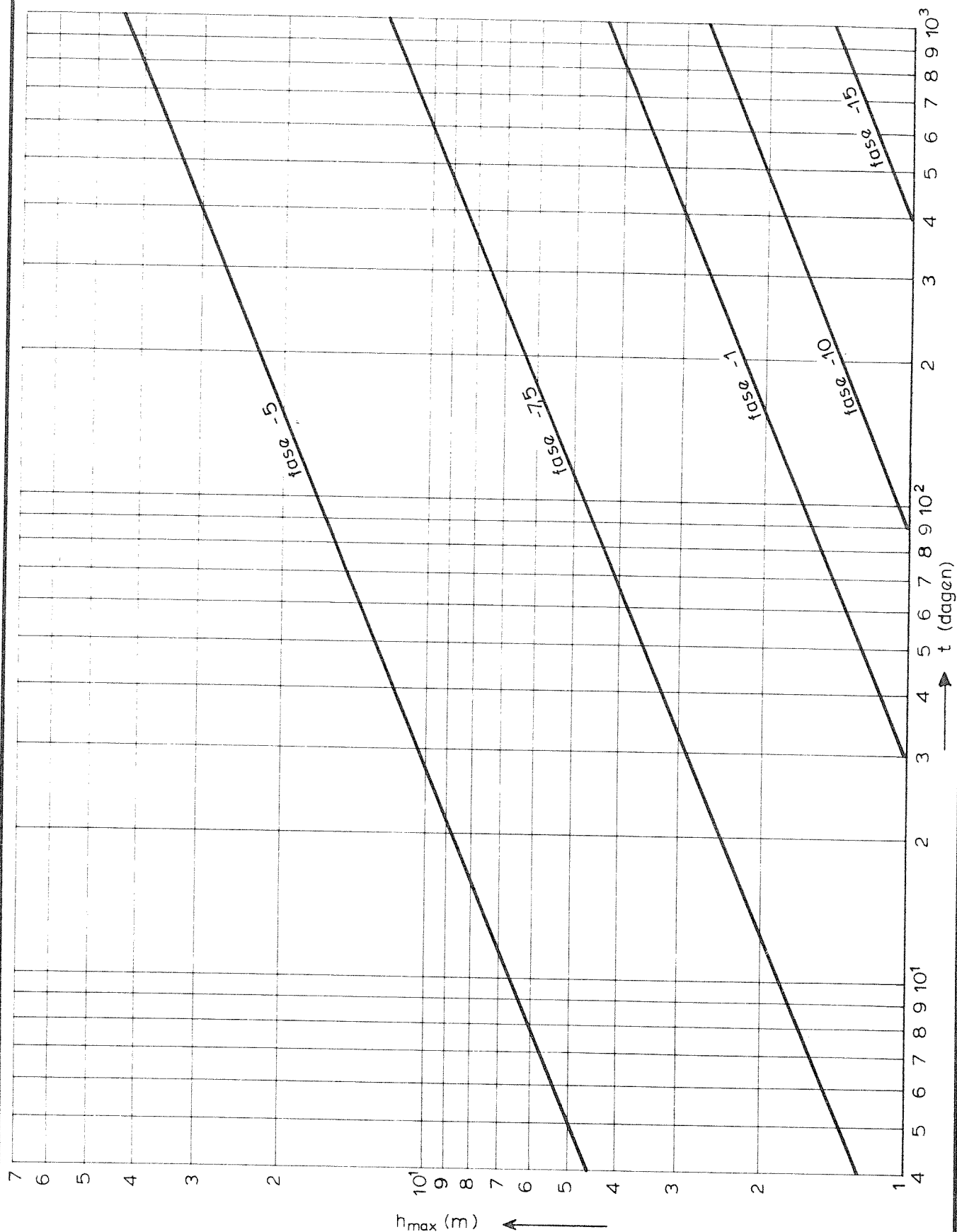
Tholense Gat

EB

MIJNSTEENDREMPEL

R 1995

FIG. 39



T'JD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GET'J + 20%

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

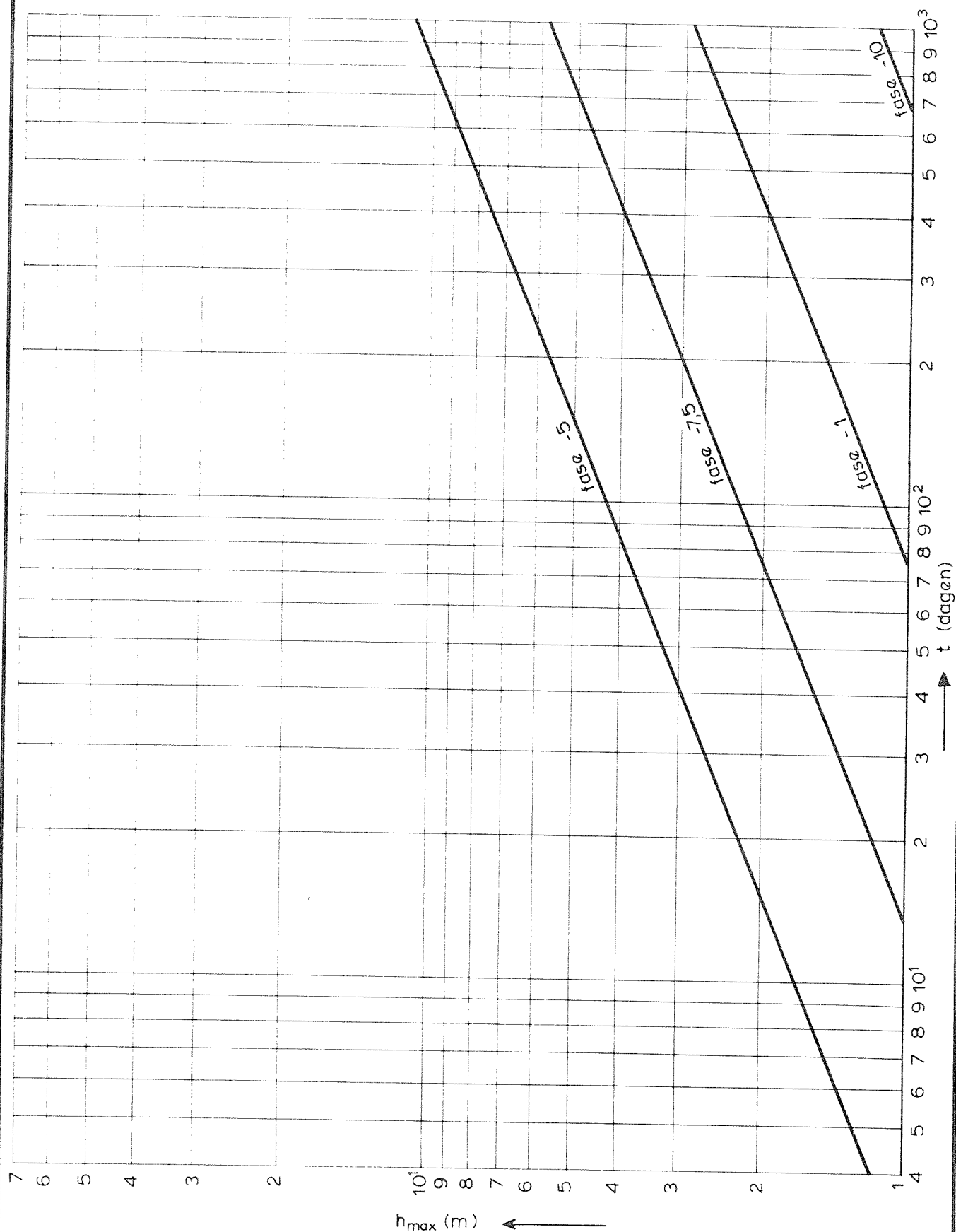
Tholense Gat

EB

MUNSTEENDREMPEL

R 1995

FIG. 40



TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
L = 150m, GEMIDDELD GET'J

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

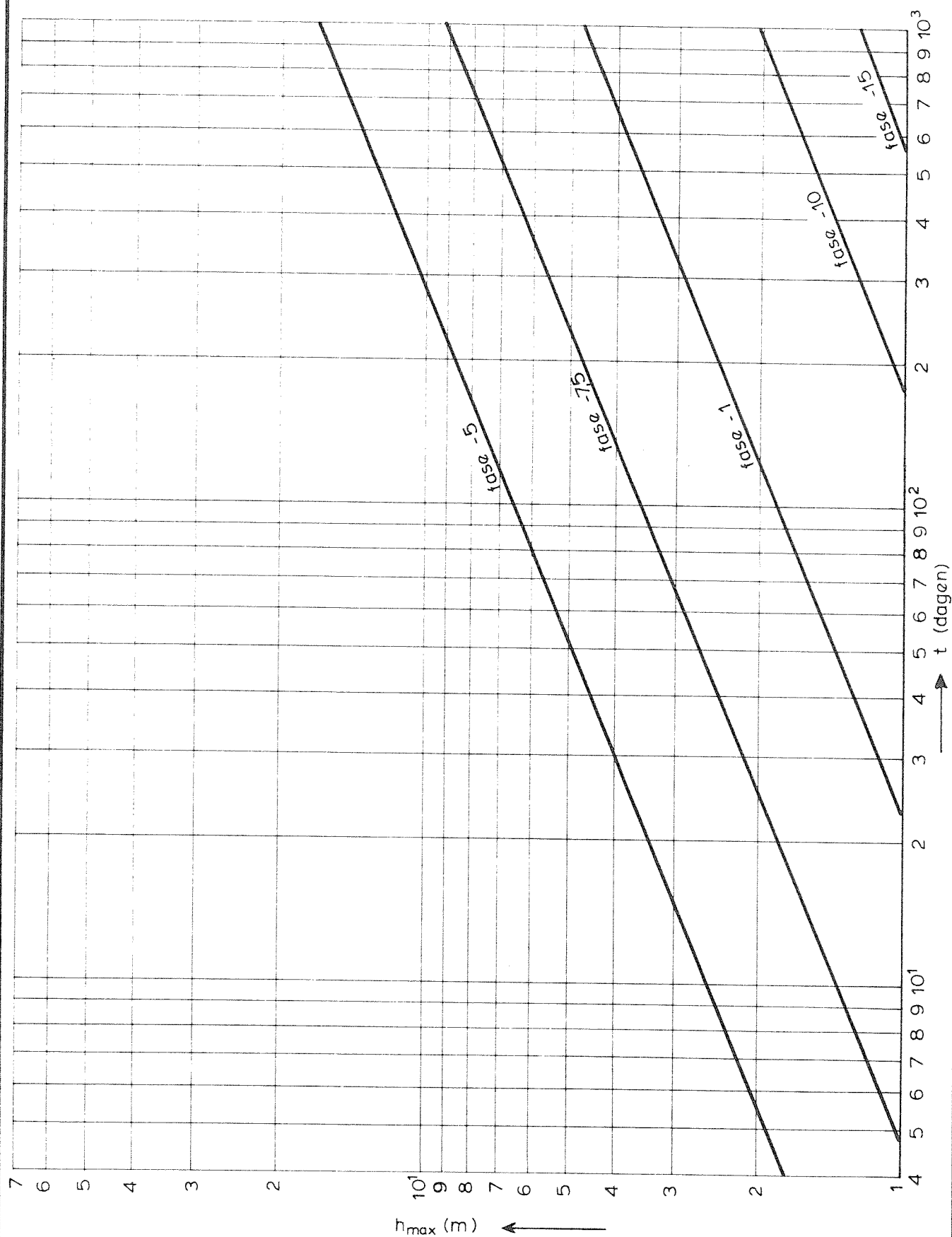
Tholense Gat

VLOED

M'JNSTEENDREMPEL

R 1995

FIG. 41



TIJD - ONTGRONDINGSLIJNEN
MIDDEN SLUITGAT, MAXIMALE α
 $L = 150\text{m}$, GEMIDDELD GETUJ + 20%

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

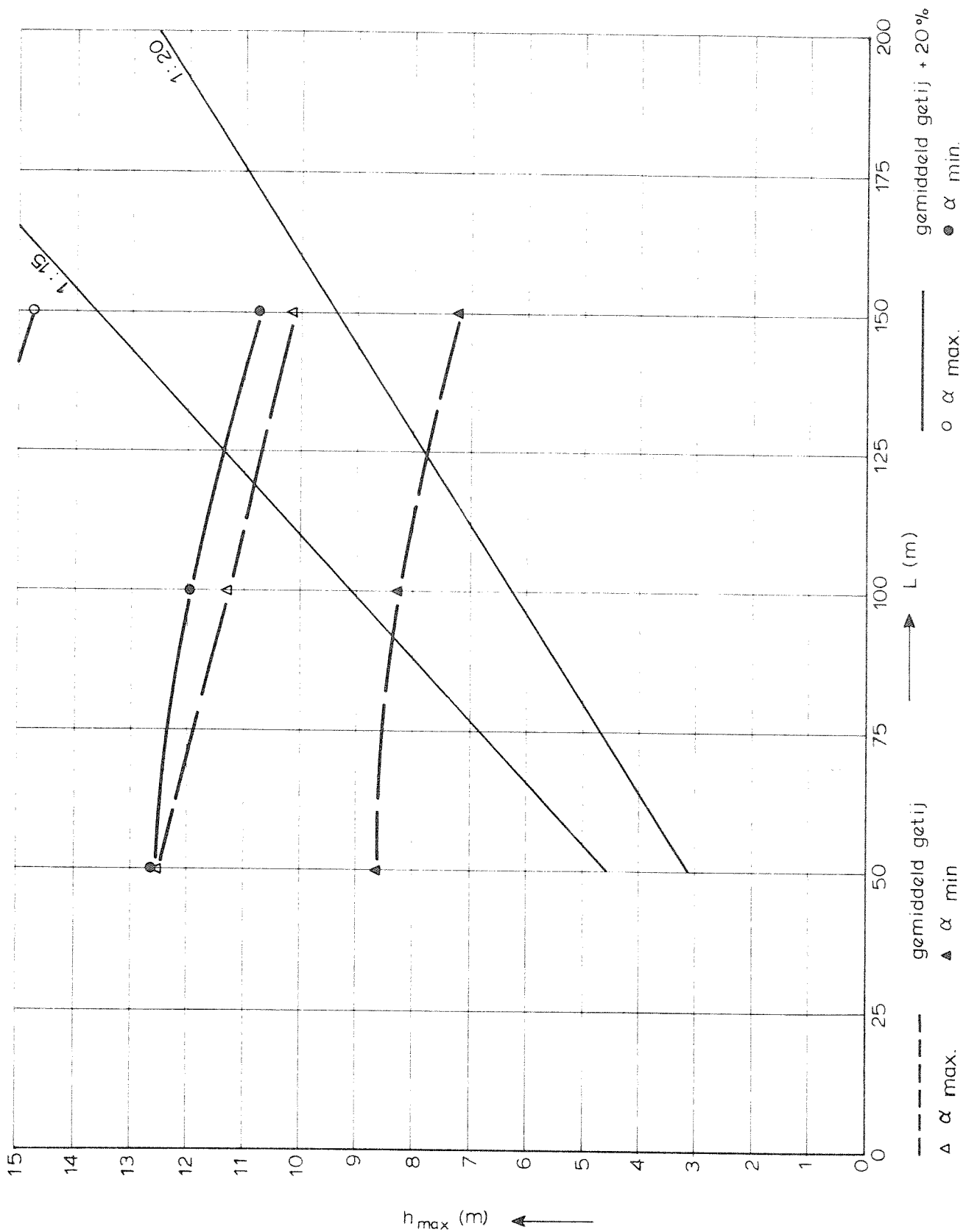
Tholense Gat

VLOED

MIJNSTEENDREMPEL

R 1995

FIG. 42



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
OEVER NOORD

Tholense Gat

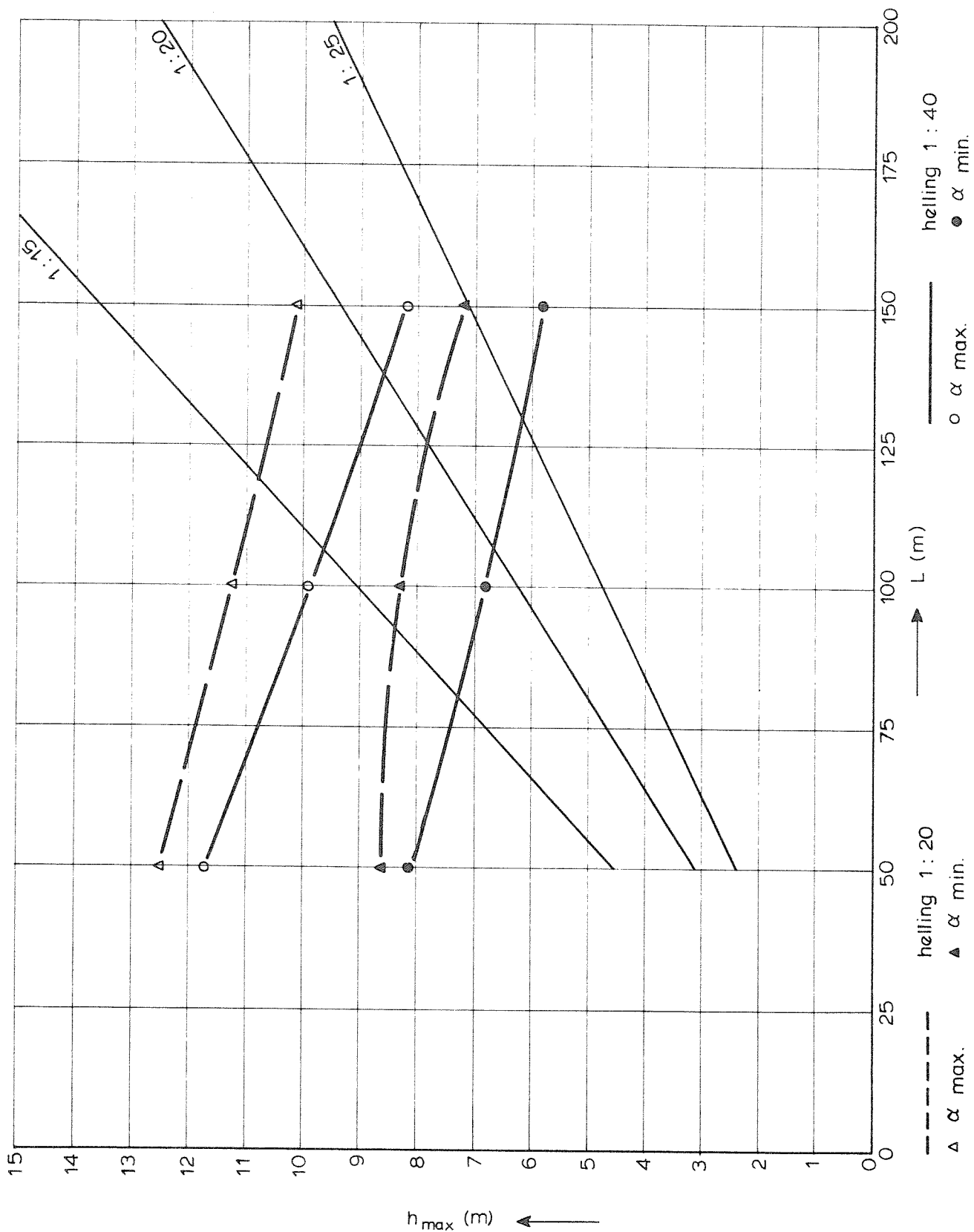
EB

HELLING 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 43



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
OEVER NOORD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

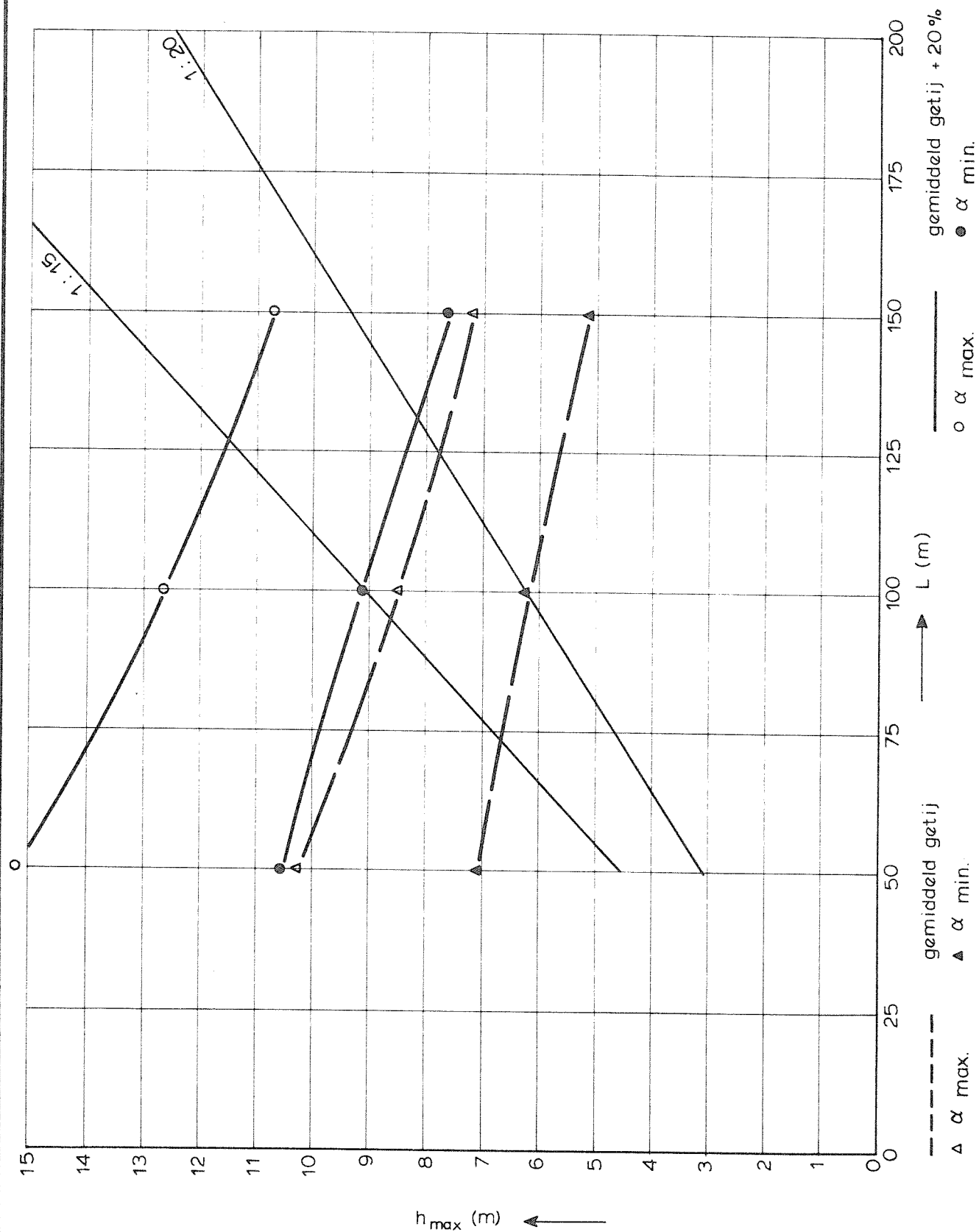
Tholense Gat

E B

GEMIDDELD GET'J

R 1995

FIG. 44



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
OEVER NOORD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

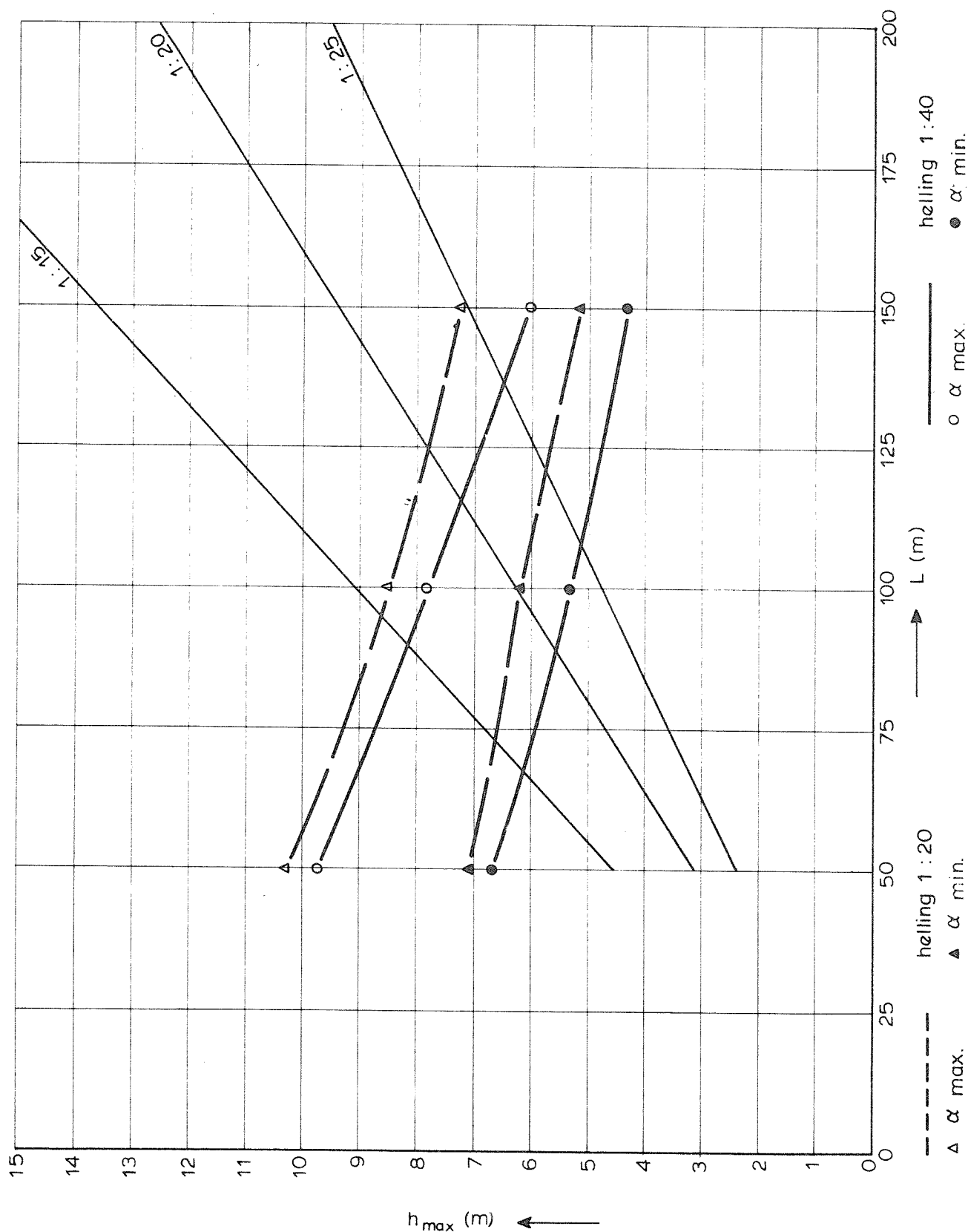
Tholense Gat

VLOED

HELLING 1:20

R 1995

FIG. 45



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
OEVER NOORD

Tholense Gat

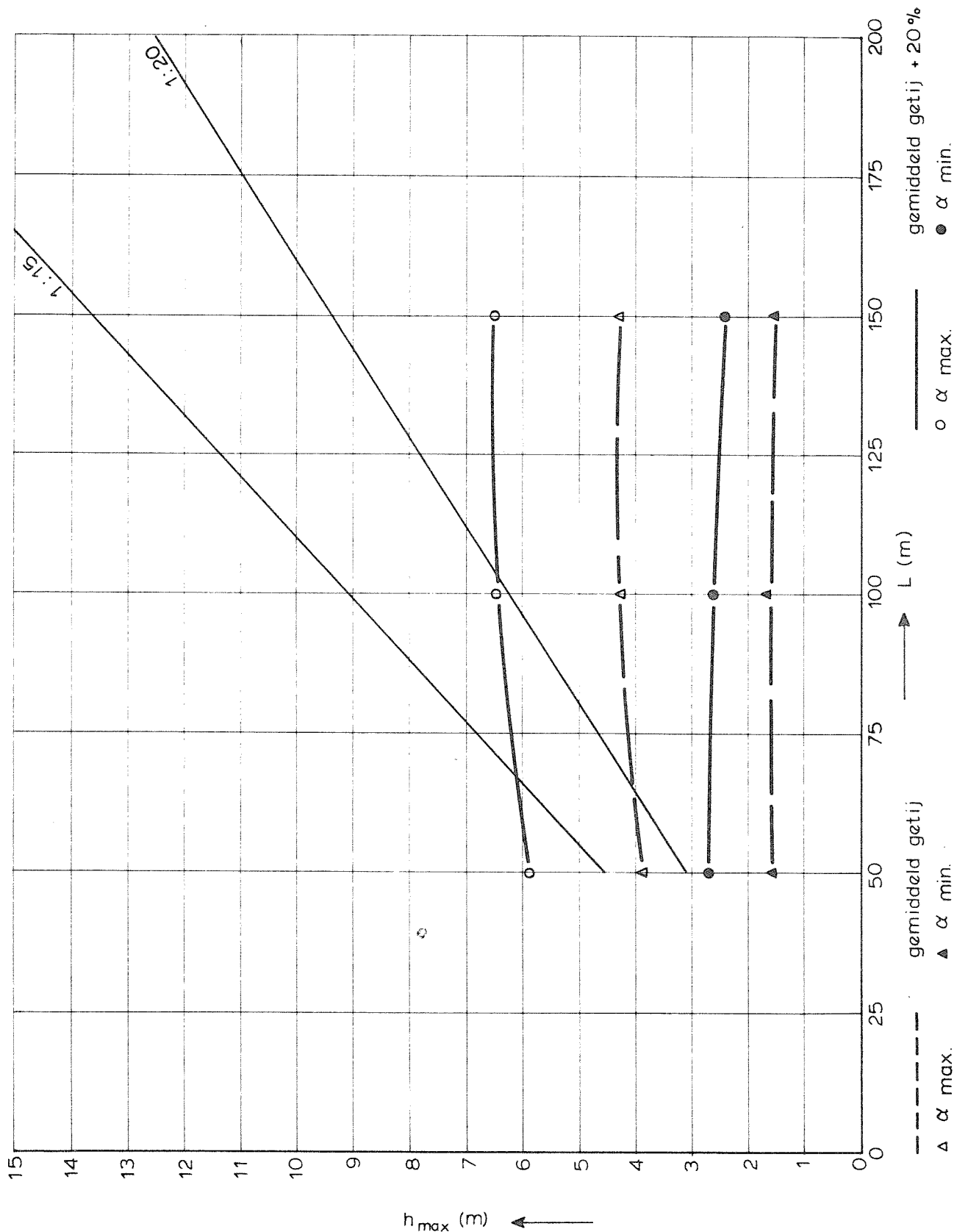
VLOED

GEMIDDELD GETUJ

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 46



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
MIDDEN SLUITGAT

Tholense Gat

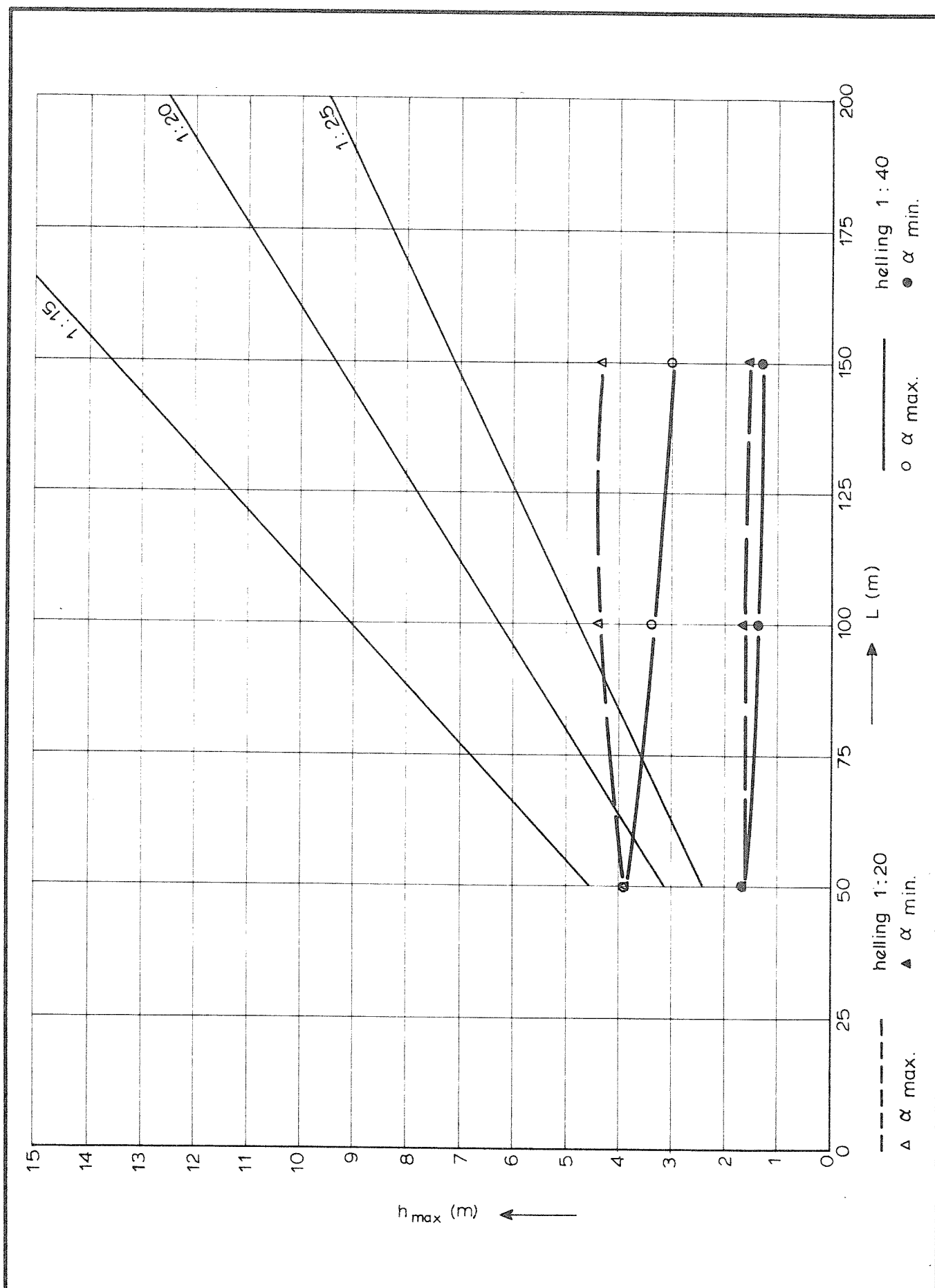
EB

HELLING 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 47



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
MIDDEN SLUITGAT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

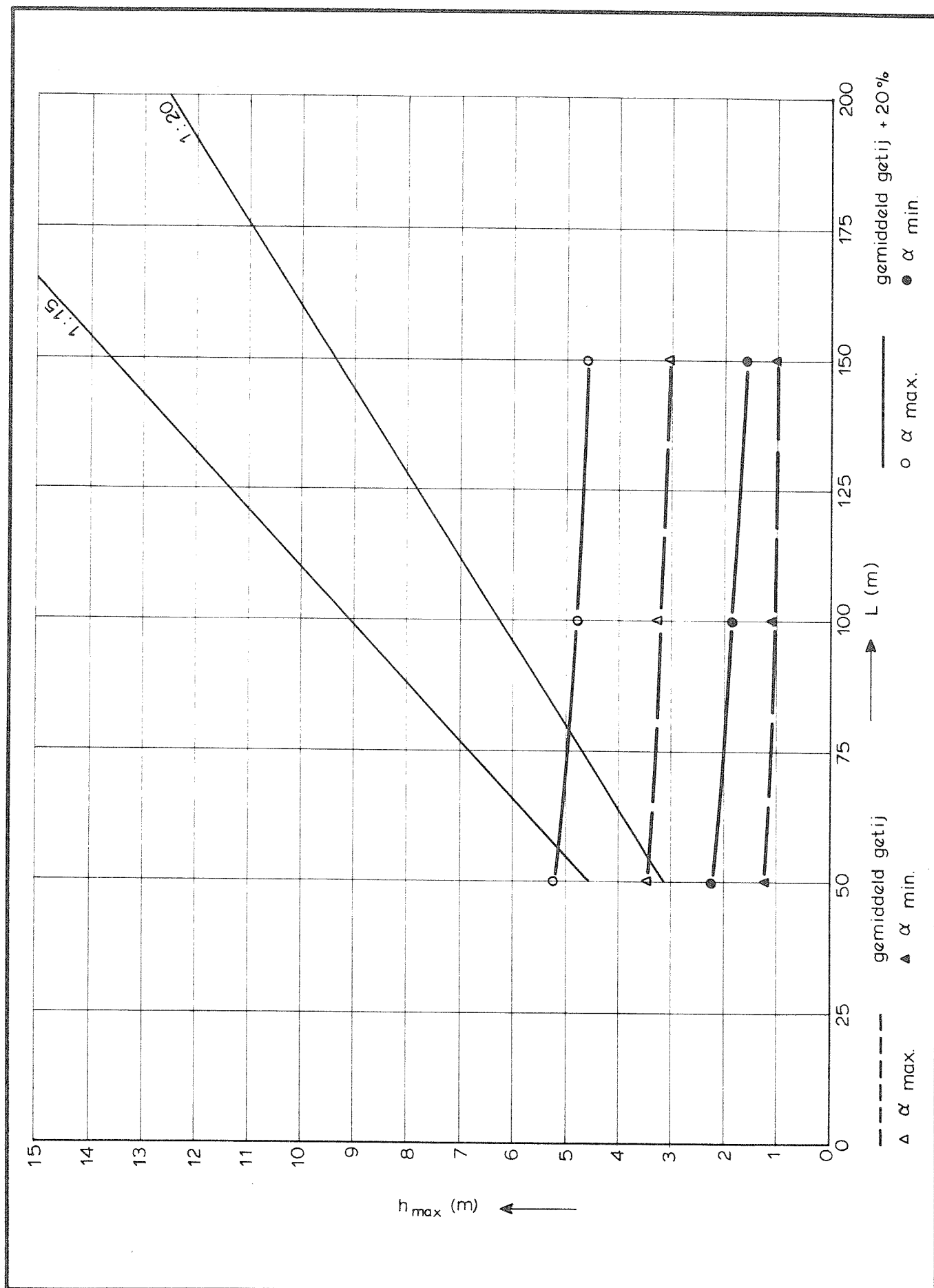
Tholense Gat

EB

GEMIDDELD GET'J

R 1995

FIG. 48



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
MIDDEN SLUITGAT

Tholense Gat

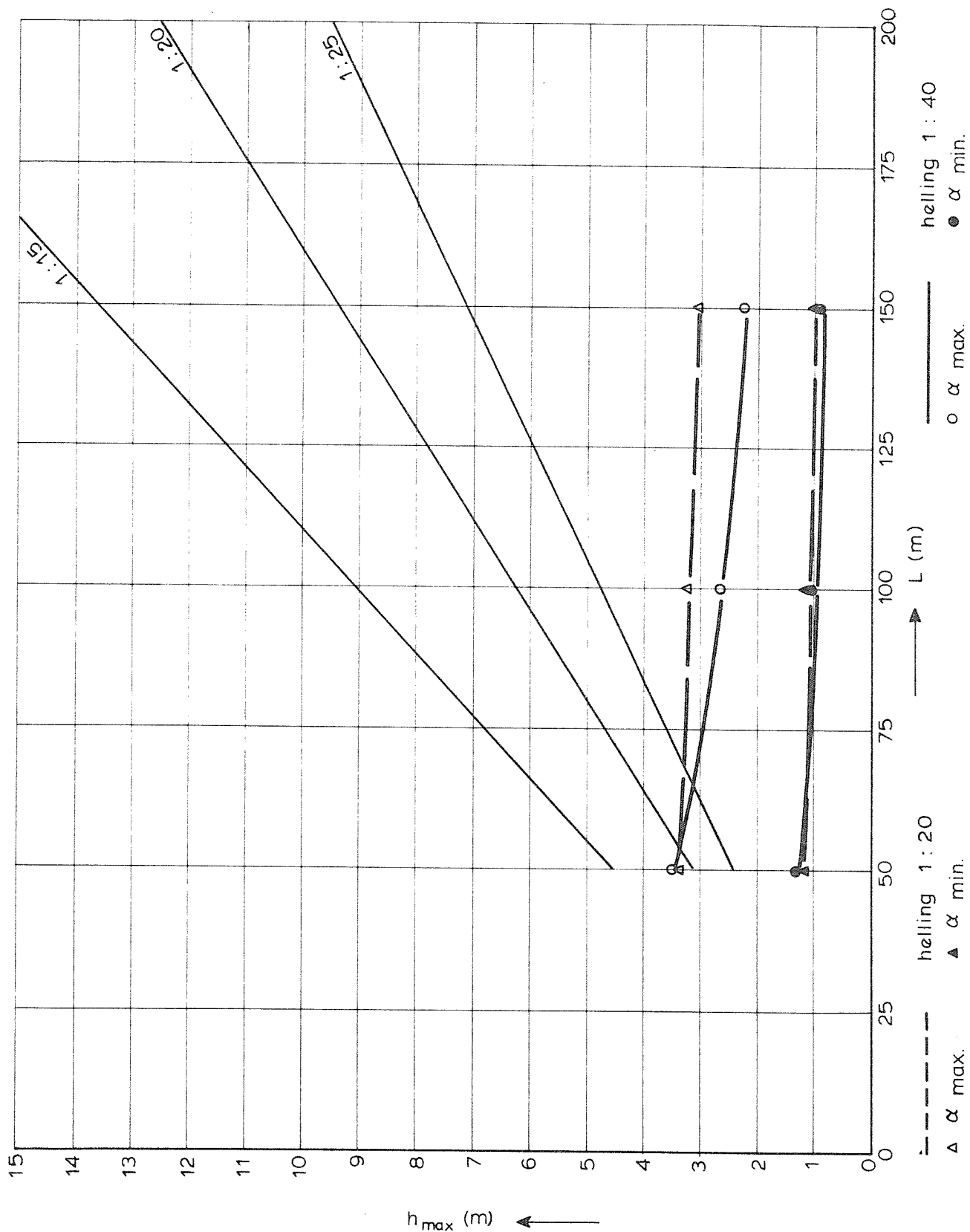
VLOED

HELLING 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 49



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
MIDDEN SLUITGAT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

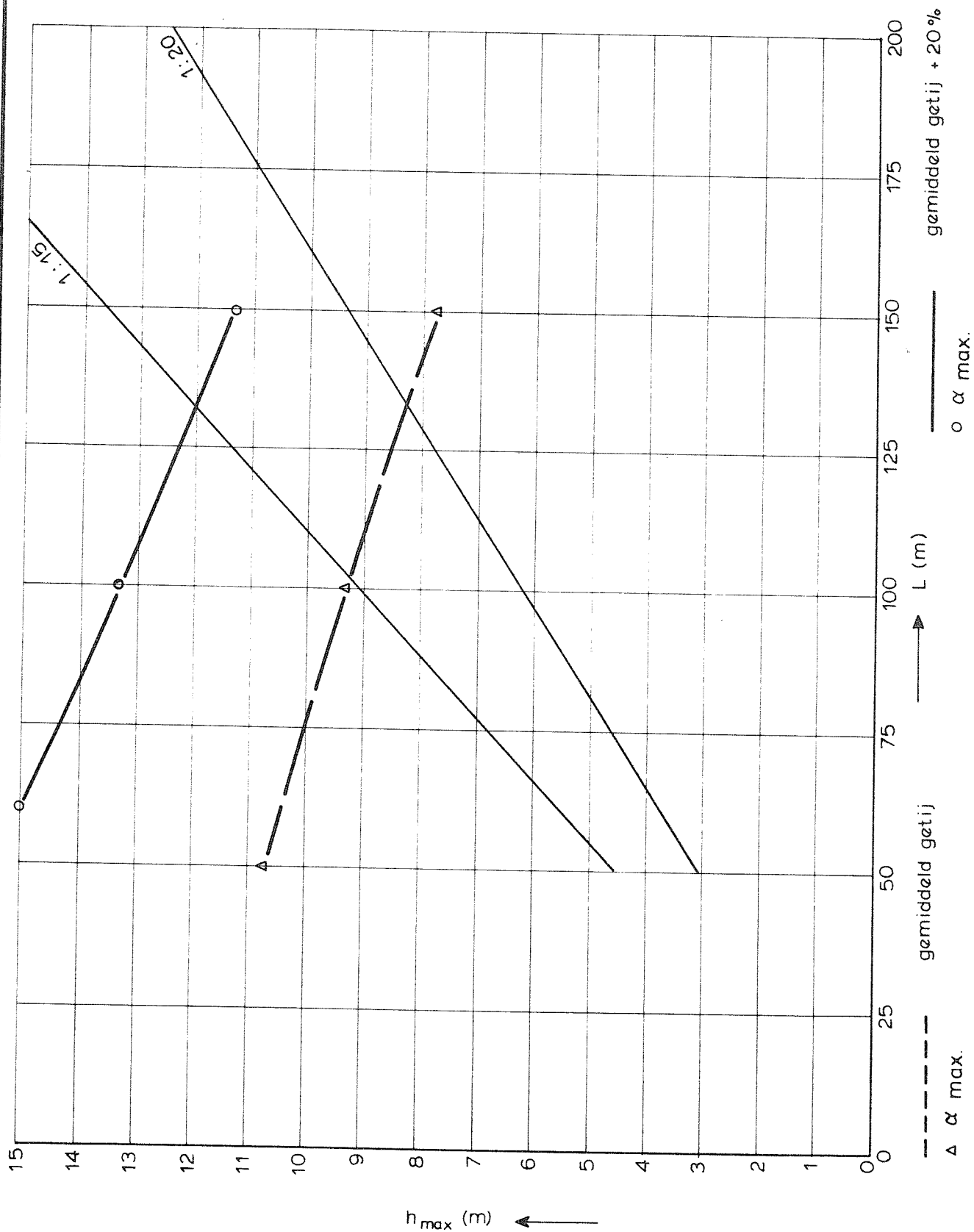
Tholense Gat

VLOED

GEMIDDELD GET'J

R 1995

FIG. 50



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
OEVER ZUID

Tholense Gat

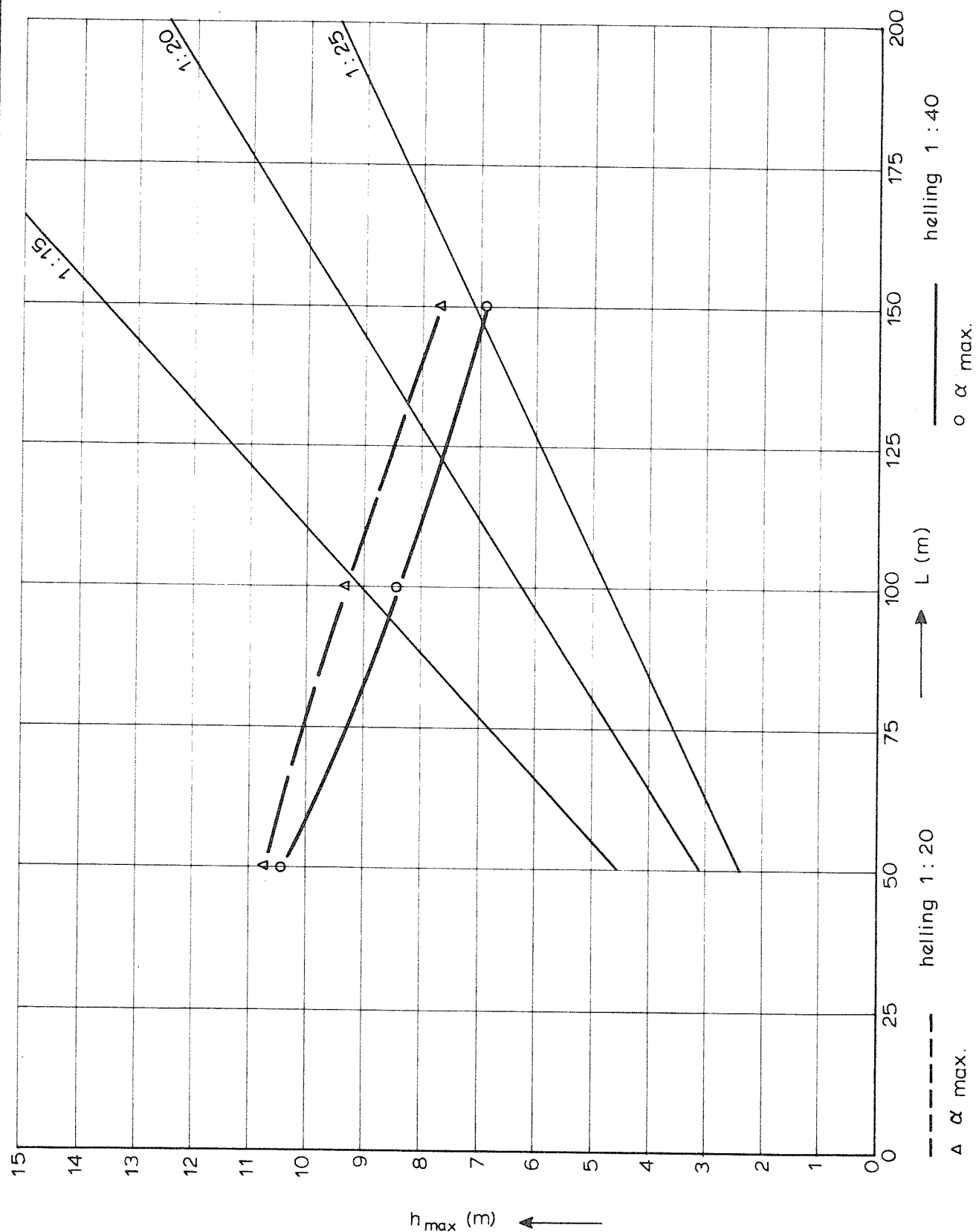
EB

HELLING 1:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 51



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II. 1,
OEVER ZUID

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

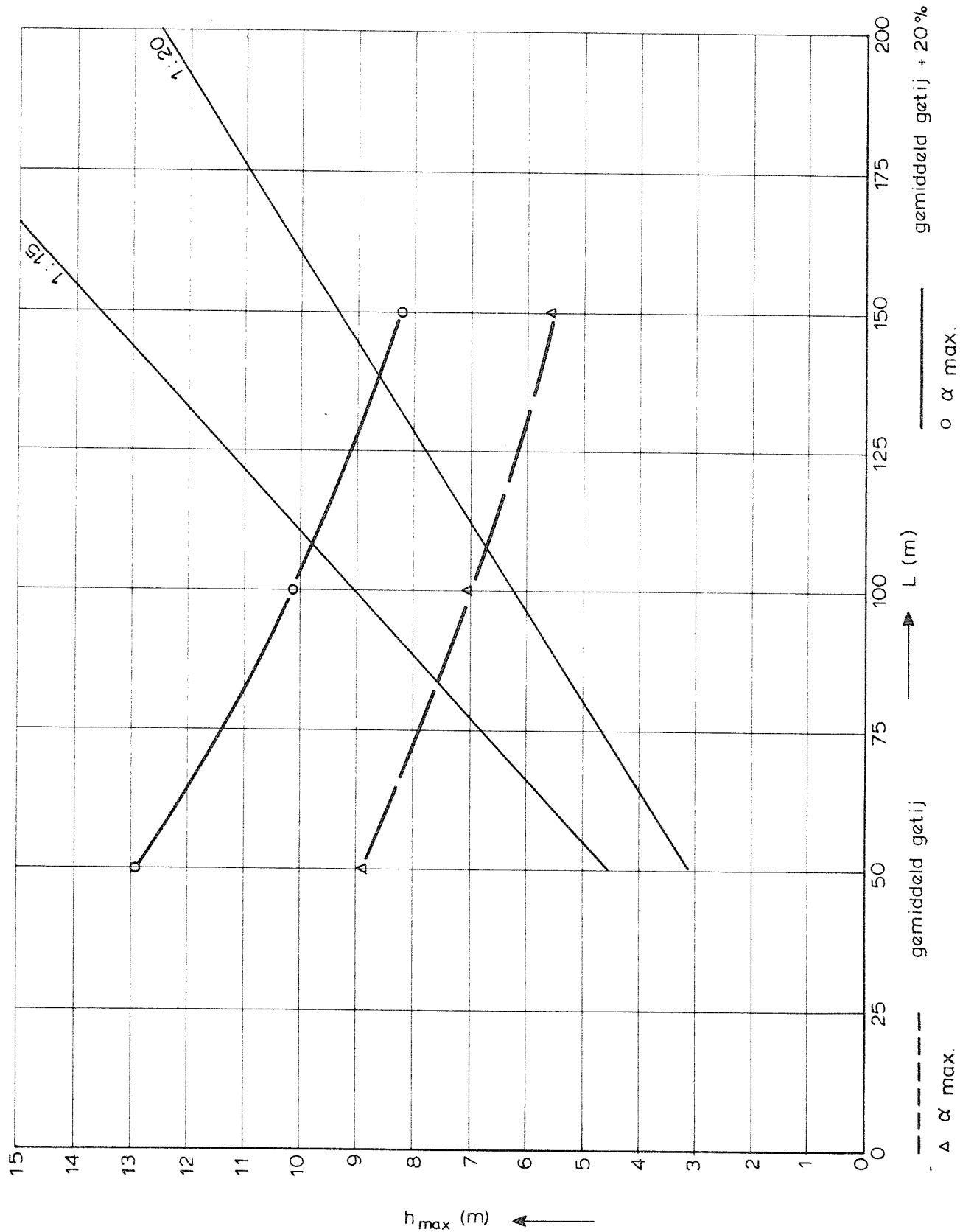
Tholense Gat

EB

GEMIDDELD GETUJ

R 1995

FIG. 52



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
OEVER ZUID

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

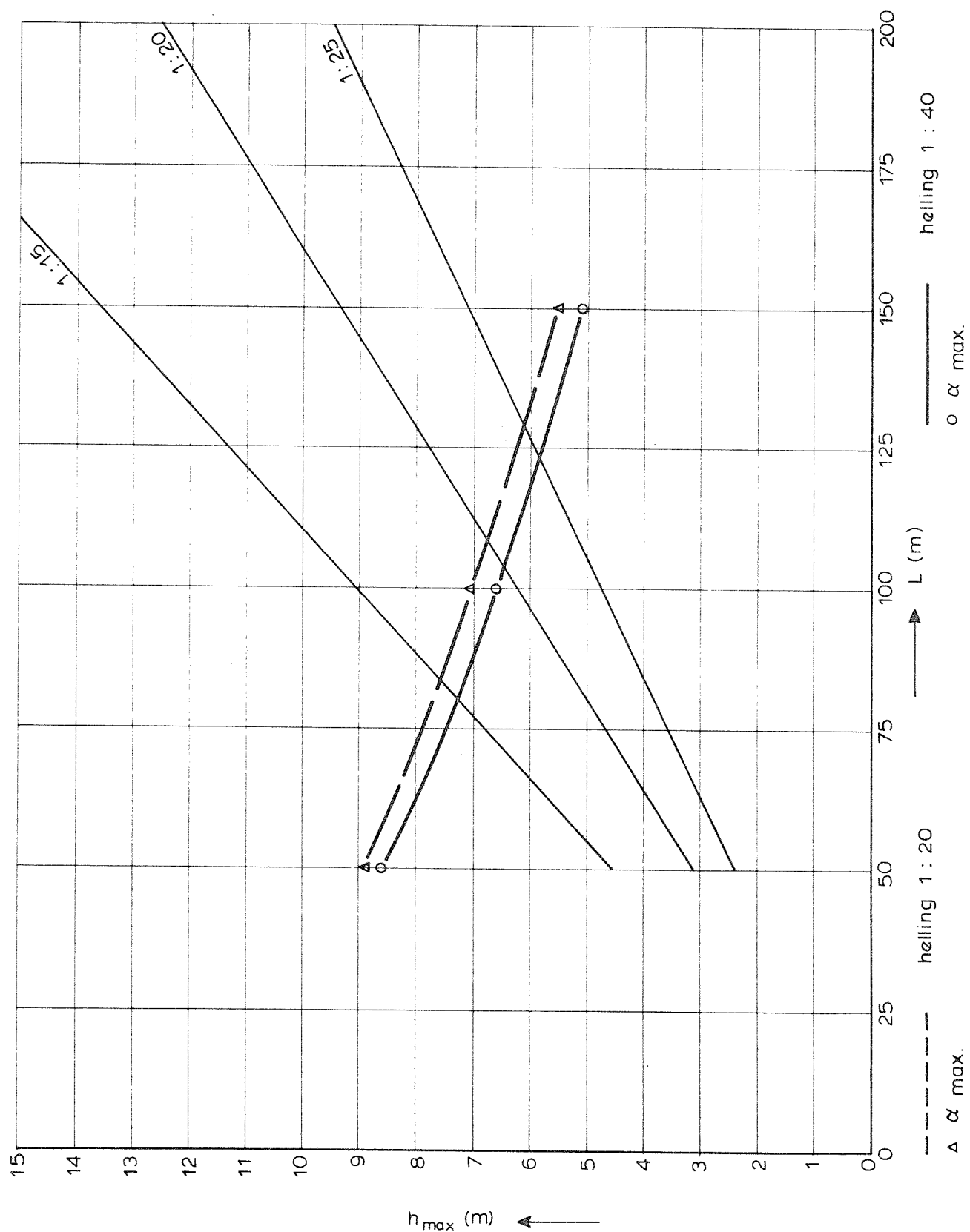
Tholense Gat

VLOED

HELLING 1:20

R 1995

FIG. 53



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.1,
OEVER ZUID

Tholense Gat

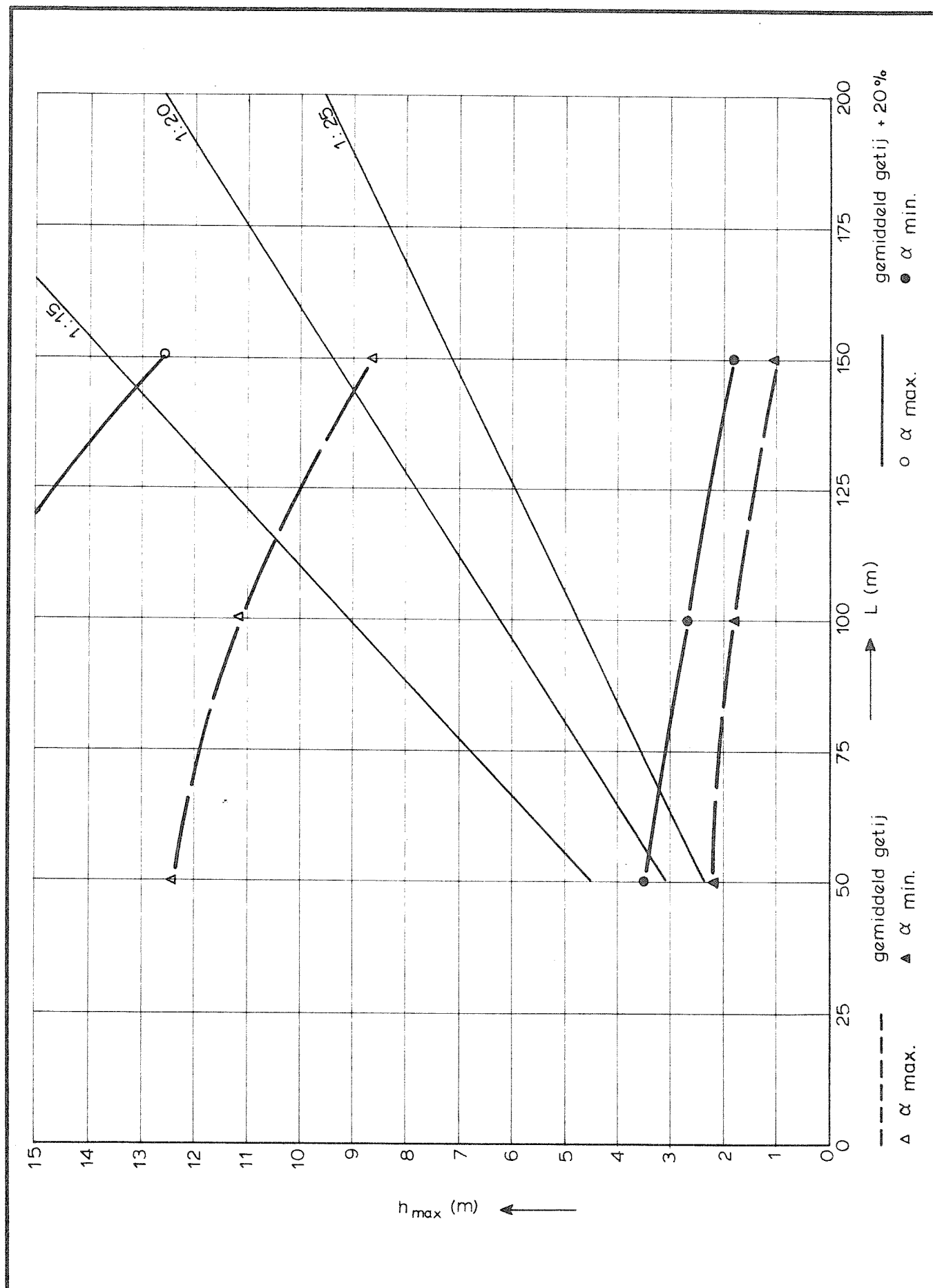
VLOED

GEMIDDELD GET'J

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 54



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.2,
OEVER NOORD

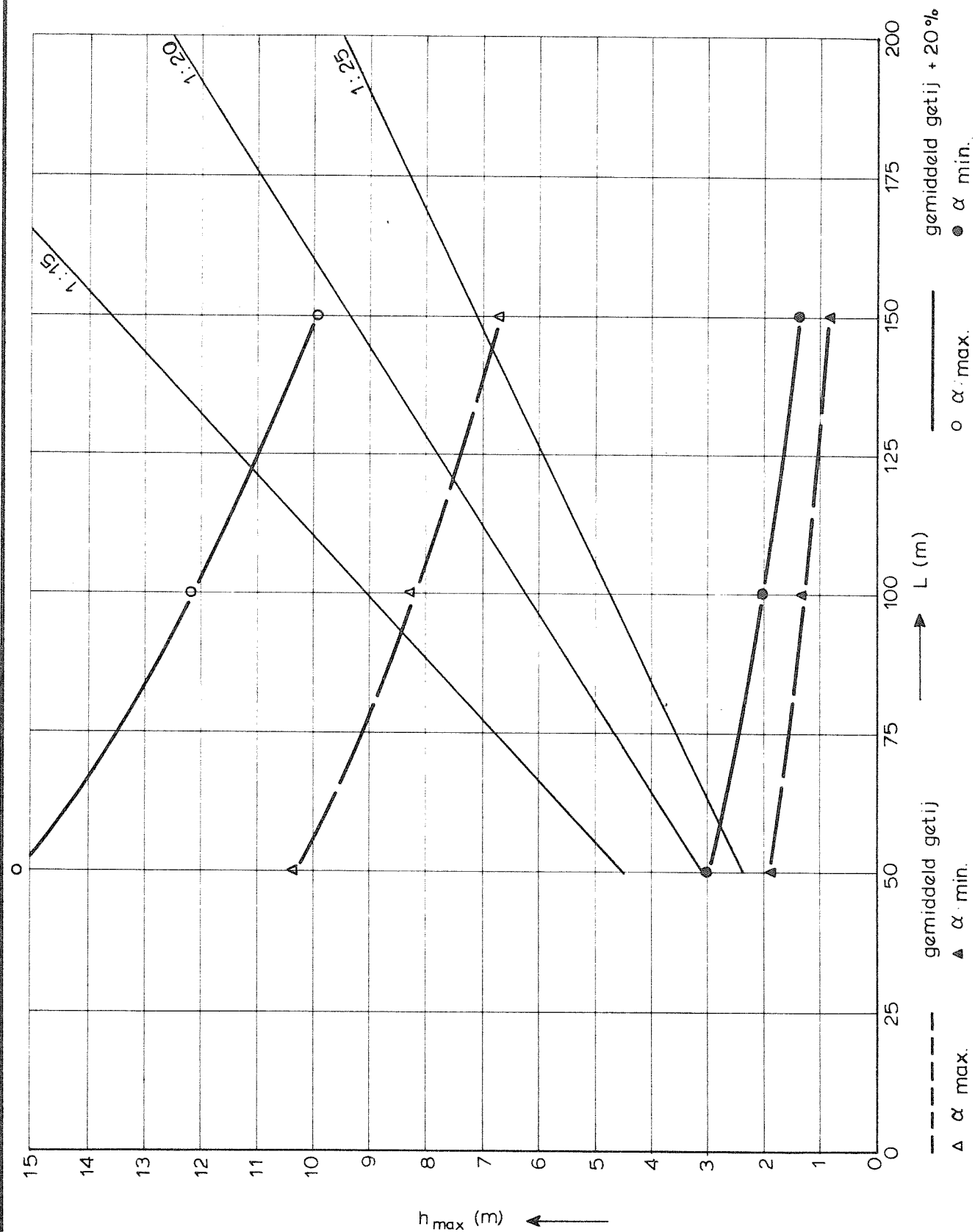
Tholense Gat

EB

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 55



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.2,
OEVER NOORD

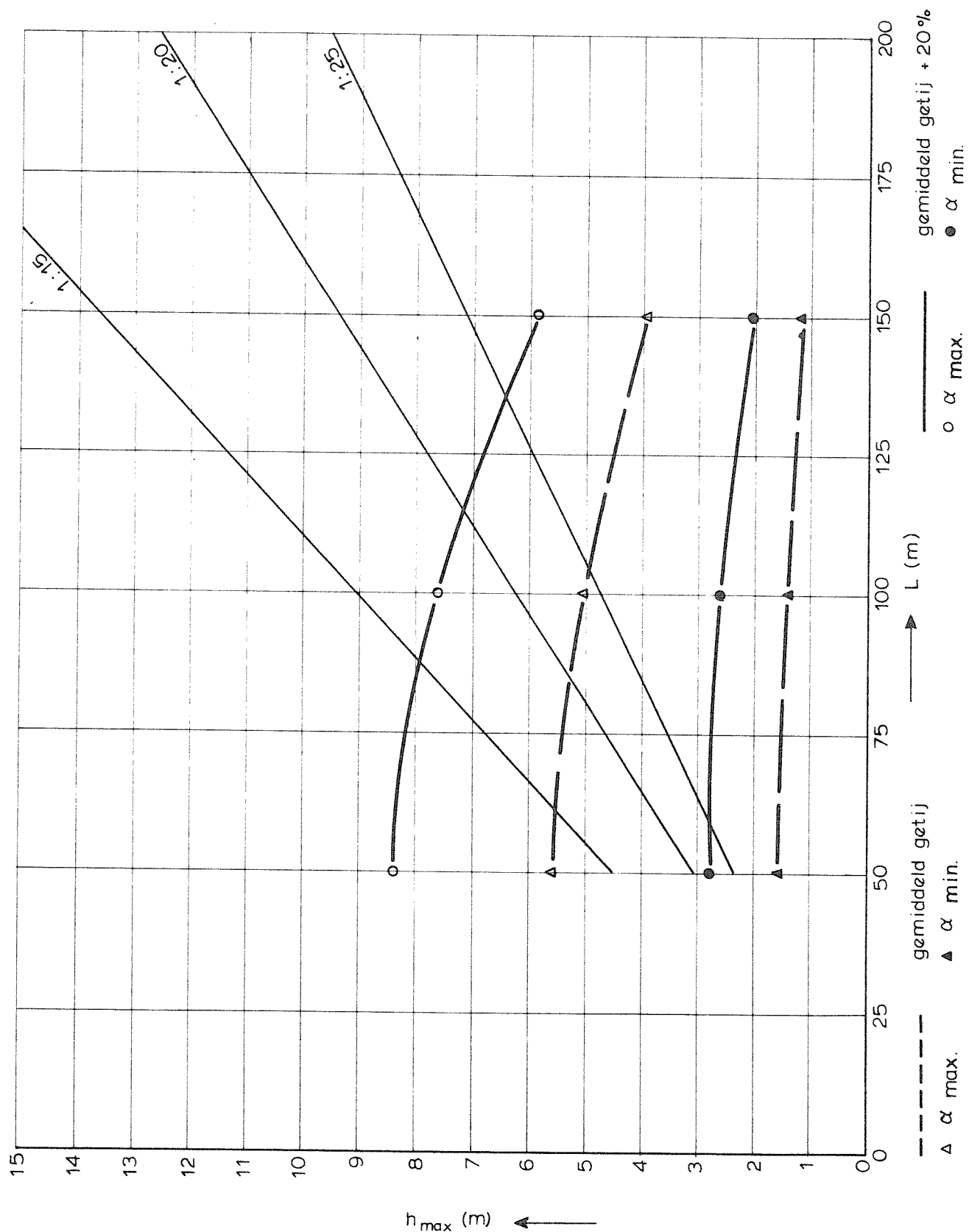
Tholense Gat

VLOED

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 56



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.2,
MIDDEN SLUITGAT

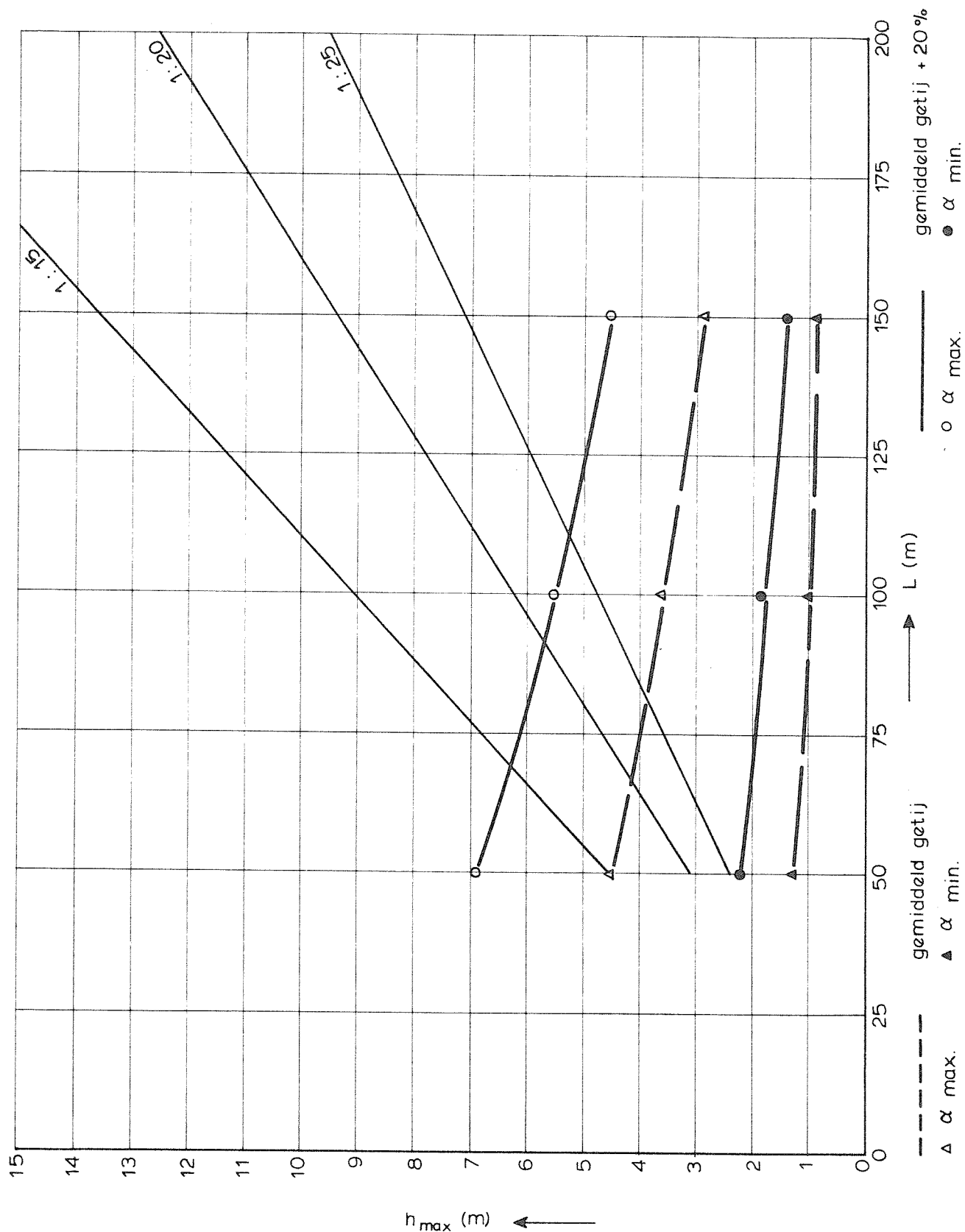
Tholense Gat

EB

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 57



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.2,
MIDDEN SLUITGAT

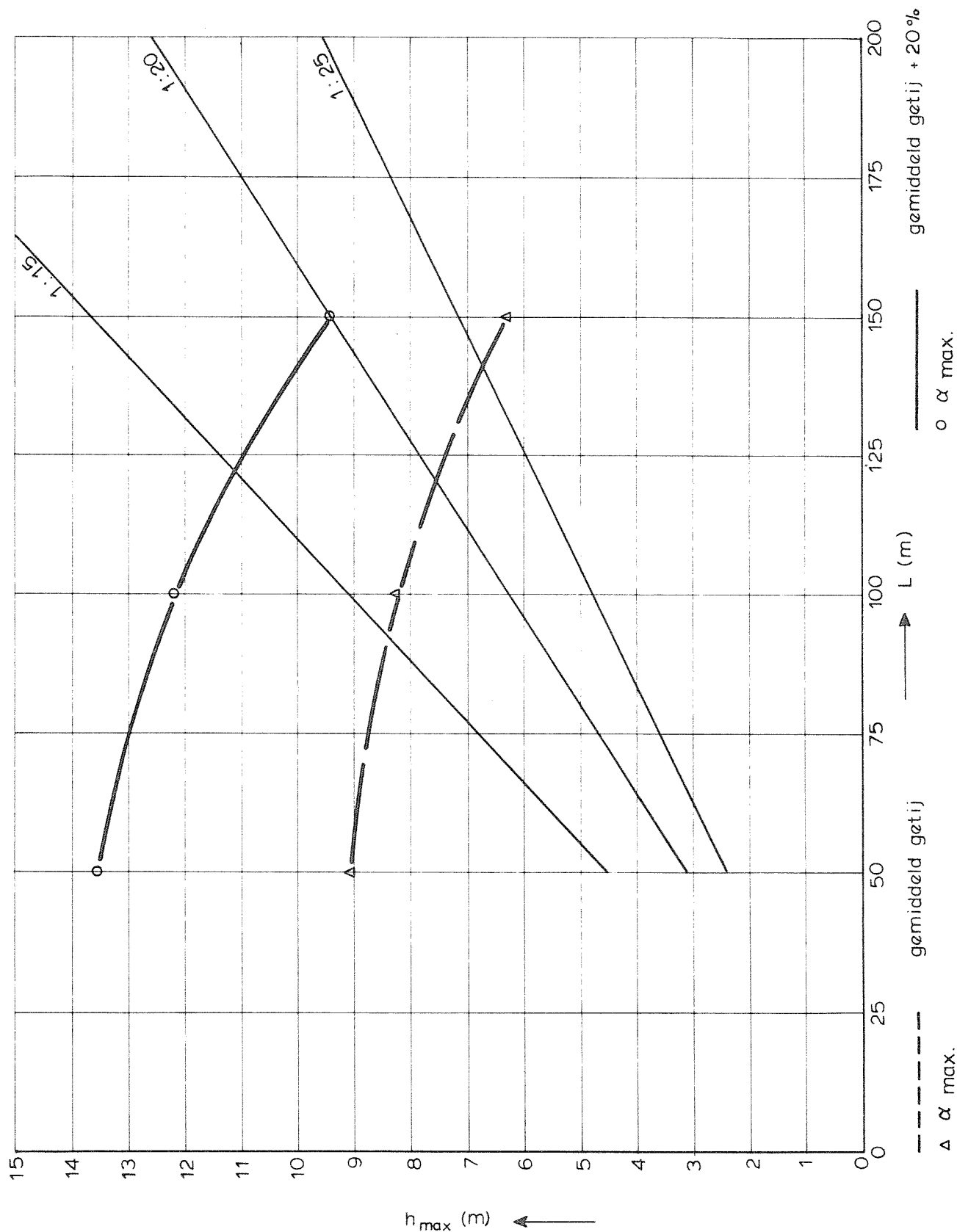
Tholense Gat

VLOED

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 58



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.2,
OEVER ZUID

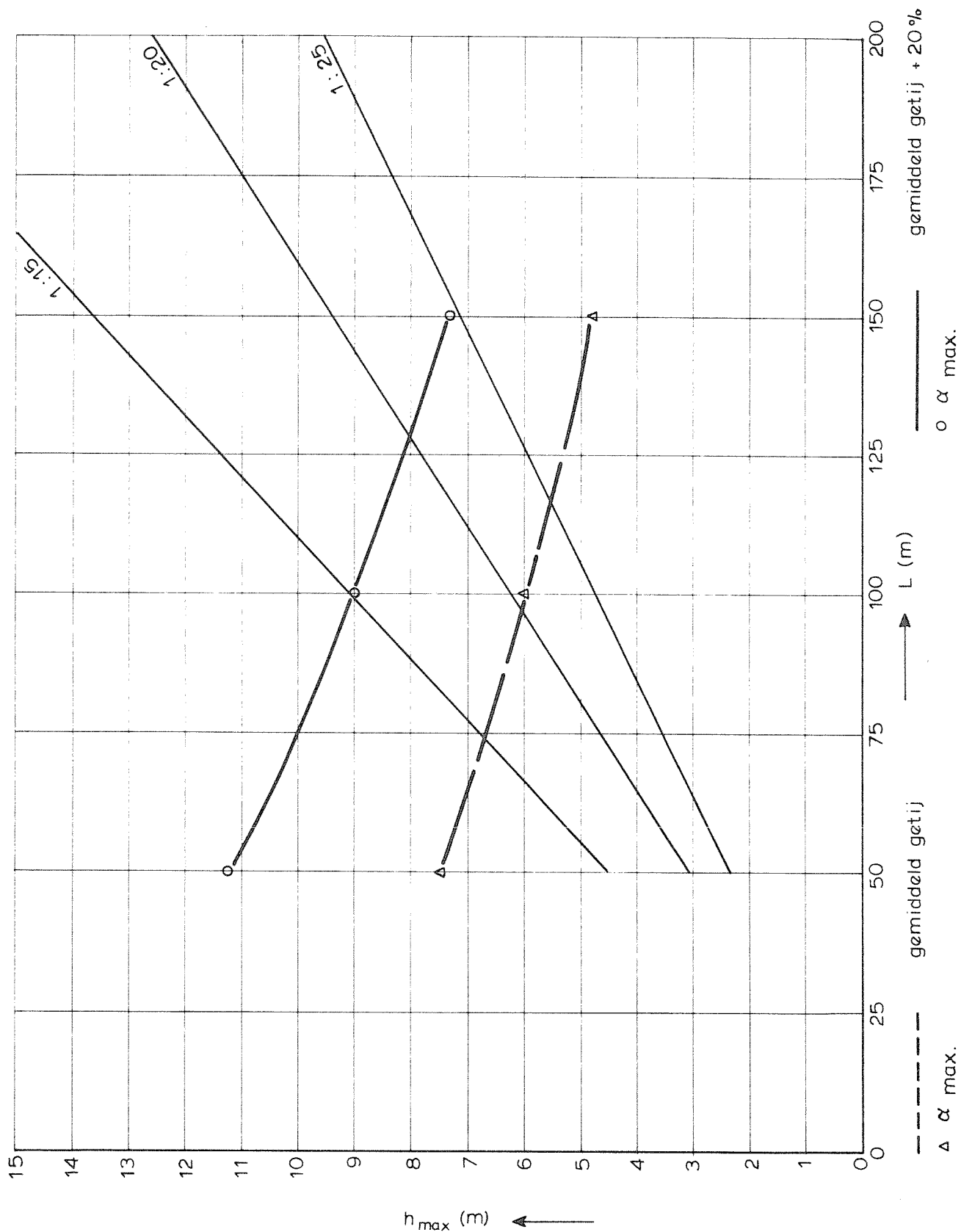
Tholense Gat

EB

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 59



RELATIE LENGTE BODEMVERDEDIGING
EN ONTGRONDINGSDIEPTE ONTWERP II.2,
OEVER ZUID

Tholense Gat

VLOED

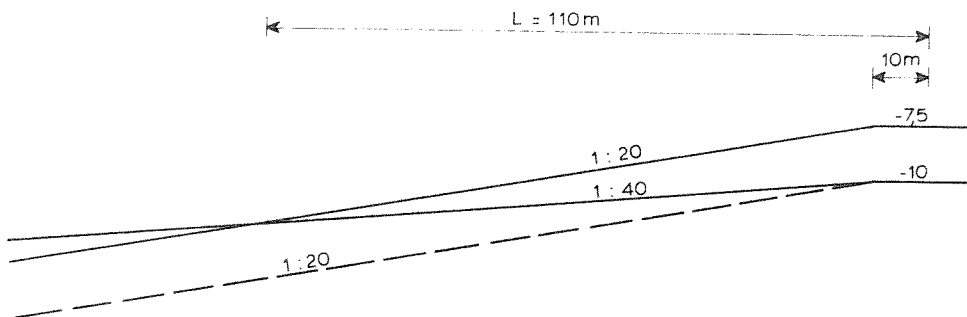
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1995

FIG. 60

Bijlage 1 Zanddrempel N.A.P. -7,5 m met helling 1:20

Wat is de invloed op de ontgrondingen indien de kruin van de zanddrempel niet op N.A.P. -10 m maar op N.A.P. -7,5 m ligt?



Teneinde deze vraag te kunnen beantwoorden is de variant met de zanddrempel op N.A.P. -7,5 m en een helling 1:20 vergeleken met de reeds berekende zanddrempel op N.A.P. -10 m en een helling 1:40. Bij een lengte van de bodemverdediging van 110 m is de ligging van de rand van de bodemverdediging ten opzichte van N.A.P. ($h_o(0)$) namelijk gelijk.

Voor de fase met de steenkade opgebouwd tot N.A.P. - 5 m (grootste ontgrondingscapaciteit) is tussen beide varianten een vergelijking opgezet in het geval van eb voor de ontgrondingscapaciteit meest doorslaggevende term $\bar{\alpha}u$ (met maximale 3-dimensionale α nabij de oevers).

lengte bodemverdediging 50 m

variant	$h_o(0)$ (m)	D (m)	$D/h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\max)$ -	$\alpha_{\max}$ -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10}\bar{u}$ (m/s)	$\bar{\alpha}u$ (m/s)
-10 / 1:40	11,0	6,0	55	4,90	5,85	0,79	3,87	4,62
-7,5/1:20	9,5	4,5	47	4,25	4,91	~0,91	3,87	4,47

lengte bodemverdediging 100 m

variant	$h_o(0)$ (m)	D (m)	$D/h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\max)$ -	$\alpha_{\max}$ -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10}\bar{u}$ (m/s)	$\bar{\alpha}u$ (m/s)
-10 / 1:40	12,2	7,2	59	5,30	5,63	0,73	3,87	4,11
-7,5/1:20	12,0	7,0	58	5,25	5,55	~0,74	3,88	4,11

lengte bodemverdediging 150 m

variant	$h_o(0)$ (m)	D (m)	$D/h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}^{\max}$ -	$\alpha_{\max}$ -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10} \bar{u}$ (m/s)	$\alpha \bar{u}$ (m/s)
-10 /1:40	13,5	8,5	63	5,60	5,41	0,68	3,81	3,68
-7,5/1:20	14,5	9,5	66	5,70	5,64	~0,63	3,59	3,55

Dit wil zeggen dat tijdens de bouwphase N.A.P. -5,0 m bij lengten van de bodemverdediging in de orde van 50 m en 150 m de ontgrondingen aan de oevers bij een zanddrempel op N.A.P. -7,5 m en een helling 1:20 naar verwachting wat minder zullen zijn dan bij een zanddrempel op N.A.P. -10 m en een helling 1:40. Bij een lengte van de bodemverdediging in de orde van 100 m komen de ontgrondingsresultaten van beide varianten overeen.

Bovendien kunnen de ontgrondingen bij de zanddrempel op N.A.P. -7,5 m pas op dit niveau beginnen nadat hierop de bodemverdediging is aangebracht.

N.B. Let wel op het gestelde in paragraaf 2.2 ten aanzien van de verticale vernauwing $D/h_o(0)$.

Bijlage 2 Aandeel van de bouwfases in de ontgrondingen

Wat is de bijdrage van elke bouwfase in de totale ontgronding? Voor de beide ontwerpen II.1 (alleen de variant met helling 1:20) en II.2 is in onderstaande tabel per bouwfase de bijdrage aan de totale ontgronding en de tot dan bereikte ontgrondingsdiepte (dus inclusief ontgrondingen gedurende de voorgaande bouwfases) weergegeven.

De tabel is gegeven voor de lokaties Tholense oever (alleen ontwerp II.1) en midden sluitgat bij de geschatte maximale α (3-dimensionaal respectievelijk 2-dimensionaal) en uitsluitend voor de ebstroom bij het gemiddelde getij.

Ontwerp II.1, zanddrempel helling 1:20

bouwfases	lengte bodemverdediging					
	50 m		100 m		150 m	
	$h_{\max}$	$\sum h_{\max}$	$h_{\max}$	$\sum h_{\max}$	$h_{\max}$	$\sum h_{\max}$
Tholense oever						
fase N.A.P. -10 m	1,8	1,8	2,1	2,1	2,0	2,0
fase N.A.P. -7,5 m	7,5	9,3	6,9	9,0	7,0	9,0
fase N.A.P. -5,0 m	3,1	12,4	2,2	11,2	1,1	10,1
fase N.A.P. -1,0 m	0,1	12,5	0,0	11,2	0,0	10,1
midden sluitgat						
fase N.A.P. -10 m	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
fase N.A.P. -7,5 m	1,7	2,1	1,8	2,1	2,0	2,3
fase N.A.P. -5,0 m	1,5	3,6	2,1	4,2	2,0	4,3
fase N.A.P. -1,0 m	0,3	3,9	0,1	4,3	0,0	4,3

Ontwerp II.2, mijnsteendrempe

bouwfasen	lengte bodemverdediging					
	50 m		100 m		150 m	
	$h_{\max}$	$\sum h_{\max}$	$h_{\max}$	$\sum h_{\max}$	$h_{\max}$	$\sum h_{\max}$
midden sluitgat						
fase N.A.P. -15 m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
fase N.A.P. -10 m	0,2	0,5	0,2	0,5	0,1	0,3
fase N.A.P. -7,5 m	2,6	3,1	2,3	2,8	1,9	2,2
fase N.A.P. -5,0 m	2,4	5,5	2,2	5,0	1,7	3,9
fase N.A.P. -1,0 m	0,1	5,6	0,0	5,0	0,0	3,9

Uit dit overzicht blijkt dat bij het gegeven tijdschema voor de Tholense oever de bouwphase N.A.P. -7,5 m het meest maatgevend is. In het midden van het sluitgat ontlopen de ontgrondingen gedurende de fasen N.A.P. -7,5 m en N.A.P. -5 m elkaar niet veel.

Bijlage 3 Invloed waterdiepte op ontgrondingen bij een kleine damaanzet

Bij ontwerp II.2 (mijnsteendrempel) zijn de te verwachten ontgrondingen bij een kleine damaanzet (en een minimale 3-dimensionale α) berekend voor een waterdiepte ter plaatse van de rand van de bodemverdediging $h_o(0) = 10$ m.

Wat is het effect op de ontgrondingen indien $h_o(0) = 7,5$ m en $h_o(0) = 12,5$ m of met andere woorden indien de wervelstraat tengevolge van de damaanzet op ondieper of dieper water een ontgrondingspiek veroorzaakt?

Voor de drie genoemde waterdiepten is een vergelijking opgezet voor de term $\alpha \bar{u}$. Als voorbeeld is gekozen de maatgevende bouwphase N.A.P. -7,5 m (inklusief correctie op gemiddelde stroomsnelheden).

lengte bodemverdediging 50 m

$h_o(0)$ (m)	D (m)	D/ $h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\text{min})$ -	α_{min} -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10} \bar{u}$ (m/s)	$\alpha \bar{u}$ (m/s)
7,5	0	0	2,4	2,55	0,55	1,32	1,40
10	2,5	25	2,9	3,26	0,55	1,60	1,79
12,5	5,0	40	3,4	4,00	0,55	1,87	2,20

lengte bodemverdediging 100 m

$h_o(0)$ (m)	D (m)	D/ $h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\text{min})$ -	α_{min} -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10} \bar{u}$ (m/s)	$\alpha \bar{u}$ (m/s)
7,5	0	0	2,4	2,28	0,57	1,37	1,30
10	2,5	25	2,9	2,90	0,57	1,65	1,65
12,5	5	40	3,4	3,58	0,57	1,94	2,04

lengte bodemverdediging 150 m

$h_o(0)$ (m)	D (m)	D/ $h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\min)$ -	$\alpha_{\min}$ -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10}\bar{u}$ (m/s)	$\alpha\bar{u}$ (m/s)
7,5	0	0	2,4	2,08	0,55	1,32	1,14
10	2,5	25	2,9	2,62	0,55	1,60	1,44
12,5	5	40	3,4	3,24	0,55	1,87	1,78

De voor de ontgrondingscapaciteit meest doorslaggevende term $\alpha\bar{u}$ is bij $h_o(0) = 7,5$ m steeds kleiner en bij $h_o(0) = 12,5$ m steeds groter dan bij $h_o(0) = 10$ m. Het verschil in waterdiepte heeft in de gegeven situatie een duidelijke invloed op de ontgrondingen: deze worden minder bij een relatief kleine waterdiepte en meer bij een relatief grote waterdiepte.

Bijlage 4 Ontwerp II.1 en II.2 zonder damaanzetten

Uit het onderhavige onderzoek blijkt de grote invloed van de lengte van de damaanzet op de ontgrondingen indien tevens de bijbehorende waterdiepte ter plaatse van de rand van de bodemverdediging wordt aangepast. Naar aanleiding van dit resultaat is nagegaan wat de te verwachten maximale ontgrondingsdiepten zullen zijn indien in het geheel geen damaanzet wordt toegepast.

Als indicatie voor de ontgrondingscapaciteit zonder damaanzet is de term $\bar{\alpha}$ berekend voor een relatief kleine waterdiepte van $h_o(0) = 7,5$ m. Hierbij is aangenomen dat er nu geen sprake meer is van een 3-dimensionale α maar van een maximale 2-dimensionale α . Deze maximale 2-dimensionale α is voor het midden van het sluitgat reeds toegepast, maar dan bij andere waterdiepten. Voor de genoemde kleine waterdiepte kan aldus kwalitatief vergeleken worden met de reeds berekende situaties.

Als voorbeeld is in deze bijlage bouwphase N.A.P. -5 m in het geval van eb opgenomen. Bij de situatie zonder damaanzet zijn hierbij steeds 3 waarden genoemd, welke achtereenvolgens dienen te worden vergeleken met de ontwerpen II.1 (1:20), II.1 (1:40) en II.2.

lengte bodemverdediging 50 m

ontwerp	$h_o(0)$ (m)	D (m)	D/ $h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\max)$ -	$\alpha(\max)$ -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10}\bar{u}$ (m/s)	$\bar{\alpha}u$ (m/s)
II.1 (1:20)	12,0	7,0	58	3,2	3,72	0,74	2,37	2,75
II.1 (1:40)	11,0	6,0	55	3,0	3,42	0,79	2,37	2,70
II.2	20,0	15,0	75	5,0	6,41	0,51	2,55	3,27
geen damaanzet	7,5	2,5	33	2,1	2,20	0,74	1,55	1,63
	7,5	2,5	33	2,1	2,20	0,79	1,66	1,74
	7,5	2,5	33	2,1	2,20	0,51	1,07	1,12

lengte bodemverdediging 100 m

ontwerp	$h_o(0)$ (m)	D (m)	$D/h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\max)$ -	$\alpha(\max)$ -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10}\bar{u}$ (m/s)	$\alpha\bar{u}$ (m/s)
II.1 (1:20)	14,5	9,5	66	4,1	4,50	0,66	2,71	2,97
II.1 (1:40)	12,2	7,2	59	3,3	3,46	0,73	2,41	2,53
II.2	20,0	15,0	75	5,0	5,89	0,53	2,65	3,12
geen damaanzet	7,5	2,5	33	2,1	2,02	0,66	1,39	1,33
	7,5	2,5	33	2,1	2,02	0,73	1,53	1,47
	7,5	2,5	33	2,1	2,02	0,53	1,11	1,07

lengte bodemverdediging 150 m

ontwerp	$h_o(0)$ (m)	D (m)	$D/h_o(0)$ (%)	$\alpha_{10}(\max)$ -	$\alpha(\max)$ -	Q/A (m/s)	$\alpha_{10}\bar{u}$ (m/s)	$\alpha\bar{u}$ (m/s)
II.1 (1:20)	17,0	12,0	71	4,8	4,99	0,59	2,83	2,94
II.1 (1:40)	13,5	8,5	63	3,8	3,69	0,68	2,58	2,51
II.2	20,0	15,0	75	5,0	5,42	0,51	2,55	2,76
geen damaanzet	7,5	2,5	33	2,1	1,89	0,59	1,24	1,12
	7,5	2,5	33	2,1	1,89	0,68	1,43	1,29
	7,5	2,5	33	2,1	1,89	0,51	1,07	0,96

Uit deze vergelijking zou de volgende konklusie kunnen worden getrokken:

Indien geen damaanzet aanwezig is, is de ontgroning bij de oevers bij een kleine waterdiepte van 7,5 m kleiner dan de reeds berekende (ook maximale 2-dimensionale) ontgroning in het midden van het sluitgat.

Hierbij dient wel te worden vermeld dat bovendien in bovenstaande vergelijking het doorstroomprofiel A in de situaties met en zonder damaanzet gelijk gehouden is. Een verruiming van het doorstroomprofiel zonder damaanzet heeft een gunstige invloed op $\alpha\bar{u}$. Dit geldt echter zowel voor de oevers als voor het midden van het sluitgat.

Onzekerheid omtrent het juiste stroombeeld langs de oevers rechtvaardigt de gedachte dat in de praktijk bij een situatie zonder damaanzet voor de oevers

dezelfde lengte van de bodemverdediging kan worden aangehouden als in het midden van het sluitgat (indien althans gerekend is met een maximale 2-dimensionale α).

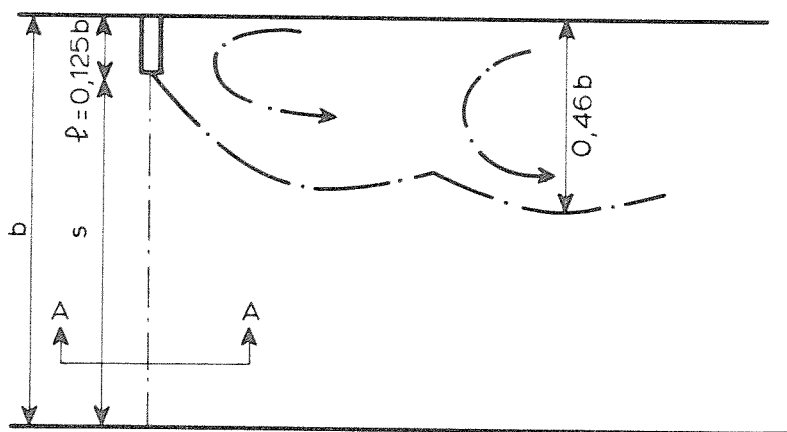
Bijlage 5 Stroombeeld benedenstrooms bij damaanzetten

In het onderhavige onderzoek zijn bij de onderzochte ontwerpen voor de afsluiting van het Tholense Gat de lengten van de bodemverdediging bepaald in het voor de ontgrondingen kenmerkende 2-dimensionale en 3-dimensionale gebied (wervelstraten).

Met name ten behoeve van de dimensionering van de bodemverdediging loodrecht op de oevers is het van belang om het stroombeeld benedenstrooms van de afsluitkade te kennen (ligging neren, wervelstraat, hoofdstroom).

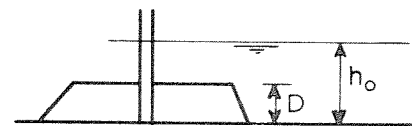
Relevante gegevens omtrent het stroombeeld bij damaanzetten zijn:

A. WL-rapport M 731 deel XIV [1]

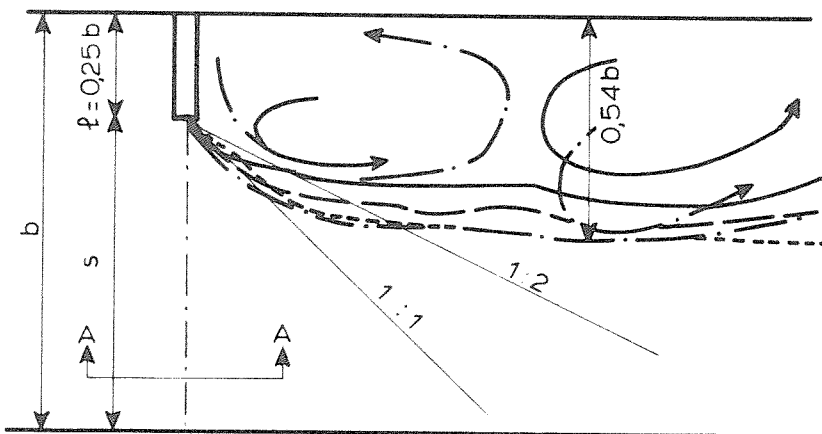


$$s/b = 0,875$$

$$D/h_0 = 0,50$$



doorsnede A - A



$$s/b = 0,75$$

$$D/h_0 = 0,00$$

$$= 0,25$$

$$= 0,50$$

$$= 0,75$$

Vergeleken met het Tholense Gat:

$b \hat{=} 0,5$ $B \hat{=}$ helft oorspronkelijke sluitgatbreedte (voor Tholense Gat

$B \approx 360$ m)

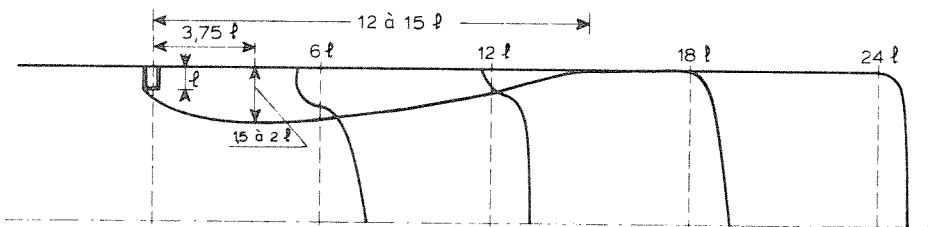
$s \hat{=} 0,5$ $S \hat{=}$ helft sluitgatbreedte tussen de damaanzetten

$h_0 \hat{=}$ oorspronkelijke waterdiepte in het sluitgat

$D \hat{=}$ hoogte van de afsluitkade

Uit het stroombeeld blijkt dat de breedte van de neer afhankelijk is van de horizontale vernauwing doch (bij een relatief grote waarde van D/h_0) min of meer onafhankelijk van de verticale vernauwing in het sluitgat.

B. WL-notitie R 1783 [2]



Uit deze notitie blijkt dat bij een lengte van de damaanzet ℓ de lengte van de neer $12 \text{ à } 15 \ell$ is en de grootste breedte van de neer $1,5 \text{ à } 2 \ell$ op een afstand van circa $3,75 \ell$ uit de as. De uitwerpingshoek van de straal is in de as maximaal en lijkt onafhankelijk van de (horizontale) vernauwing.

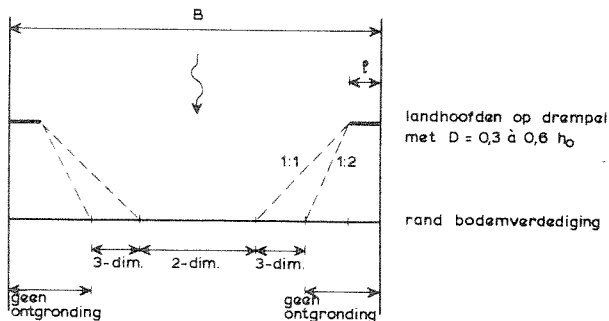
Hierbij dien te worden vermeld dat er geen sprake was van situaties met een verticale vernauwing in het sluitgat (tussen de damaanzetten)

Referenties:

- 1 Afvoercoëfficiënten van sluitgaten in vertrokken modellen, rapport modelonderzoek, M 731 deel XIV.
- 2 Stroombeeld bij damaanzetten, notitie literatuuronderzoek, R 1783.

Bijlage 6 Dimensionering van de bodemverdediging met en zonder damaanzetten

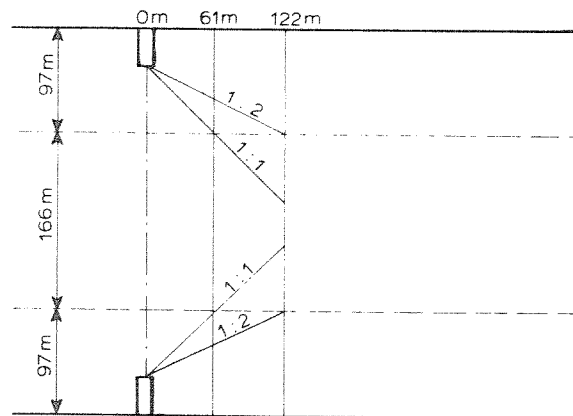
In het WL-verslag S 562 [1] wordt met betrekking tot de dimensionering van de bodemverdediging het volgende opgemerkt.



Indien de drempelhoogte $D = 0,3 \text{ à } 0,6 h_0$ dient onder een hoek van 1:1 tot 1:2 vanuit de landhoofden een 3-dimensionale α te worden aangehouden, en kan in het midden van het sluitgat een normale 2-dimensionale α worden toegepast. Voorwaarde hierbij is, dat het sluitgat voldoende breed is, zodat beide wervelstraten ter plaatse van de rand van de bodemverdediging niet samenvallen. Bij lagere drempels is uitwerping van de wervelstraat kleiner.

Uit het stroombeeld gegeven in bijlage 5 blijkt dat de genoemde hoek van 1:1 tot 1:2 alleen zou gelden voor een korte lengte van de bodemverdediging. Hierbij moet worden opgemerkt, dat een (relatief diepe) 3-dimensionale ontgrondingskuil zich tot buiten de wervelstraat kan uitstrekken. Bovendien zullen het stroombeeld en de veranderende bodemligging elkaar onderling beïnvloeden.

Uitgaande van het in bijlage 5 gegeven stroombeeld zou kunnen worden gesteld dat bij een sluitgatbreedte $B = 360 \text{ m}$ en een lengte van de damaanzet $\ell = \frac{1}{10} B$ ($s/b = 0,8$) er een effectief doorstroomprofiel mogelijk is met een minimale breedte van $(1-0,54) B = 166 \text{ m}$ (zie geval A) op een afstand van circa $3,75 \ell = 135 \text{ m}$ (zie geval B). Dit betekent dat de scheiding tussen neer en hoofdstroom, op een afstand van 135 m uit de as, 97 m uit de oever ligt.



Uit bovenstaande figuur volgt dat op een afstand > 122 m uit de as de 3-dimensionale ontgrondingen zich dan zeker kunnen uitstrekken tot dichterbij de oever dan het gebied onder een hoek van 1:1 tot 1:2.

In de praktijk zal echter (ook voor afstanden $(< 122$ m) de lengte van de bodemverdediging die wordt geadviseerd voor het 3-dimensionale gebied tot aan de oever c.q. oeververdediging worden toegepast.

Voor een lengte van de bodemverdediging van maximaal 120 m (oever noord) tot 100 m (oever zuid) volgens hoofdstuk 4 (konklusie e) ligt het 3-dimensionale ontgrondingsgebied (juist) binnen het gebied onder een hoek van 1:1 tot 1:2.

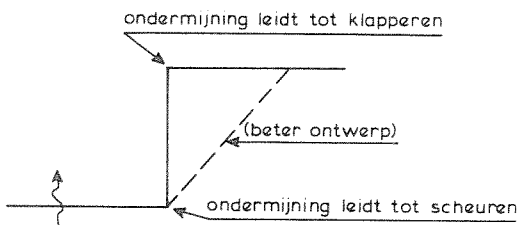
In de richting naar het midden van het sluitgat toe kan, met inachtneming van de opmerking in bijlage 5 betreffende de wederzijdse beïnvloeding van stroombeeld en bodemligging, de geadviseerde lengte van de bodemverdediging voor het 3-dimensionale gebied worden toegepast tot de begrenzing 1:1.

Echter met het oog op de onzekerheid omtrent het juiste stroombeeld en het voor het relatief kleine sluitgat geringe overblijvende gedeelte waar 2-dimensionale ontgrondingen optreden kan ten behoeve van de dimensionering van de bodemverdediging loodrecht op de oever beter rekening worden gehouden met uitsluitend een 3-dimensionale ontgraving ($\alpha_{\max}$ voor grote dam aanzetten tot $\alpha_{\min}$ voor kleine dam aanzetten). Bij het ontwerp met dam aanzetten dient daarom in het onderhavige geval ook voor het midden van het sluitgat rekening te worden gehouden met een lengte van de bodemverdediging die is berekend voor de oevers. Gezien de als absolute maxima ervaren 3-dimensionale waarden van α lijkt hier een veiligheidsfactor van bijvoorbeeld $1,5 h_{\max}$ overbodig (behalve bij de resultaten bij $\alpha_{\min}$ voor kleine dam aanzetten bij ontwerp II.2).

Indien geen damaanzetten worden toegepast dan kan voor de hele breedte van het sluitgat rekening worden gehouden met uitsluitend een maximale 2-dimensionale ontgronding. Indien hier een nauwkeurigheid van $h_{\max}$ van $\pm 50\%$ wordt aangehouden, dan dient bij het ontwerp zonder damaanzetten rekening te worden gehouden met een lengte van de bodemverdediging die 1,5 maal groter is dan de in het onderhavige onderzoek berekende waarden voor het midden van het sluitgat.

Nabij de oever vindt een aansluiting plaats van de ontworpen bodemverdediging met de oeververdediging. Tezamen met grondmechanische aspecten dient ook de lengte van de oeververdediging te worden bepaald aan de hand van de te verwachten ontgrondingsdiepten.

Bij de aansluiting tussen de bodemverdediging en de oeververdediging dienen rechte hoeken in principe te worden vermeden omdat op die plaatsen gemakkelijk schade kan ontstaan (zie onderstaande figuur).



Het schuin laten verlopen van de rand van de verdediging geniet de voorkeur (M 1449).

Een andere mogelijkheid is het uitvoeren van grondbestortingen al dan niet nadat enige ontgronding is opgetreden (M 1071).

Referentie:

- 1 Inventarisatie ontgrondingsonderzoek, verslag speurwerk, S 562.

Bijlage 7 Ontgrondingen bij een nieuw tijdschema

Tijdens de reproductie van het onderhavige verslag zijn door de opdrachtgever met behulp van de figuren 7...42 (tijd-ontgrondingslijnen midden sluitgat) de te verwachten maximale ontgrondingsdiepten bepaald naar aanleiding van een nieuw tijdschema. Hierbij is gedacht aan een opbouw van de zanddrempel of mijnsteendrempel in 1985 (een jaar eerder dan bij het in het verslag gehanteerde tijdschema in paragraaf 2.1). De verdere bouw van de steenkade zou dan in 1986 plaatsvinden.

In de onderstaande tabellen zijn voor eb en vloed het nieuwe tijdschema en de bijbehorende te verwachten maximale ontgrondingsdiepten per beschouwde lengte van de bodemverdediging weergegeven. De resultaten zijn uitsluitend afgelezen op de tijd-ontgrondingslijnen bij gemiddeld getij, en zijn bovendien exclusief de in bijlage 6 genoemde veiligheidsfactor 1,5.

Ontwerp II.1 (zanddrempel) met helling 1:20

bouwfase kruin (m)	planning geschematiseerd (weken)	eb						vloed					
		L = 50 m		L = 100 m		L = 150 m		L = 50 m		L = 100 m		L = 150 m	
		Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)
-10	54	1,6	1,6	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7
-7,5	1,5	0,2	1,8	0,2	1,4	0,3	1,4	0,1	1,3	0,3	1,0	0,8	0,9
-5	4	1,7	3,5	2,6	4,0	2,6	4,0	1,5	2,8	2,2	3,2	1,9	2,8
-1	3,5	0,3	3,8	0,1	4,1	0	4,0	0,5	3,3	0,1	3,3	0,1	2,9

Ontwerp II.2 (mijnsteendrempel)

bouwfase kruin (m)	planning geschematiseerd (weken)	eb						vloed					
		L = 50 m		L = 100 m		L = 150 m		L = 50 m		L = 100 m		L = 150 m	
		Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)	Δh (m)	$\sum \Delta h$ (m)
-15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-10	49	1,4	1,4	1,3	1,3	1,0	1,0	1,1	1,1	0,9	0,9	0,8	0,8
-7,5	1,5	0,7	2,1	0,6	1,9	0,4	1,4	0,5	1,6	0,4	1,3	0,3	1,1
-5	4	3,1	5,2	2,6	4,5	2,1	3,5	2,5	4,1	2,0	3,3	1,6	2,7
-1	3,5	0	5,2	0	4,5	0	3,5	0,1	4,2	0,1	3,4	0,1	2,8

De uiteindelijke ontgrondingsdiepten (na afloop van bouwphase N.A.P. -1 m) zijn qua orde van grootte gelijk aan de uiteindelijke ontgrondingsdiepten bij het tijdens het onderzoek gehanteerde eerste tijdschema zonder het extra jaar zanddrempel, respectievelijk mijnsteendrempel en met een langere periode met de kruin van de steenkade op N.A.P. -7,5 m. Dit is het gevolg van de kleine ontgrondingskapaciteit tijdens de bouwphase(n N.A.P. -15 m en) N.A.P. -10 m en de relatief grote ontgrondingskapaciteit tijdens de hierop volgende bouwfasen.

